# A INFLUÊNCIA DA OFERTA DE INFRAESTRUTURA RODOVIÁRIA NOS PROCESSOS DE METROPOLIZAÇÃO

**Karen Kotomi Tomita**
**Gustavo Garcia Manzato**
Universidade Estadual Paulista - UNESP
Faculdade de Engenharia de Bauru

**RESUMO**
Este estudo propõe uma investigação acerca do processo de ocupação do território derivado do provimento de infraestrutura de transportes. Para isso, um indicador de oferta de infraestrutura rodoviária que considera a capacidade das vias foi empregado juntamente com os modelos espaciais desenvolvidos por Manzato e Rodrigues da Silva (2010) e Ajauskas *et al*. (2012). Mais especificamente, este estudo promoveu um aumento hipotético na oferta de infraestrutura rodoviária em duas regiões específicas do estado de São Paulo, na tentativa de induzir o desenvolvimento dessas regiões. Elas compreendem o eixo formado pela Rodovia Presidente Dutra e o eixo formado pelas Rodovias Anhanguera, dos Bandeirantes e Washington Luís. Os resultados demonstraram que alguns municípios, particularmente aqueles mais próximos à área de influência das rodovias analisadas, sofreram variação de densidade populacional, destacando-se a interrelação entre oferta de transportes e ocupação territorial. Entretanto, tal variação não apontou um processo de desenvolvimento significativo das regiões analisadas.

**ABSTRACT**
This study proposes an investigation about the process of occupation of the territory derived from the provision of transport infrastructure. An indicator of roadway infrastructure supply that considers road capacity was used along with the spatial models developed by Manzato and Rodrigues da Silva (2010) and Ajauskas *et al*. (2012). More specifically, this study promoted a hypothetical increase in the roadway infrastructure supply in two specific regions of the state of São Paulo, attempting to induce the development of these regions. They include the axis formed by the Presidente Dutra Highway and the axis formed by the Anhanguera, Bandeirantes and Washington Luis Highways. The results showed a variation in population density of some municipalities, particularly those closest to the area of influence of the highways analyzed, highlighting the interrelation between transport supply and territorial occupation. However, this variation did not point to a process of significant development of such regions.

## 1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento econômico de um município, região, estado ou país está intimamente relacionado aos investimentos em infraestruturas, geralmente compreendidas pelos setores de energia, telecomunicações e transportes (Bertolussi e Ellery Junior, 2012; Suprani, 2012; Castro, 2014; Campos Neto, 2016). Os sistemas de transportes, em particular, também desempenham um importante papel na integração e organização do espaço, sobretudo o urbano, permitindo o fluxo de bens, serviços e oportunidades para atender às demandas da população. Além disso, entende-se ainda que os sistemas de transportes funcionam como agentes propulsores nos processos de ocupação do território (Lin, 1999; Boarnet e Haughwout, 2000; Baum-Snow, 2010), depreendendo-se que, muitas vezes, o desenvolvimento econômico está associado ao desenvolvimento urbano e regional, quando são observados processos de expansão territorial e densificação da população, principalmente a urbana. Dependendo da intensidade dos investimentos em infraestruturas e suas interações com a questão do desenvolvimento urbano e regional, grandes áreas urbanizadas são formadas, sendo esse fenômeno conhecido como metropolização. Esse processo também decorre da crescente urbanização do planeta, pois segundo as Nações Unidas (UN, 2015), as áreas urbanas concentram atualmente cerca de 54% da população mundial, mas esse estudo sugere que cerca de 66% da população mundial deva estar vivendo em cidades até 2050.

As Regiões Urbanas Homogêneas (RUHs), como são referidas nesse trabalho de maneira geral as regiões metropolitanas, aglomerações urbanas e conurbações, de fato desfrutam de níveis

relativamente elevados de oferta de infraestrutura (sobretudo de transportes) e contam com expressivos índices de densidade populacional. Além disso, sabe-se também que a instalação de RUHs torna mais favorável a criação e aplicação de políticas de planejamento e gestão urbanas integradas às questões econômicas, sociais e político-administrativas dos municípios que compõem essas RUHs. Entretanto, conforme argumenta Moura e Carvalho (2012), diversas RUHs existentes no Brasil foram instituídas sem uma dinâmica metropolitana expressiva, visando apenas a obtenção de recursos oriundos do governo federal. Isso decorre do fato de os estados terem a autonomia de elaborarem seus próprios critérios para a definição e instalação de RUHs, o que obviamente resulta em critérios bastante desiguais entre os estados. Nesse sentido, existe um grande desafio para planejadores e gestores urbanos quanto à questão dos critérios para a definição de RUHs.

Na literatura podem ser encontradas diversas propostas para a definição de RUHs. Tais propostas abordam, por exemplo, a análise de movimentos pendulares (Cheshire e Hay, 1989; *Office of Management and Budget*, 2000; Kauffmann, 2012; Williams *et al*., 2012; Aguiar e Manzato, 2017; Aguiar *et al*., 2017); as relações entre aspectos político-administrativos (São Paulo, 1989; Gouvêa, 2005; Arellano Ríos, 2014a, 2014b, 2015); o uso de recursos de sensoriamento remoto (Weber, 2001; Huang *et al*., 2014; Niemeyer *et al*., 2014; Sahoo e Pekkat, 2014); a análise de fatores econômicos (Coombes e Overman, 2004; Bode, 2008); a aplicação de métricas espaciais para analisar a forma urbana e sua morfologia (Bereitschaft e Debbage, 2014); estudos envolvendo a distribuição espacial da população (Ramos e Rodrigues da Silva, 2003 e 2007; Ramos *et al*., 2004; Manzato *et al*., 2007; Santos *et al*., 2014); o desenvolvimento de indicadores de oferta de infraestrutura de transportes (Manzato *et al*., 2006; Dias *et al*., 2014); e propostas de combinação de indicadores demográficos e de oferta de infraestrutura de transportes (Manzato e Rodrigues da Silva, 2006, 2007, 2010; Pereira e Rodrigues da Silva, 2010; Ajauskas *et al*.; 2012; Rodrigues da Silva *et al*., 2014; Matiolli *et al*., 2016). Em geral, essas abordagens podem ser sintetizadas em cinco grandes temas relacionados à questão da definição de RUHs sugeridos por Breitung (2011), a saber: questões políticas e administrativas; características físicas ou morfológicas; questões socioespaciais e culturais; perspectivas psicológicas e comportamentais; e relações funcionais e de redes de cooperação. É importante citar que embora esses temas pareçam distintos entre si, eles estão inter-relacionados, dada a complexidade envolvida na definição de RUHs.

Considerando as abordagens citadas, uma merece destaque para o caso investigado nesse trabalho. Trata-se da abordagem baseada na combinação de indicadores demográficos e de oferta de infraestrutura de transportes. Por um lado, essa abordagem se alinha a um argumento de Kourtit *et al*. (2015) sobre a dificuldade, em certos casos, de se obter dados precisos e atualizados para atender algumas metodologias de definição de RUHs. E nesses casos, indicadores populacionais tornam-se a alternativa mais viável para se mensurar o grau de urbanização (*Office of Management and Budget*, 1998; UN, 2007), uma vez que o censo populacional é geralmente realizado de maneira regular na maioria dos países e seus resultados apresentam bastante confiabilidade. Por outro lado, a proposta de combinação de indicadores demográficos e de oferta de infraestrutura de transportes não se limita apenas à distribuição populacional, mas procura incorporar a relação existente entre desenvolvimento urbano e regional e os sistemas de transportes, que é o assunto aqui abordado, assumindo que dados de oferta de infraestrutura de transportes estejam cada vez mais fáceis de serem obtidos e disponibilizados com o advento dos sistemas de navegação global por satélite e dos sistemas de informação geográfica (SIG).

Com base nas ideias apresentadas, a estrutura conceitual de dois estudos em particular foi empregada no presente trabalho, a saber: Manzato e Rodrigues da Silva (2010) e Ajauskas *et al*. (2012). Cabe ressaltar que esses estudos visaram a definição de RUHs por meio da combinação de indicadores demográficos e de oferta de infraestrutura de transportes utilizando recursos de análise espacial, como a estatística espacial e a modelagem espacial. Uma análise decorrente da metodologia proposta por esses autores e que ainda não foi investigada é a simulação de um processo de desenvolvimento urbano e regional, nesse caso aplicado à formação de novas RUHs e/ou à evolução daquelas já existentes, motivada pelo provimento de infraestrutura de transportes, sobretudo a rodoviária. Isto é, a hipótese levantada aqui se baseia na seguinte questão: se uma política de investimento em infraestrutura de transportes fosse adotada em uma determinada região, observar-se-ia o desenvolvimento desta região? Particularmente, o estudo aqui proposto promoveu um aumento hipotético na oferta de infraestrutura rodoviária em duas regiões específicas do estado de São Paulo, na tentativa de induzir o desenvolvimento dessas regiões. Elas compreendem o eixo formado pela Rodovia Presidente Dutra e o eixo formado pelas Rodovias Anhanguera, dos Bandeirantes e Washington Luís.

O artigo está estruturado da seguinte maneira: na seção 2 é apresentada a metodologia juntamente com a descrição do estudo de caso desenvolvido para o estado de São Paulo. Na sequência, os resultados são discutidos na seção 3. Por fim, na seção 4 apresentam-se as conclusões, seguidas dos agradecimentos e das referências bibliográficas citadas neste trabalho.

## 2. METODOLOGIA

A metodologia utilizada neste estudo segue a proposta desenvolvida por Manzato e Rodrigues da Silva (2010) e Ajauskas *et al*. (2012), em que modelos espaciais foram criados para a definição de RUHs. Esses modelos se baseiam em técnicas de análise espacial, como a Análise Exploratória de Dados Espaciais (ESDA, do inglês: *Exploratory Spatial Data Analysis* – ver, por exemplo, Anselin, 1995) e princípios de autômatos celulares (CA, do inglês: *Cellular Automata* – ver, por exemplo, White e Engelen, 1993a, 1993b; Batty e Xie, 1994; Batty *et al*., 1997).

Em particular, a técnica ESDA fornece a associação espacial dos dados, descrevendo como eles estão correlacionados entre as áreas (ou zonas) de uma dada região a partir de um determinado indicador. A aplicação dessa técnica permite a análise dos resultados por meio de dois parâmetros. O primeiro, *Z*, é obtido a partir da diferença entre o valor de uma determinada variável e a sua média global. O segundo, *Wz*, é obtido a partir da diferença entre a média da variável nas zonas adjacentes à uma determinada zona e a média global dessa variável. Os resultados dessa análise podem ser representados em quatro quadrantes do gráfico de espalhamento de Moran e também em mapas, chamados de "*Box Maps*".

No quadrante Q1 (ou HH, de *High-High*) estão representadas as zonas em que o valor da variável na zona é maior do que a média global, assim como a média da variável nas zonas adjacentes também é maior do que a média global. No quadrante Q2 (ou LL, de *Low-Low*) estão representadas as zonas em que o valor da variável na zona é menor do que a média global, assim como a média da variável nas zonas adjacentes também é menor do que média global. No quadrante Q3 (ou LH, de *Low-High*) estão representadas as zonas em que o valor da variável é menor do que a média global, mas a média da variável nas zonas adjacentes é maior do que a média global. Finalmente, no quadrante Q4 (ou HL, de *High-Low*) estão representadas as zonas em que o valor da variável na zona é maior do que a média global, mas a média da variável nas zonas adjacentes é menor do que média global.

Em relação aos modelos espaciais desenvolvidos com base nos CAs, foram considerados os seguintes princípios, conforme Santos *et al*. (2005): a *geometria da rede* se refere à forma e dimensão da área de estudo, podendo ser considerada como os territórios urbanos ou, como no caso aqui desenvolvido, os municípios do estado de São Paulo; o *estado da célula* pode representar os atributos do espaço territorial, permitindo caracterizar e avaliar qualquer informação desejada pelo modelo; as *relações de vizinhança* exprimem a interação entre uma célula e um conjunto de células adjacentes, sendo aqui aplicada a relação de vizinhança de Moore (ou seja, dois municípios são considerados vizinhos mesmo se suas fronteiras em comum forem apenas um ponto); finalmente, as *regras de transição* são determinadas para refletir como ocorrem os fenômenos no mundo real e podem ser interpretadas como algoritmos na simulação. No estudo aqui desenvolvido, as regras de transição foram obtidas por meio de redes neurais artificiais (RNAs – ver, por exemplo, Silva *et al*., 2016).

Dentre as variáveis consideradas nos modelos propostos pelos referidos autores, existe uma que descreve a oferta de infraestrutura transportes. Especificamente, trata-se de um índice de cobertura espacial de estrutura de circulação viária, proposto por Magalhães *et al.* (2004) e mostrado na Equação 1, que mensura a área influenciada por um sistema de transporte (no caso deste estudo, o rodoviário). A composição deste índice considera um conjunto de faixas (bandas ou *buffers*) ponderadas e equidistantes ao redor deste sistema, adotando-se o maior peso à faixa que está mais próxima do segmento rodoviário e o menor peso àquela que está mais distante.

$$ICx = \frac{\sum_1^n \gamma(i) Ai}{Ax} \quad (1)$$

em que:

*ICx:* índice de cobertura espacial de estrutura de circulação viária para zona *x*;
*γ(i):* função que determina o peso atribuído à *i*-ésima faixa de cobertura (*buffer)*, tal que $\gamma(i) \in [0,1]$, tendo sido aqui empregada uma função polinomial de 5º grau;
*Ai:* área da *i*-ésima faixa contida em uma zona *x*;
*Ax :* área da zona *x* (no caso deste estudo, municípios do estado de São Paulo);
*n :* número de faixas (foram adotadas neste estudo 10 faixas com 4 km de equidistância cada).

Nos estudos desenvolvidos por Manzato e Rodrigues da Silva (2010) e Ajauskas *et al*. (2012), o referido indicador foi calculado considerando-se como se todos os segmentos rodoviários do estado de São Paulo fossem iguais. Ou seja, não foram feitas distinções quanto ao nível de oferta, como por exemplo, rodovias de pista simples ou duplicada, número de faixas de rolamento, etc. Nesse sentido, a proposta de um aumento hipotético na oferta de infraestrutura rodoviária, visando induzir o desenvolvimento urbano e regional, considerou os segmentos rodoviários de dois eixos selecionados como se eles tivessem um maior número de faixas de rolamento por sentido quando comparados aos outros segmentos do estado. O primeiro eixo compreende a Rodovia Presidente Dutra e o segundo eixo compreende as Rodovias Anhanguera, dos Bandeirantes e Washington Luís. Cabe ressaltar que as análises foram desenvolvidas separadamente para os referidos eixos.

Dessa forma, o índice mostrado na Equação 1 assumiu uma versão modificada conforme Dias *et al*. (2014), em que valores parciais de *ICx* são calculados separadamente considerando-se duas situações: a primeira para os segmentos com apenas uma faixa de rolamento por sentido e, a segunda, para os segmentos selecionados que supostamente teriam mais faixas de rolamento por sentido. Ao final é calculada uma média ponderada conforme a Equação 2, composta dos

valores de *IC* parciais. Para o presente estudo, foram consideradas cinco faixas de rolamento para os segmentos selecionados. Um teste com 10 faixas também foi realizado, mas sem resultados significativos quando comparados à análise de cinco faixas.

$$IC'_x = \frac{w_m IC_{x_m} + w_1 IC_{x_1}}{w_m + w_1} \quad (2)$$

em que:

$IC'_x$: índice de cobertura espacial de estrutura de circulação viária para zona *x* (no caso deste estudo, municípios do estado de São Paulo), considerando-se a composição ponderada de segmentos com uma faixa de rolamento por sentido e com mais faixas de rolamento por sentido;

$IC_{x_m}$ índice de cobertura espacial de estrutura de circulação viária para segmentos selecionados de rodovia com supostamente *m* faixas de rolamento por sentido, calculado através da Equação 1, tendo-se adotado cinco faixas no presente estudo;

$IC_{x_1}$ índice de cobertura espacial de estrutura de circulação viária para segmentos com uma faixa de rolamento por sentido (excluindo-se os segmentos selecionados com supostamente *m* faixas de rolamento por sentido), calculado através da Equação 1;

$w_m$ peso atribuído ao $IC_{x_m}$, tendo-se adotado o valor igual a 5;

$w_1$ peso atribuído ao $IC_{x_1}$, tendo-se adotado o valor igual a 1;

*m* número de faixas de rolamento por sentido, tendo-se adotado o valor igual a 5.

A Figura 1 ilustra a oferta de infraestrutura rodoviária para o estado de São Paulo considerando-se a distribuição dos valores de *ICx* entre os municípios, comparados com a distribuição dos valores de *IC'x* entre os municípios para os dois eixos rodoviários simulados separadamente.

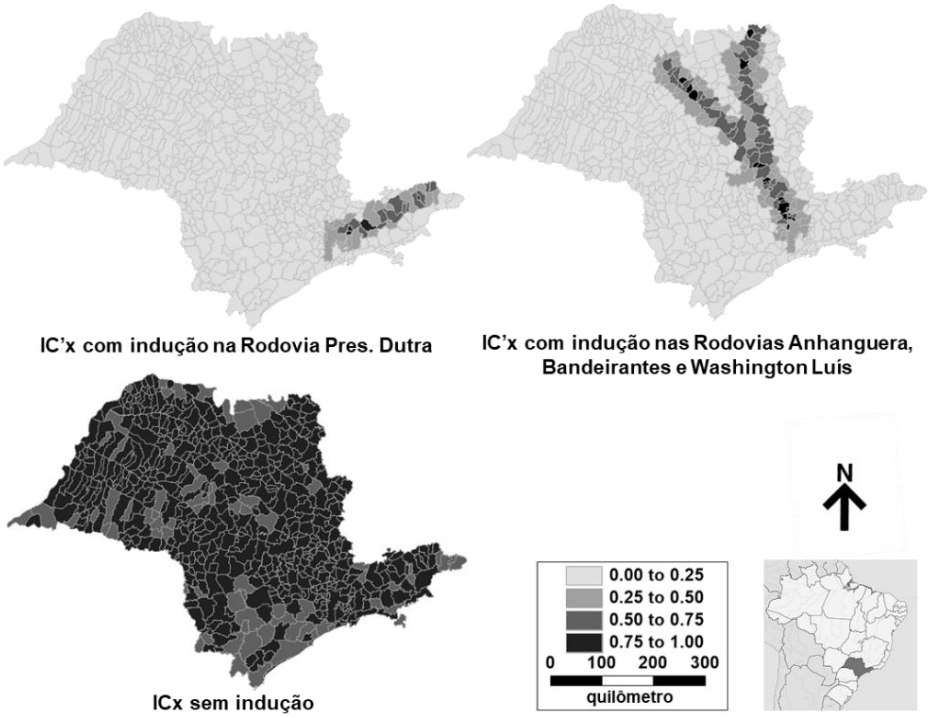



**Figura 1:** Mapas temáticos da distribuição dos valores de *ICx* comparados à distribuição dos valores de *IC'x* para o eixo da Rodovia Presidente Dutra e dos valores de *IC'x* para o eixo das Rodovias Anhanguera, dos Bandeirantes e Washington Luís

Além da variável *IC'x*, outras variáveis compõem os modelos espaciais apresentados por Manzato e Rodrigues da Silva (2010) e Ajauskas *et al*. (2012), as quais também são obtidas considerando-se os limites oficiais dos municípios como as unidades de observação. Essas variáveis compreendem: a densidade populacional (*PDx*); os quadrantes do gráfico de Moran obtidos tanto para *PDx* como para *IC'x*, ou seja, *QPDx* e *QIC'x*; o valor médio da densidade populacional dos municípios vizinhos (*PDj*); e o número de municípios vizinhos pertencentes a cada quadrante do gráfico de Moran obtidos para *PDx*, isto é, $n\_HH_x^{PDx}$, $n\_LL_x^{PDx}$, $n\_LH_x^{PDx}$ e $n\_HL_x^{PDx}$.

A partir da determinação das variáveis, procedeu-se à sua aplicação junto aos modelos espaciais desenvolvidos por Manzato e Rodrigues da Silva (2010) e Ajauskas *et al*. (2012). De maneira resumida, os modelos estimam a densidade populacional ou o quadrante do gráfico de Moran referente à densidade populacional segundo a técnica ESDA. Por terem sido construídos a partir de princípios de CA, fases de treinamento e validação dos parâmetros estimados foram realizadas. De acordo com a disponibilidade de dados na época em que o primeiro estudo foi feito, para a fase de treinamento, os anos de 1960, 1970 e 1980 foram utilizados como dados de entrada e 1990 foi utilizado como dado de saída. Para a fase de validação, foram empregados os anos de 1970, 1980, 1990 como dados de entrada e os dados do ano de 2000 foram estimados pelos modelos e posteriormente comparados aos dados reais de 2000.

Os desempenhos gerais dos modelos, medidos por meio da proporção de acertos dos quadrantes do gráfico de Moran estimados comparados aos reais, variaram entre 95 % e 98 % (Manzato e Rodrigues da Silva, 2010). No estudo subsequente, quando os dados reais de 2010 foram disponibilizados oficialmente, Ajauskas *et al*. (2012) realizaram uma nova validação dos modelos, empregando os anos de 1980, 1990 e 2000 como dados de entrada e obtendo os dados estimados referentes ao ano de 2010, os quais foram comparados com os dados reais de 2010. Os desempenhos gerais dos modelos, também medidos por meio da proporção de acertos dos quadrantes do gráfico de Moran estimados comparados aos reais, variaram entre 96 % e 98 %.

Como se observa, as fases de treinamento e validação foram organizadas conforme a disponibilidade de dados em períodos específicos. Há, no entanto, uma terceira fase no processo de modelagem baseada em CA que, embora não seja necessária para verificar o desempenho dos modelos, permite a extrapolação dos dados para análises de cenários futuros. Tal fase é chamada de previsão. Essa fase foi realizada em ambos os estudos mencionados, sendo que no primeiro a previsão dos dados foi para o ano de 2010 (a qual foi posteriormente validada no segundo estudo). No segundo estudo, tal previsão foi para 2020, sendo este o dado de saída e os anos de 1990, 2000 e 2010 compreendendo os dados de entrada. É nessa fase de previsão, particularmente para o ano de 2020, que o estudo aqui desenvolvido está baseado. Por meio dos modelos espaciais, foram estimados cenários para 2020 com o emprego da variável *IC'x*. Para isso, os segmentos rodoviários em que foi aplicado o aumento simulado na oferta de infraestrutura se referiram aos dados de 2010. Os resultados dessa simulação foram comparados com a previsão obtida originalmente, ou seja, empregando-se o *ICx* conforme Ajauskas *et al*. (2012). É importante destacar que os dados referentes a 1990 e 2000 não sofreram alterações, pois a ideia foi simular uma operação de investimentos em infraestrutura rodoviária e, de acordo com a estrutura dos modelos espaciais utilizados, a estimativa para 2020 depende basicamente das alterações nos dados referentes a 2010.

Ainda em relação aos referidos modelos espaciais, duas estruturas básicas foram concebidas conforme a disponibilidade dos dados em períodos distintos. A primeira, chamada



"3 IN 1 OUT", utiliza dados de entrada referentes a três períodos subsequentes e igualmente espaçados, tendo-se o período subsequente aos três primeiros como dado de saída. Em outras palavras, essa estrutura organiza os dados longitudinalmente ou "horizontalmente". A segunda estrutura, chamada "T, T + 10", aparentemente apresenta apenas um período como entrada e outro período subsequente como saída. No entanto, ela é organizada alinhando-se blocos de dois períodos subsequentes (um de entrada e outro de saída) como se eles estivessem na mesma coluna de uma planilha. Tomando-se, por exemplo, os dados de 1960 e 1970, o primeiro bloco é organizado com 1960 como entrada e 1970 como saída. No segundo bloco, os dados de 1970 tornam-se entrada e os dados de 1980 são a saída, alinhando-os abaixo dos dados de 1960 e 1970, respectivamente. Esse procedimento pode ser repetido dependendo da disponibilidade de dados. Em outras palavras, essa estrutura é conhecida também como "*data pooling*" ou, como exemplificado, quando se organiza os dados "verticalmente".

A Tabela 1 resume a especificação dos modelos espaciais propostos por Manzato e Rodrigues da Silva (2010), modelos de 1 a 4, e Ajauskas *et al*. (2012), modelos 5 e 6, quanto às estruturas concebidas e suas variáveis. Cabe ressaltar que os modelos 1 e 2 não foram empregados no presente estudo uma vez que esses modelos não incorporam dados de oferta de transportes em sua estrutura. Além disso, o indicador de oferta de infraestrutura rodoviária (nesse caso, o *IC'x*) é utilizado nos modelos 3 e 4 por meio do cálculo de sua variação observada entre dois períodos em análise. Por exemplo, no modelo 3 tal variação foi calculada entre 1990 e 2010 e, no modelo 4, entre 2000 e 2010.

**Tabela 1:** Resumo dos modelos espaciais em função de sua estrutura e variáveis

| Modelo | Estrutura | Variáveis de Entrada | Variável de Saída |
|---|---|---|---|
| 1 | 3 IN 1 OUT | *PDx, QPDx, PDj,* $n\_HH_x^{PDx}$, $n\_LL_x^{PDx}$, $n\_LH_x^{PDx}$ e $n\_HL_x^{PDx}$ | *PDx* |
| 2 | T, T+10 | *PDx, QPDx, PDj,* $n\_HH_x^{PDx}$, $n\_LL_x^{PDx}$, $n\_LH_x^{PDx}$ e $n\_HL_x^{PDx}$ | *PDx* |
| 3 | 3 IN 1 OUT | *PDx, QPDx, PDj,* $n\_HH_x^{PDx}$, $n\_LL_x^{PDx}$, $n\_LH_x^{PDx}$, $n\_HL_x^{PDx}$ e *ΔIC'x* | *PDx* |
| 4 | T, T+10 | *PDx, QPDx, PDj,* $n\_HH_x^{PDx}$, $n\_LL_x^{PDx}$, $n\_LH_x^{PDx}$, $n\_HL_x^{PDx}$ e *ΔIC'x* | *PDx* |
| 5 | 3 IN 1 OUT | *QPDx, QIC'x* | *QPDx* |
| 6 | T, T+10 | *QPDx, QIC'x* | *QPDx* |

## 3. RESULTADOS

A Figura 2 apresenta os resultados obtidos por meio de *Box Maps*, considerando-se apenas os modelos que demonstraram alguma variação na previsão para 2020 em função da estratégia de indução de oferta de infraestrutura rodoviária aqui investigada. Cabe destacar que a variável de saída dos modelos 3 e 4 é a densidade populacional estimada para o ano de 2020, a qual foi representada por meio da classificação segundo os quadrantes do gráfico de Moran. Para os modelos 5 e 6, a variável de saída é o próprio quadrante do gráfico de Moran estimado para o ano de 2020. Além disso, a Figura 2 apresenta separadamente os resultados para cada eixo rodoviário simulado, conforme descrito na metodologia. Nesse sentido, para o eixo das rodovias Anhanguera, dos Bandeirantes e Washington Luís, os modelos 3, 4 e 5 demonstraram alguma variação na previsão para 2020. Por outro lado, considerando-se o eixo da Rodovia Presidente Dutra, apenas os modelos 4 e 5 apresentaram tal variação. Para ambos os eixos, nenhuma variação foi observada considerando-se o modelo 6.

Nos mapas apresentados na Figura 2, pode-se observar também que alguns municípios foram destacados com um número em vermelho. Esse número se refere ao quadrante em que o

município está classificado na situação sem a indução de oferta, ou seja, é o resultado obtido originalmente por Ajauskas *et al*. (2012). Cabe ressaltar que foram destacados apenas os municípios que sofreram variação entre a situação original e a situação simulada (explorada no presente estudo). Além disso, os eventuais resultados de variação para Ilha Bela foram descartados, pois sua característica insular não permite análises pela técnica ESDA conforme considerado neste trabalho.

Em relação à interpretação das classificações da distribuição populacional nos referidos quadrantes, geralmente associam-se os centros de regiões metropolitanas ao quadrante Q1. No quadrante Q2 normalmente é encontrada a maior parte dos municípios, sobretudo municípios pequenos (em termos populacionais) e distantes dos grandes centros urbanos. O quadrante Q3 compreende os municípios situados geralmente nas periferias de regiões metropolitanas e de grandes cidades. Por fim, os grandes municípios em termos populacionais, com reconhecida representação regional e que em geral se encontram isolados e afastados das regiões metropolitanas são comumente classificados no quadrante Q4. A análise dos resultados seguiu, portanto, uma lógica de se compararem as classificações dos municípios nos quadrantes na situação original com a situação simulada. Dessa maneira, duas variações podem ser observadas: uma positiva e outra negativa. A variação positiva indica que a situação simulada promoveu um aumento na densidade populacional em relação à situação original, assumindo-se assim que a indução de oferta rodoviária motivou o processo de desenvolvimento. Por outro lado, a variação negativa indica que a situação simulada promoveu uma diminuição na densidade populacional em relação à situação original, depreendendo-se que a indução de oferta rodoviária desestimulou o processo de desenvolvimento. Como os resultados são apresentados por meio dos quadrantes, as possibilidades de variações observadas entre a situação original e a situação simulada estão resumidas na Tabela 2.

**Tabela 2:** Possibilidades de variações observadas entre a situação original e a situação simulada

| | | **PARA (situação simulada)** | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | **Q1** | **Q2** | **Q3** | **Q4** |
| **DE (situação original)** | **Q1** | | – | – | – |
| | **Q2** | + | | + | + |
| | **Q3** | + | – | | +/– [a] |
| | **Q4** | + | – | –/+ [b] | |

[a] a variação é positiva para o município, mas negativa para os vizinhos;
[b] a variação é negativa para o município, mas positiva para os vizinhos.

Na Figura 2, para o caso do eixo da Rodovias Anhanguera, dos Bandeirantes e Washington Luís, o modelo 3 apresenta dois municípios cuja variação é positiva, ou seja, sendo um município originalmente classificado no quadrante Q4, mas com a simulação ele passa a ser classificado no quadrante Q1. O outro município é originalmente classificado no quadrante Q2, mas sua classificação na situação simulada passa a ser no quadrante Q3. No caso do modelo 4, três municípios resultam em uma variação positiva, sendo um município apresentando a variação do quadrante Q3 para o quadrante Q1 e dois municípios demostrando a variação do quadrante Q2 para o quadrante Q4. É importante destacar também que dois municípios resultaram um uma variação negativa, sendo um do quadrante Q1 para o quadrante Q3 e, o outro, do quadrante Q3 para o quadrante Q2. Finalmente, em relação ao modelo 5, nove municípios apresentaram uma variação negativa, ou seja, oito municípios do quadrante Q3 para o quadrante Q2 e um município do quadrante Q1 para o quadrante Q2.

Considerando o eixo da Rodovia Presidente Dutra, o modelo 4 promoveu uma variação positiva em três municípios, a saber: um município do quadrante Q3 para o quadrante Q1; um município do quadrante Q2 para o quadrante Q3, e um município do quadrante Q2 para o quadrante Q4. Este modelo também demonstrou dois municípios com variação negativa, ou seja, um município do quadrante Q1 para o quadrante Q3 e, o outro, do quadrante Q3 para o quadrante Q2. Em relação ao modelo 5, dois municípios tiveram uma variação positiva, observando-se uma variação para ambos os municípios do quadrante Q2 para o quadrante Q3. Por outro lado, dez municípios demonstraram uma variação negativa, sendo nove municípios do quadrante Q3 para o quadrante Q2 e um município do quadrante Q1 para o quadrante Q2.

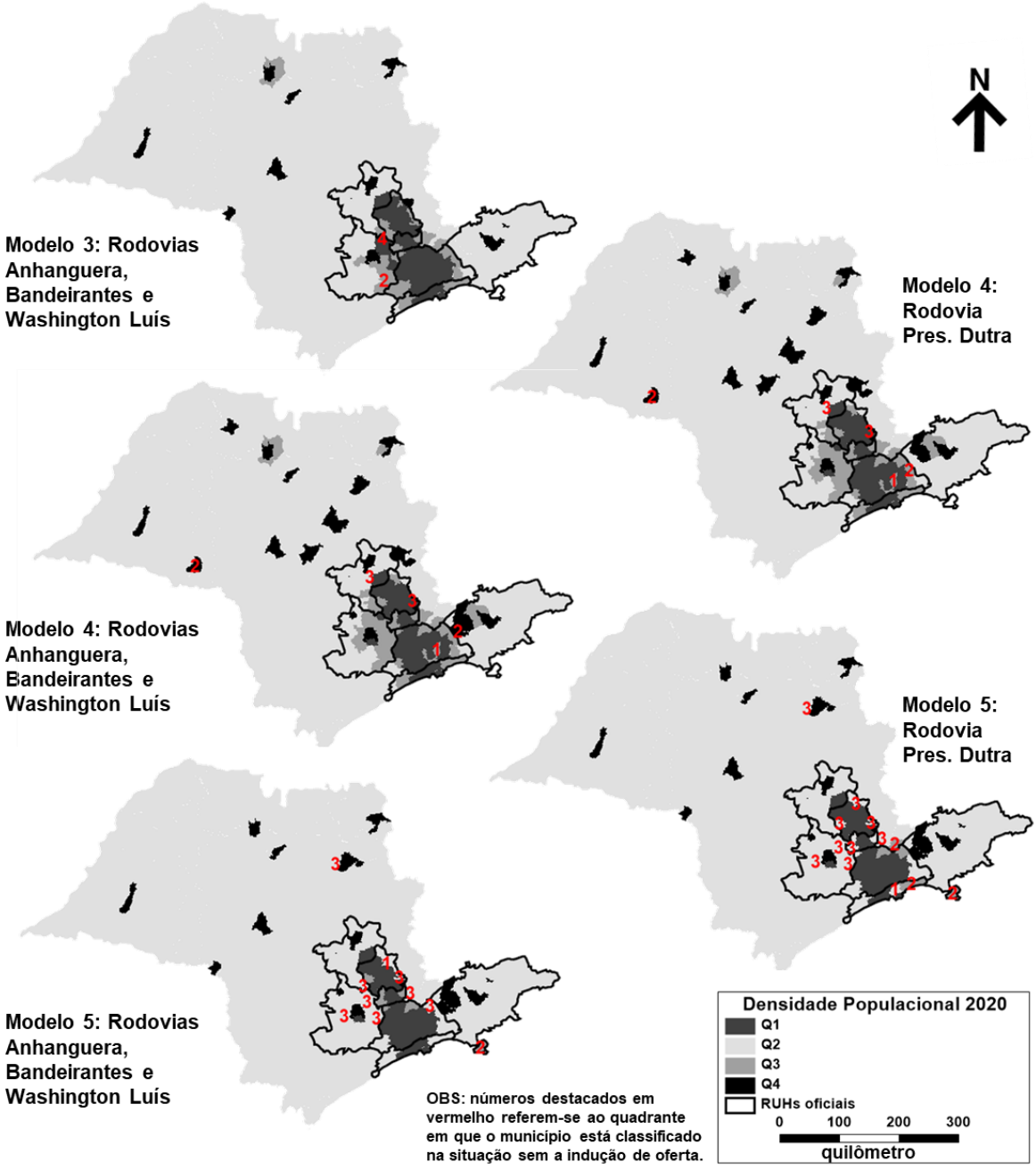



**Figura 2:** *Box Maps* apresentando os resultados estimados pelos modelos segundo os eixos rodoviários simulados

## 4. CONCLUSÕES

O objetivo desse estudo foi investigar o processo de ocupação do território, representado pelo desenvolvimento de RUHs (ou metropolização), a partir do provimento de oferta de infraestrutura de transportes. No caso aqui estudado, duas regiões específicas do estado de São Paulo foram simuladas com um aumento hipotético na oferta de infraestrutura rodoviária, a saber: o eixo formado pela Rodovia Presidente Dutra e o eixo formado pelas Rodovias Anhanguera, dos Bandeirantes e Washington Luís. Tal simulação foi baseada no emprego de um indicador de oferta rodoviária, cujo valor nas regiões específicas foi determinado considerando-se rodovias com cinco faixas de rolamento por sentido. No restante do estado, o referido indicador foi determinado como se as rodovias tivessem apenas uma faixa de rolamento por sentido. Os modelos espaciais apresentados por Manzato e Rodrigues da Silva (2010) e Ajauskas *et al*. (2012) foram utilizados por combinarem dados de distribuição populacional com oferta de infraestrutura rodoviária.

Comparando-se a situação original (Ajauskas *et al*., 2012) e a investigada nesse estudo, foi possível observar variações positivas, ainda que pontuais, no comportamento de alguns modelos para a questão da influência da oferta de infraestrutura rodoviária no processo de desenvolvimento. Dentre os modelos analisados, o modelo 4 se destacou em relação aos padrões de variações positivas, indicando que sua estrutura apresentou uma boa capacidade de responder às simulações desenvolvidas. O bom desempenho deste modelo em particular também está consistente com resultados obtidos em estudos anteriores, como por exemplo, Manzato e Rodrigues da Silva (2010), Ajauskas *et al*. (2012) e Matiolli *et al*. (2016). Dessa forma, a estrutura deste modelo poderia ser utilizada como uma ferramenta para estudos de planejamento urbano, quando processos de ocupação territorial em potencial possam ser verificados a partir do provimento de oferta de infraestrutura de transportes.

Por outro lado, os modelos em geral não apresentaram padrões de variações que resultassem em um processo de desenvolvimento significativo de uma região. Contudo, esta questão poderia ser atribuída ao fato de que as regiões analisadas já contam com as maiores concentrações populacionais do estado de São Paulo. Uma alternativa seria explorar a metodologia apresentada aqui em uma região com baixas densidades populacionais, analisando-se o impacto da indução de oferta rodoviária nessa situação.

**Agradecimentos**

Os autores agradecem às agências FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – Processo 2014/25351-3), CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – Processos 471397/2013-0 e 302177/2015-9) e CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pelo apoio concedido em diferentes fases da pesquisa que deu origem a este trabalho. Os autores agradecem também à *Caliper Corporation* pela doação da licença educacional do *software* Maptitude e ao DER-SP pelos dados utilizados neste estudo.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Aguiar, L. L. e G. G. Manzato (2017) Análise exploratória de dados de viagens pendulares visando a definição de Regiões Urbanas Homogêneas. *Transportes*, no prelo.

Aguiar, L. L.; G. G. Manzato e A. N. Rodrigues da Silva (2017) Patterns of commuting flows for delimitating Functional Urban Regions in the state of São Paulo, Brazil. *Proceedings of the 15th International Conference on Computers in Urban Planning and Urban Management* (CUPUM), Adelaide, Austrália.

Ajauskas, R.; G. G. Manzato e A. N. Rodrigues da Silva (2012) The Definition of Functional Urban Regions: Validation of a Set of Spatial Models with Recent Census Data and Analysis of an Additional Model Specification. *Proceedings of CAMUSS, the International Symposium on Cellular Automata Modeling for Urban Spatial Systems*, Porto, Portugal, p. 91-104.

Anselin, L. (1995) Local indicators of spatial association – LISA. *Geographical analysis*, v. 27, n. 2, p. 93-115.

Arellano Ríos, A. (2014a) La definición jurídica del fenómeno metropolitano en el ámbito subnacional mexicano. *Opinión Jurídica*, v. 13, n. 26, p. 91-108.

Arellano Ríos, A. (2014b) La coordinación metropolitana en el ámbito subnacional mexicano: un análisis institucional. *Documentos y Aportes en Administración Pública y Gestión Estatal (DAAPGE)*, v. 14, n. 23, p. 33-70.

Arellano Ríos, A. (2015) Metropolitan Coordination in Mexico. *Current Urban Studies*, v. 3, p. 11-17

Batty, M. e Y. Xie (1994) From cells to cities. *Environment and Planning B: Planning and Design*, v. 21, p. s31–s48.

Batty, M.; H. Couclelis e M. Eichen (1997) Urban systems as cellular automata. *Environment and Planning B: Planning and Design*, v. 24, p. 159–164.

Baum-Snow, N. (2010) Changes in Transportation Infrastructure and Commuting Patterns in US Metropolitan Areas, 1960-2000. *The American Economic Review: Papers & Proceedings*, v. 100, n. 2, p. 378-382.

Bereitschaft, B. e K. Debbage (2014) Regional Variations in Urban Fragmentation among U.S. Metropolitan and Megapolitan Areas. *Applied Spatial Analysis and Policy*,v. 7, p. 119-147.

Bertolussi, G. L e R. Ellery Junior (2012) Infraestrutura de transporte e crescimento econômico no Brasil. *Journal of Transport Literature*, v. 6, n. 4, p. 101-132

Boarnet, M. G. e A. F. Haughwout (2000) Do Highways Matter? Evidence and Policy Implications of Highways' Influence on Metropolitan Development. The Brookings Institution Center on Urban and Metropolitan Policy (Discussion Paper) <http://www.brookings.edu/research/reports/2000/08/highways-boarnet>

Bode, E. (2008) Delineating metropolitan areas using land prices. *Journal of Regional Science*, v. 48, n. 1, p. 131-163.

Breitung, W. (2011). Borders and the city. *Quaestiones Geographicae*, v. 30, n. 4, p. 55–67.

Campos Neto, C. A. S. (2016) Reflexões sobre investimentos em infraestrutura de transporte no Brasil. *Radar*, n. 47, p. 7-21.

Castro, C. C. A. (2014) Infraestrutura e desenvolvimento econômico: uma análise dos investimentos para o caso brasileiro. Monografia (graduação). Universidade de Brasília, Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Departamento de Economia, 80 p.

Cheshire, P. C. e D. G. Hay (1989) *Urban problems in Western Europe: an economic analysis*. Unwin Hyman, London.

Coombes, P. P. e H. G. Overman (2004) The spatial distribution of economic activities in the European Union. *In:* J. V. Henderson e J. F. Thisse (*eds.*) *Handbook of Urban and Regional Economics: Cities and Geography.* North Holland, Amsterdam, v. 4, p. 2845-2909.

Dias, R. S.; G. G. Manzato e A. N. Rodrigues da Silva (2014). A capacidade de infraestrutura rodoviária e sua relação com o processo de metropolização. *Anais do XXVIII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes*, ANPET, Curitiba, Brasil.

Gouvêa, R. G. (2005) *A questão metropolitana no Brasil*. FGV, Rio de Janeiro.

Huang, X.; Q. Lu e L. Zhang (2014) A Multi-index Learning Approach for Classification of High-Resolution Remotely Sensed Images over Urban Areas. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, v. 90, p. 36-48.

Kauffmann, A. (2012) *Delineation of city regions based on commuting interrelations: The example of large cities in Germany*. IWH-Diskussionspapiere, n. 2012,4. Disponível em: http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:101:1-201212176768.

Kourtit, K.; P. Nijkamp e M. D. Partridge (2015) Challenges of the New Urban World. *Applied Spatial Analysis and Policy*, v. 8, n. 3, p. 199–215.

Lin, G. C. S. (1999) Transportation and Metropolitan Development in China's Pearl River Delta: The Experience of Panyu. *Habitat International*, v. 23, n. 2, p. 249-270.

Magalhães, M. T. Q.; G. L. Teixeira e Y. Yamashita (2004) Indicadores de Cobertura Espacial para Diagnóstico da Dotação de Estrutura de Circulação Rodoviária Brasileira. *XVIII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes*, Florianópolis, Brasil, v. 2, p. 880-891.

Manzato, G. G. e A. N. Rodrigues da Silva (2006) Incorporando um indicador de oferta de infraestrutura de transportes na definição de regiões metropolitanas. *Anais do XX Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes*, Brasília, Brasil, v. 1, p. 341-352.

Manzato, G. G. e A. N. Rodrigues da Silva (2007) Uma estrutura conceitual para a definição de regiões urbanas homogêneas. *Anais do XXI Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes*, Rio de Janeiro, Brasil.

Manzato, G. G. e A. N. Rodrigues da Silva (2010) Spatial-temporal combination of variables for monitoring changes in metropolitan areas. *Applied Spatial Analysis and Policy*, v. 3, n. 1, p. 25-44.

Manzato, G. G.; A. J. Soares e A. N. Rodrigues da Silva (2006) Aglomerações urbanas e oferta de transportes no estado de São Paulo, Brasil. *Anais do 2º Congresso Luso-Brasileiro para o Planejamento Urbano Regional Integrado Sustentável*, Braga, Portugal.

Manzato, G. G.; I. Baria e A. N. Rodrigues da Silva (2007) A GIS-based comparison of methodologies for the definition of metropolitan areas in a developing country. *Proceedings of 10th International Conference on Computers in Urban Planning and Urban Management*, Foz do Iguaçu, Brasil.

Matiolli J. A C.; M. A. Oliveira Junior e G. G. Manzato (2016) Modelagem especial para a definição de regiões urbanas

homogêneas incorporando recentes dados demográficos e de oferta de infraestrutura rodoviária. *Anais do XXX Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes*, ANPET, Rio de Janeiro, Brasil

Moura, R. e I. Carvalho (2012) *Estatuto da Metrópole: onde está a região metropolitana?*. Observatório das Metrópoles, Disponível em: http://observatoriodasmetropoles.net/index.php?option=com_k2&view=item&id=455%3Aestatuto-da-metr%C3%B3pole-onde-est%C3%A1-a-regi%C3%A3o-metropolitana%3F&Itemid=165&lang=pt. Acessado em 15 de abril de 2014.

Niemeyer, J.; F. Rottensteiner e U. Soergel (2014) Contextual Classification of Lidar Data and Building Object Detection in Urban Areas. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, v. 87, p. 152-165.

Office of Management and Budget (1998) Alternative approaches to defining metropolitan and non-metropolitan areas, *Federal Register*, v. 63, n. 244, December 21, 1998.

Office of Management and Budget (2000) Standards for defining metropolitan and micropolitan statistical areas. *Federal Register*,v. 65,n. 249, December 27, 2000.

Pereira, H. T. S. e A. N. Rodrigues da Silva (2010) Comparing spatial analysis methods for the definition of Functional Urban Regions - The case of Bahia, Brazil. *Proceedings of 10th International Conference on Design and Decision Support Systems in Architecture and Urban Planning*, Eindhoven, The Netherlands.

Ramos, R. A. R. e A. N. Rodrigues da Silva (2003) A data-driven approach for the definition of metropolitan regions. *Proceedings of 8th International Conference on Computers in Urban Planning and Urban Management*, Sendai, Japan.

Ramos, R. A. R. e A. N. Rodrigues da Silva (2007) A spatial analysis approach for the definition of metropolitan regions - the case of Portugal. *Environment and Planning B: Planning and Design*, v. 34, n. 1, p. 171-185.

Ramos, R. A. R.; A. N. Rodrigues da Silva e V. P. Miranda (2004) A comparison of two methods for the definition of regional metropolitan areas through an application in the north of Portugal. *Proceedings of 44th European Congress of the European Regional Science Association*, Porto, Portugal.

Rodrigues da Silva, A. N.; G. G. Manzato e H. T. S. Pereira (2014) Defining Functional Urban Regions in Bahia, Brazil, using roadway coverage and population density variables. *Journal of Transport Geography*, v. 36, p. 79-88.

Sahoo, S. N. e S. Pekkat (2014) Determination of urbanization based on imperviousness. *Urban Design and Planning*, v. 167, n. DP2, p. 49-57.

Santos, S. P.; G. G. Manzato e A. N. Rodrigues da Silva (2014) Estratégias para a determinação da densidade populacional visando a definição de regiões urbanas homogêneas por meio de técnicas de análise espacial. *Anais do 6º Congresso Luso Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável*, Lisboa, Portugal.

Santos, V. S.; R. S. Lima e A. N. Rodrigues da Silva (2005) Modelagem da dinâmica populacional intra-urbana com Cellular Automata e avaliação multicritério. *In:* A. N. Rodrigues da Silva; L. C. L. Souza e J. F. G. Mendes (*eds.*) *Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável. Desenvolvimentos recentes no Brasil e em Portugal*, São Carlos: Edição dos autores.

São Paulo (1989) Constituição do Estado de São Paulo. Governo do Estado de São Paulo. Disponível em: www.legislacao.sp.gov.br/legislacao/index.htm.

Silva, I. N.; D. H. Spatti e R. A. Flauzino (2016) *Redes Neurais Artificiais para Engenharia e Ciências Aplicadas - Curso Prático*. Editora Artliber, São Paulo.

Suprani, R. (2012) O investimento em infraestrutura: desenvolvimento, comércio exterior e caso brasileiro. Dissertação *(Mestrado).* Universidade Federal do Rio de Janeiro, 81 p.

UN (2007) United Nations, Population fund, state of world population 2007, New York: UN.

UN (2015) United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. World Urbanization Prospects: The 2014 Revision, (ST/ESA/SER.A/366).

Weber, C. (2001) Urban agglomeration delimitation using remote sensing data. *In:* J. P. Donnay, M. J. Barnsley e P. A. Longley (*eds.*) *Remote sensing and urban analysis*. Taylor & Francis, London, p. 145-159.

White, R. e G. Engelen (1993a) Cellular automata and fractal urban form: a cellular modelling approach to the evolution of urban land-use patterns. *Environment and Planning A*, v. 25, p. 1175–1199.

White, R. e G. Engelen (1993b) Cellular dynamics and GIS: modelling spatial complexity. *Geographical Systems*, v. 1, p. 237–253.

Williams, A. M.; J. Foord e J. Mooney (2012) Human mobility in functional urban regions: understanding the diversity of mobilities. *International Review of Sociology*, v. 22, n. 2, p. 191-209.

Karen Kotomi Tomita (karenktomita@gmail.com) e Gustavo Garcia Manzato (gusmanzato@feb.unesp.br)
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Faculdade de Engenharia de Bauru, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP)
Av. Eng. Luiz Edmundo C. Coube, 14-01 CEP 17033-360 Bauru, SP, Brasil

# MAPAS DIGITAIS DE TRÁFEGO ATRAVÉS DE RASTREAMENTO DE VEÍCULOS: ESTUDO DE CASO DAS PRINCIPAIS VIAS DA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO

**Diego B. Tomasiello**
**Flávio G. V. de A. Filho**
Universidade de São Paulo
Escola Politécnica

**RESUMO**
Este estudo tem como objetivo desenvolver um método de inserção de informações de tráfego em uma rede de transporte em ambiente SIG através de dados de rastreamento. Foram selecionadas as principais vias da região metropolitana de São Paulo e utilizadas bases de dados de empresas parceiras para o desenvolvimento da pesquisa. Ao longo do texto, o conceito de *Map-matching* é revisado e aplicado na identificação das trajetórias mais prováveis dos veículos rastreados. Como resultado, informações de tráfego extraídas dos dados de rastreamento foram inseridas na base de dados de logradouros disponibilizada pelo Open Street Map (OSM), considerando cada uma das horas do dia 07/10/2014. A avaliação dos resultados foi realizada comparando os tempos de viagem de diversos pares origem e destino, com informações de tráfego, para o mesmo período disponibilizado pela empresa parceira TomTom. A conclusão do estudo é que o método se mostrou eficiente na transformação de dados de rastreamento em informação de tráfego e que a base de dados gerada é mais compatível com os dados da TomTom para o período que compreende o pico da manhã.

**ABSTRACT**
This study aims to develop a methodology for inserting traffic information into a transport network in a GIS environment through tracking data. The main streets and roads of the metropolitan region of São Paulo were selected as the area of interest and databases of partner companies were used to develop the research. Throughout the text, the concept of Map-matching is reviewed and applied in the identification of the most probable trajectories of the traced vehicles. As a result, traffic information extracted from the tracking data was entered in the Open Street Map (OSM) database, considering each of the hours of 10/07/2014. The evaluation of the results was performed comparing the travel times of several origin and destination pairs with traffic information for the same period made available by the TomTom partner company. The conclusion of the study is that the methodology proved to be efficient in transforming tracking data into traffic information and that the generated database is more compatible with TomTom data for the period comprising the morning peak.

## 1. INTRODUÇÃO

A região metropolitana de São Paulo (RMSP), com aproximadamente 22 milhões de habitantes (IBGE, 2015), é a região metropolitana mais populosa do Brasil. Segundo o SEADE (2015), a frota da região é de aproximadamente 12 milhões de veículos, o que mostra a importância de estudos que retratem como se dão os deslocamentos nas vias da região metropolitana.

Com as novas tecnologias de rastreamento de veículos e de pessoas, que se popularizaram com a disseminação de smartphones e novas soluções corporativas de rastreamento de cargas, viu-se um aumento na quantidade de dados espaço-temporais que auxiliam, também, os estudos de deslocamentos nos grandes centros urbanos.

O diagnóstico das vias congestionadas em conjunto com análises espaciais que buscam identificar padrões espaciais que podem ocasionar tais congestionamentos, são ferramentas poderosas no planejamento do transporte urbano. Por esse motivo, o desenvolvimento de métodos que se utilizam dos dados provenientes das infraestruturas de rastreamento já instaladas nos sistemas de transporte dos centros urbanos para gerar informações de tráfego, é

essencial para o diagnóstico do sistema de transporte atual e proposição de mudanças.

Com o objetivo de gerar informações de tráfego através de dados espaço-temporais de rastreamento de veículos, o trabalho propõe um método de cálculo das velocidades médias de deslocamento de veículos rastreados e identificação das rotas percorridas para geração dos perfis de velocidade de vias, por hora do dia, em ambiente de Sistemas de Informações Geográficas (SIG). O estudo de caso foi feito para as principais vias da região metropolitana de São Paulo para o dia 07/10/2014.

## 2. OBJETIVOS

Desenvolver método de inserção de informações de tráfego em uma rede de transporte em ambiente SIG através de dados de rastreamento de veículos.

### 2.1. Objetivo Específico

Gerar uma rede de transporte com informações de tráfego do dia 07/10/2014 para as principais vias da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP).

## 3. REVISÃO DA LITERATURA

A análise dos deslocamentos diários dos habitantes da RMSP é de fundamental importância para o planejamento do sistema de transporte, sendo o método de coleta dos dados essenciais para estudos sobre o assunto. De acordo com Giannotti *et al.* (2011), a disseminação de tecnologias sem fio para localização de indivíduos, como o sistema GPS e a telefonia móvel, impulsionou uma série de estudos relacionados ao deslocamento de pessoas.

Segundo Xu *et al.* (2016), o rastreamento de veículos é uma importante fonte de dados espaço-temporais, sendo que algumas de suas características são a alta precisão e grande volume de dados, que são essenciais para o gerenciamento e controle do tráfego, roteirização e navegação.

No caso da utilização do sistema GPS para localização de veículos, cada veículo é equipado com um receptor GPS e um transmissor sem fio, sendo a localização determinada pelo receptor GPS e enviada para a estação de controle através do transmissor. Os dados espaço-temporais que são transmitidos para a estação de controle, normalmente, estão associados a mapas digitais e sistemas de armazenamento de rotas (Nagda *et al.*, 2005).

O processo de ordenamento de uma sequência de posições do usuário de uma rede de transporte em um mapa digital é denominado *Map-matching* (Lou *et al.*, 2009). O propósito geral do algoritmo de *Map-matching* não é apenas a identificação do segmento da via que o veículo está localizado, mas sim determinar a localização do veículo no segmento (Greenfeld, 2002). Segundo Newson e Krumm (2009), recentemente o *Map-matching* tem ganhado ainda mais importância, pois os veículos são utilizados como proxy para a medição de velocidade de vias e modelos estatísticos de tráfego.

## 4. MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1. Área e Período de Interesse

A área de interesse é composta pelas principais vias da RMSP, que foram escolhidas através de informações locais sobre a sua importância e pelo volume de tráfego, identificado através do banco de dados de rastreamento de veículos utilizado na pesquisa. Outro fator importante

relacionado a escolha de vias com alto volume de tráfego é a representatividade amostral dos dados de rastreamento, pois vias secundárias possuem menor número de observações, o que afeta a qualidade das informações de velocidade extraídas dos dados.

Como o objetivo da pesquisa é atribuir velocidades médias para as principais vias da RMSP, a localização dos veículos ao longo dos segmentos é essencial para a definição das trajetórias desenvolvidas. Para identificar as trajetórias mais prováveis dos veículos rastreados, foi utilizado na pesquisa o algoritmo de Dijkstra (Dijkstra, 1959), sendo considerado o trajeto de menor tempo entre os pontos de origem e destino.

O período de interesse é o dia 07/10/2014, terça feira, que é uma data com disponibilidade de dados de rastreamento de veículos e da base utilizada para avaliação dos resultados.

### 4.2. Materiais

Os materiais utilizados na pesquisa foram:

- Base de dados de logradouros da RMSP disponibilizada pelo Open Street Map (OSM, 2017);
- Base de dados de rastreamento de veículos fornecido pela empresa Maplink (Maplink, 2017);
- Base de dados de logradouros com informações de tráfego fornecido pela empresa TomTom (TomTom, 2017);

### 4.3. Procedimentos

A Figura 1 mostra o fluxograma, contendo as bases de dados utilizadas e as atividades realizadas ao longo da pesquisa.

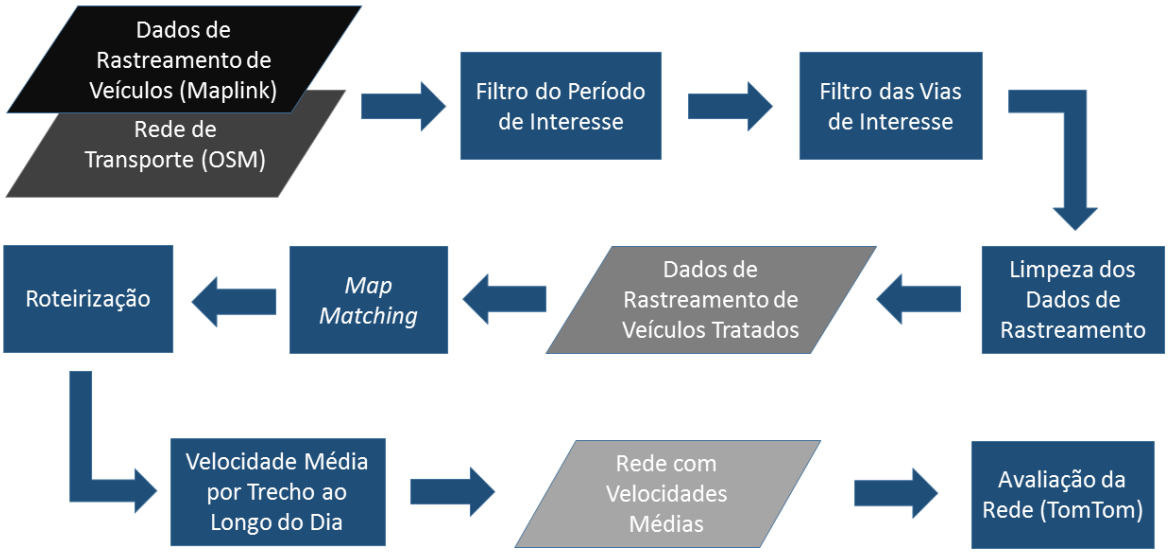



**Figura 1:** Fluxograma

*4.3.1. Dados de Rastreamento de Veículos (Maplink)*

Os dados de rastreamento de veículos, fornecidos pela empresa Maplink, consistem em uma tabela contendo as informações de identificador do veículo rastreado, data, hora e coordenadas de latitude e longitude do veículo ao longo do rastreamento.

Através das coordenadas de latitude e longitude, os dados foram espacializados (Figura 2).

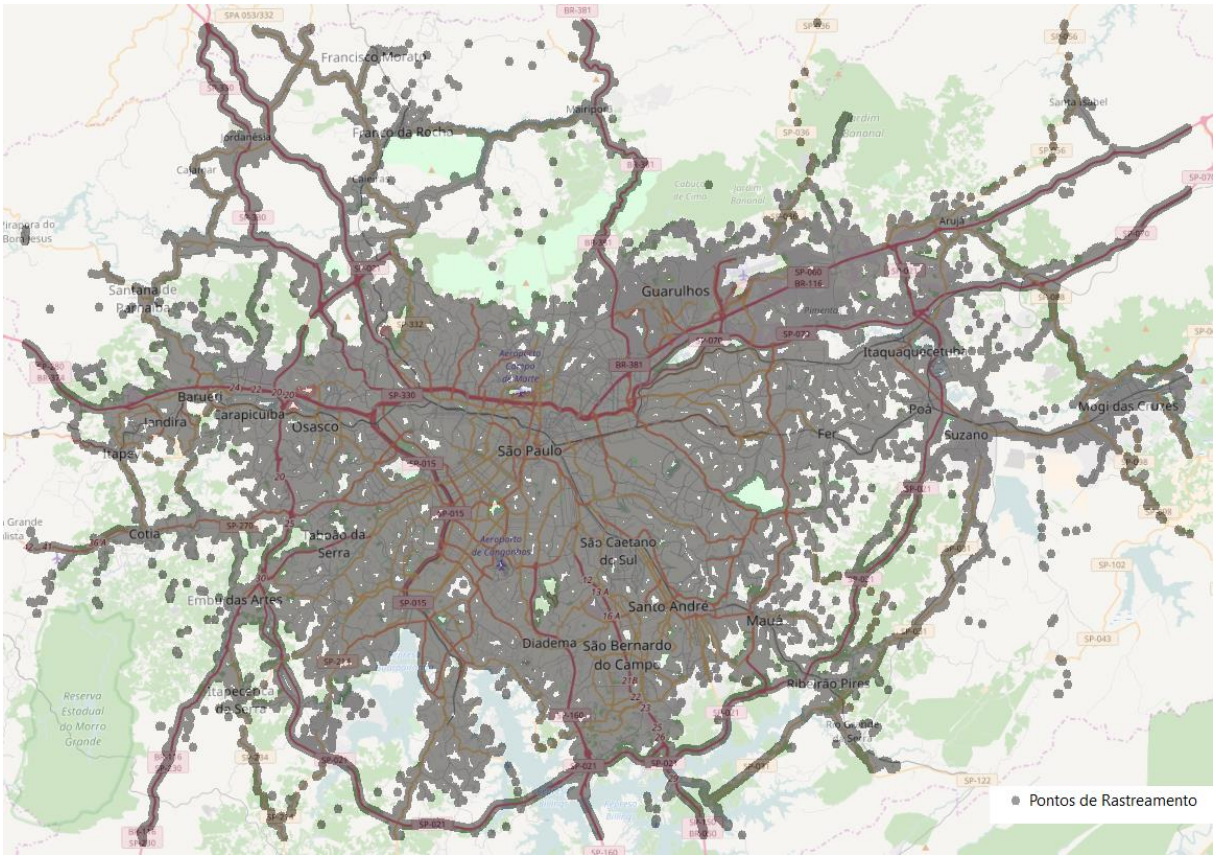



**Figura 2:** Dados de rastreamento de veículos espacializados

*4.3.2. Rede de Transporte (OSM)*

A base de dados de logradouros (Figura 3), disponibilizada pelo OSM, foi utilizada como referência para a inserção das informações de tráfego extraídas através dos dados de rastreamento. A rede do OSM apresenta uma série de atributos, podendo se destacar os atributos de nome de logradouro, velocidade máxima permitida e mão de direção das vias, que são atributos fundamentais para a roteirização.




**Figura 3:** Base de dados de logradouros disponibilizada pelo OSM

*4.3.3. Filtro do Período de Interesse*

A base de dados de rastreamento disponibilizada pelo Maplink compreende o período de uma semana, por esse motivo foi criado um recorte temporal para selecionar apenas os registros do dia 07/10/2014. A seleção dos registros correspondentes ao dia de interesse foi feita através de filtros no campo da tabela de atributos que contém as datas dos rastreios.

*4.3.4. Filtro das Vias de Interesse*

Para filtrar as principais vias da base do OSM para a RMSP, foram realizadas consultas tabulares através dos nomes das vias de interesse. Após a seleção das vias pelos nomes, foram selecionados os demais trechos manualmente através da interface espacial, pois como nem todas as vias da base do OSM possuem atributos de nome de logradouro e, ainda, existem grafias distintas para os nomes de logradouro, somente a seleção por nome de logradouro não é o bastante para filtrar as vias de interesse. A Figura 4 mostra as vias selecionadas para o estudo.

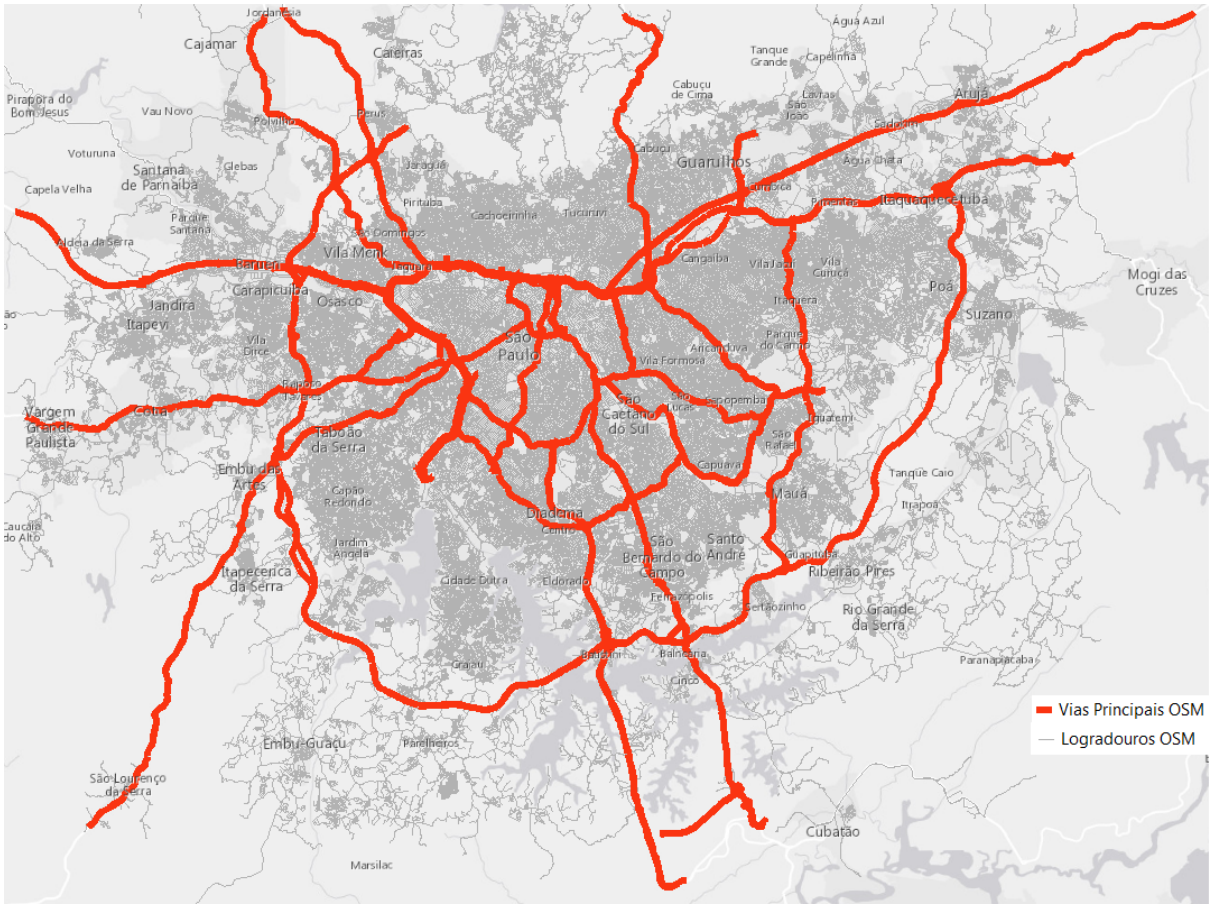



**Figura 4:** Vias selecionadas para o estudo

*4.3.5. Limpeza dos Dados de Rastreamento*

Filtrados os dados de rastreamento de veículos, foi realizada a sua limpeza de acordo com algumas regras. Primeiramente, foram identificados e deletados os registros duplicados. Após a remoção dos registros duplicados, foi realizado um filtro para serem considerados na análise apenas os veículos localizados a uma distância de até 10 metros das vias de interesse. O objetivo desse filtro é considerar apenas os veículos que estão nas vias de interesse, desconsiderando veículos localizados em estacionamentos ou pátios de transportadoras. Foram considerados 10 metros de raio de busca, pois é o dobro do erro médio de posicionamento através de rastreadores GPS utilizando o código C/A. (Monico, 2008).

Após a remoção dos dados duplicados e filtragem dos veículos próximos as vias principais, foram tratados os *gaps* temporais e espaciais dos dados de rastreamento. O *gap* temporal consiste no intervalo máximo de tempo permitido entre duas posições espaço temporais de uma mesma trajetória para um único objeto em movimento (Marketos *et al.*, 2013). É fundamental o tratamento do *gap* temporal, pois a base de dados de rastreamento utilizada não possui uma padronização da taxa de coleta do rastreio, por esse motivo, existem pontos consecutivos de veículos rastreados a cada 1 segundo até pontos rastreados a cada 100 minutos. Para o estudo foram filtrados apenas os veículos com taxa de coleta de rastreamento de até 5 minutos, sendo considerado por Lou *et al.* (2009), o limiar de alta para baixa taxa de amostragem.

O *gap* espacial consiste na máxima distância permitida, em um plano, entre duas posições

espaço temporais consecutivas de uma mesma trajetória (Marketos *et al.*, 2013). O tratamento do *gap* espacial foi feito considerando a distância máxima de 10 km entre pontos consecutivos de uma mesma trajetória, pois é a distância máxima alcançada em uma via com limite de velocidade de 120 km/h em 5 minutos de viagem.

*4.3.6. Dados de Rastreamento de Veículos Tratados*

Realizada a limpeza dos dados de rastreamento, restaram 221.616 registros, originados por 9.755 veículos. A Figura 5 mostra a localização dos pontos de rastreamento tratados, já associados as principais vias da RMSP.

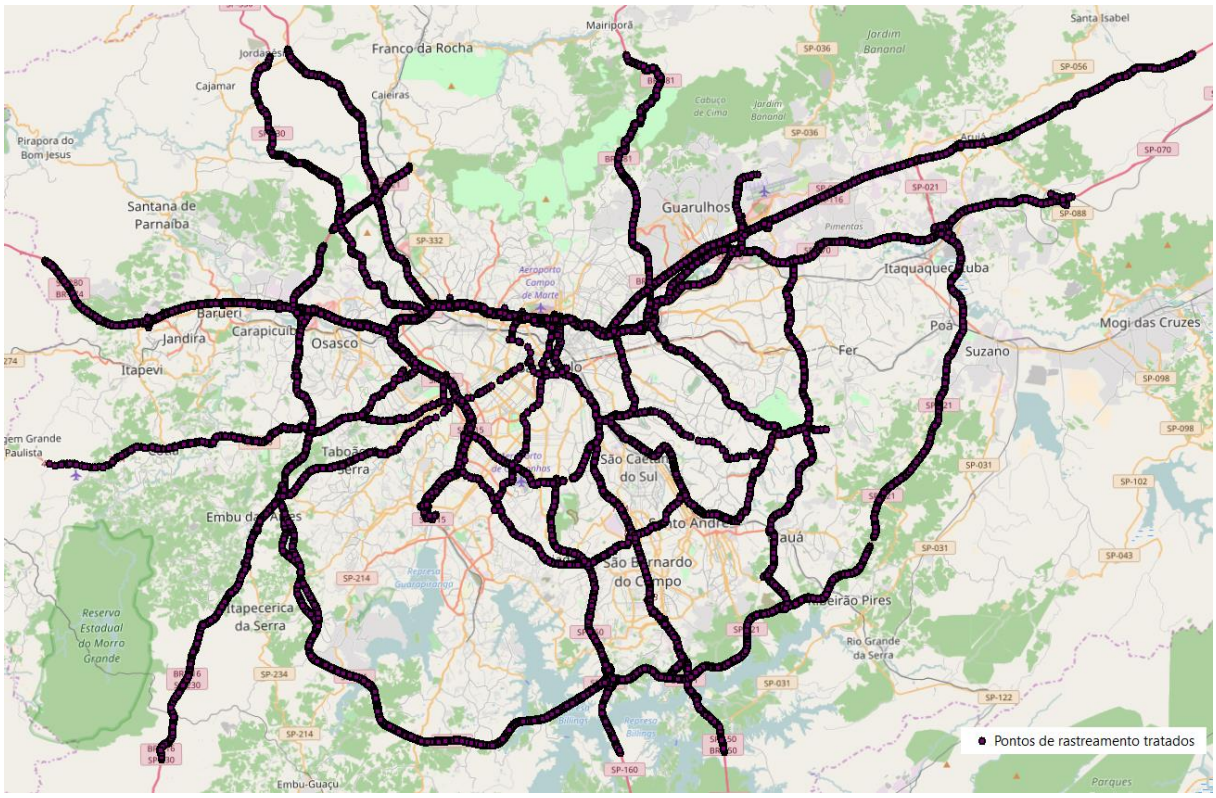



**Figura 5:** Pontos de rastreamento tratados na área de interesse

*4.3.7. Map-matching*

O processo de *Map-matching* empregado na pesquisa considera que pontos de rastreamento localizados a até 10 metros de um trecho pertencem a esse trecho. Através desse processo, os pontos de rastreamento são associados a uma posição específica no trecho, que corresponde ao ponto de maior proximidade entre o trecho e o ponto de rastreamento.

*4.3.8. Roteirização*

A roteirização entre dois pontos consecutivos de rastreamento do mesmo veículo foi incluída como etapa do processo para que fossem estimadas com maior precisão as distâncias percorridas. Como foram filtrados veículos com até 5 minutos de taxa de coleta de posicionamento, se fossem utilizadas distâncias euclidianas a exatidão do trajeto e, consequentemente, as velocidades seriam menos precisas.

As roteirizações foram realizadas no sistema ArcGIS, utilizando como base uma rede criada através dos dados vetoriais de logradouros disponibilizados pelo OSM. Dentro do sistema,

foram inseridos pontos de origem e destino para cada uma das rotas, que são os pontos consecutivos de rastreamento para cada um dos veículos. O algoritmo de roteirização utilizado foi o Dijkstra (Dijkstra, 1959), considerando o menor tempo de viagem. A Figura 6 mostra o resultado de uma das roteirizações.

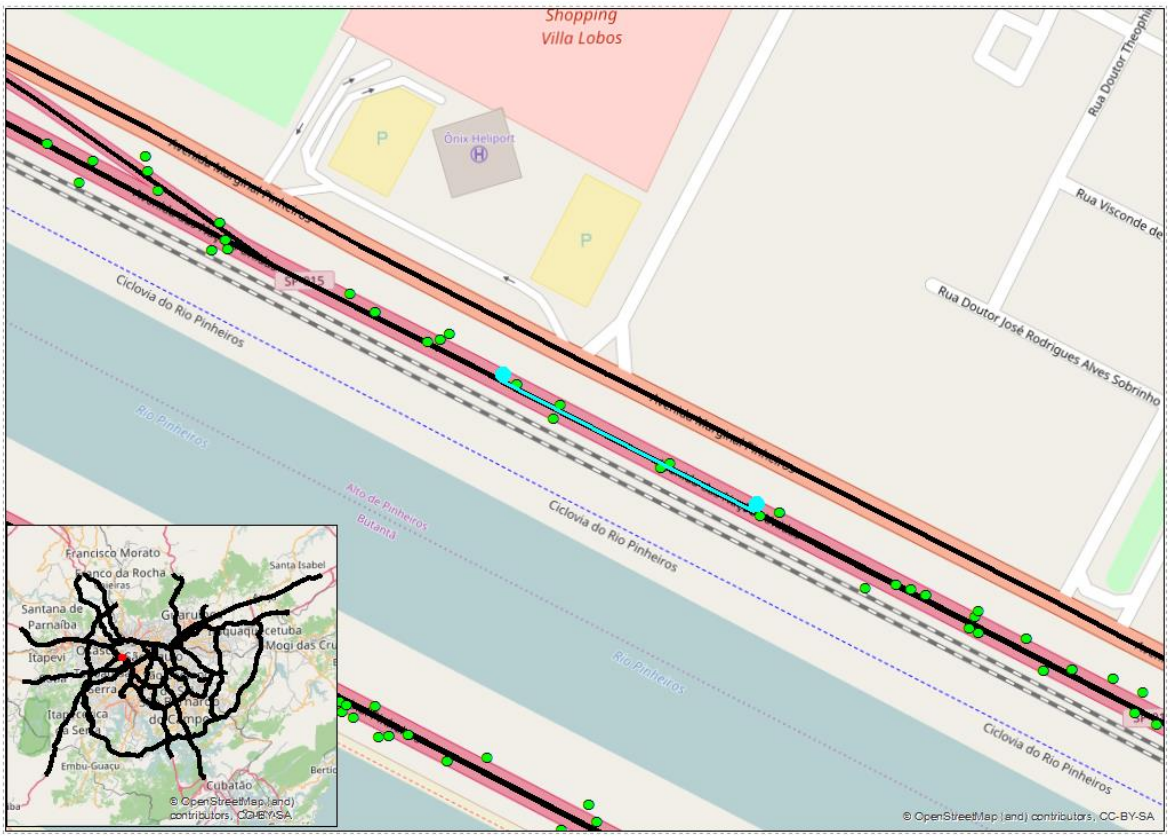



**Figura 6:** Resultado do processo de roteirização.

*4.3.9. Velocidade Média por rotas ao Longo do Dia*

A partir das rotas geradas, foram calculadas as suas velocidades médias por hora do dia. Para isso, foram relacionados os comprimentos das rotas com os horários de partida e de chegada, oriundos do rastreamento GPS, de acordo com cada hora do dia para obter o valor médio de velocidade para cada uma das rotas.

A velocidade média entre dois pontos consecutivos de rastreamento é calculada através da relação entre o posicionamento do ponto de origem e destino, que é ordenado através da informação de horário de coleta, e a distância entre ambos os pontos calculada através do processo de roteirização. Identificado o tempo entre duas coletas consecutivas e o trajeto percorrido em rede, é atribuída a velocidade média para o trajeto desenvolvido pelo veículo. O trajeto, ou rota, é considerado um segmento que une os pontos de origem e destino, sendo seu traçado coincidente com o desenho da rede de transporte do OSM.

Para cada uma das velocidades calculadas, foram realizados filtros por hora do dia a partir do ponto de origem. A velocidade média de um trajeto cujo ponto de origem é coletado às nove horas da manhã é relacionado às informações de tráfego das nove horas da manhã. Dessa

forma, foi possível criar a rede com informações dinâmicas de tráfego ao longo do dia.

*4.3.10. Rede com Velocidades Médias*

Calculadas as velocidades médias para cada uma das rotas ao longo das horas do dia, elas foram associadas aos logradouros do OSM, logo, a rede de transporte passou a apresentar atributos de tráfego. A associação das informações de tráfego foi realizada de maneira espacial, ou seja, as diversas rotas com velocidades foram relacionadas aos trechos de logradouro por onde as rotas foram traçadas. Como para grande parte dos trechos de logradouros do OSM foram traçadas mais de uma rota por hora do dia, foram geradas médias simples entre os valores médios de velocidades das rotas e atribuídos aos trechos de logradouros.

Foi definido como regra para atribuição das informações de velocidade que nenhum trecho de logradouro poderia apresentar velocidade média acima do limite de velocidade da via, que consta originalmente na base de logradouros do OSM.

*4.3.11. Avaliação da Rede (TomTom)*

Na etapa de avaliação da rede do OSM com os atributos de tráfego, foi utilizada uma rede auxiliar disponibilizada pela empresa TomTom. A base de dados disponibilizada pela TomTom coincide com o período de análise e possui informações de tráfego para o período de 06h as 19h.

Para a avaliação da rede, foram gerados os pontos iniciais e finais de cada um dos trechos das vias principais da base do OSM com o objetivo de comparar os tempos de viagem entre as bases de dados para o período de 06h as 19h. O algoritmo de roteirização utilizado foi o Dijkstra (Dijkstra, 1959).

## 5. RESULTADOS

Os resultados do trabalho são mapas digitais contendo informações de velocidade para cada um dos trechos das vias principais ao longo do dia 07/10/2014. O primeiro resultado (Figura 7), é um mapa com a média de tráfego considerando todas as horas do dia.

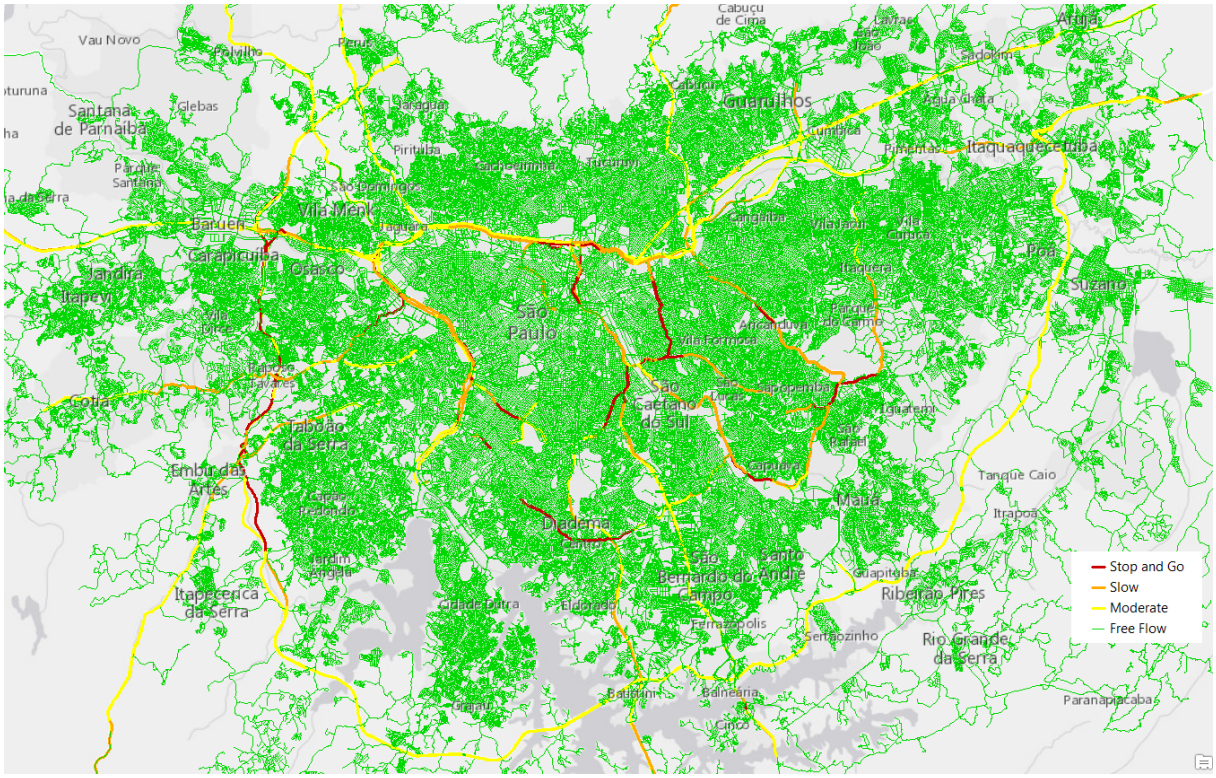



**Figura 7:** Mapa da média de tráfego ao longo do dia para as principais vias

Como pode ser observado no mapa apresentado na Figura 7, as vias selecionadas para o trabalho possuem informações de tráfego, sendo que grande parte dessas vias apresentam tráfego de moderado (amarelo) a intenso/*Stop and Go* (vermelho). A Figura 8 mostra as informações de tráfego na rede para as horas de pico da manhã.

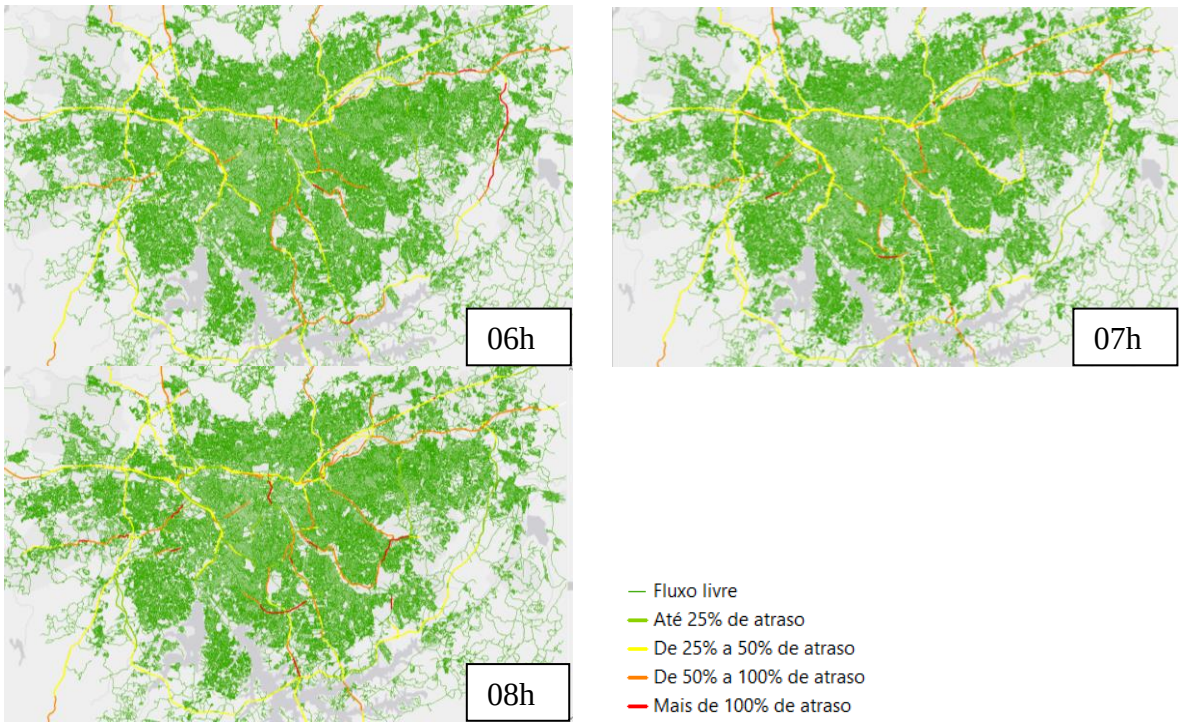



**Figura 8:** Informações de tráfego na rede para as horas de pico da manhã

Os mapas de tráfego do pico da manhã mostram um tráfego mais intenso, principalmente, na porção leste do rodoanel e nas Rodovias Ayrton Senna, Imigrantes e Raposo Tavares. Nas marginais dos rios Tietê e Pinheiros há o predomínio de tráfego moderado, com cerca de 25% a 50% de atraso em relação ao fluxo livre. A Figura 9 mostra as informações de tráfego na rede para as horas de pico da tarde.

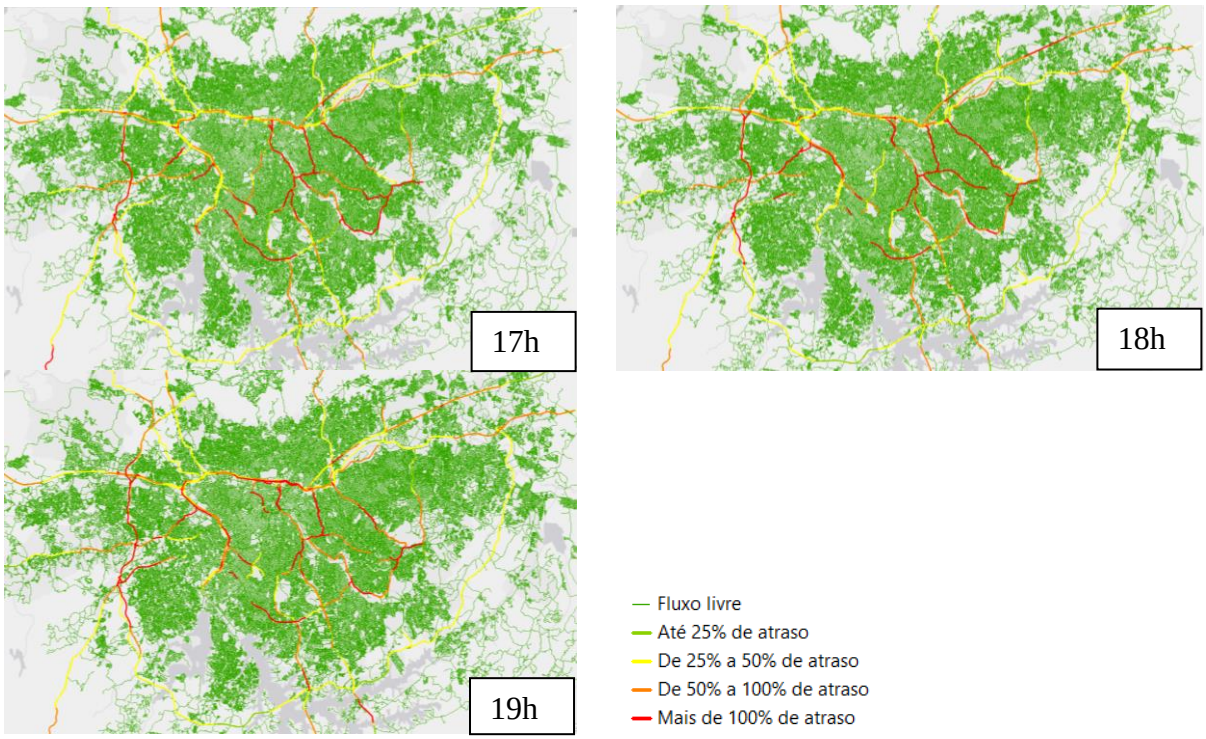



**Figura 9:** Informações de tráfego na rede para as horas de pico da tarde

Já para as horas de pico da tarde, os resultados mostram um tráfego mais intenso nas marginais dos rios Tietê e Pinheiros, se comparado com o período da manhã. Nesses trechos, podemos destacar o tráfego mais intenso próximo ao encontro com a Rodovia Castelo Branco, Avenida Escola Politécnica e Avenida Cruzeiro do Sul. Outros trechos com tráfego intenso estão localizados na porção oeste do rodoanel, próximo as cidades de Osasco, Carapicuíba e Embu das Artes. No município de São Paulo, os resultados mostram que as vias com maior congestionamento são: Avenida dos Bandeirantes; Avenida Cupecê; Avenida do Estado; Avenida Salim Farah Maluf; Avenida Aricanduva; Avenida Presidente Costa e Silva; e Avenida Ragueb Chohfi.

## 6. AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS

A avaliação dos resultados, que foi realizada se apoiando nos dados auxiliares disponibilizados pela empresa TomTom, se deu separando os horários de roteirização dos pontos de origem e destino no período das 06h às 19h. Como as bases de dados não possuem a mesma topologia, podendo se destacar segmentos com comprimentos distintos, diferentes nós e links, foram utilizados os pontos iniciais e finais da base do OSM de cada um dos segmentos das vias selecionadas no trabalho e realizadas as roteirizações utilizando o algoritmo de Dijkstra (Dijkstra, 1959), considerando o menor tempo de viagem.

Além da topologia distinta entre as bases de dados, ainda existem pequenos deslocamentos

entre as mesmas, o que pode ocasionar a associação de diferentes links como origem e destino. Para minimizar o efeito de comparação de duas rotas com mesma origem e destino, porém associadas a links distintos devido a deslocamentos, foram consideradas rotas compatíveis aquelas com diferença de trajeto de até 10%.

Outra questão tratada para a comparação dos tempos de viagem foi a compatibilização dos limites de velocidade em ambas as bases. Apesar de as bases serem do mesmo período, algumas vias apresentam limites de velocidade distintos, o que afeta diretamente os tempos de viagem. Para sanar essa questão, foram comparadas apenas as rotas que passam por vias com mesmo limite de velocidade.

A Tabela 1 mostra o módulo da diferença percentual entre os tempos de viagem, por faixa horária, das rotas geradas utilizando a base de dados da TomTom e a base de dados gerada no estudo.

**Tabela 1:** Percentual da diferença nos tempos de viagem por hora do dia

| Hora | Percentual da diferença |
|---|---|
| 06 | 17,76 |
| 07 | 18,70 |
| 08 | 20,19 |
| 09 | 29,77 |
| 10 | 33,95 |
| 11 | 36,12 |
| 12 | 36,71 |
| 13 | 41,13 |
| 14 | 35,68 |
| 15 | 25,73 |
| 16 | 27,13 |
| 17 | 29,41 |
| 18 | 35,93 |
| 19 | 46,34 |

Como pode ser observado na Tabela 1, a faixa horária que compreende o pico da manhã (06h às 08h) apresentou resultados mais compatíveis entre as duas bases de dados, com uma média de diferença percentual entre os tempos de viagem de 18,8%. Já o período que compreende o pico da tarde apresentou uma diferença média de 37,2%, aproximadamente o dobro da apresentada no pico da manhã.

## 7. CONCLUSÕES

Neste estudo, foi proposto um método para inserção de informações de tráfego em uma base de dados digital de logradouros através de dados de rastreamento de veículos. Para o desenvolvimento do trabalho, foram firmadas parcerias com as empresas Maplink e TomTom, que disponibilizaram as bases de dados utilizadas na pesquisa.

O método proposta mostrou-se eficaz na inserção de atributos de tráfego, sendo o resultado uma base de dados de logradouros com informações de tráfego para cada hora do dia de interesse (07/10/2014). A etapa de avaliação mostrou-se desafiadora devido às incompatibilidades topológicas e de atributos entre as bases de dados do OSM e da TomTom. O resultado da avaliação mostrou que há maior compatibilidade entre as bases de dados nas horas de pico da manhã.

Para trabalhos futuros, propomos a utilização de outros métodos de *Map-matching*, a expansão da área de interesse para as demais vias da Região Metropolitana de São Paulo e utilização de outra base de dados para avaliação dos resultados como o Google Maps.

**Agradecimentos**
Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo financiamento através de bolsa de estudo, a empresa TomTom pela disponibilização da base de dados de arruamento com informações de tráfego, a empresa Maplink pela disponibilização da base de dados de rastreamento de veículos e ao Open Street Map (OSM) pela disponibilização da base de dados de logradouros.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Dijkstra, E. W. (1959) A note on two problems in connection with graphs. Numerische Mathematik, 1, 269–271.

Giannotti, F.; Nanni, M.; Pedreschi, D.; Pinelli, F.; Renso, C.; Rinzivillo, S. e R. Trasarti (2011) Unveiling the complexity of human mobility by querying and mining massive trajectory data. The VLDB Journal—The International Journal on Very Large Data Bases, 20(5), 695-719.

Greenfeld, J.S. (2002) Matching GPS observations to locations on a digital map. In proceedings of the 81st Annual Meeting of the Transportation Research Board, January, Washington D.C.

IBGE (2015) Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/. (acessado em 10 de Janeiro de 2017).

Lou, Y.; Zhang, C.; Zheng, Y.; Xie, X.; Wang, W. e Y. Huang (2009) Map-matching for low-sampling-rate GPS trajectories. In Proceedings of the 17th ACM SIGSPATIAL International Conference on Advances in Geographic Information Systems (pp. 352-361). ACM.

Maplink (2017) Disponível em: http://maplink.com.br/. (acessado em 10 de Janeiro de 2017).

Marketos, G.; Damiani, M. L.; Pelekis, N.; Theodoridis, Y. e Z. Yan (2013) Trajectory Collection and Reconstruction. Mobility Data: Modeling, Management, and Understanding.

Monico, J.F.G. (2008), Posicionamento pelo GNSS: descrição, fundamentos e aplicações. 2.ed. Editora UNESP, São Paulo, SP.

Nagda, P.; Li, W.; Howlett, J.; Fan, R. C.; Yang, X. e J. D. Fay (2005) U.S. Patent No. 6,862,524. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.

Newson, P. e J. Krumm (2009) Hidden Markov map matching through noise and sparseness. In Proceedings of the 17th ACM SIGSPATIAL international conference on advances in geographic information systems (pp. 336-343). ACM.

OSM (2017) Open Street Maps. Disponível em: https://www.openstreetmap.org/#map=5/51.500/-0.100

SEADE (2015) Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados. Disponível em: http://www.seade.gov.br/home/. (acessado em 08 de Janeiro de 2017).

TomTom (2017) Disponível em: https://www.tomtom.com/pt_br/.

Xu, Z.; Lin, Z.; Zhou, C. e C. Huang (2016) Detecting traffic hot spots using vehicle tracking data. In 2015 ISPRS International Conference on Computer Vision in Remote Sensing (pp. 99010Y-99010Y). International Society for Optics and Photonics.

Diego B. Tomasiello (diegobt86@usp.br)
Flávio G. V. de A. Filho (flaviovaz@usp.br)
Departamento de Engenharia de Transportes, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo
Av. Prof. Almeida Prado, Travessa 2, nº 83 – Cidade Universitária, São Paulo, SP, Brasil

# PADRÃO DE MOBILIDADE DOS USUÁRIOS DO MOZILLA LOCATION SERVICE PARA A CIDADE DO RIO DE JANEIRO

**Frank L. M J. de Oliveira Queiroz**
**Paulo Cezar M. Ribeiro**
Programa de Engenharia de Transportes
COPPE - Universidade Federal do Rio de Janeiro

**RESUMO**
Métodos tradicionais de coleta de dados em transportes são caros, demorados e são atualizados numa frequência baixa. Devido a popularização dos telefones celulares, um novo campo de pesquisa foi criado, o qual busca analisar dados gerados por estes dispositivos a fim de obter resultados semelhantes às tradicionais pesquisas domiciliares. Este trabalho buscou estudar o padrão de mobilidade de uma amostra de colaboradores do *Mozilla Location Service* para a cidade do Rio de Janeiro, apesar do grande viés, os resultados obtidos são relativamente condizentes com a realidade da cidade e mostra que os dados são promissores ao estudo em transportes.

**ABSTRACT**
Traditional methods of data collection in transport are expensive, time-consuming and are updated at a low frequency. Due to the popularization of mobile phones, a new field of research was created, which seeks to analyze data generated by these devices in order to obtain results similar to the traditional domiciliary surveys. This work sought to study the mobility pattern of a sample of users of the Mozilla Location Service for the city of Rio de Janeiro, despite the great bias, the results obtained are relatively consistent with reality and showing that they are promising to study in transport.

## 1. INTRODUÇÃO

Os métodos tradicionais de pesquisa em transporte acarretam em alto custo aos administradores públicos. A estrutura necessária, bem como a quantidade de profissionais para a realização desta pesquisa contribui para seu custo elevado. Neste cenário, diversas limitações são intrínsecas à estes métodos como, por exemplo, o uso de uma pequena amostra e limitação espacial e temporal dos dados coletados, isto é, não é possível obter um cronograma completo das viagens, tampouco variações sazonais (Calabrese *et al*., 2013).

O fator custo é determinante na frequência de atualização de uma pesquisa de transporte. As pesquisas de origem-destino com base domiciliar para a cidade de São Paulo, por exemplo, é atualizado a cada 10 anos. Esta frequência também é adotada pela *Ênquete Globale Transport* da cidade de Paris (Bonnel *et al.*, 2015). A baixa frequência de atualização limita a capacidade de resposta das políticas urbanas no que se relaciona ao rápido crescimento metropolitano e das mudanças socioeconômicas, de infraestrutura e de comportamento das viagens (Calebrese *et al.*, 2013).

Outra limitação reside na participação ativa daqueles que realizam deslocamentos e respondem a tais pesquisas, visto que as pessoas podem não lembrar corretamente as informações solicitadas e também podem ter razões para não reportar honestamente as informações (Mellegard, 2011). Estas razões se resumem, sobretudo, em fatores relacionados à segurança e privacidade.

O estabelecimento da estrutura, somado ao tempo de coleta e processamento dos dados, torna o método tradicional bastante demorado. Conforme Feriancic (2015), o tempo de realização fica no intervalo de 6 a 12 meses, levando em conta a concepção, testes, aplicação, tabulação e verificação de consistências.

A área de mobilidade vem recebendo crescente atenção de administradores públicos brasileiros. No ano de 2012, foi aprovada a Lei 12.587/12, que instituiu a Política Nacional de Mobilidade

Urbana. Esta lei previa um prazo de 3 anos para a elaboração do Plano de Mobilidade Urbana (PMU), e o não cumprimento acarretaria no impedimento do envio de recursos orçamentários federais destinados à mobilidade urbana. Entretanto, o prazo se exauriu e um número ínfimo de cidades conseguiu atender às exigências. Segundo estudo da NTU (2015), mais de 70% das capitais e cidades brasileiras acima de 500 mil habitantes, e 95% do total de municípios acima de 50 mil habitantes, não conseguiram finalizá-lo. De acordo com o mesmo estudo, os principais problemas enfrentados pelos municípios na elaboração dos planos, são referentes à falta de recursos financeiros e a precária estrutura de pessoal.

Em contrapartida, vivemos em uma era de alta tecnologia, na qual os *smartphones* possuem dispositivos e aplicativos que geram uma quantidade massiva de dados locacionais, surgindo como uma grande ferramenta aos planejadores urbanos a fim de modificar o cenário supracitado. Dentre as vantagens do uso desta tecnologia pode-se citar o grande tamanho da amostra, assim como dispensa a instalação de equipamentos no veículo ou a abordagem de motoristas (Qiu e Cheng, 2008).

Existem, no entanto, limitações tais como a falta de atributos demográficos e socioeconômicos, a não aleatoriedade da amostra da população e o fato de que o conjunto de dados não foi projetado para propósitos referentes a transportes. Consequentemente, o formato dos dados não vem de maneira fácil a ser utilizada, o que restringe sua utilidade (Calabrese *et al*., 2013). Apesar de tais desvantagens, estudos relevantes obtiveram resultados positivos por meio de uso de tais dados.

Visando contribuir aos métodos alternativos para obtenção de dados voltados ao planejamento de transporte, este estudo busca analisar a adequabilidade dos dados do *Mozilla Location Service* (MLS) na verificação do padrão de mobilidade de seus colaboradores. Foi realizado o estudo de caso para a cidade do Rio de Janeiro.

Após esta introdução o artigo segue com o referencial teórico no capítulo 2, métodos de distribuição de viagens no capítulo 3, uma explanação acerca dos dados fornecidos pelo MLS no capítulo 4, no capítulo 5 é explicado método de processamento dos dados, posteriormente, os resultados obtidos são apresentados no capítulo 6, o capítulo 7 conclui o estudo e propõe recomendações de pesquisas futuras.

## 2. USO DA TELEFONIA PARA ESTUDOS EM TRANSPORTE

Com o surgimento da era digital, foram criados métodos alternativos de pesquisas em transportes baseados na tecnologia da informação. Podem-se destacar trabalhos que utilizam dados locacionais do Twitter (McNeill *et al*., 2016), ou até mesmo fazem mineração de texto da mesma rede social a fim de inferir localizações (Sparks *et al*., 2016). Há também trabalhos que buscam estudar padrões de mobilidade por meio de dados de bilhetagem eletrônica (Guerra *et al*., 2015). Além disso, há trabalhos que estudam o fluxo de veículos de carga por meio do RFID (Rojas e Ribeiro, 2012). O presente estudo se atem aos dados locacionais de telefonia móvel.

As tecnologias para localizar um telefone são baseadas no dispositivo (GPS, entre outros) ou soluções baseadas na rede (antenas) (Qiu e Cheng, 2008). Os trabalhos que utilizaram a rede são os mais antigos e de suma importância a área de estudo. Pode-se dizer que o trabalho que

representa a gênese destes estudos foi elaborado por White e Wells (2001). Estes autores utilizaram registros de chamada para gerar a matriz OD para o condado de Kent, Inglaterra.

Os registros de chamada são mais conhecidos pela sigla CDR *(Call Detail Record).* Tais registros contém a posição da antena que cobre a área na qual está sendo realizada a chamada, bem como o horário, duração e o identificador do dispositivo. Estas informações são necessárias para a operadora de telefonia fazer a cobrança mensal do proprietário da linha, por este motivo estes dados também são chamados de *billing data*. Os resultados obtidos por White e Wells (2001) não foram satisfatórios e os autores perceberam a necessidade de uma amostra de CDR muito maior para construir uma matriz OD semelhante àquelas obtidas por métodos tradicionais.

Asakura *et al.* (2002) utilizaram o sistema PHS (*Personal Handy Phone System*) para coletar dados de espectadores de um evento em Osaka, Japão. A vantagem da adoção do sistema PHS é que não há a necessidade de realização de uma chamada para coleta de dados, isto é, bastava o dispositivo estar ligado para acontecer o intercâmbio de dados, tal como o funcionamento de um GPS. Os autores fizeram importantes descobertas acerca da mobilidade urbana sob grandes eventos, dentre elas descobriu-se que atrações no entorno do estádio após um evento são efetivos na redução do congestionamento em estações ferroviárias ou metroviárias.

Os trabalhos acima representam a gênese dos estudos de telefonia móvel voltados à mobilidade urbana. Do começo do século até os dias atuais, os estudos se intensificaram, sobretudo pela popularização do telefone celular. Surgiram estudos que se voltaram a elaboração de algoritmos de *data mining* a fim de estimar fluxos origem-destino, bem como também prever a alocação de tráfego (Wang *et al.*, 2013; Toole *et al.*, 2014). Outros trabalhos se ativeram não apenas aos algoritmos de mineração de dados, mas também aos meios de validação de informações obtidas por meio dos dados de telefonia móvel (Bar-Gera, 2007; Calabrese *et al.*, 2013).

Bekhor *et al.* (2013) utilizaram dados de sinal de telefonia *(signalling data)* para estudar padrões de viagens de longa distância em Israel. Estes dados são praticamente da mesma família do *billing data*, entretanto, tem a diferença de que não há necessidade de realização de uma chamada para a geração do registro, a localização é armazenada continuamente. Embora possa parecer que o *signalling data* é melhor que o CDR, deve-se levar em conta que há um *tradeoff* entre estes dados, enquanto o CDR tem a precisão de antenas, o dado permanente tem precisão de um conjunto de dezenas de antenas. Por estudar o território nacional a precisão fornecida pelos dados contínuos foi satisfatória, levando a bons resultados e a percepção de padrões tanto em dias úteis, quanto em fins de semana.

Bonnel *et al.* (2015) utilizaram dados de chamadas telefônicas para a estimativa da matriz OD para a cidade de Paris. Os resultados foram comparados com dados obtidos por fontes tradicionais de pesquisa em transporte na França. Houve boa correlação com os dados da *Ênquete Globale Transport*, documento que pode ser comparado aos planos diretores de transporte brasileiros.

Este trabalho, ao contrário dos supracitados, não utilizou CDRs, tampouco os dados passivos, haja vista que, por questões relacionadas à privacidade, a complexidade de obtenção desses dados é alta. Com isso, neste estudo utilizou-se uma fonte aberta de dados de telefonia, o

*Mozilla Location Service*. O objetivo desta pesquisa é analisar a adequabilidade de tais dados aos estudos de transporte.

## 3. MODELOS DE DISTRIBUIÇÃO DE VIAGENS

O conhecimento da geração de viagens nas zonas de tráfego não é suficiente para a modelagem e tomada de decisão em planejamento de transportes, é necessário conhecer movimentos interzonais. As viagens geradas e atraídas por uma zona de tráfego, são distribuídas às demais zonas da área de estudo por meio de métodos de distribuição.

Duas categorias básicas de métodos de distribuição são predominantes no planejamento de transporte urbano. As categorias são: métodos de fator de crescimento e método gravitacional.

### 3.1. Fator de crescimento

Estes métodos envolvem o dimensionamento de uma matriz existente pela aplicação de fatores multiplicativos às células da matriz, estes fatores são, geralmente, derivados de uma produção ou atração prevista.

### 3.2. Método gravitacional

Os modelos gravitacionais aplicados em transportes surgiram de suposições de que os padrões de interação espacial são regidos por leis análogas à Lei de Gravitação Universal de Newton, onde a força de gravidade que age entre dois corpos é diretamente proporcional à massa dos dois corpos e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre eles.

Em um espaço geográfico associado a um espaço econômico, as distâncias devem ser vencidas com um mínimo custo de transporte. Neste cenário, surgem fatores que tendem tanto a facilitar a interação entre os elementos que compõem o espaço, quanto dificultar tal interação. Esses fatores podem ser entendidos como forças de atração à determinada área, tal força terá grande intensidade quando haver baixos custos de transporte, energia elétrica abundante, facilidades de comunicação, etc. Tal força terá menor intensidade quando os custos de transporte forem elevados ou devido à falta de mão de obra qualificada.

Na formulação inicial, o modelo considerou apenas a população das cidades estudadas, entretanto esta análise foi considerada muito simplista sendo incluído o uso de total de viagens de um Oi para um Dj ao invés de população total. O modelo foi ainda mais generalizado assumindo que o efeito ou "separação" poderia ser modelado melhor por uma função decrescente, a ser especificada, da distância ou custo de viagem entre as zonas (Ortuzar e Willumsen, 2011). Isto pode ser escrito como:

$$T_{ij} = \propto O_i D_j f(c_{ij})$$

Em que $T_{ij}$: Fluxo entre i e j
$\propto$: Fator de proporcionalidade
$O_i$: Viagens com origem i
$D_j$: Viagens com destino j
$f(c_{ij})$: função de fricção, retenção ou impedância

Neste trabalho o método gravitacional foi utilizado para o cálculo do fluxo entre zonas, os dados de origem e destino foram obtidos por meio dos dados do MLS, já a impedância será obtida pela distância entre as zonas estudadas.

## 4. MOZILLA LOCATION SERVICE

Este capítulo trata de uma explanação acerca dos dados utilizados por este estudo.

### 4.1. Serviços de localização

Os serviços de localização são de grande importância nos dias atuais. Por meio deles há a possibilidade de estimar a localização de um indivíduo e a partir disso desenvolver aplicativos que se baseiam em localização, como a capacidade de visualizar o tráfego, encontrar restaurantes próximos, postos de gasolina ou marcar fotos com local de onde foi tirada.

Como são baseados em GPS, em determinadas situações, os aplicativos que fazem uso destes serviços podem sofrer uma interrupção do serviço ou apresentar algum defeito momentâneo, por exemplo, no interior de prédios ou em dias nublados. Visando contornar isso, foram criados novos meios de se obter dados locacionais, como Wi-Fi, antenas telefônicas, bluetooth, entre outros. O MLS utiliza sinais emitidos por Wi-Fi públicos e antenas telefônicas para estimar a posição de um indivíduo ao redor do mundo, é um serviço gratuito e pode ser utilizado no desenvolvimento de aplicativos.

### 4.2. Método de coleta de dados utilizado pelo MLS

Para estimar a localização de um indivíduo, é necessário saber com exatidão a posição das antenas telefônicas e pontos de Wi-Fi, de posse dessas posições a localização de um aparelho é calculada com base na intensidade do sinal que chega ao dispositivo. Entretanto, obter a localização de todos os pontos requeridos seria um trabalho oneroso e demorado. Então o Mozilla criou uma plataforma na qual os indivíduos podem colaborar com a base de dados de localização de pontos Wi-Fi e antenas. A cada dia a localização destes pontos é atualizada, tornando-se cada vez mais exata a todo instante em que um aparelho, com aplicativos Mozilla instalados, passa pela área de cobertura

O método de coleta de dados é baseado em *Crowdsourcing*, isto é, são fomentados por um grande número de usuários. Tais dados são gerados pelos dispositivos que tem aplicativos Mozilla instalados, os aplicativos são Mozilla Stumbler ou o Mozilla Firefox. Estes apps são capazes de estimar a área de cobertura de uma antena de telefonia celular, bem como a posição do dispositivo por meio do GPS, com estas duas informações pode-se estimar a posição da antena. Todos estes dados são compilados para criar uma espécie de mapa global de antenas e wi-fi públicos. Desta forma, qualquer dispositivo que acessar uma das redes identificadas poderá obter a sua geolocalização aproximada.

### 4.3. Dados fornecidos pelo MLS

A MLS disponibiliza os dados de localização atualizada de antenas telefônicas diariamente. Os dados são do tipo .csv (*comma separated values*) e tem informações relativas às coordenadas geográficas do dispositivo, cobertura da antena, horário de carregamento dos dados para a base MLS, entre outros.

**Tabela 1** – Dados disponibilizados pela MLS

| |
|---|
| Tipo da rede de telefonia |
| ID da antena |
| Coordenadas geográficas |
| Área de cobertura da antena |
| Hora de carregamento |

Devido ao fato de os dados apresentarem o horário de carregamento, não se pode afirmar que o horário disponibilizado é o horário no qual o deslocamento foi realizado. Entretanto, após a análise preliminar dos dados, percebeu-se que para haver coleta e armazenamento deve haver deslocamento, pois o aplicativo desliga automaticamente quando o aparelho não está em movimento. Portanto, entende-se que todas as detecções dos dados do MLS são referentes a viagens executadas, mas não exatamente no horário registrado.

Durante uma viagens, o aplicativo permanece ativo, coletando estimativas de localização de pontos Wi-Fi e antenas. Após o fim da viagem, o aplicativo carrega automaticamente as localizações do dispositivo, bem como as estimativas de área de cobertura. Como as informações são carregadas todas de uma vez, o horário de carregamento é o mesmo, o que possibilita coletar a viagem de um dispositivo. Esta característica de carregamento dos dados é utilizada para superar a limitação de não haver ID do dispositivo nos dados disponibilizados.

A Figura 1 é referente a uma viagem coletada por meio do MLS.

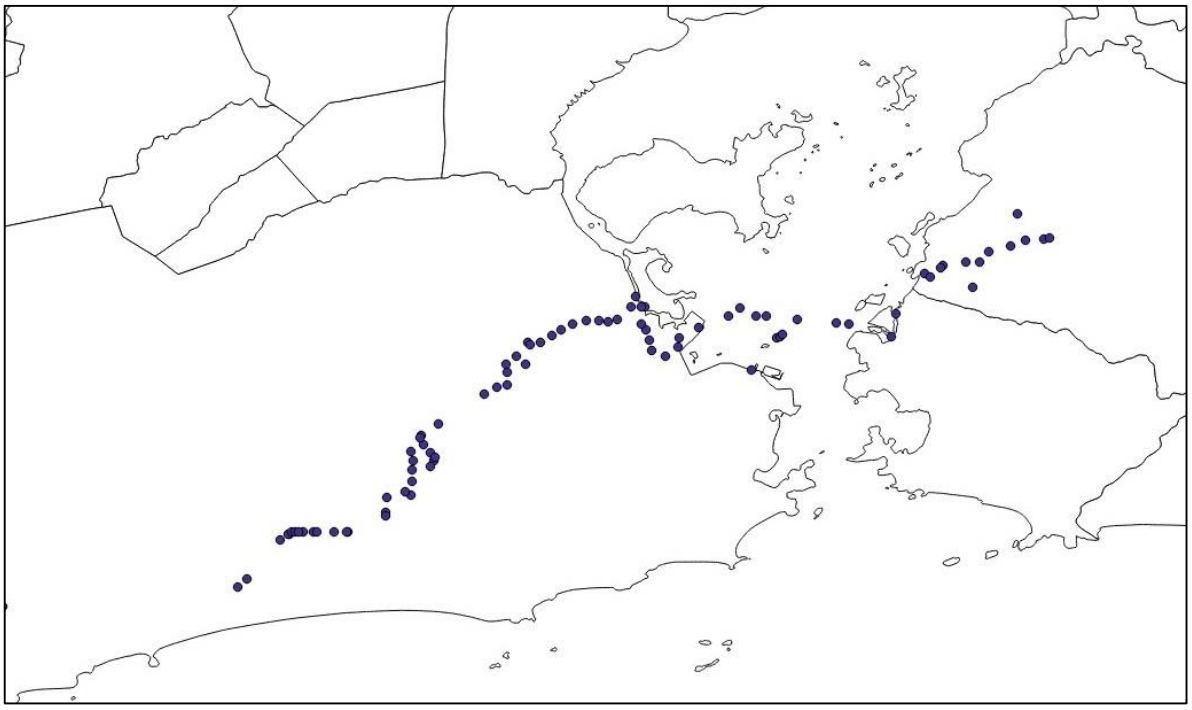


**Figura 1** - Caminho feito por um dispositivo

As limitações são explicadas devido ao fato de que tais dados não tem como objetivo o estudo em transportes, no entanto, isto não esgota a possibilidade de estudo dos mesmos, tendo em vista que os dados provenientes de CDR também não são ideais ao propósito, mas tiveram bons resultados nos trabalhos citados anteriormente.

### 4.4. Estudo preliminar dos dados fornecidos pelo MLS

As Figuras 2 e 3 representam um estudo preliminar feito com tais dados, a fim de verificar sua validade ao propósito deste estudo. Tais imagens representam mapas de calor das detecções de dispositivos que colaboram com a MLS no dia 15 de maio de 2017. Os mapas retratam a quantidade de detecções em determinada área, ou seja, quanto maior a intensidade da cor escura, maior o número de detecções da área em questão.

Na base de dados existem um grande número de horário de carregamento correspondentes a um único registro. Considerou-se que tais registros são referentes a viagens curtas e que foram carregadas em um curto espaço de tempo após o deslocamento, ou seja, o horário de carregamento se assemelha ao horário de movimento.

Adotando a mesma consideração feita por Bonnel *et al.* (2015), o horário de carregamento foi dividido em duas partes, hora em que teoricamente o indivíduo está em casa (ou proximidades) e, em um segundo grupo, hora que os indivíduos teoricamente estão no trabalho ou estudo (ou proximidades). Os horários adotados foram:

- Domicílio: dezenove às te (19h – 7h)
- Trabalho ou estudo: sete às dezenove (7h – 19h)

A Figura 2 retrata a faixa horária na qual teoricamente o indivíduo proprietário do telefone celular está em casa, já a Figura 3 considera o horário no qual o indivíduo está teoricamente no trabalho, ou estudo.

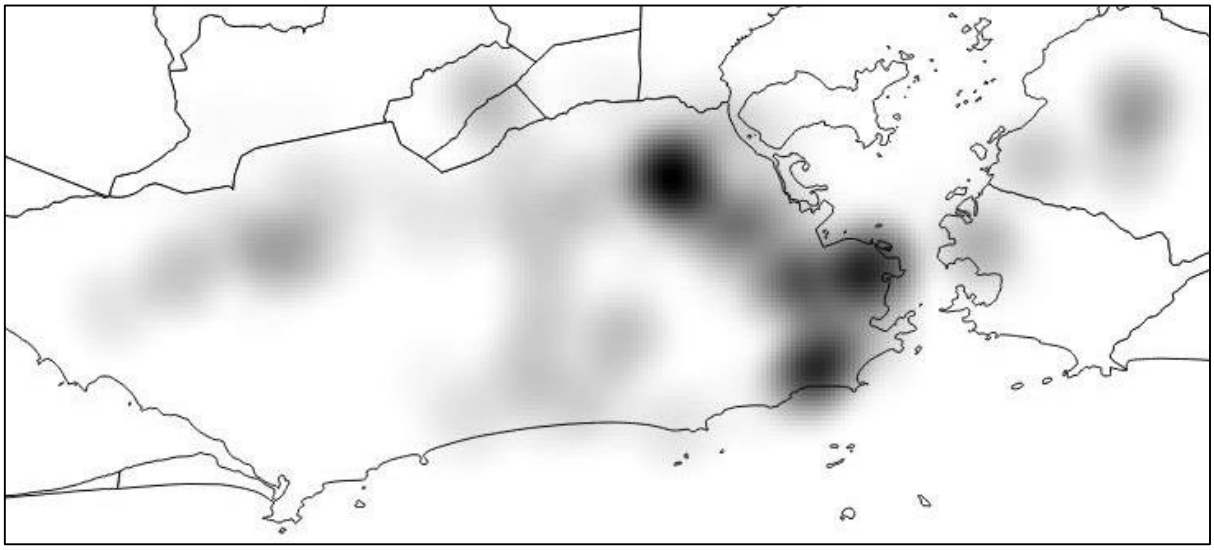


**Figura 2** - Detecções no horário de casa

Na Figura 2 percebe-se uma grande concentração de detecções nos bairros da zona Sul do Rio de Janeiro, esta concentração é ainda maior em alguns bairros da zona norte. Foram detectados dispositivos na zona oeste, entretanto a concentração é bastante reduzida se comparada às áreas citadas anteriormente. Na Figura 3 percebe-se uma grande concentração de detecções na região da Grande Tijuca e em bairros da região central.

Tais informações possibilitam inferir que os indivíduos detectados no horário de casa, provavelmente trabalham ou estudam na região central do Rio de Janeiro. Este resultado, proveniente de um estudo preliminar, levou a acreditar que tais dados pudessem ter utilidade à análise da mobilidade dentro de uma cidade. A partir daí foi elaborado o método para filtragem e estudo destes dados explanado no item 5.

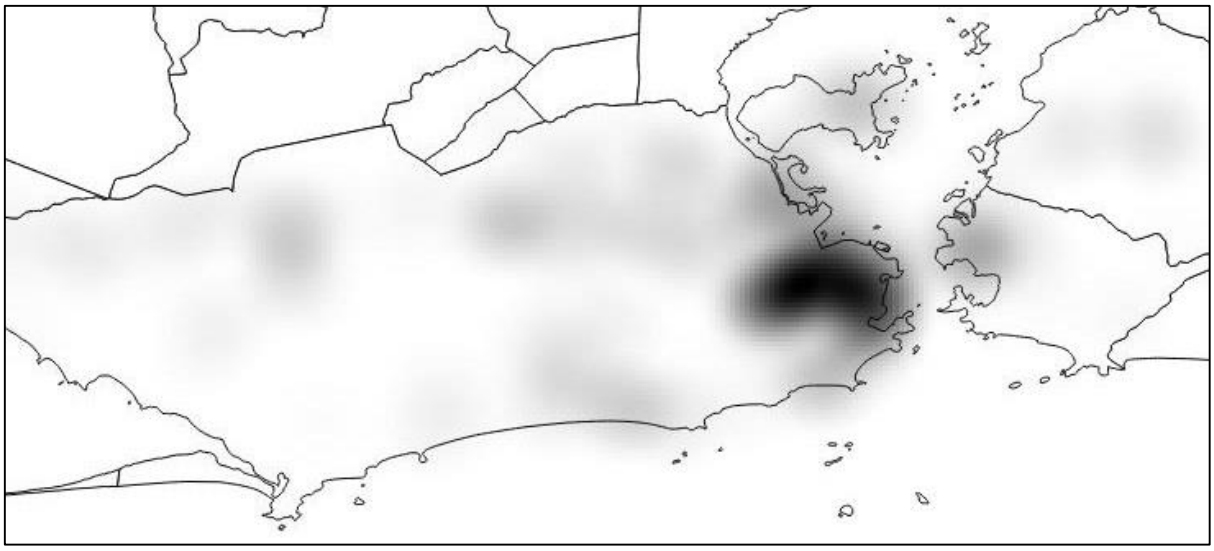


**Figura 3** - Detecções no horário de trabalho ou estudo

## 5. MÉTODO E MATERIAIS

O processamento de dados neste trabalho adotou o seguinte procedimento:

1. Extrair da base de dados MLS os dados de localização da cidade por meio de coordenadas de latitude e longitude

A base de dados do MLS tem 20 milhões de registros de localização de antenas que são atualizados diariamente, os dados disponíveis nestes registros estão contidas na Tabela 1. Este número é espalhado pelo mundo, portanto, este item inicial é necessário para a filtragem dos dados para a cidade do Rio de Janeiro.

2. Converter hora do registro de UTC Unix para dia, mês e ano para a cidade do Rio de Janeiro

Os dados são disponibilizados no formato Unix que é um formato de tempo em segundos cujo início é 1/1/1970. A conversão é necessária para organizar os dados de maneira eficiente, além de facilitar as consultas no banco de dados

3. Estabelecer a Área de Planejamento (AP) de cada ponto extraído da base de dados

O estabelecimento da AP, conforme Figura 4, é necessário para a obtenção das produções e atrações de viagens no nível de precisão mostrado.

4. Consulta ao banco de dados

A consulta filtrará os dados de localização do banco de dados Mozilla, obedecendo as seguintes considerações:

- Caso o horário de carregamento tenha um número maior do que quatro repetições, considera-se como uma viagem e extrai-se o primeiro (origem) e o último (destino) registro;
- Caso o horário de carregamento tenha quatro ou menos repetições, considera-se o dispositivo como estacionário (viagem muito curta) e extrai-se apenas uma localização;
- Para as detecções com quatro ou menos repetições, será adotado os horários prováveis de casa, trabalho ou estudo, estes horários são: Casa: dezenove às te (19h – 7h) / Trabalho ou estudo: sete às dezenove (7h – 19h)

Tais considerações foram implementadas em um algoritmo SQL o qual possibilitou a extração das produções e atrações de cada Área de Planejamento do Rio de Janeiro.

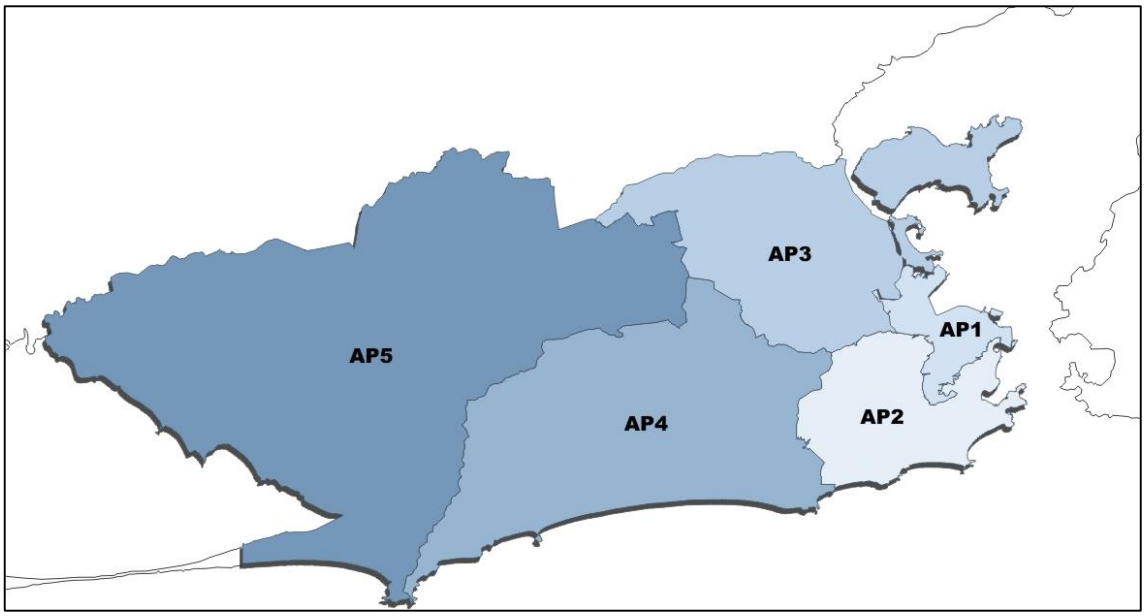



**Figura 4** - Áreas de Planejamento do Rio de Janeiro

5. Obtenção dos fluxos entre zonas

Tendo em vista que se possui a atração, produção e impedância (distância) entre zonas para todas as AP do Rio de Janeiro, o método gravitacional de distribuição de viagens torna-se o mais indicado. Utilizou-se o software TransCAD para o cálculo de tais fluxos, os resultados estão dispostos no capítulo abaixo.

## 6. RESULTADOS OBTIDOS

Para este estudo optou-se por extrair a matriz OD de um dia. O dia analisado é 24 de maio de 2017, quarta-feira de uma semana comum, ou seja, sem feriados prolongados ou eventos que possam afetar a mobilidade na cidade. Dos dispositivos que possuem aplicativos Mozilla instalados, as detecções se dividiram por macrozona conforme o gráfico abaixo.

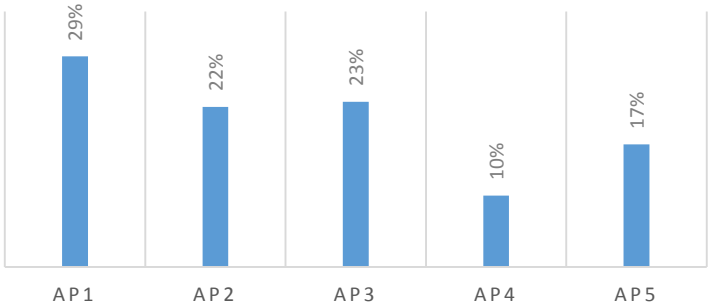



**Gráfico 1** - Percentual de detecções por macrozona

Percebe-se que a maior concentração está na região Central (AP1) do Rio de Janeiro, isto se deve ao fato de que comumente moradores de outras Áreas de Planejamento exercem suas atividades na macrozona correspondente aos bairros centrais. A matriz que corresponde aos

fluxos calculados é mostrada na Tabela 2. Optou-se por dar destaque aos movimentos entre macrozonas. A tabela abaixo representa a percentagem de fluxo entre as área de planejamento.

**Tabela 2** – Fluxo percentual entre Áreas de Planejamento

| | AP1 | AP2 | AP3 | AP4 | AP5 |
|---|---|---|---|---|---|
| AP1 | - | - | - | - | - |
| AP2 | 17% | - | - | - | - |
| AP3 | 12% | 13% | - | - | - |
| AP4 | 3% | 7% | 9% | - | - |
| AP5 | 10% | 7% | 13% | 9% | - |

Percebe-se que o maior fluxo de viagens entre a zona Sul (AP2) e Centro (AP1), apresentando uma proporção de 17% dos deslocamentos totais entre macrozonas. Há porcentagem significativa de viagens entre o Centro e AP3, bem como Centro e AP5. A região correspondente à AP4 apresentaram baixa taxa de viagens em relação à região central.

Os fluxos entre AP3 e AP2 também se destacaram, sendo praticamente o somatório entre viagens das Áreas de Planejamento 4 e 5. A AP4 foi a área que apresentou os menores fluxos origem-destino, merece destaque o número relativamente alto de viagens para a AP3. No que toca à AP5 percebe-se que os fluxos relacionados à AP3 e Centro se destacam. De fato o acesso entre estas áreas é relativamente bom, visto que além da Avenida Brasil que faz a ligação rodoviária, existe transporte público por trilhos.

## 7. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

Os métodos tradicionais de pesquisa em transporte tem execução cara e demorada, por isso são de difícil atualização. Devido ao crescente uso dos aparelhos celulares, vários estudos propuseram procedimentos para estimativa de matrizes OD, alocação de tráfego, dentre outras informações com base em dados produzidos por estes aparelhos. Tais estudos utilizaram precipuamente o CDR das operadoras de telefonia móvel, dados que, devido à condições de privacidade, são difíceis de serem obtidos.

Este estudo usou dados do MLS a fim de extrair os fluxos de viagens de seus colaboradores entre macrozonas do Rio de Janeiro. Usando um dia de detecção foi observado que os resultados são promissores no que diz respeito ao padrão de mobilidade da cidade, visto que foi observado um alto fluxo entre AP1 e AP2, bem como para AP3 e AP1, em consonância com a realidade do município. Dentre as recomendações de pesquisa futura pode-se citar a implementação de um algoritmo de filtragem mais criterioso do que o que foi adotado neste trabalho. Além disso, podem ser realizados trabalhos com o objetivo de estudar os padrões de mobilidade nos finais de semana, haja vista que o MLS também disponibiliza tais dados. Também é importante a análise de outra cidade a fim de verificar qual é a influência da quantidade de dados na qualidade final da informação obtida. O estudo da cidade de São Paulo é uma sugestão válida. Por fim, recomenda-se a montagem de matrizes para um número maior de dias, com o intuito de aprimorar os resultados obtidos nesta pesquisa. Tais pesquisas podem fornecer um entendimento mais profundo do potencial dos dados do *Mozilla Location Service* para estudos em transporte.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Asakura, Y., Hato, E., & Sugino, K. (2005) Simulating Travel Behaviour Using Location Positioning Data Collected with a Mobile Phone System. *In Simulation Approaches in Transportation Analysis* (pp. 183-204). Springer US.

Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos - NTU (2015) Revista NTU Urbano Edição Nº13.

Bar-Gera, H. (2007) Evaluation of a Cellular Phone-Based System for Measurements of Traffic Speeds and Travel Times: A Case Study from Israel. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 15(6), 380-391.

Bekhor, S., Cohen, Y., & Solomon, C. (2013) Evaluating Long-Distance Travel Patterns in Israel By Tracking Cellular Phone Positions. *Journal of Advanced Transportation*, 47(4), 435-446.

Bonnel, P., Hombourger, E., Olteanu-Raimond, A. M., & Smoreda, Z. (2015) Passive Mobile Phone Dataset to Construct Origin-Destination Matrix: Potentials and Limitations. *Transportation Research Procedia*, 11, 381-398.

Caceres, N., J. P. Wideberg e F. G. Benitez (2007) Deriving Origin-Destination Data From a Mobile Phone Network. *IET Intellingent Transportation System*. Pag. 15-26.

Calabrese, F., Diao, M., Di Lorenzo, G., Ferreira, J., & Ratti, C. (2013) Understanding Individual Mobility Patterns From Urban Sensing Data: A Mobile Phone Trace Example. *Transportation research part C: emerging technologies*, 26, 301-313.

Feriancic, G., Celeiro, F. R., & Silva, L. N. B. (2015) Planejamento da Mobilidade com Big Data de Telefonia Móvel. *In 20º Congresso Brasileiro de Transporte e Trânsito*, Santos.

Guerra, A. L., Barbosa, H. M., & de Oliveira, L. K. (2014) Estimativa de Matriz Origem/Destino Utilizando Dados do Sistema de Bilhetagem Eletrônica: Proposta Metodológica. *TRANSPORTES*, 22(3), 26-38.

Mellegård, E. (2011). Obtaining Origin/Destination-Matrices from Cellular Network Data.

McNeill, G., Bright, J., & Hale, S. A. (2016) Estimating Local Commuting Patterns From Geolocated Twitter Data.

Qiu, Z., & Cheng, P. (2008) State of the Art and Practice: Cellular Probe Technology Applied in Advanced Traveler Information System. *In 86th Annual Meeting of the Transportation Research Board*, Washington, DC (No. 0223)

Ortuzar, J. D. D.; Willumsen, L. G. (2011) Modelling Transport - Fourth edition. New York: Wiley&Sons.

Rojas, A., & Ribeiro, P. C. M. (2012) Freight Truck Assignment from RFID Flow Analysis. *In 19th ITS World Congress*.

Sparks, K. A., Li, R. G., Thakur, G. S., Stewart, R. N., & Urban, M. L. (2016) Facility Detection and Popularity Assessment from Text Classification of Social Media and Crowdsourced Data. *In Proceedings of the 10th Workshop on Geographic Information Retrieval* (p. 2). ACM.

Toole, J. L., Colak, S., Sturt, B., Alexander, L. P., Evsukoff, A., & González, M. C. (2015) The Path Most Traveled: Travel Demand Estimation Using Big Data Resources. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 58, 162-177.

Wang, M. H., Schrock, S. D., Vander Broek, N., & Mulinazzi, T. (2013) Estimating Dynamic Origin-Destination Data and Travel Demand Using Cell Phone Network Data. *International Journal of Intelligent Transportation Systems Research*, 11(2), 76-86.

White, J., & Wells, I. (2002) Extracting Origin Destination Information from Mobile Phone Data.

# ESTUDO DE TEMPOS DE VIAGEM MOTIVO CASA-TRABALHO NO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO

**Marcus Vinicius Oliveira Camara**
**Thayse Ferrari**
**Bruno Salezze Vieira**
**Carlos David Nassi**
**Victor Hugo Souza de Abreu**
Universidade Federal do Rio de Janeiro
Programa de Engenharia de Transportes

**RESUMO**
O transporte é tido, na atualidade, como um influente fator de desenvolvimento regional, capaz de viabilizar diversas atividades socioeconômicas e atuar como agente da inclusão social. Diante disto, este artigo tem como objetivo principal propor a utilização de bases de dados do *Google* para aplicações e estudos diversos na área de transportes. A metodologia proposta foi aplicada para coleta de tempos de viagem por transporte público e automóvel na cidade de Rio de Janeiro durante o período da manhã, com auxílio de um aplicativo desenvolvido em linguagem de programação C# integrado ao *Google Distance Matrix API*. Os resultados computacionais encontrados demostram a superioridade dos tempos médios para deslocamentos realizados por transporte público, especialmente quando comparado ao dos automóveis, em todas as áreas de planejamento analisadas e a variabilidade da duração destas viagens por automóvel constatada ao longo do período de estudo. Além disso, demostram que o uso de informações do *Google*, por meio de sua base de dados, tem grande potencial para realização de estudos de transportes sobre como as viagens se distribuem no território.

**ABSTRACT**
Nowadays, transportation is an influential factor in regional development, enabling several socioeconomical activities and acting as a social inclusion agent. Therefore, this article proposes the use of Google databases for various applications and studies in the transportation field. The proposed methodology was used to collect travel times by public and private transport (car) in Rio de Janeiro city during the morning period, with the aid of an application developed in C# programming language integrated with the Google Distance Matrix API. The computational results show higher average times for public transport routes, especially when compared to trips made by cars and the variability of these trips' duration during the study period in all planning areas analyzed. In addition, the results also show that using Google database has great potential for studies and researches in transportation field on how trips are distributed in a territory.

## 1. INTRODUÇÃO

Uma cidade pode ser caracterizada, fundamentalmente, pela capacidade de concentrar uma vasta gama de serviços, equipamentos e utilidades, indispensáveis para o desenvolvimento das atividades sociais cotidianas, responsáveis pelo bem-estar coletivo. Entre as atividades mais importantes podem ser elencadas: vagas de emprego, unidades habitacionais, serviços de saúde, serviços de educação e equipamentos de lazer. Esta concentração de atividades econômicas e de oportunidades para elevar a qualidade de vida impulsiona a migração aos grandes centros urbanos, uma vez que as pessoas tendem a fixar residência o mais próximo possível desses locais. Com isso, em 2014, cerca de 54% da população do planeta residia nas cidades, segundo a *United Nations* – UN (2015), e a previsão é de que este índice alcance 66% em 2050.

Tal cenário mostra-se ainda mais crítico para o continente americano, onde se espera que a taxa de urbanização se aproxime dos 90% no ano de 2050 (UN, 2015). No entanto, esta expectativa já se encontra próxima da realidade brasileira que, propiciada por uma distribuição territorial com grandes disparidades, já em 2010 concentrava cerca de 85% da população em ambientes urbanos (BRASIL, 2010). Devido a esse incremento da população em meio urbano, percebe-se o surgimento de uma significativa demanda por viagens, produto das atividades representativas do seu desenvolvimento (serviço de saúde, comércio, trabalho, estudo, entre outros). Essa

demanda influencia diretamente no aumento da oferta dos diferentes modos de transporte, sejam eles coletivos ou individuais, públicos ou privados.

O transporte, apesar de ser considerado uma atividade-meio do ponto de vista econômico, é tido na atualidade, como um influente fator de desenvolvimento regional, mostrando-se um importante eixo para o planejamento, desenvolvimento e gestão das cidades. Costa e Nassi (2009) afirmam que ele é capaz de viabilizar diversas atividades socioeconômicas e, ainda, facilitar a inclusão social, sobretudo das pessoas mais carentes.

O Plano Diretor de Transporte Urbano da Região Metropolitana do Rio de Janeiro (SETRANS, 2016) apontou que são realizadas cerca de 22,6 milhões de viagens diariamente nesta região, dentre as quais 11,02 milhões por transporte coletivo. A RioCard (2015) aponta, ainda, que mais de 87% dessas viagens, cerca de 9,6 milhões, são realizadas por meio de transporte público coletivo, o que demonstra a importância deste sistema para realização dos deslocamentos na Região.

Entretanto, enquanto não são realizadas as melhorias necessárias, o Rio de Janeiro, assim como outras cidades brasileiras que sofreram com o crescimento desordenado, apresenta um emaranhado de linhas de ônibus que operam com grande desperdício de tempo e recursos, devido à baixa capacidade intrínseca ao sistema. Aliado a isso, os modos de transporte de maior capacidade, como o metrô e o trem metropolitano, operam em áreas restritas da cidade e não representam opção de transporte para grande parte dos cidadãos.

Paralelamente aos problemas diagnosticados nos meios de transporte público, nota-se um crescimento significativo na taxa de motorização do município nos últimos anos. O DENATRAN (2015) mostra que, de dezembro de 2004 a dezembro de 2014, houve um aumento de 48% no número de automóveis na cidade, chegando próximo dos 1,9 milhões de automóveis nas ruas da capital fluminense. Assim, a combinação de infraestrutura incipiente e aumento da taxa de motorização contribui diretamente para a consolidação de um cenário crítico em termos de mobilidade urbana.

Neste contexto, dados os impactos negativos que os altos tempos de viagem, principalmente para o motivo casa-trabalho (deslocamentos pendulares que ocorrem diariamente em horários específicos), representam para a qualidade de vida da população, questiona-se: qual a atual situação desses tempos de deslocamentos para o Centro do Rio de Janeiro, um dos principais destinos de trabalho no período da manhã do município? Qual a relação desses tempos em viagens que utilizam transporte individual, em especial os automóveis de passeio (carros), e transportes públicos (ônibus, trem e metrô)?

Diante disso, o objetivo desse trabalho consiste em propor a utilização de bases de dados do *Google* como fonte de dados, prática e acessível, para estudos diversos na área de transportes. Para isso, foi desenvolvido um aplicativo em linguagem C# que utiliza mecanismos do serviço *Google Distance Matrix API* (Google, 2016) e que permite coleta de dados de viagens de forma automatizada. A metodologia proposta foi aplicada em um levantamento de dados de tempos de viagem no Rio de Janeiro, com destino ao Centro da cidade no período da manhã, que permitiu uma análise comparativa do uso de carro *versus* transporte público, durante os dias úteis da semana (segunda a sexta-feira).

Como delimitação do estudo de caso adotou-se como origens de viagens todos os bairros da cidade do Rio de Janeiro, analisados por Áreas de Planejamento (AP), e como destino o bairro Centro. A escolha do destino como principal local de trabalho no município está relacionada ao

fato deste bairro concentrar 28,96% dos empregos formais no município e 21,45% da Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ).

Tal estudo mostra-se relevante do ponto de vista social, uma vez que pode subsidiar novas aplicações para análises dos sistemas de transportes em municípios brasileiros. Outro ponto de destaque é que sua contribuição se estende ao planejamento de novas políticas públicas relacionadas ao setor de transportes, que pode ser ampliado ao âmbito nacional, e assistir decisões governamentais direcionadas para o planejamento estratégico deste setor. Destaca-se, ainda, a relevância do estudo para área acadêmica, por colaborar com o conhecimento sobre a temática estudada.

## 2. O IMPACTO DO TEMPO DE VIAGEM NO DIA A DIA DA POPULAÇÃO

Segundo o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA (2015) os sistemas de mobilidade urbana no Brasil têm passado por diversas mudanças nos últimos sessenta anos com o aumento da taxa de motorização da população e o crescimento acelerado dos grandes centros urbanos. O nascimento da indústria automotiva no país, em meados do século passado, associado à dispersão dos locais de estudo e trabalho, observada nos últimos anos, impulsionaram a forte urbanização brasileira, que se deu segundo os princípios do transporte motorizado rodoviário. Desde então, o ônibus tem se mantido como o meio de transporte coletivo mais utilizado nas cidades brasileiras. De acordo com a NTU (2009) em função, principalmente, do baixo investimento em modos de transportes de alta capacidade ele é tido como o principal meio de transporte público para a maioria da população.

Outro modo que ganhou força com a indústria automotiva, em um primeiro momento, e devido ao aumento do poder de compra da população visto nos últimos anos, são os veículos privados motorizados. Embora o uso destes veículos ofereça inúmeros benefícios individuais, como conforto e deslocamento porta-a-porta, muitos são os impactos por eles gerados. Segundo Lindau *et al.* (2013), as ditas externalidades, como a emissão de poluentes, acidentes viários e o congestionamento, crescem à medida que a população urbana opta pelo transporte privado em detrimento do público.

Além disso, à medida que a quantidade de carros e a disputa pelo espaço viário aumentam, os tempos de viagem sofrem incremento, tanto para o transporte privado quanto para o público sujeito ao tráfego misto. Este fenômeno bastante conhecido e estudado tornou-se o alvo principal das políticas de transportes, em função de estar associado ao bem-estar das pessoas e diretamente relacionado aos níveis de congestionamento das cidades (Fosguerau e Karlstrom, 2010).

Neste mesmo contexto, o tempo de deslocamento casa-trabalho também tem sido ponto central no entendimento sobre as formas de organização social e econômica do espaço urbano (Alonso, 1964; IPEA, 2013), passando a ser considerado um ponto fundamental para tomada de decisão das pessoas e empresas quanto à localização de residência e empregos (Gordon *et al.*, 1991; Levinson e Kumar, 1994). Tal índice pode ser apontado, ainda, como indicador relevante para análises de desigualdade (Crane, 2007). No entanto, não é apenas o aumento da frota de veículos (individuais ou coletivos) a causa do aumento do tempo de deslocamento. Para Urry (2007) as viagens entre casa e trabalho tendem a se tornar mais longas em função da mudança no modelo de produção e consumo do espaço urbano, condicionado a uma sociedade baseada na mobilidade. Com isso, o modo fundamental de ampliação do espaço de vida urbano cede lugar a espaços de convivência mais desconectados e fragmentados.

Ao considerar todos esses fatores, segundo Li *et al.* (2010), o aumento da variabilidade e a diminuição da confiabilidade na estimativa do tempo médio de viagem, passam a representar um

custo para os usuários e para a sociedade. Tal custo, não necessariamente monetário, decorre da dificuldade em planejar as viagens, dos tempos improdutivos e dos atrasos ou atividades que não podem ser realizadas e podem representar até 15% do tempo de viagem em uma via urbana típica (Fosguerau *et al.*, 2008). Por tudo isso, a confiabilidade e a variabilidade do tempo de viagem tornaram-se importantes fatores na escolha modal dos passageiros para deslocamentos urbanos.

Diante de tamanha relevância do tema, diversas pesquisas são realizadas com o objetivo de traçar um diagnóstico dos deslocamentos casa-trabalho por todo o Brasil. Entre os principais estudos da área, estão o do IPEA (2013) e da Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro - FIRJAN (2015), ambos com diferentes abordagens do levantamento de dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD).

De acordo com o IPEA (2013) os habitantes da RMRJ consumiam, em média, 42,6 minutos no trajeto casa-trabalho, em 2009, e a situação era ainda mais crítica quando se analisava separadamente a parcela mais pobre da população. Na comparação entre as Regiões Metropolitanas do Brasil e do mundo, a RMRJ apresentou o terceiro pior resultado, atrás apenas de Xangai (51 minutos) e da Região Metropolitana de São Paulo (42,8 minutos). Já a FIRJAN (2015) mostrou que a situação ficou ainda mais delicada em 2012, quando a RMRJ registrou o maior tempo de deslocamento entre as 37 regiões nacionais analisadas. Neste ano verificou-se que 2,8 milhões de trabalhadores levaram, em média, 141 minutos nas viagens casa-trabalho-casa, aumentando em 11 minutos em relação a 2011. Tal variação (+8,4%) foi a maior registrada no período, muito acima da média registrada (+1,9%).

Segundo este estudo, tais números incidem em um custo de produção sacrificada de R$ 19.048.148,00 no ano de 2012, valor que representa 5,9% do PIB da RMRJ daquele ano. A FIRJAN (2015) aponta, ainda, que apesar do número de trabalhadores que levam mais de 30 minutos no trânsito ter caído 1,5%, ou seja, uma parcela dos trabalhadores tenha conseguido ocupações mais próximas de suas residências, para aqueles que residem mais distantes do local de trabalho os deslocamentos ficaram mais demorados.

No entanto, Pero e Mihessen (2012) ressaltam que o impacto do deslocamento ineficiente é ainda mais acentuado, uma vez que os custos vão muito além dos gastos diretos com passagens ou combustível. Há também os custos não monetizados ocasionados pela perda de produtividade ou oportunidades de trabalho (decorrente da menor disponibilidade de tempo para educação), aumento do desemprego friccional (quando o trabalhador opta por demitir-se devido a dificuldades relacionadas às condições de trabalho a ele oferecidas), aumento da informalidade (em função do uso de transporte ilegal ou mesmo pela opção de residir em moradias impróprias, contudo mais próximas do trabalho), danos à saúde, riscos de acidente, mal estar ou desconforto por horas passadas em veículos usualmente lotados ou em precárias condições.

Com isso, de acordo com Young *et al.* (2013), cria-se um ciclo vicioso: o indivíduo com menos qualificação tem rendimento menor, mora mais longe, gasta mais tempo no deslocamento e tem menos tempo para participar de atividades de educação ou qualificação, que poderiam elevar sua remuneração. Dessa forma, as deficiências no sistema de transporte transformam-se em mecanismo de exclusão social, principalmente nas periferias das regiões metropolitanas.

## 3. PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

O procedimento metodológico utilizado neste estudo pode ser melhor compreendido por meio da Figura 1. Este estudo tem início com uma pesquisa bibliográfica para melhor compreensão

da temática abordada. A etapa seguinte (Coleta de Tempos de Viagem) foi realizada por meio do aplicativo desenvolvido em linguagem de programação C# com auxílio do *Microsoft Visual Studio Community*, de distribuição gratuita. O aplicativo desenvolvido utiliza mecanismos do serviço *Google Distance Matrix API* que permitiu fornecer, de forma automatizada, um lote de consultas (pesquisa pelo tempo de viagem a partir de uma origem para um destino) e obter um lote de resultados (tempos de viagem) dessas consultas. Salienta-se que o *API* fornece dados agregados para origens e destinos e não para viagens individuais.

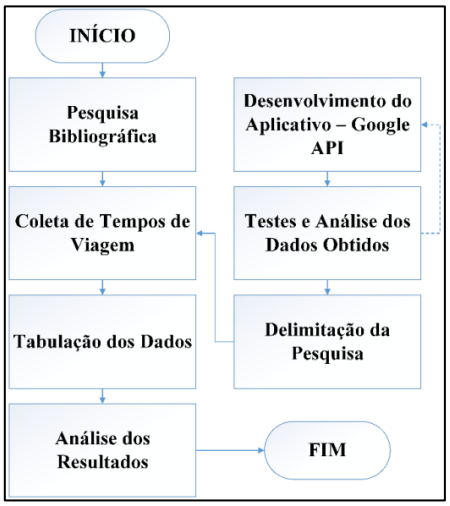



**Figura 1:** Procedimento metodológico utilizado.

Na Figura 2, que representa o aplicativo, deve-se: (1) informar a chave do cadastro disponibilizada pelo *Google*; (2) inserir a lista desejada de origens; (3) inserir a lista de horários que se pretende realizar as consultas; e (4) clicar para iniciar o processo de consulta.

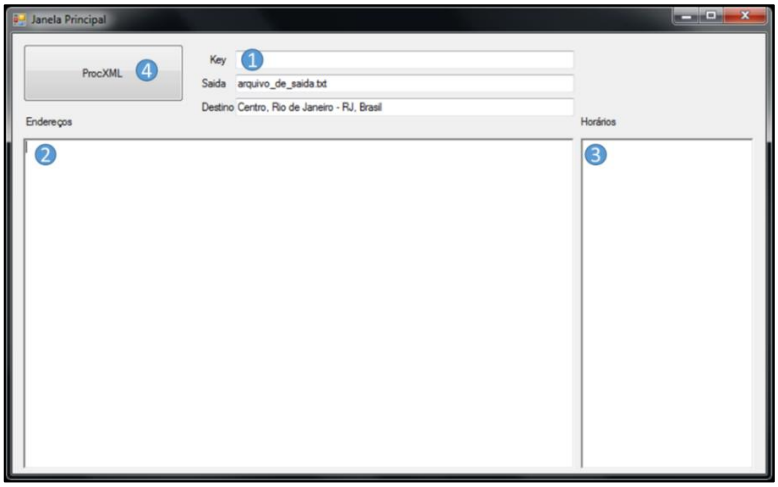



**Figura 2:** Tela do aplicativo desenvolvido para consultas de distâncias e tempos de viagem.

Como parâmetros do *Google Distance Matrix API*, utilizou-se: (1) Viagens de Carro: *mode* = *driving* ; (2) Viagens de Transporte Público: *mode* = *transit*; e (3) Todas as Consultas: *origins* = Bairros. *destinations* = Centro, Rio de Janeiro – RJ, Brasil, *traffic_model* = *best_guess*, *departure-time* = Hora_de_Partida, *language* = pt-BR, e *units* = *metric*.

Destaca-se que foram utilizados como origens, 159 Bairros do município do Rio de Janeiro (excluiu-

se apenas o Centro). Como as consultas são realizadas para um horário de partida no futuro, o parâmetro "*traffic_model = best_guess"* garante que os resultados da consulta estarão de acordo com os tempos de percurso que serão calculados considerando o que se sabe sobre as condições históricas de trânsito e as informações em tempo real. Além disso, o horário de partida deve ser informado como um número inteiro, em segundos, a partir da meia-noite (UTC) do dia 1º de janeiro de 1970.

A coleta de dados foi realizada durante os dias úteis, no período de uma semana, de 30/05/2016 a 03/06/2016 (segunda a sexta-feira). O levantamento foi realizado entre 05h00min e 12h00min horas, com intervalos de 30 minutos, o que totaliza 15 coletas diárias, para viagens de carro e de transporte público. É importante ressaltar que a utilização gratuita do serviço *Google Distance Matrix API* está limitada a 2500 consultas diárias, portanto foram necessários 10 dias para realizar as 23.850 consultas, uma vez que o Rio de Janeiro possui 160 bairros oficiais (159 origens, 1 destino).

Para as análises, os bairros do município foram agrupados de acordo com as cinco AP do Rio de Janeiro (Figura 3). O agrupamento das AP ocorre da seguinte forma: a AP 1 fica localizada na Zona Central e conta com 15 bairros; a AP 2 situa-se na Zona Sul e inclui 25 bairros; a AP 3, na Zona Norte, com 80 bairros; a AP 4, que representa a Região da Barra da Tijuca e Jacarepaguá e possui 19 bairros; e, por fim, a AP 5, referente à Zona Oeste, inclui 21 bairros.

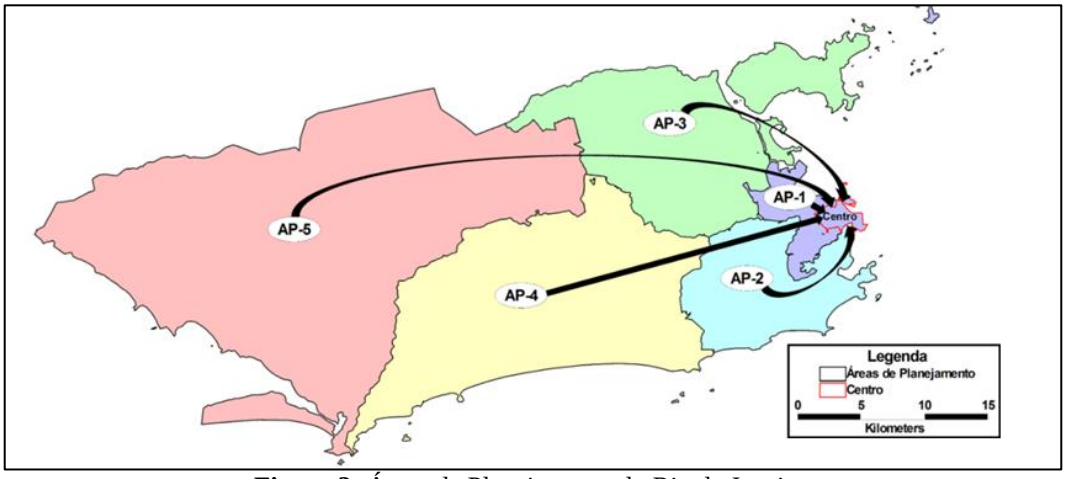



**Figura 3:** Áreas de Planejamento do Rio de Janeiro.

Na etapa de tabulação dos dados desenvolveu-se um aplicativo em linguagem de programação C/C++ para ler e organizar os arquivos de saída do aplicativo de coleta de dados, de forma a facilitar a análise dos resultados. Todos os experimentos computacionais foram realizados em um computador equipado com processador AMD Phenom II X4 com 2,6 GHz e 4 GB de memória RAM. Além disso utilizou-se o *software* TransCAD 5.0 (Caliper, 2008) para elaboração de mapas.

## 4. EXPERIMENTOS COMPUTACIONAIS E ANÁLISE DOS DADOS

Com a tabulação dos dados foi possível desenvolver gráficos (Figuras 4 a 8) que representam as variações horárias dos tempos médios de viagem por automóvel e por transporte público, durante o período da manhã, para cada uma das AP e, por meio da análise dos resultados, apresentar um diagnóstico de como se organizam as viagens que possuem como destino o Centro do Rio de Janeiro.

### 4.1 AP 1

A AP 1, Zona Central, caracteriza-se por possuir menor dimensão territorial que as demais AP, conforme se constata na Figura. Além disso, como o destino das viagens (Centro) encontra-se

nessa região, a AP 1 apresenta menor distância de descolamento da origem ao destino e, consequentemente, menor tempo de viagem.

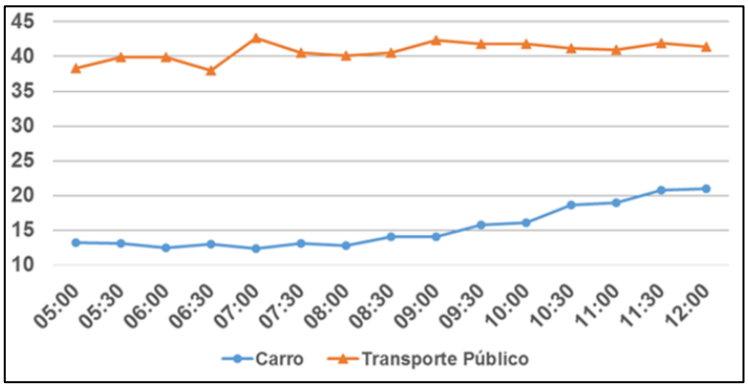



**Figura 3:** Tempos médios de viagem para AP 1.

Na Figura 3 observa-se que o transporte público apresenta variação entre 38 minutos, às 06h30min, e 42,6 minutos, às 07h00min, ou seja, a diferença entre os valores mínimo e máximo é pequena (4,6 minutos). Isso ocorre porque, nesta região, os veículos de transporte público coletivo contam com vias segregadas ou parcialmente segregadas, o que faz com que haja um pequeno impacto nas variações horárias. Já em relação ao automóvel, a realidade é diferente, uma vez que se constata um gradativo aumento no tempo médio de viagem, onde o menor valor (11,4 minutos) é registrado às 07h00min, enquanto o maior valor (19,5 minutos) ocorre às 12h00min. Essa diferença de 8,1 minutos (acréscimo de aproximadamente 71,1%) pode ser explicada pela significativa redução da velocidade média dos automóveis na região ao longo do período da manhã, tendo em vista que, a maior concentração de pessoas (e de veículos, por consequência), somada ao aumento da circulação de veículos de carga, responsáveis pelo abastecimento do comércio, fazem com que aumentem os congestionamentos nas vias desses bairros.

Ao confrontar os dois resultados, percebe-se que os tempos de viagem por transporte público são consideravelmente maiores, quando comparados com os tempos dos usuários que utilizam automóveis. Isso ocorre devido à menor flexibilidade do sistema de transporte público, uma vez que existem rotas pré-definidas e inúmeros pontos de parada obrigatórios, além da necessidade de deslocamento até o ponto de ônibus ou estação de embarque, diferentemente do que ocorre no transporte individual (transporte porta-a-porta, sem interrupções programadas).

### 4.2 AP 2

A AP 2, Zona Sul, está localizada ao Sul da AP 1 e apresenta a segunda menor dimensão territorial entre as AP. É possível constatar (veja Figura 4) que os tempos médios de viagem por transporte público variam de 59,6 minutos, às 05h00min a 52,4 minutos, às 09h30min, ou seja, há uma redução de 7,2 minutos no tempo médio de viagem ao longo da manhã.

Acredita-se que tal situação pode ser explicada pela maior procura por transporte até o início do expediente comercial, o que significa maior número de parada dos ônibus (e com maior duração) até este horário, com posterior redução gradativa. Em relação ao automóvel percebe-se certa constância de valores até 08h00min e, a partir desse horário, um aumento gradativo com pico (29,6 minutos) às 11h30min. Com isso, percebe-se que os deslocamentos utilizando automóvel na AP 2 apresentam características similares à AP 1, com aumento do tráfego após as 08h00min.

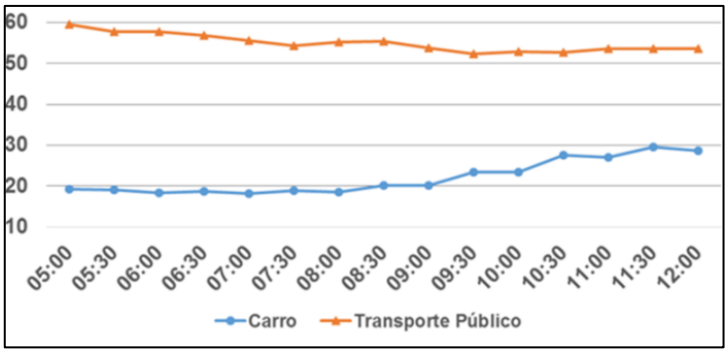



**Figura 4:** Tempos médios de viagem para AP 2.

Ao comparar os resultados, constata-se que os tempos médios de viagem decrescem, ao longo do período, para viagens com uso do transporte público, enquanto aumentam para aqueles que fazem uso do automóvel. Acredita-se que o tempo de deslocamento por transporte público, mesmo por ônibus, não seja tão impactado pelo aumento dos congestionamentos entre a AP 2 e a AP 1 em função da existência de faixas exclusivas para ônibus em avenidas com grande fluxo de veículos, além da disponibilidade de metrô em praticamente toda a extensão dessa AP. Além disso, os valores médios por transporte público mais uma vez são bem superiores aos por automóvel, já que a velocidade média utilizando carro para deslocamentos, partindo da Zona Sul até o Centro da Cidade na parte da manhã, é muito superior à velocidade média com uso de transportes públicos. Isso ocorre em função da baixa flexibilidade do meio de transporte público, que além de aumentar seu tempo de viagem, também reduz sua velocidade média no percurso.

### 4.3 AP 3

A AP 3, Zona Norte, apresenta-se como a terceira maior AP em extensão territorial, porém é a maior em quantidade de bairros, composta por 80 bairros. Apesar de possuir bairros próximos ao Centro, por ser uma região bastante extensa, a maior parte de seus bairros encontram-se consideravelmente distantes deste destino, o que contribui para o aumento nos tempos médios de deslocamento. Além disso, deve-se destacar que a AP 3 engloba a Ilha do Governador, a qual se trata de um conjunto de bairros que possuem, basicamente, um único acesso para chegar ao continente por deslocamentos rodoviários, por meio de uma ponte. Comumente são registrados grandes congestionamentos nesta região, que chegam a influenciar no tráfego de uma importante via expressa que liga o Centro de Rio de Janeiro à Baixada Fluminense, a Linha Vermelha. A Figura 5 apresenta os tempos médios de viagem dos bairros desta AP ao Centro no período estudado.

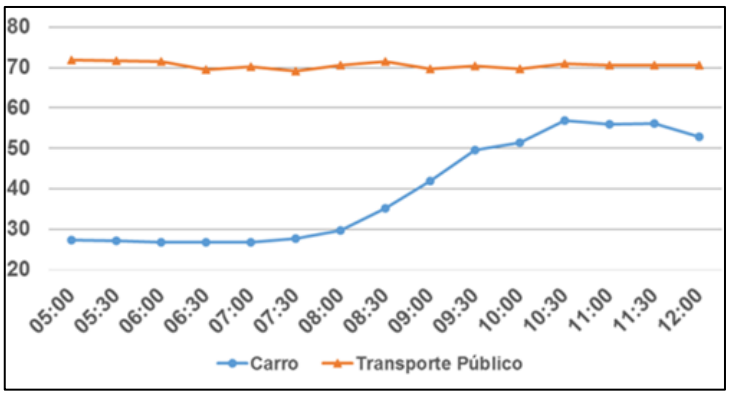



**Figura 5:** Tempos médios de viagem para AP 3.

Em grande parte do período de pesquisa, de 05h00min as 08h00min, os tempos de viagem

utilizando carro são muito menores do que os utilizando transporte público. Às 06h00min, por exemplo, o tempo de viagem utilizando carro é de 26,74 minutos, enquanto o do transporte público chega a 72 minutos. Tal fato pode ser explicado pela possibilidade de os usuários de automóvel realizarem mudanças na rota, especialmente em horários de pico, diferente do que ocorre com o transporte público. Além disso, deve-se considerar também a existência de faixas reversíveis para veículos de pequeno porte em vias de grande circulação desta região, como é o caso da Linha Amarela. Entretanto, a partir das 08h00min, os tempos de viagem utilizando carro passam a ser crescentes, chegando a 56,88 minutos no horário de pico (10h30min), possivelmente pelo aumento do tráfego. O transporte público tende a manter-se na mesma média ao longo do período devido, principalmente, a oferta de trem e metrô na região, além das faixas exclusivas para ônibus em vias de grande fluxo de veículos.

### 4.4 AP 4

A Figura 6 apresenta os tempos médios de viagem dos bairros da AP 4, Região da Barra da Tijuca e Jacarepaguá, ao Centro durante o período da manhã.

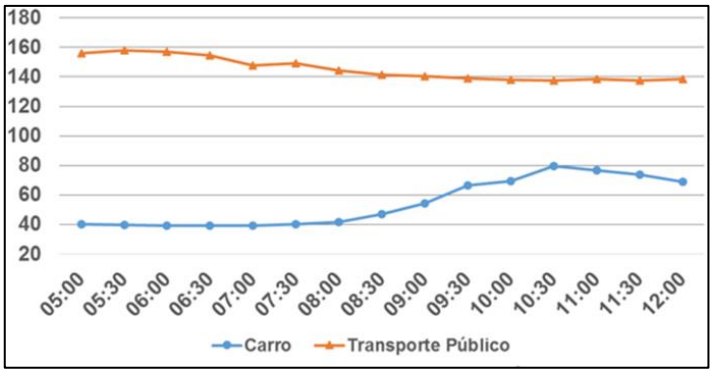



**Figura 6:** Tempos médios de viagem para AP 4.

No que se diz respeito à comparação entre transporte público e automóvel, a realidade não é diferente das demais AP já mencionadas. Durante o período da manhã, os tempos de viagem para usuários de carro são bem inferiores aos tempos dos usuários de transporte público. Às 05h30min, por exemplo, o tempo de viagem de automóvel é quatro vezes inferior ao de transporte público. Acredita-se que a maior responsável por essa disparidade nos tempos de viagem seja a distância a ser percorrida, uma vez que, quanto maior o percurso da linha de ônibus, mais pontos de parada ela possui e maior é seu carregamento. Além disso, é importante destacar que, no período analisado o acesso desta AP ao Centro se dava exclusivamente por meio rodoviário, onde se faz necessário cruzar a AP 2 ou a AP 3, conforme pode ser observado na Figura. Apesar da presença de um corredor de BRT nesta área, o mesmo não alcança o Centro e, mesmo com vias segregadas, em alguns pontos ele sofre interferência do tráfego normal. Vale destacar, ainda, que um fator que contribui para o menor tempo de viagem para o carro é a presença de uma importante via expressa na região, a Linha Amarela, a qual permite maiores velocidades, o que possibilita a redução do tempo de viagem, além da existência de faixas reversíveis, assim como na AP 3.

### 4.5 AP 5

A AP 5, Zona Oeste, é a maior área de planejamento e também a que possui bairros mais distantes do Centro, como é possível observar na Figura. Na Figura 7 é apresentado o gráfico dos tempos médios de viagem dos bairros desta AP ao Centro durante o período da manhã.

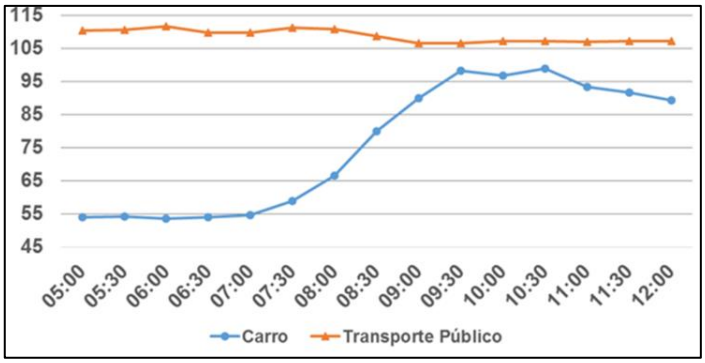



**Figura 7:** Tempos médios de viagem para AP 5.

Durante todo o período de análise, os tempos de viagem para o transporte público sofreram pouca variação, permanecendo entre 106,45 e 111,66 minutos. Já a duração da viagem de carro, que apresentava valores muito inferiores (cerca de 50% do tempo verificado para transporte público) até as 07h00min, apresentaram grande elevação, com seu pico sendo registrado às 09h30min, com 98,92 minutos. Neste mesmo horário, a viagem por transporte público levava em torno de 106 minutos. Sob a ótica do transporte público, percebe-se que grande parte da região é atendida pelo sistema ferroviário, por meio de dois ramais (Santa Cruz e Deodoro). No entanto, a distância do Centro, junto ao fato desses ramais também contemplarem a AP 3, faz com que ocorram elevados tempos da viagem. Vale destacar também que, além do trem, a AP 5 conta com a disponibilidade de dois corredores de BRT.

## 4.6 Relação entre as AP

Para comparar os resultados entre as Áreas de Planejamento foi realizada uma análise dos dados agregados diários por AP, coletados no período de uma semana, conforme Tabela 1 e Figura 8.

**Tabela 1:** Resultados médios diários em minutos.

| Carro | | | | | | Transporte Público | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **AP** | **Dados** | **Média** | **Mínimo** | **Máximo** | **Desvio Padrão** | **AP** | **Dados** | **Média** | **Mínimo** | **Máximo** | **Desvio Padrão** |
| **AP-1** | **Tempo de Viagem** | 15,30 | 12,38 | 20,99 | 3,07 | **AP-1** | **Tempo de Viagem** | 40,77 | 38,02 | 42,66 | 1,36 |
| **AP-2** | | 22,07 | 18,14 | 29,59 | 4,17 | **AP-2** | | 54,99 | 52,33 | 59,54 | 2,17 |
| **AP-3** | | 39,49 | 26,74 | 56,88 | 12,87 | **AP-3** | | 70,55 | 69,04 | 71,89 | 0,87 |
| **AP-4** | | 54,47 | 39,16 | 79,59 | 16,07 | **AP-4** | | 145,28 | 137,74 | 157,76 | 7,78 |
| **AP-5** | | 75,59 | 53,53 | 98,92 | 19,24 | **AP-5** | | 108,75 | 106,45 | 111,66 | 1,88 |

Conforme destacado nas análises individuais por AP, observa-se que as viagens por automóvel apresentam menores tempos de viagem do que os que utilizam transporte público. O caso da AP 1, por exemplo, é capaz de retratar bem esta situação, uma vez que em uma pequena distância física, verifica-se uma grande disparidade entre o tempo médio por automóvel, de 15,30 minutos, e o tempo por transporte público, de 40,77 minutos, 166% maior.

Outra importante constatação é que, apesar de a AP 5 ser a área que apresenta maior tempo médio diário de viagem por automóvel (75,59 minutos), esta não é a região que apresenta os maiores tempos de viagem por transporte público. Isso ocorre na AP 4, que apresenta tempo médio diário de viagem por transporte público de 145,28 minutos, possivelmente em função de a única opção de transporte público ser por meio rodoviário, altamente impactado pelo intenso tráfego de veículos particulares na região.

Diante dos dados apresentados na Tabela 1, também é possível observar que o desvio padrão dos tempos médios diários por automóvel, em todas as AP, foi consideravelmente superior aos por transporte público. Dessa forma, constata-se que com uso do transporte público, pouca variação horária é encontrada, para tempos de viagem, durante o período considerado nesse estudo. Enquanto que, com uso de automóvel, o horário de partida da viagem influencia diretamente nos tempos gastos para chegar ao destino estudado (Centro do Rio de Janeiro).

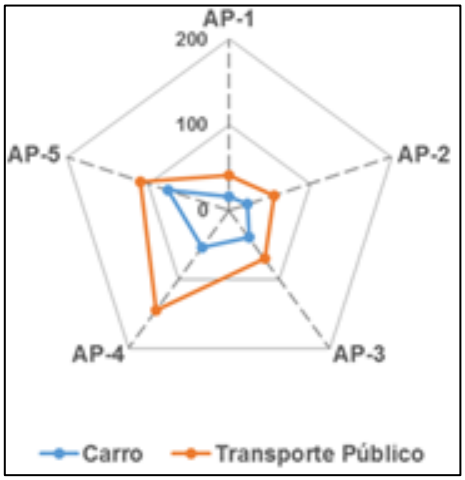



**Figura 8:** Tempos médios diários.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo apresentou uma análise comparativa de tempos de viagem para deslocamento ao bairro Centro do município do Rio de Janeiro, no período da manhã, com a utilização de automóveis *versus* transporte público. Os dados temporais dessas viagens foram obtidos por meio de aplicativo integrado com o *Google Distance Matrix API*, para coletas de dados automatizadas.

Em todas as análises individuais de AP, os tempos médios de viagem por transporte público apresentaram-se bem superiores aos tempos de viagem por automóvel. Dessa forma, entende-se que existe necessidade de investimentos em transportes públicos coletivos de média/ alta capacidade (metrô, trem, BRT) que não dividem espaço com veículos individuais (automóveis) e veículos de carga. Acredita-se que mais investimentos e melhorias no sistema de transporte público poderiam contribuir para uma maior adesão dos cidadãos ao uso do transporte coletivo e, por consequência, redução do elevado número de automóveis nas vias e seus impactos negativos (congestionamentos, acidentes, entre outros).

Além disso, os resultados demostraram que o horário de partida de usuários que realizam seu deslocamento por automóvel pode ser significativamente responsável pelo tempo de viagem. Com isso, entende-se que tais usuários precisam estar mais atentos às variações horárias do tráfego, com o intuito de evitar perda de tempo em congestionamentos e todas as implicações causadas por esta situação, como perda de produtividade, redução do tempo de descanso, entre outros prejuízos.

Como limitações deste trabalho, evidencia-se o fato de considerar as médias resultantes dos tempos de viagem de cada bairro como valores representativos das AP. Com isso, tais valores médios apresentaram elevados desvios padrão para algumas das áreas de estudo, devido à sua extensão territorial. Além disso, considera-se como fator limitante das análises o desconhecimento das rotas adotadas para as viagens, bem como os modos de transporte utilizados, no caso de utilização de

transportes públicos (metrô, ônibus, trem, BRT, e ainda, integração entre os diferentes modos). Diante disso, como proposta para trabalhos futuros, acredita-se que estudos mais detalhados poderiam ser realizados para cada área de planejamento, justificado pelas suas grandes extensões territoriais e diversidade de disponibilidade de transportes.

**Agradecimentos**
Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro na elaboração deste trabalho.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Alonso, W. (1964). *Location and Land Use.* Cambridge: Harvard University Press.

Brasil (2010). Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Contagem Populacional 2010.* Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/popul>. Acesso em: 21 Mai 2016.

Caliper (2008). *TransCAD - Transportation Workstation Software, User's Guide, Version 5.0 for Windows.* Caliper Corporation, Newton, USA.

Costa, F. C. C. e Nassi, C. D. (2009). Análise Comparativa dos Sistemas Tarifários de Algumas Cidades do Mundo. *Revista dos Tranportes Públicos – ANTP*, v. 31, p. 7-22.

Crane, R. (2007). Is there a Quiet Revolution in Women's Travel? Revisiting the Gender Gap in Commuting. *Journal of the American Planning Association*, v. 3, n. 7, p. 298-316.

DENATRAN (2015). *Frota de Veículos.* Departamento Nacional de Trânsito. Disponível em: < http://www.denatran.gov.br/frota.htm>. Acesso em: 25 Mai 2016.

FIRJAN. (2015). *O Custo dos Deslocamentos nas Principais Áreas Urbanas do Brasil.* Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

Fosgerau, M. e Karlstrom, A. (2010). The Value of Reliability. *Transportation Research Part B*, v. 44, n. 4, p. 38-49.

Fosguerau, M.; Hjorth, K.; Brems, C. e Fukuda, D. (2008). *Travel Time Variability: Definition and Valuation.* Transport Institute, Technical University of Denmark.

Google. (2016). *Google Maps Distance Matrix API – Google Developers.* Disponível em: <https://developers.google.com/maps/documentation/distance-matrix/?hl=pt-br>. Acesso em: 01 Jun 2016.

Gordon, P.; Richardson, H. W. e Jun, M. J. (1991). The Commuting Paradox: Evidence from the Top Twenty. *Journal of the American Planning Association*, v. 57, p. 416-420.

IPEA. (2015). *Atlas da Vulnerabilidade Social nos Municípios Brasileiros.* Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, Brasília.

IPEA. (2013). *Tempo de Deslocamento Casa-Trabalho no Brasil (1992-2009): Diferenças entre Regiões Metropolitanas, Níveis de Renda e Sexo.* Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, Brasília.

Levinson, D. M. e Kumar, A. (1994). The Rational Locator: why Travel Times Have Remained Stable. *Journal of the American Planning Association*, v. 60, p. 319-332.

Li, Z; Hensher, D. A. e Rose, J. M. (2010). Willingness to Pay for Travel Time Reliability in Passenger Transport: a Review and Some Empirical Evidence. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, v. 46, n. 6, p. 384-403.

Lindau, L. A.; Petzhold, G. S.; Silva, C. A. M. e Facchini, D. (2013). BRT e Corredores Prioritários para Ônibus: Panorama do Continente Americano. *Anais do XXVII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes*, ANPET, Belém.

NTU (2009). *Análise Comparativa das Modalidades de Transporte Público Urbano.* Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos, Curitiba.

Pero, V. e Mihessen, V. (2012). Mobilidade Urbana e Pobreza no Rio de Janeiro. *Série Working Paper BNDES/ANPEC*, n. 46.

RioCard (2015). *Quem Somos.* Disponível em: <https://www.cartaoriocard.com.br/rcc/institucional/quemsomos>. Acesso em: 26 Mai 2016.

SETRANS (2016). *Relatório 4 – Diagnóstico da Situação Atual: Parte 3. PDTU 2015.* Secretaria de Estado de Transportes. Rio de Janeiro, RJ.

UN (2015). *World Urbanization Prospects: The 2014 Revision.* United Nations, Department of Economic and Social Affairs, New York, USA.

Urry, J. (2007). *Mobilities.* Polity, Malden, USA.

Young, C. E. F.; Aguiar, C. e Possas, E. (2013). Custo Econômico do Tempo de Deslocamento para o Trabalho na Região Metropolitana do Rio de Janeiro. *Econômica*, v. 15, n. 2, p. 9-22.

# EFEITOS DA PERIFERIZAÇÃO NOS NÍVEIS DE ACESSIBILIDADE DA POPULAÇÃO DE BAIXA RENDA EM FORTALEZA

**Beatriz Andrade Rodrigues**
**Carlos Felipe Grangeiro Loureiro**
Departamento de Engenharia de Transportes
Universidade Federal do Ceará
**Francelino Franco Leite de Matos Sousa**
Núcleo de Tecnologia
Centro Universitário Christus
**André Soares Lopes**
Universidade de Fortaleza

**RESUMO**
A expansão de uma cidade por meio da segregação espacial involuntária, quando ocorre concomitantemente a um processo de concentração de empregos, é uma das causas para a baixa acessibilidade de uma parcela da população. Quem acaba sendo mais impactado por estes problemas é a população de baixa renda, que possui uma limitação financeira e não consegue se manter nas regiões mais atrativas de uma cidade. Em Fortaleza, esse processo teve início na década de 1930 e hoje se caracteriza pela localização da população de baixa renda na região oeste da cidade. Para contribuir na compreensão dessa problemática, este trabalho propõe uma metodologia de caracterização e diagnóstico da problemática, a fim de avaliar a magnitude dos problemas e as relações de causalidade entre eles. Nesta proposta, são utilizadas a modelagem integrada para a obtenção de indicadores e ferramentas exploratórias de análises geoponderadas, que permitem uma análise espacial da problemática. A aplicação desse método revelou que a população de baixa renda se concentra nas regiões periféricas da cidade, longe da região central onde se concentram os empregos, mas que apenas uma parte dela sofre problemas de acessibilidade.

**ABSTRACT**
The expansion of a city through involuntary segregation, when it occurs concomitantly with a process of concentration of jobs, is one of the causes for the low accessibility of a portion of the population. Those populations with financial limitations (low income) are the most affected since they are unable to maintain their households in the more attractive areas of a city. In Fortaleza, this process began in the 1930s and today is characterized by the location of the low-income population in the western region of the city. To contribute to the understanding of this situation, this work proposes a methodology of characterization and diagnosis of the problem, in order to evaluate its magnitude and the causal relations between segregation and accessibility. In this proposal, we use integrated modeling to obtain indicators, and exploratory tools of geographically weighted analysis, which allow a spatial analysis of the problem. The application of this method has shown that the low-income population is concentrated in the outlying regions of the city, far from the central region where the jobs are concentrated, but that only part of it suffers from accessibility problems.

## 1. INTRODUÇÃO

Nas regiões periféricas da cidade, os domicílios estão mais distantes dos postos de trabalho. Não apenas relativo à distância, esta constatação é decorrente dos níveis de dispersão dos postos de trabalho em relação às concentrações de residências de baixa renda, o que pode ser representado pela concentração de empregos nas áreas centrais das cidades e da monofuncionalidade residencial das periferias. Este processo se dá quando um indivíduo, normalmente de baixa renda, se vê obrigado, pelas mais variadas forças, a residir em uma região periférica da cidade, pois as opções de como e onde residir são restritas ou nulas. Chamamos este fenômeno de periferização, que é associado ao que a literatura trata como segregação imposta ou involuntária (Corrêa, 2013; Gist e Fava, 1968). Alguns pesquisadores entendem que existe apenas um tipo de segregação, ocorrendo em um processo dialético, em que a segregação (voluntária) de uma parcela da população provoca, ao mesmo tempo e através do mesmo processo, a segregação (involuntária) de outra (Sposito, 2013; Villaça, 2001). Apesar de

reconhecer esse processo dialético, este trabalho será focado apenas na parcela do processo referente à segregação involuntária, pois é o tipo de segregação referente ao grupo de risco com maiores restrições de acessibilidade. Justifica-se a relevância de estudar esse problema urbano pelo nível de restrições impostas às populações afetadas. Esse processo impositivo é responsável pela localização de pessoas em áreas que não atendem às suas necessidades básicas, tais como moradia digna, infraestrutura e oferta de serviços, ou equipamentos urbanos (Borges e Rocha, 2004). Ele pode, dentre outras consequências, ser responsável por limitar os níveis de acessibilidade destas populações a essas necessidades básicas oferecidas pela cidade.

Há mais de uma década estudos apontam para a importância de abordagens integradas de planejamento (reinterpretados como o "paradigma de planeamento da acessibilidade", segundo Garcia (2015), e para como estes esforços se mostram mais adequados na tarefa de avaliar como aspectos do uso do solo podem gerar problemas de acessibilidade e mobilidade (Curtis, 2008; Papa e Bertolini, 2015). Corroborando estes esforços alguns autores propõem conceitualmente modelos urbanos integrados (Cascetta, 2009; Geurs e van Wee, 2004; Miller, 2003) que nos permitem uma melhor representação da problemática dentro de processos de planejamento. Baseando-se nestes e em outros autores, Lopes (2015) propõe um modelo conceitual que incorpora aspectos de integração entre distintos subsistemas urbanos, sugerindo um conjunto de hipóteses de causalidades e ainda reconhecendo a importância de medidas de desempenho destes subsistemas (medidas estas que funcionam como indicadores de impacto entre um subsistema e outro) (Figura 1). Sobre estas relações de hipóteses de causalidade dos fenômenos, Macário (2012) estuda os efeitos dos baixos níveis de acessibilidade como causadores dos baixos níveis de mobilidade, que levaria a menores níveis de atividade econômica e problemas sociais que teriam como consequência a exclusão social.

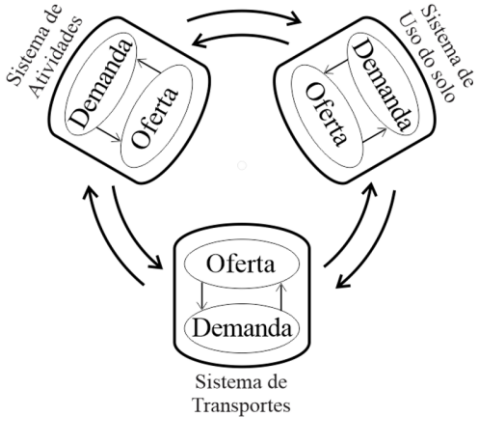



**Figura 1:** Modelo conceitual da problemática urbana / Adaptado de Lopes (2016)

Dado este contexto da interpretação das relações entre problemas de transportes e de uso do solo e das dificuldades de se incorporar tais relações ao processo de planejamento, entende-se que a contribuição deste trabalho está em propor uma metodologia e analisar as relações de dependência entre o processo de periferização da população de baixa renda e o problema de reduzida acessibilidade. Para tanto, este trabalho se organiza em 5 seções, sendo a introdução a primeira delas. Na seção 2, por meio de revisão bibliográfica, foi representada a problemática que orientará as fases subsequentes do método proposto. Em seguida, na seção 3, apresentamos uma proposta metodológica de caracterização e diagnóstico da problemática em questão, discutindo a contribuição da modelagem integrada e de ferramentas de estatística espacial nesse processo. Na seção 4, apresentamos os resultados da aplicação deste método. Finalmente, na

seção 5, destacam-se as discussões finais do trabalho, na qual listamos as conclusões e tecemos algumas recomendações para pesquisas futuras.

## 2. REPRESENTAÇÃO DA PROBLEMÁTICA

A interação entre as decisões de demanda e oferta por solo é o que compõe o subsistema de uso do solo (Lopes, 2015) e, como resultado desse processo, podem ocorrer diversos problemas decorrentes de desequilíbrios entre oferta e demanda. Esses desequilíbrios, por sua vez, não se materializam uniformemente no espaço e na sociedade, de tal forma que parcelas da população com maiores limitações são as mais impactadas negativamente. A camada da população que possui limitações financeiras (de renda mais baixa), por exemplo, é uma das mais impactadas, sendo a periferização um dos problemas originados deste desequilíbrio, restringindo a parcela da população que vive nas franjas urbanas a participar ativamente da urbis enquanto espaço de trocas sociais, políticas e econômicas. Isto significa que a periferização contribui diretamente para o aumento da impedância, ou redução da acessibilidade, às atividades que as pessoas desejam realizar no espaço urbano.

Desequilíbrios do subsistema de uso do solo, como a periferização, originam distribuições espaciais distintas entre os indivíduos e as atividades que estes desejam realizar, o que pode ser considerado um dos principais contribuintes na geração da demanda por transportes. Kneib (2014) diz que na consolidação de áreas residenciais periféricas, geram-se muitos deslocamentos pendulares centro-periferia e as crescentes distâncias impõem sobrecarga ao sistema de transportes, bem como custos mais elevados às populações que a habitam. Portanto, além de impactar nas possibilidades do indivíduo de ter acesso às atividades, a periferização também impacta na forma como esse indivíduo se locomove na cidade. A necessidade de realizar uma determinada atividade espacialmente localizada em uma região distinta à do indivíduo inicia uma cadeia de decisões de viagem, como a decisão de viajar, ou não, o horário da viagem, o destino, o modo e a rota. Reconhecer essa interação é reconhecer que a periferização através da expulsão da população para as regiões periféricas e concentração dos empregos em uma determinada região da cidade causa também impacto no subsistema de transportes. Esse impacto se dá, por exemplo, através da necessidade desses indivíduos em se deslocarem por meio do transporte coletivo, já que essa parcela da população tem acesso limitado à compra de veículos motorizados individuais, e através das elevadas distâncias e tempos de viagens que precisam ser percorridos.

Além do impacto nas decisões de deslocamento, a periferização pode contribuir também reduzindo a acessibilidade dessa população. A acessibilidade é um conceito que tem se tornado central no processo de planejamento há mais de 50 anos (Geurs *et al.*, 2015). Sua definição surgiu como uma medida do potencial de oportunidades de interação entre o homem e o meio (Hansen, 1959), mas é comum encontrar outras definições que tendem a se complementar (Geurs e Eck, 2001; Hull e Bertolini, 2012), incorporando na definição elementos dos subsistemas de uso do solo e de atividades. Neste trabalho, utiliza-se a definição de Cascetta (2009), Lopes (2015) e Wegener (1995) que representam a acessibilidade como a medida de desempenho da relação entre a demanda e a oferta do subsistema de transportes responsável por impactar os demais subsistemas.

Entretanto, esse conjunto de decisões dos transportes também irá impactar nos desequilíbrios do subsistema de uso do solo. Um exemplo desse impacto é a valorização de regiões em que o acesso é facilitado ao longo de linhas de metrô. Nessas áreas, caso não haja uma intervenção

pública, acaba ocorrendo um novo ciclo de periferização, já que a população mais carente não é capaz de se manter naquela região. Dessa forma, a acessibilidade, resultante dos desequilíbrios do subsistema de transportes, impacta diretamente no uso do solo.

Para entender o estado atual em que se encontra a problemática da periferização por segregação residencial involuntária em Fortaleza, é preciso compreender o processo pelo qual essa periferização se originou e se desenvolveu. No início dos anos de 1930, o Ceará foi marcado por um forte processo de êxodo rural, a partir do qual as pessoas oriundas do interior que chegavam à capital em busca de uma melhor qualidade de vida e muitas vezes deparavam-se com uma realidade diferente da esperada, tendo que se submeter a condições precárias de trabalho e moradia (Instituto Pólis, 2009). A qualidade de vida que buscavam, esperando se estabelecer nos bairros da região Central (Figura 2) onde estariam próximas aos locais de trabalho, não foi alcançada, pois tal região era uma área muito valorizada, onde se concentravam os segmentos mais abastados da população fortalezense (Pequeno, 2009). Com isso, essa população oriunda de áreas rurais viu-se obrigada a buscar moradia em áreas mais afastadas (franjas urbanas) ou mesmo impróprias para ocupação (áreas ambientalmente frágeis). Identifica-se aí, no período entre 1930 e 1950, o início de um processo de segregação involuntária decorrente de um desequilíbrio no subsistema de usos do solo principalmente nas zonas Noroeste e Sudoeste da cidade, quando limitações financeiras impediam essas famílias de suprirem a demanda de consumo solo em áreas as mais centrais e, consequentemente, com maior acessibilidade.

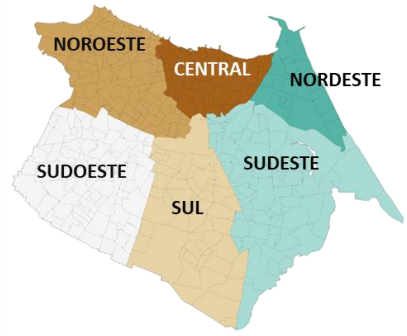



**Figura 2:** Regiões de Análise

Na década de 60, surge, no cenário de segregação urbana, mais um importante catalisador desse processo: o poder público, que iniciou a construção de conjuntos habitacionais em áreas periféricas (Maia, 2014). Através desse novo papel do poder público, ele passa a ser identificado como responsável pela oferta no subsistema de uso do solo. Não só em Fortaleza, como em todo Brasil, um modelo de política habitacional implementado pelo Estado e financiado pelo Banco Nacional de Habitação (BNH) começa a prover moradia na forma de grandes conjuntos habitacionais em locais distantes e sem infraestrutura, podendo ser considerada uma segregação imposta pelo Estado (Ministério das Cidades, 2004). A política habitacional à época do BNH estimulou uma expansão espraiada das cidades por meio da ocupação de extensas áreas rurais descontínuas fora dos limites urbanizados do município, favorecendo a periferização e a especulação imobiliária nas áreas vazias (Maia, 2014; Máximo e Lopes, 2013). Com a provisão dispersa de habitação desse período, o poder público transfere para a população um custo relativo aos deslocamentos que é resultante não só do valor monetário da tarifa de transporte ou combustível, mas também do tempo despendido nesses deslocamentos o que influencia diretamente na qualidade de vida das pessoas. Em Fortaleza, a construção dos grandes

conjuntos habitacionais financiados pelo BNH, como o Conjunto José Walter (1970) e o Conjunto Ceará (1978), provocou processos de conurbação na região Sudoeste (Freitas e Pequeno, 2015), resultando em uma segregação imposta programada pelo Estado.

O sistema de transportes, por sua vez, também passou por grandes mudanças entre os anos 1950 e 1970. Nesse período, o poder público desencadeou um programa de obras públicas, com destaque para a construção da avenida Perimetral, que conecta bairros das regiões Noroeste, Sudoeste, Sul e Sudeste e estabeleceu uma conexão estrutural dessas áreas com a zona central, criando assim as condições para a rápida modificação no uso do solo e sua reorganização sócio-espacial (Moreira, 2004; Sposito, 2013). Logo, o processo de expansão foi também possibilitado por um incremento na oferta do subsistema de transportes através do avanço tecnológico, da difusão de novos meios de transporte e do desenvolvimento da rede de transportes em geral. Além disso, o aumento do uso do transporte motorizado individual em todas as classes de renda é um fator primordial para a segregação (Sposito, 2013; Ascher, 2001).

A implantação do Sistema Integrado de Transporte de Fortaleza no início dos anos 1990, também intensificou a descentralização, tornando acessíveis pelo transporte público áreas periféricas das regiões Noroeste e Sudoeste. O cenário que se configura nesse período é o que perdura até hoje no espaço urbano da cidade. Uma segregação entre região leste e oeste da cidade, onde a primeira é fortemente representada pela ocupação das classes de renda mais alta, diferente do que ocorre na segunda, já que a expansão para a região Sudoeste foi induzida pela construção de grandes conjuntos habitacionais, loteamentos e autoconstrução clandestinos (Freitas e Pequeno, 2015).

Além do contínuo processo de descentralização das residências de baixa renda que consolida uma monofuncionalidade residencial nas periferias de Fortaleza, a região Central da cidade, em contrapartida, continua concentrando grande parte dos estabelecimentos institucionais, de comércio e de serviço, o que dota a área de uma grande atratividade. Assim, percebe-se que há um distanciamento da população de baixa renda da área de maior concentração dos postos de trabalho da cidade. Segundo Ribeiro *et. al.* (2006), essa é uma situação que pode ser observada na maior parte das periferias latino-americanas. Os autores afirmam que, em cidades espraiadas que possuem grande desigualdade social e diferenciação de renda, os empregos geralmente vão tender a se localizar em áreas mais próximas e mais acessíveis à população de alta renda, distanciando-se da de baixa renda.

A partir dessa contextualização, observa-se então um processo de periferização por segregação involuntária em Fortaleza que afeta não só a população que vive nessas regiões periféricas, mas a cidade como um todo, pois a região Central, com ampla rede de infraestrutura e localização privilegiada, passa a ser subutilizada, o que vai de encontro ao conceito de sustentabilidade. Assim, estamos diante de um problema econômico, em que se desperdiça um potencial infraestrutural que precisa ser compensado em outras áreas da cidade para onde a população esteja se deslocando; ambiental, onde se aumentam as distâncias de deslocamento e consequentemente os níveis de emissão de gases poluente; e social, em que parcelas menos abastadas da população sofrem os efeitos de dificuldade de acesso às oportunidades.

Nesse contexto, tendo em vista o envolvimento de pelo menos dois dos subsistemas urbanos na problemática em questão (o subsistema de uso do solo e o subsistema de transportes), utilizamos o modelo conceitual “a priori” (Lopes, 2015) para auxiliar na interpretação das intra e inter-

relações entre os subsistemas urbanos, resultando na representação da problemática apresentada na Figura 3.

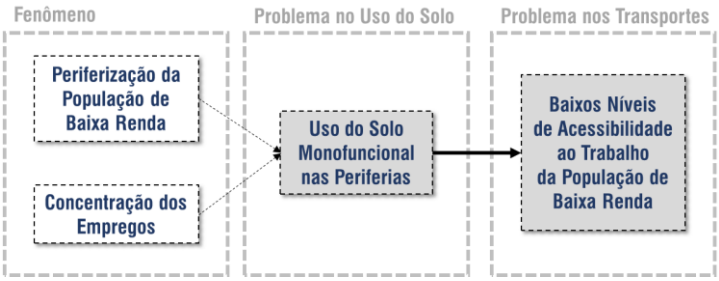



**Figura 3:** Representação da Problemática

A partir da representação da problemática sistematizada podem ser definidas cinco hipóteses a serem analisadas neste trabalho para avaliar a problemática da periferização na cidade de Fortaleza. As duas primeiras são hipóteses do fenômeno (HF) resultados das decisões da demanda e oferta do uso do solo ao longo do tempo. As duas seguintes são hipóteses de problemas (HP), ou seja, de desequilíbrios nos dois subsistemas dada a situação atual do fenômeno, e a quinta é uma hipótese de causalidade (HC) entre os dois problemas identificados.

- **HF1:** Existe uma periferização da população de baixa renda nas regiões Noroeste e Sudoeste da cidade;
- **HF2:** Existe um processo de concentração dos empregos na região Central;
- **HP1:** Na periferia onde se localiza a população de baixa renda o uso do solo é predominantemente residencial;
- **HP2:** A população de baixa renda periferizada experimenta os menores níveis de acessibilidade da cidade;
- **HC:** Quanto maior a monofuncionalidade residencial de uma região, menor é sua acessibilidade.

## 3. MÉTODO DE CARACTERIZAÇÃO E DIAGNÓSTICO

Para avaliar as hipóteses é proposto um método de caracterização e diagnóstico da problemática no qual se busca avaliar a intensidade dos problemas e as relações de causalidade entre eles e que permita a compreensão da problemática em questão, dando suporte à tomada de decisão pelo poder público. Essas análises são dependentes de indicadores, ferramentas úteis tanto para avaliar a intensidade do problema, como para verificar a causalidade entre eles; da modelagem integrada para geração desses indicadores; e da estatística espacial, que orientará as análises e tem sido utilizada para compreensão de diferentes fenômenos urbanos, como exclusão social, impactos ambientais e acesso às funções urbanas (Grengs, 2001; Ramos e Silva, 2003).

### 3.1 Definição e Obtenção de Indicadores

Duas das hipóteses a serem analisadas estão relacionadas com processos urbanos. Por serem resultados de uma sequência de decisões que ocorrem ao longo do tempo, existe uma dificuldade em observá-los de maneira estática, considerando apenas uma fatia do tempo (Rodenburg e Nijkamp, 2002). Dessa forma, não serão avaliados os processos em si, mas apenas os resultados dessas interações em um determinado momento. Como as duas hipóteses dizem respeito à concentração de usos em regiões espaciais, serão utilizados indicadores de densidade para avaliá-los. Para a periferização será a densidade ($DEN_{BR}$) da população de baixa renda ($DOM_{BR}$), pois auxilia a verificar as regiões de maior concentração da população, eliminando

a influência do tamanho de cada zona (Batty *et al.*, 2003).

$$DEN_{BR} = \frac{DOM_{BR}}{AREA} \quad (1)$$

Para a concentração dos empregos, o indicador (Equação 2) utilizado é a densidade ($DEN_{ATR\_BR}$) de domicílios atraídos de baixa renda por zona ($DOM_{ATR\_BR}$).

$$DEN_{ATR\_BR} = \frac{DOM_{ATR\_BR}}{AREA} \quad (2)$$

Este indicador é modelado a partir da matriz insumo-produto de relações das atividades para a região em estudo, da qual é possível extrair a quantidade de empregos destinados a população de baixa renda. A matriz é *input* para a modelagem integrada do Tranus e foi calibrada a partir dos dados da Pesquisa de Orçamento Familiar de 2009 e da Pesquisa Nacional de Amostra por Domicílio (PNAD) de 2015 ambas disponibilizadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Os resultados obtidos dessa calibração (Sousa, 2016) indicam que cada emprego do setor industrial, ou comercial atrai 0,4 domicílios de baixa renda; cada emprego do setor primário e de serviços atrai 0,3 domicílios de baixa renda; e cada emprego da administração pública atrai 0,2 domicílios de baixa renda. Esses valores são denominados de coeficientes intersetoriais ($CF_s$) e representam o quanto uma unidade de uma dada atividade "s" necessita da outra para que produza uma unidade do seu produto (Guilhoto, 2009). Dessa forma, se uma zona possui apenas 100 empregos industriais ela possui a capacidade de atrair 40 domicílios de baixa renda, mas se possui também 100 empregos de serviços, o total atraído será de 70 domicílios de baixa renda (Equação 3). A utilização dessa variável garante a consideração na análise apenas dos empregos voltados à população de baixa renda.

$$DOM_{ATR\_BR} = \sum_s CF_s * EMP_s \quad (3)$$

A monofuncionalidade possui um papel central nesta análise, pois é ela a responsável por representar como as decisões do subsistema de uso do solo interferem nas decisões do subsistema de transportes. Existem diversos tipos de indicadores para medir a multifuncionalidade, por exemplo: a diversidade, que representa as diferentes funções urbanas que podem ser simultaneamente acessadas em uma área (Batty *et al.*, 2003); a intensidade, onde é medida a presença de uma atividade em uma região (Rodenburg e Nijkamp, 2002); e a densidade, que é a contagem normalizada pela área de uma função urbana (Batty *et al*, 2003). Cada um desses indicadores representa aspectos distintos relacionados com a multifuncionalidade, mas neste trabalho será utilizado um indicador de razão ($MIX$) entre a quantidade de residências, em comparação aos empregos disponíveis (Equação 4), pois deseja-se avaliar a multifuncionalidade residencial. Quanto maior o valor do indicador, maior a monofuncionalidade residencial da zona.

$$MIX = \frac{DOM_{BR}}{DOM_{ATR\_BR}} \quad (4)$$

Para medir a acessibilidade, diversas abordagens já foram propostas. Geurs e van Wee (2004) separam essas medidas em quatro tipos: 1) baseadas em infraestrutura: analisam o nível de serviço da infraestrutura de transporte; 2) baseadas em localização: analisam a acessibilidade nas localizações, tipicamente no nível macro e descrevem o nível de impedância até as atividades espacialmente distribuídas; 3) baseadas em pessoas: analisam a acessibilidade no nível do indivíduo, considerando as restrições temporais e espaciais: 4) baseadas em utilidade:

analisam os benefícios econômicos que as pessoas obtêm a partir do acesso às atividades espacialmente distribuídas. Dessa forma, a acessibilidade da população de baixa renda será representada por uma medida do tipo infraestrutural do transporte público, já que a população de interesse possui baixo acesso ao transporte motorizado individual, apenas 30% possuem automóvel ou moto em sua residência, segundo a PNAD de 2015 do IBGE. Esse indicador será composto pelo tempo médio de viagens por transporte público ($TEMPO\_TP$) de uma zona "i" a todas as outras "j" ponderado pelos empregos destinados a população de baixa renda (Equação 4). O tempo utilizado nesse indicador é resultado da aplicação dos modelos do Tranus para a cidade de Fortaleza (Sousa, 2016).

$$ACES_i = \frac{\sum_j (TEMPO\_TP_{ij} * DOM_{ATR\_BR_J})}{\sum_j (DOM_{ATR\_BR_J})} \quad (4)$$

### 3.2 Análise dos Indicadores e Definição das Zonas de Interesse

Todos os indicadores serão espacialmente distribuídos, mas também serão avaliados do ponto de vista da significância estatística, através da análise do Mapa Lisa, que possibilita verificar o grau de autocorrelação espacial do fenômeno em análise. Nestes mapas são apresentados 5 tipos de zonas. O primeiro contempla as zonas High-High, nas quais pode-se afirmar que tanto aquela zona como suas vizinhas possuem um valor alto para o indicador. O segundo contempla as zonas Low-Low, nas quais o valor do indicador é baixo para a zona em análise, assim como para suas vizinhas. A terceira e a quarta, apresentam zonas cuja a relação é inversamente proporcional, High-Low são zonas com alto indicador, mas vizinhas com baixo; enquanto a Low-High são as zonas com baixo indicador, e vizinhas com alto. O quinto tipo de zona representa zonas onde não é possível obter conclusões sobre o indicador com nível de significância de 5%.

A utilização dos Mapas Lisa, além de dar uma contribuição estatística a análise das regiões mais ou menos afetadas pela problemática, contribuirá apontando aglomerados de zonas onde a problemática é mais intensa. Como esta problemática é resultado de processos de periferização da população e concentração de empregos, que continuam ocorrendo, considera-se necessário verificar as regiões onde o processo é mais acentuado, ao invés de se concentrar em zonas isoladas. Os Mapas Lisa e a espacialização do indicador irão contribuir também na definição das Zonas de Interesse (ZI). Essas zonas são para onde a população de baixa renda tem sido periferizada e nas quais não há oferta de oportunidades de empregos adequada, processos causadores da problemática relatada. Dessa forma, identificar as zonas periferizadas, de maior concentração de população de baixa renda e onde não há oferta de empregos é identificar as ZI. Para isso, serão superpostas as zonas de ocorrência de cada um dos processos e as que estiverem na interseção serão definidas como as ZI.

### 3.3 Diagnóstico da Relação de Causalidade

Para o diagnóstico da relação de causalidade entre a monofuncionalidade e a impedância do deslocamento será utilizada uma análise bivariada espacial. A impedância é representada pelo tempo de acesso à região de interesse, então um elevado valor desse indicador significa que a zona enfrenta problema de transportes. Já a monofuncionalidade será observada em zonas nas quais o indicador possuir elevados valores. A HC afirma que a monofuncionalidade contribui para a baixa acessibilidade, desta forma, zonas onde é possível observar um alto valor do indicador da monofuncionalidade e um alto valor do indicador da acessibilidade, são zonas que corroboram a HC e serão denominadas de zonas problemáticas. Ressalta-se que zonas onde

exista baixo valor de monofuncionalidade residencial e elevada impedância também contribuem para a verificação da HC, mas não são zonas problemáticas. Dessa forma, espera-se uma relação proporcional desse indicador, o que deverá originar um Índice de Moran Bivariado positivo. As zonas problemáticas serão comparadas com as ZI, para que sejam identificadas aquelas onde os problemas podem ser verificados e se discutir os motivos que podem ter levado algumas delas a não serão definidas como zonas problemáticas.

## 4. RESULTADOS E ANÁLISES

Iniciando a aplicação do método de caracterização e diagnóstico, verifica-se uma distribuição assimétrica para direita do indicador de densidade da população de baixa renda (Figura 4.a), indicando que existe uma predominância de zonas com uma concentração pequena deste grupo de renda. Pela distribuição espacial (Figura 4.b) percebe-se que essa população está concentrada nas regiões Noroeste e Sudoeste, únicas regiões em que existem aglomerados de alto valor do indicador (Figura 4.c), ou seja, onde ocorre concentração da população de baixa renda, o que corrobora a HF1. Os clusters de concentração da população de baixa renda auxiliam também a definir as ZI para esta análise, já que representam as zonas periféricas e de elevada densidade da população de baixa renda e foram representadas em todos os mapas com bordas em preto.

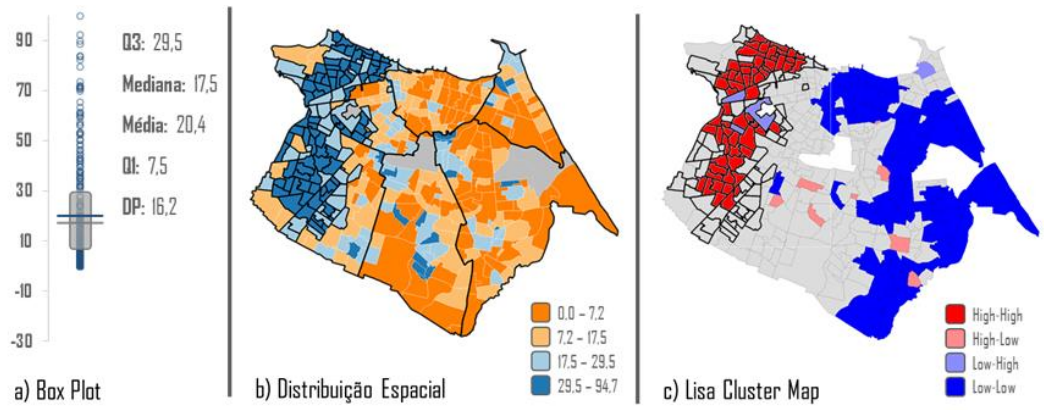



**Figura 4:** Densidade de Domicílios da Baixa Renda (dom/m²)

Na análise do processo de concentração dos empregos, percebe-se pela Figura 5.a que a maior parte das zonas apresenta pequena densidade de empregos e poucas zonas concentram os maiores valores da variável. Pela Figura 5.b e 5.c verifica-se que a maior parte dos empregos da população de baixa renda estão concentrados na região Central, o que ajuda a verificar a HF2. Tais conclusões consolidam também as ZI, pois nenhuma delas estão na região de maior concentração dos empregos.

A monofuncionalidade residencial, retratada na Figura 6, é verificada na maior parte da cidade. Pela Figura 6.b verifica-se que os menores valores para o indicador estão na Região Central, que apresenta alta concentração de uso comercial e poucas residências. Dois aglomerados de baixo valores são observados: um na região Sudeste e outro na região Sudoeste (Figura 6.c). A maior parte das ZI estão localizadas em regiões de alto valor do indicador, além disso estão próximas aos dois aglomerados de maior monofuncionalidade da cidade, o que corrobora a HP1.

A análise da acessibilidade revela uma simetria na distribuição do indicador por zona de análise, já que a média e mediana possuem valores próximos (Figura 7.a). Pela Figura 7.b verifica-se

que a acessibilidade se distribui de maneira concêntrica, com os melhores níveis na região Central e os piores nas regiões periféricas, em especial, nas regiões Sudoeste, Sul e Sudeste. Pela Figura 7.c são observados aglomerados de alta e de baixa impedância em regiões opostas da cidade, sendo o limite sul da cidade de Fortaleza o que possui os piores níveis. Parte das ZI estão em regiões de impedância elevada, mas uma outra porção (mais ao norte) possui boa acessibilidade, o que indica que mesmo que essa população tenha sido expulsa da região Central, ela experimenta boas condições de acesso.

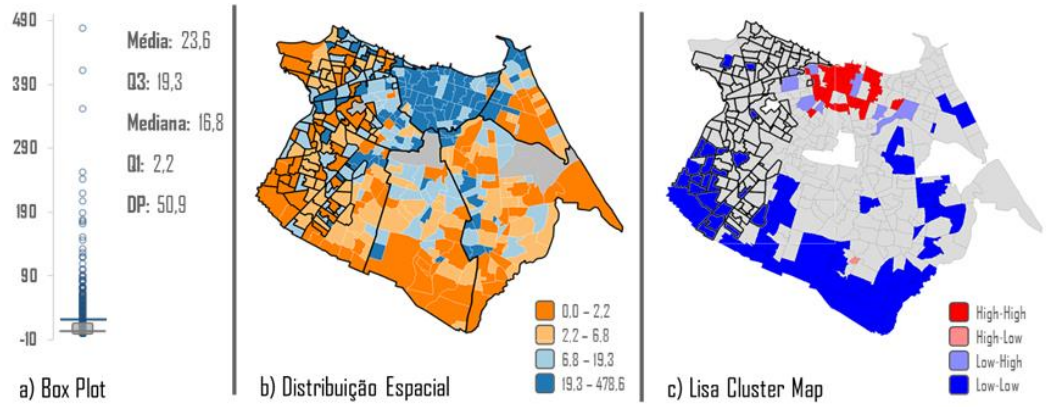



**Figura 5:** Densidade de Empregos da População de Baixa Renda (emp/m²)

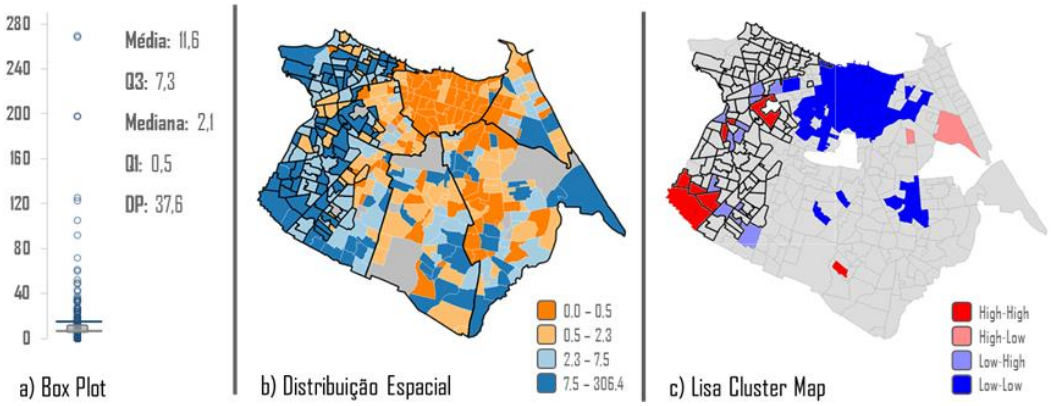



**Figura 6:** Mix de Usos (dom/emp)

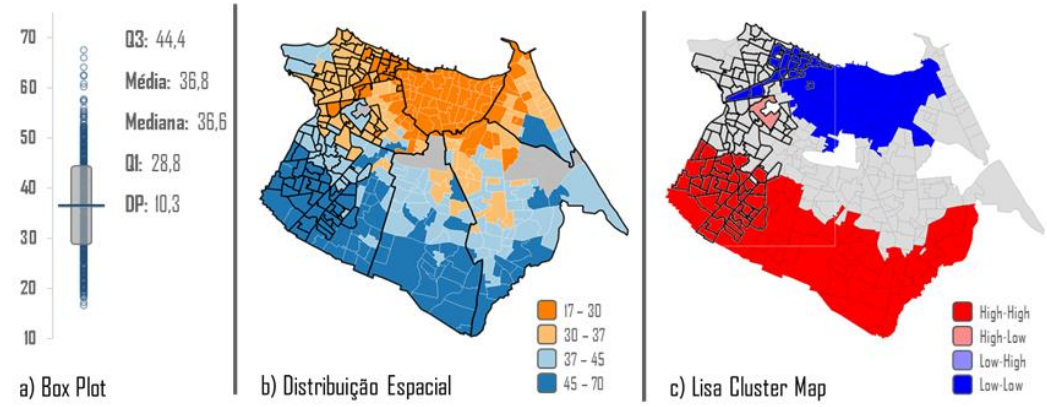



**Figura 7:** Acessibilidade aos Postos de Trabalho (minutos)

Por fim, a HC de que a monofuncionalidade impacta negativamente na acessibilidade se reflete matematicamente como uma relação proporcional e direta entre os indicadores dos dois problemas. Essa relação diretamente proporcional pode ser atestada pelo valor positivo do Índice de Moran, de 0,24. Ressalta-se que o valor do indicador considera o que acontece em todas as zonas, além disso, a acessibilidade não é causada apenas pela multifuncionalidade das zonas o que se reflete em um menor valor do indicador. Entretanto, é de interesse dessa análise verificar quais são as zonas onde a acessibilidade é mais afetada pelo mix de usos. Essas zonas são aquelas que estão no Q1 e no Q3 da Figura 8.a. As zonas pertencentes ao Q1 são as zonas problemáticas, pois é onde se verifica monofuncionalidade residencial e baixos níveis de acessibilidade. Já as zonas do Q3 não são problemáticas, mas também corroboram a HC, pois os indicadores estão diretamente relacionados. As zonas significativas do Q1 e do Q3 estão demarcadas na Figura 8.b nas cores mais fortes de vermelho e azul, respectivamente. Nas zonas do Q2 e do Q4 a hipótese de causalidade não é percebida, já que outros fatores devem ter maior influência sobre a impedância do que as atividades ofertadas.

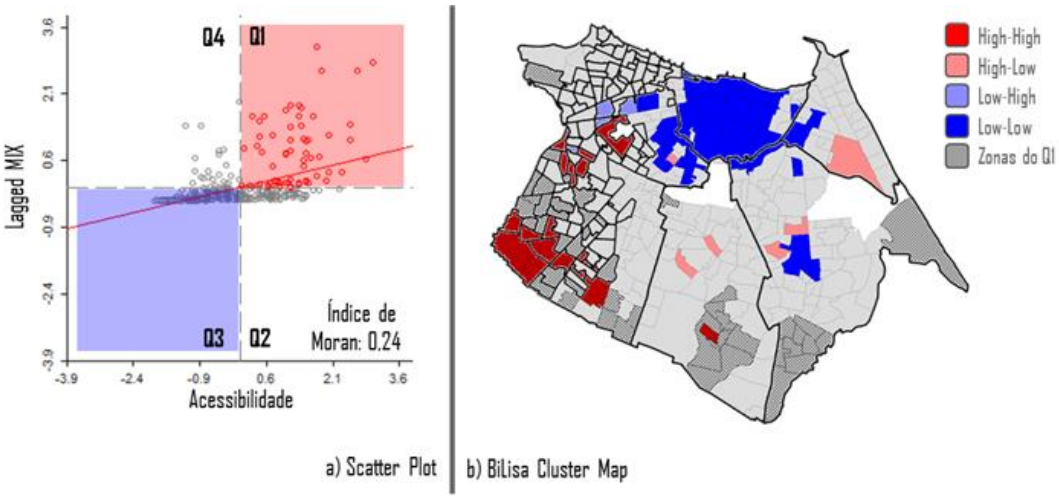



**Figura 8:** Análise Bivariada: Mix x Impedância

Pela análise bivariada dos indicadores de acessibilidade e monofuncionalidade residencial, percebe-se que a região Central de Fortaleza apresenta bons níveis dos dois indicadores de maneira significativa quando comparada às demais regiões (Figura 8.b). O principal aglomerado de monofuncionalidade residencial e de alta impedância está no limite sul da região sudoeste, onde se verifica a presença de ZI.

As zonas problemáticas são todas aquelas que possuem níveis de problemas piores que o da média de cidade, ou seja, são todas as zonas do Q1, destacadas na Figura 8.b. A maior parte dessas zonas está localizada nos limites de Fortaleza e na região Sudoeste essas zonas se sobrepõem com as ZI. Nestes casos, existe concentração da população de baixa renda e a baixa acessibilidade está relacionada com a monofuncionalidade residencial. Nessas zonas, a atuação do poder público em reduzir a monofuncionalidade deverá contribuir na melhoria da acessibilidade para uma grande quantidade de pessoas de baixa renda e que foram expostas a essas condições por conta da periferização involuntária. Já as ZI da região Noroeste não podem ser consideradas problemáticas do ponto de vista da acessibilidade. Um terceiro grupo de zonas são as hachuradas e que não são ZI, onde pode-se verificar a interferência da monofuncionalidade na acessibilidade, mas nas quais a população de baixa renda ainda existe

em pequena quantidade, dessa forma, deve-se evitar a migração da população para essas áreas.

## 5. CONCLUSÕES

A modificação do paradigma de planejamento voltado para a acessibilidade, preconiza a compreensão da problemática da acessibilidade e mobilidade urbanas. Neste trabalho, foi proposta uma metodologia para identificar e compreender essa problemática, em especial a sua porção relacionada ao processo de periferização urbana da população de baixa renda. Essa proposta se utiliza da modelagem integrada, que contribuiu fornecendo indicadores que a modelagem tradicional da demanda por transportes não seria capaz; e das ferramentas de estatística espacial, que permitiram compreender melhor a distribuição espacial dos problemas discutidos.

Verificou-se que o processo de periferização urbana, em conjunto com o processo de concentração dos empregos tem resultado em um mix de uso do solo inadequado nas áreas periféricas da cidade de Fortaleza. A acessibilidade em parte dessas regiões periféricas também apresenta baixos níveis, mas foi possível verificar que zonas consideradas periféricas possuem bons níveis de acessibilidade, provavelmente resultado de uma atuação pública em prover oferta de transporte público a esta região, ou pela sua proximidade com a região Central. A causalidade entre os dois problemas foi avaliada de maneira exploratória, mas foi possível constatar que existe relação entre eles dois. Em um contexto de tomada de decisão essa análise poderia orientar a definição de objetivos e a construção de alternativas de solução, como a necessidade de reverter essa problemática, seja através do deslocamento de empregos para as regiões periféricas, ou por meio da modificação locacional da população de baixa renda levando-a para mais próximo das regiões de maior concentração de empregos.

Essa análise pode ainda ser complementada através da inclusão de outros problemas, como o da mobilidade, que é impactada pelos baixos níveis de acessibilidade dessa população. Pode-se ainda considerar para a análise a segregação voluntária da população de alta renda para a região sudeste da cidade e os impactos que estas decisões exercem sobre a acessibilidade da população de renda mais baixa. O método pode ser ainda complementado com a utilização de uma análise confirmatória para as hipóteses de causalidade, como através da utilização de modelos de regressão lineares tradicionais ou geoponderados.

## REFERÊNCIAS

Ascher, F. (2001). Metropolização e transformação dos centros das cidades. In: Os centros das metrópoles. reflexões e propostas para a cidade democrática do século XXI. São Paulo: Terceiro Nome. p.59-68.

Batty, M., Besussi, E., Maat, K., e Harts, J. A. N. J. (2003) Representing multifunctional cities: density and diversity in space and time. *Built Environment*, *30*(4), 14.

Borges e Rocha (2004). A Compreensão do Processo de Periferização urbano do brasil por meio da mobilidade centrada no trabalho. Geografia, rio claro, v. 29, n. 3, p.383-400, set/dez.

Cascetta, E. (2009) *Transportation Systems Analysis*. (Second., Vol. 29). Springer US, Boston, MA. doi:10.1007/978-0-387-75857-2

Corrêa, R. L. (2013). Segregação residencial: classes sociais e espaço. In: In: Pedro de Almeida Vasconcelos; Roberto Lobato Corrêa; Silvana Maria Pintaudi. (Org.). A cidade contemporânea. Segregação Espacial. 1ed.São Paulo: Contexto, v. 1, p. 39-60.

Curtis, C. (2008) Planning for sustainable accessibility: The implementation challenge. *Transport Policy*, *15*(2), 104–112. doi:10.1016/j.tranpol.2007.10.003

Freitas, C. L.; Pequeno, L. R. B. (2015). Produção habitacional na Região Metropolitana de Fortaleza na década de 2000: avanços e retrocessos. R. B. Estudos Urbanos e Regionais V.17, N.1, p.45-59.

Garcia, C. S. H. F. (2015) *Strategic Assessment of Accessibility on Urban Mobility Networks*. Tese. Instituto Superior Técnico.

Geurs, K. T., De Montis, A., e Reggiani, A. (2015) Recent advances and applications in accessibility modelling. *Computers, Environment and Urban Systems*, *49*, 82–85. doi:10.1016/j.compenvurbsys.2014.09.003

Geurs, K. T., e Eck, J. R. van. (2001) *Accessibility measures: review and applications. Evaluation of accessibility impacts of land-use transportation scenarios, and related social and economic impact*. *RIVM Report* (Vol. 787).

Geurs, K. T., e van Wee, B. (2004) Accessibility evaluation of land-use and transport strategies: Review and research directions. *Journal of Transport Geography*, *12*(2), 127–140. doi:10.1016/j.jtrangeo.2003.10.005

Gist, N. P. e Fava, S. F. (1968). La Sociedad Urbana. Barcelona: Ediciones Omega.

Grengs, J. (2001) Does public transit counteract the segregation of carless households? Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 1753(1), 3–10. doi:10.3141/1753-01

Guilhoto, J. J. M. (2009) Análise de Insumo-Produto: Teoria e Fundamentos. Dados. São Paulo, BR.

Hansen, W. G. (1959) How Accessibility Shapes Land Use. *Journal of the American Institute of Planners*, *25*(2), 73–76. doi:10.1080/01944365908978307

Hull, A., Silva, C., e Bertolini, L. (2012) *Accessibility Instruments for Planning Practice*.

Instituto Pólis (2009). Moradia é central – inclusão, acesso e direito à cidade. Fortaleza, 22 p.

Kneib, E. C. (2014). Mobilidade e centralidades: reflexões, relações e relevância para a vida urbana. In E. C. Kneib (Org.), Projeto e cidade: centralidades e mobilidade urbana. Goiânia: FUNAPE.

Lopes, A. S. (2015) *Transportes, Uso do Solo e Atividades - Modelagem conceitual para o planejamento da acessibilidade urbana*. Tese. Universidade Federal do Ceará.

Macário, R. (2012). Access as a social good and as an economic good: is there a need of paradigm shift? Bellagio, Italy.

Maia, D. S. (2014). Habitação popular e o processo de periferização e de fragmentação urbana: uma análise sobre as cidades de João Pessoa-PB e Campina Grande-PB. Geosul, Florianópolis, v. 29, n. 58, p 89-113.

Máximo, F. R. C. C. e Lopes, J. M. A. (2013). Produção habitacional e expansão periférica do espaço urbano metropolitano: a construção dos conjuntos-bairros em Fortaleza. Encontro Nacionais Da Anpur. Desenvolvimento, planejamento e governança. V. 15.

Miller, E. J. (2003) Microssimulation. K. G. Goulias (Ed), *Transportation Systems Planning: Methods and Applications* (p. 330–351). CRC Press LLC, Boca Raton.

Ministério das Cidades (2004). Política Nacional de Habitação. Brasília: Ministério das Cidades. 104 p.

Moreira, F. G. P. (2004) O capital imobiliário e a produção urbana de Fortaleza: estudo de caso para o período de 1950-1970. Dissertação de Mestrado Pós-Graduação em Sociologia da Universidade Federal do Ceará.

Papa, E., e Bertolini, L. (2015) Accessibility and Transit-Oriented Development in European metropolitan areas. *Journal of Transport Geography*, *47*, 70–83. doi:10.1016/j.jtrangeo.2015.07.003

Pequeno, L. R. B. (Org.). (2009). Como anda Fortaleza. Rio de Janeiro: Letra Capital. Observatório das Metrópoles.

Ramos, R. A. R., e Silva, A. N. R. (2003) A data-driven approach for the definition of metropolitan regions. International Conference on Computers in Urban Planning and Urban Management. Sendai.

Ribeiro, E. L, Silveira, J. A. R., Lima, E. R. V., e Oliveira, J. L. A. (2006). Controle do sprawl urbano, e inclusão social: o caso da cidade de João Pessoa/PB. João Pessoa: UNAERP. Disponível em <www.unaerp.br/sici/index.php?option=com>. Acesso em 17 maio. 2016.

Rodenburg, C., e Nijkamp, P. (2002) *Evaluation of Multifunctional Land: design and application of policy criteria*. Amsterdam.

Sousa, F. F. L. M. (2016) Metodologia de calibração para modelos integrados dos transportes e uso do solo. Dissertação. Universidade Federal do Ceará.

Sposito, M. E. B. (2013) Segregação socioespacial e centralidade urbana. In: A cidade contemporânea. Segregação Espacial. 1a. ed. São Paulo: Contexto. p. 61–93.

Villaça, F. (2001) O espaço Intra-urbano no Brasil. São Paulo: Studio Nobel: FAPESP: Lincoln Institute.

Wegener, M. (1995) Current and Future Land Use Models. *Land Use Model Conference* (p. 19–21). Dallas.

# PROCEDIMENTO METODOLÓGICO PARA PROPOSTA DE INDICADOR DE ASSOCIAÇÃO ESPACIAL GLOBAL ATRAVÉS DE CONCEITOS VARIOGRÁFICOS

**Cláudia C. B. R. Naizer**
**Cira S. Pitombo**
Universidade de São Paulo
Escola de Engenharia de São Carlos/Departamento de Engenharia de Transportes

**RESUMO**
Entre as ferramentas de análise espacial exploratória de dados, encontram-se indicadores globais de associação espacial e o cálculo e modelagem de semivariogramas. Neste trabalho pretende-se utilizar conceitos do semivariograma para proposta de indicador global. Utilizaram-se os valores de escolha modal de dois bancos de dados: uma cidade fictícia e o bairro Santa Felícia, cidade de São Carlos – SP. Os dados de probabilidade de escolha modal foram analisados a distâncias fixas, denominadas vizinhanças, para as quais foram calculados e ajustados semivariogramas experimentais e teóricos para as direções principal e ortogonal. Os valores pontuais obtidos em ambos os semivariogramas são os indicadores globais para as diversas vizinhanças. O indicador foi associado a um teste de pseudo-significância, de forma a comprovar associação espacial dos dados. Constatou-se que na maioria dos casos em que a hipótese de dependência espacial não foi refutada pelo teste aqui proposto, foram obtidos valores altos do I de Moran.

**ABSTRACT**
Among the spatial data analysis tools, there are global indicators of spatial association and variographic analysis. The aim of this paper is to use the concept of semivariogram for a global indicator proposal. The travel mode choice values of two databases were used: a hypothetical city and the region of Santa Felícia, city of São Carlos - SP. The mode choice probability data were analyzed at fixed distances, called neighborhoods, for which the experimental and theoretical semivariograms were calculated and adjusted for the principal and orthogonal directions. The point values obtained in both semivariograms are global indicators for the various neighborhoods. The indicator was associated with a pseudo-significance test, in order to prove the spatial dependence of the data. It was found that in most of the cases in which the hypothesis of spatial dependence was not refuted by the proposed test, high values of Moran's I index were obtained.

## 1. INTRODUÇÃO

A demanda por transportes é espacialmente dependente. Os indivíduos decidem as origens de suas viagens e seus destinos quando escolhem onde morar, trabalhar, estudar e realizar lazer, bem como escolhem a rota entre essas localidades. Viagens ocorrem no espaço, assim, estão intimamente ligadas a atributos geográficos (Loureiro *et al*., 2006). Abordagens atuais enfatizam a necessidade de inclusão de componentes espaciais, pois sabe-se que diversos componentes do processo de modelagem de transportes são espacialmente dependentes, o que contraria as premissas de independência dos dados dos métodos tradicionais (Sener *et al*., 2010).

Diversos autores desenvolveram indicadores de análise espacial, de forma a comprovar a existência de autocorrelação espacial e quantificar relações de dependência espacial. A maioria dos índices diz respeito à similaridade entre valores da mesma variável em diferentes localizações e é aplicável predominantemente a variáveis quantitativas, como é o caso do índice I de Moran global (1950).

Dentre as técnicas de análise espacial também se encontra a Geoestatística, que parte do pressuposto de mensurar a dissimilaridade dos valores da mesma variável em diferentes pontos de localizações diferentes, através do semivariograma. Enquanto os indicadores espaciais, comumente conhecidos na literatura, apresentam o resultado na forma de um número, a geoestatística reflete o fenômeno de autocorrelação espacial através do gráfico semivariograma, que relaciona valores de semivariância e distância entre pontos. A técnica é aplicável a variáveis

quantitativas e qualitativas, desde que transformadas em dados binários.

Tanto os índices de análise espacial quanto o semivariograma consideram distâncias fixas relevantes para os cálculos, excluindo os demais pontos que não pertencem a tais distâncias. Porém, no caso dos indicadores, apenas a primeira vizinhança (distância previamente especificada) é relevante, sendo possível perder eventualmente resultados significativos de vizinhos a distâncias pouco maiores. A análise de todas as vizinhanças possíveis até a estacionariedade espacial é possível através do semivariograma.

O presente projeto utiliza os valores obtidos através de semivariogramas experimentais e teóricos como indicadores de associação espacial global, obtendo um único valor que caracterize e quantifique a autocorrelação espacial. A utilização da Geoestatística possibilita trabalhar com diferentes tipos de dados, ao contrário dos indicadores tradicionais. Além disso, a ferramenta oferece subsídios para melhor investigação de direção angular (e tolerância) para análise da maior variabilidade espacial de uma variável regionalizada.

Desta forma, a contribuição do presente trabalho está tanto na melhor investigação da estrutura espacial das variáveis de demanda por transportes (direção principal e ortogonal, vizinhanças e estacionariedade), na possibilidade de uso de diferentes tipos de variáveis, bem como na proposta de um teste estatístico de hipótese, associado ao indicador, para teste de dependência espacial em diversas vizinhanças possíveis.

## 2. ANÁLISE ESPACIAL

Tobler (1970) estabeleceu a "Primeira Lei da Geografia", a qual descreve o conceito de dependência espacial, abordando a tendência que o valor de uma variável no espaço tem de ser mais parecido com o valor de amostras vizinhas do que de amostras distantes.

Moran (1950) propôs que as variáveis fossem padronizadas através da subtração da média simples e então multiplicadas por um fator. Cliff e Ord (1972) generalizaram a estatística através da derivação do teste para correlação espacial em um modelo de regressão linear.

Poucos anos depois, Geary (1954) desenvolveu a estatística *c*, baseada na dissimilaridade espacial. Enquanto a estatística de Moran (1950) se assemelha a um correlograma (gráfico de correlação por distância entre pontos) a estatística *c* de Geary é similar a um semivariograma (gráfico de semivariância por distância entre pontos). Dessa forma, as estatísticas são inversamente relacionadas. A estatística de Moran é uma medida de autocorrelação global, enquanto a estatística *c* de Geary é mais sensível a autocorrelação local. A estatística de Moran possui um teste de hipótese mais potente do que a estatística *c* de Geary (Cliff e Ord, 1981).

Getis e Ord (1992) desenvolveram a família de estatísticas G, composta pela estatística global G(d) e pelas estatísticas locais Gi(d) e Gi*(d). No estudo, Getis e Ord (1992) recomendam que a técnica seja utilizada em conjunto com o índice I de Moran.

A princípio, as técnicas de análise espacial de índices seguiram paralelamente ao desenvolvimento da geoestatística. Ambos são utilizados para exploração e inferência de dados espacialmente correlacionados, porém os resultados dos métodos são diferentes. Os índices retornam um único número e estão atrelados a um teste de significância, de forma a descartar a hipótese de aleatoriedade espacial dos dados. Na geoestatística, as semivariâncias são dadas segundo a distância entre pontos na forma do gráfico semivariograma, não sendo possível realizar um teste de significância sobre o diagrama.

Fortin *et al.* (1989) investigaram a autocorrelação espacial aplicada à ecologia, utilizando coeficientes de autocorrelação espacial e geoestatística. Concluiu-se que as técnicas podem ser

aplicadas de forma complementar, para compreensão do fenômeno estudado através de diferentes perspectivas.

### 2.1. Indicadores Globais de Autocorrelação Espacial

Indicadores globais de autocorrelação espacial retornam um único valor como medida de associação espacial do conjunto de dados analisado. Os principais índices globais são apresentados a seguir na Tabela 1.

**Tabela 1:** Indicadores Globais de Autocorrelação Espacial. Em que: wij(d) são os elementos da matriz de pesos para a ordem de vizinhança ou lag d; xi região em análise, xj elementos considerados como vizinhança e utilizados para o cálculo; x¯ média da variável; n número de elementos.

| Estatística | Equação | |
|---|---|---|
| Índice I de Moran | $I(d) = \frac{n\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} w_{ij}(d)(x_i-\bar{x})(x_j-\bar{x})}{\sum_{i=1}^{N}(x_i-\bar{x})^2}$ | (1) |
| Estatística *c* de Geary | $c = \frac{n-1}{2\sum_{i=0}^{n}\sum_{j=0}^{n} w_{ij}(d)} \frac{\sum_{i=0}^{n}\sum_{j=0}^{n} w_{ij}(d)(x_i-x_j)^2}{\sum_{i=0}^{n}(x_i-x_j)^2}$ | (2) |
| Estatística G(d) | $G(d) = \frac{\sum_{i=0}^{n}\sum_{j=0}^{n} w_{ij}(d)x_i x_j}{\sum_{i=0}^{n}\sum_{j=0}^{n} x_i x_j}$ | (3) |

Para a aplicação dos indicadores, deve-se definir a matriz de proximidade espacial, a qual estima a variabilidade espacial dos dados, podendo ser determinada por contiguidade (áreas), distância (pontos) ou k-vizinhos mais próximos (pontos). A matriz de proximidade espacial W é quadrada, e composta pela relação entre cada par de áreas ou pontos i e j.

O índice de Moran varia de -1 a +1, valores negativos indicam autocorrelação espacial negativa, valores próximos de zero indicam ausência de autocorrelação espacial e valores positivos indicam autocorrelação espacial positiva (Moran, 1950). A estatística *c* de Geary (1954) varia de 0 a 2, sendo que 0 a 1 corresponde a autocorrelação espacial positiva e 1 a 2 autocorrelação espacial negativa. A estatística global G(d), representa um índice de concentração espacial, pois identifica apenas autocorrelação espacial positiva, classifica os vizinhos em "hot spots" (variável com valor alto vizinhos com valor alto) e "cool spots" (variável com valor baixo e vizinhos com valor baixo) (Getis e Ord, 1992).

### 2.2. Geoestatística

A Geoestatística analisa conjuntos de dados espaciais através de uma interpretação estocástica. Diferentemente da Estatística Clássica, as observações são interpretadas em conjunto de forma a caracterizar o padrão espacial do fenômeno fielmente (Druck *et al*., 2004). Para compreensão do indicador proposto neste estudo, são conceituados em seguida termos importantes relativos à ferramenta, tais como Variáveis Regionalizadas, Semivariogramas (experimentais e teóricos).

Matheron (1971) desenvolveu a teoria das variáveis regionalizadas, as quais são funções numéricas com dependência espacial e que não podem ser explicadas através de funções determinísticas (Druck *et al*., 2004). Atualmente, é possível aplicar técnicas geoestatísticas a variáveis quantitativas (contínuas e discretas) e qualitativas (nominais, ordinais e binárias), com a ressalva que os dados qualitativos nominais devem ser transformados em variáveis binárias (0-1) para que o procedimento possa ser aplicado adequadamente.

O semivariograma permite representar a variação quantitativa das variáveis regionalizadas através do cálculo da semivariância segundo a distância entre pontos, medindo a dissimilaridade entre os dados. Quanto menor o valor da semivariância, mais parecidos são os dados entre os

pontos analisados. Portanto, se há dependência espacial é natural que o valor da semivariância cresça com a distância e se estabilize em um patamar, a partir do qual não há mais dependência espacial. O semivariograma é dado pela Equação 4.

$$\gamma(h) = \frac{1}{2n}\sum_{i=1}^{n}[Z(x+h) - Z(x)]^2 \quad (4)$$

Em que: $\gamma(h)$ função semivariograma em h; h distância entre variáveis; $Z(x)$ variável aleatória Z em x; n número de elementos contabilizados.

Para a elaboração de semivariograma, é necessário determinar os valores de ângulo (direção), distância entre pontos (h) e as tolerâncias do passo (distâncias ou lags) e angular. Os pares de pontos utilizados para o cálculo incluem o ponto de origem do vetor e os pontos dentro da área delimitada pelas tolerâncias. Todos os pontos são analisados para diferentes distâncias, múltiplas de h, de forma a ser possível construir um gráfico relacionando variância $\gamma$ e distância entre os pares (h), como apresentado na Figura 1.

Os pontos notáveis do semivariograma são: alcance (a), corresponde à distância até a qual há correlação espacial; patamar (C), corresponde ao valor da semivariância no alcance; efeito pepita (C0), efeito observado devido às descontinuidades do semivariograma para pequenas distâncias; contribuição (C1), diferença entre o patamar e o efeito pepita, corresponde à contribuição do modelo teórico.

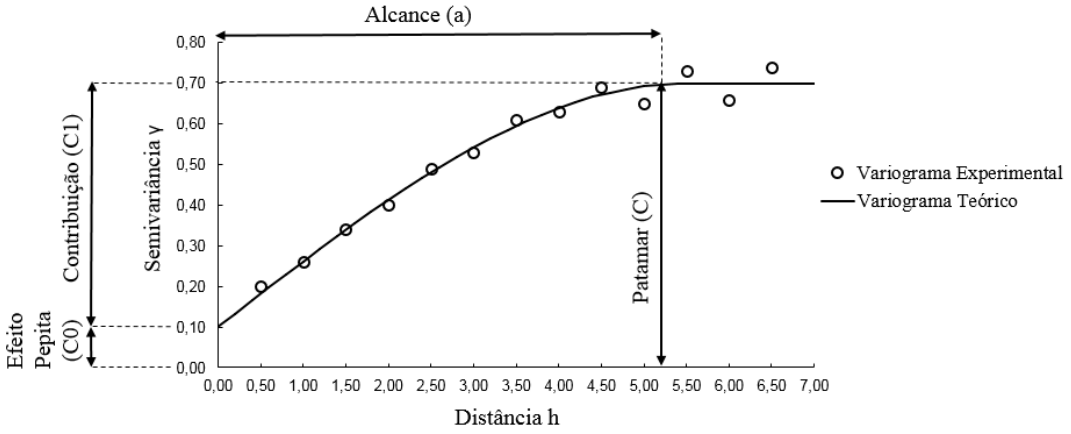



**Figura 1:** Esquema semivariograma teórico. Adaptado de Druck *et al*. (2004)

A modelagem dos semivariogramas experimentais é realizada a partir da análise do melhor modelo teórico que se ajusta aos pontos do semivariograma experimental. Os modelos mais usuais são: efeito pepita puro (patamar constante indicando ausência de autocorrelação espacial), esférico, exponencial e gaussiano.

A função semivariograma pode demonstrar uma estrutura espacial isotrópica, com semivariogramas com distribuições similares em todas as direções, ou anisotrópica, apresentando distribuições diferentes para diferentes direções.

## 3. MATERIAIS E MÉTODO

### 3.1. Materiais

Os bancos de dados utilizados no presente projeto compreendem dados desagregados por indivíduos, são eles: uma cidade fictícia, construída de modo a apresentar alta correlação espacial (Assirati *et al*., 2016), e o bairro Santa Felícia da cidade de São Carlos – SP (Rodrigues da Silva, 2008).

O banco de dados da cidade fictícia é proveniente do trabalho de Assirati *et al*. (2016), o qual

consiste numa população sintética com valores de variáveis espacialmente correlacionados. Tais dados foram obtidos, anteriormente, através do procedimento de interpolação bi-linear. A variável escolha modal é qualitativa binária, caso o modo escolhido seja ônibus (0) ou automóvel (1), como apresentado na Figura 2. A variável possui média de 0,557 e variância de 0,247. A amostra é composta por 580 observações.

O banco de dados do bairro Santa Felícia da cidade de São Carlos foi obtido através de um recorte da pesquisa Origem Destino, realizada na cidade em 2007/2008. Na pesquisa constam os modos utilizados pelos indivíduos entrevistados, a codificação utilizada indica modo ônibus (0) e modo automóvel (1), como apresentado na Figura 2. A variável possui média de 0,667 e variância de 0,225. A amostra do estudo de caso real é composta por 87 observações.

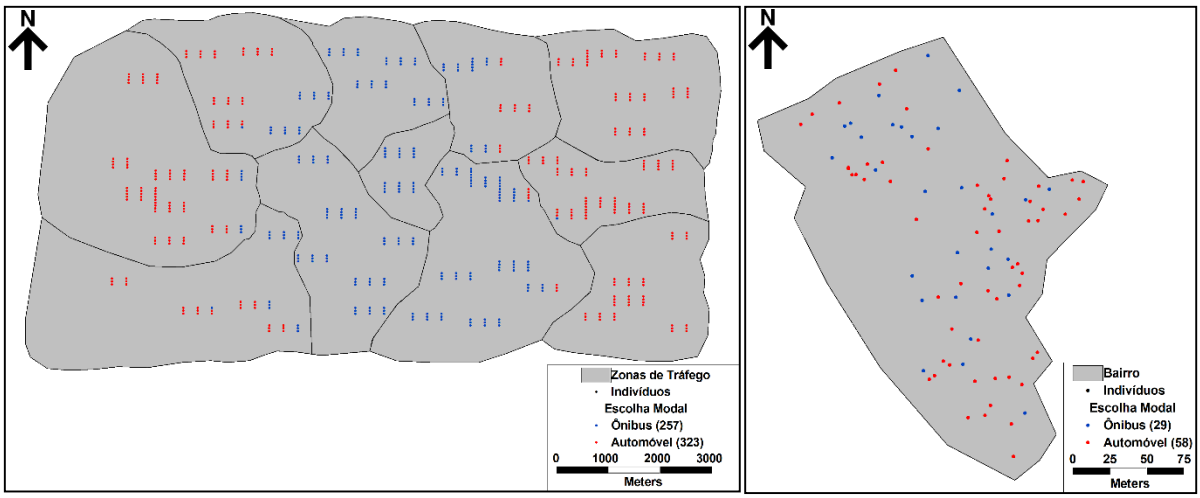



**Figura 2:** Representação da variável Escolha Modal, onde 0 corresponde ao modo ônibus e 1 corresponde ao modo automóvel: a) à esquerda, cidade fictícia produzida por (Assirati *et al*., 2016), b) à direita, bairro Santa Felícia, São Carlos (Rodrigues da Silva, 2008).

Nesse trabalho foram utilizados aplicativos como *IBM SPSS Statistics 22*, *TransCAD Transportation Planning Software – Caliper Corporation*, *GeoDA*, *SGeMS – Stanford Geoestatistical Modeling Software*.

### 3.1. Método

O indicador global de associação espacial, baseado em conceitos variográficos, segue as seguintes premissas: (1) Para cada vizinhança de distância pré-definida é obtido um valor de semivariância; (2) Este valor é avaliado de forma a verificar se existe autocorrelação espacial nos dados analisados; (3) O indicador Li (Equação 5) é dado em função dos valores de uma determinada variável na localização i e dos valores dos vizinhos a i para essa variável; (4) A vizinhança é determinada através do parâmetro de suavização utilizado na técnica de Regressão Geograficamente Ponderada.

$$L_i = f(y_i, yJ_i) \quad (5)$$

Em que: Li indicador; yi variável em i; yJi valores dos vizinhos para variável i.

O indicador desenvolvido deve ser tal que permita inferir a significância estatística do padrão espacial da localização i. Isso requer que a probabilidade que o indicador seja superior ao valor crítico deva ser inferior ao nível de significância utilizado.

$$Prob[L_i > \delta_i] \leq \alpha_i \quad (6)$$

Em que: Li indicador; δi valor crítico; αi significância escolhida ou nível de pseuso-significância, por exemplo, resultado de um teste aleatório.

As etapas do procedimento metodológico proposto são descritas nas subseções subsequentes.

*3.1.1. Obtenção da Probabilidade de Escolha Modal*

A probabilidade de escolha modal foi determinada aplicando-se Redes Neurais Artificiais (RNAs) e utilizando as demais variáveis do banco de dados original como variáveis independentes. A partir das variáveis originais, é obtida a variável probabilidade de escolha modal. O objetivo desta etapa foi obter uma variável contínua variando entre zero e um para a proposta do indicador global. Vale ressaltar que a ideia futura é tornar o indicador adequado para qualquer tipo de variável.

*3.1.2. Determinação da primeira vizinhança*

Para determinar a distância que compreende a vizinhança ideal foi utilizado o conceito de parâmetro de suavização (*bandwidth*), proveniente da técnica de Regressão Geograficamente Ponderada (RGP). A técnica é utilizada para modelar fenômenos espaciais não estacionários de maneira local, ajustando um modelo de regressão para cada ponto utilizando como entrada os parâmetros dos pontos vizinhos. Os pontos de interesse para o modelo são determinados a partir do parâmetro de suavização (Fotheringham *et al*., 2002).

É necessário determinar critérios de seleção do parâmetro de suavização, de forma a encontrar um valor médio adequado. Os critérios de seleção mais utilizados foram as minimizações através da validação cruzada (CV) e do critério de informação Akaike (AIC), os quais geralmente não apresentam diferenças significativas entre si (Fotheringham *et al*., 2002).

*3.1.3. Análise Variográfica*

A análise variográfica da variável em análise inicia-se através da definição dos parâmetros para cálculo dos semivariogramas experimentais. São definidos os parâmetros de lag (distância entre pontos, obtida através do parâmetro de suavização da técnica RGP), tolerância de lag (metade do lag utilizado), tolerância angular, tolerância do passo e direções nas quais serão calculadas os semivariogramas (principal e ortogonal). Com os valores escolhidos para lag e tolerância de lag, são determinados indicadores para faixas ou intervalos de distâncias.

Assim, os semivariogramas experimentais são calculados e analisados, identificando-se as direções principal (de máxima continuidade, menor variação de valores) e ortogonal (perpendicular a direção principal, de maior variação de valores).

Posteriormente, o semivariograma teórico é ajustado para todas as direções ao mesmo tempo, utilizando o mesmo efeito pepita, número de estruturas e tipo de função. Se a estrutura espacial é isotrópica a mesma função semivariograma irá se ajustar a todas as direções. Caso contrário há anisotropia, o alcance é dado por um elipsoide definido pelos coeficientes de alcance a. Os valores pontuais obtidos em ambos os semivariogramas experimentais e teóricos são os indicadores globais por vizinhança. Para determinar se esses valores são produto de um fenômeno espacialmente correlacionado ou de uma distribuição aleatória qualquer é desenvolvido um teste de hipótese.

*3.1.4. Elaboração do Teste de Hipótese*

O teste de hipótese utilizado corresponde a um teste de pseudo-significância, assim como aplicado nos índices de Moran (1950). Para estimar a significância do índice proposto é necessário associar este a uma distribuição de probabilidades conhecida, como a distribuição normal. As hipóteses básicas do teste são formuladas como: (1) *Hipótese Nula*: A variável é espacialmente aleatória; (2) Hipótese Alternativa: A variável é espacialmente dependente, existe um padrão espacial.

Assim, gerou-se um banco de dados com as mesmas coordenadas de longitude e latitude que o banco de dados original, porém a variável de probabilidade de escolha modal foi substituída por valores uniformemente aleatórios entre 0 e 1. Em seguida, foi calculado e ajustado um semivariograma experimental omnidirecional e um semivariograma teórico para os dados simulados.

Como os dados gerados são aleatórios, não é possível observar dependência espacial. Quando isto ocorre o semivariograma tende a valores correspondentes a semivariância total dos dados, formando uma reta horizontal próximo a esse valor. Nessa situação, o gráfico é interpretado como efeito pepita puro.

Esse procedimento foi repetido 100 vezes, as semivariâncias teóricas e experimentais foram analisadas em conjunto para cada vizinhança. Através do teste de *Kolmogorov-Smirnov*, verificou-se se a distribuição de valores pontuais dos semivariogramas experimentais e teóricos correspondia a uma distribuição normal para todas as vizinhanças analisadas.

Sendo assim, é possível encontrar os valores críticos correspondentes para o nível de significância desejada. Os pontos críticos são obtidos através do cálculo que relaciona a distribuição produzida com a distribuição normal padrão.

*3.1.5. Teste de Significância*
Obtendo-se os valores dos pontos críticos, realiza-se um teste de significância, avaliando se através dos valores de semivariância encontrado nos dados experimentais e teóricos por vizinhança, na região a ser analisada, aceita-se ou não a hipótese nula de aleatoriedade.

*3.1.6. Comparação com indicadores globais comumente utilizados na literatura*
Finalmente, calcula-se o índice I de Moran para o conjunto de dados analisados. O valor obtido deve ser comparado aos valores do indicador global proposto de forma a validar o procedimento metodológico aqui proposto.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1. Cidade Fictícia

*4.1.1. Obtenção da Probabilidade de Escolha Modal*
O processamento da Rede Neural Artificial foi realizado através do *software* IBM SPSS Statistics 22. A variável probabilidade de escolha modal foi obtida através de um modelo com as seguintes variáveis: distância, tempo de viagem de ônibus, tempo de viagem de automóvel, preço do modo ônibus e preço do modo automóvel. Com média de 0,556 e variância de 0,209, sua distribuição é bastante próxima da variável escolha modal original.

*4.1.2. Determinação da primeira vizinhança*
Para determinação do parâmetro de suavização, foi utilizado o critério de seleção de validação cruzada e a função de ponderação gaussiana fixa. Através do *software R*, obteve-se o parâmetro de suavização ideal através do critério de seleção de validação cruzada igual a 0,506 km e através do critério AIC igual a 0,629 km. Observou-se resultados bastante similares para análise variográfica. Adotou-se o valor de 0,506 km para o lag ou vizinhanças. Assim, a primeira vizinhança corresponde aos pontos situados ao intervalo de distância entre 0 e 0,506km. A opção pelo uso de intervalos de distâncias justifica-se pela necessidade de obtenção de um número maior de pares de pontos.

*4.1.3. Análise Variográfica*
A análise variográfica da variável probabilidade de escolha modal foi realizada para as direções 0°, 30°, 60°, 90°, 120° e 150°. A distância máxima de análise corresponde a 5,50 km, a partir

da qual não é observada mais dependência espacial. Os parâmetros foram fixados da seguinte forma: lag de 0,506 km (valor obtido na etapa anterior), tolerância do lag de 0,253 km (metade do lag), tolerância angular de 22°, tolerância do passo de 0,253 km (metade do lag). Obtém-se que a direção principal corresponde a 0° e a direção ortogonal a 90°.

O semivariograma teórico foi ajustado para todas as direções ao mesmo tempo utilizando uma função esférica, o efeito pepita (C0) corresponde a 0,010 e a contribuição (C1) a 0,340. Observou-se anisotropia. Os variogramas são apresentados na Figura 3 e os valores de semivariâncias experimentais e teóricas para as direções principal e ortogonal das primeiras vizinhanças são apresentados na Tabela 2.

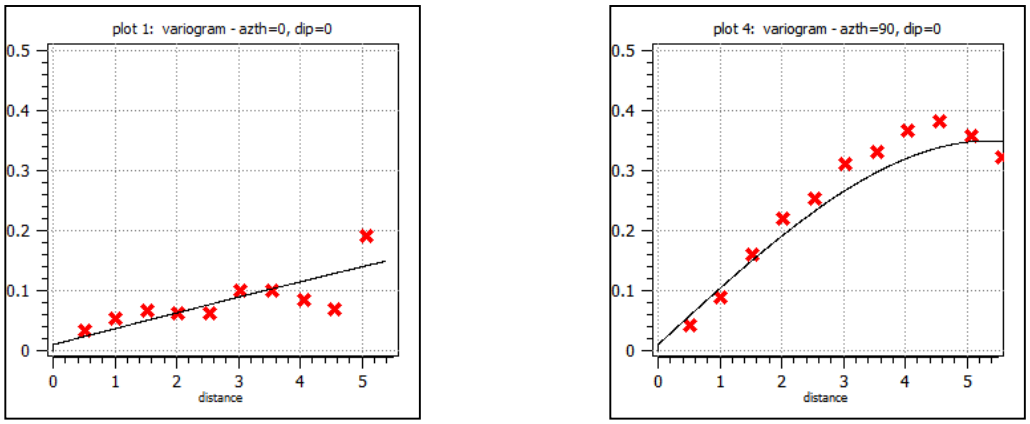



**Figura 3:** Semivariogramas experimentais e teóricos para a direção a) principal e b) ortogonal da variável probabilidade de escolha modal – Cidade Fictícia

**Tabela 2:** Resumo dos valores de semivariância experimental e teórica para direção principal e ortogonal para as primeiras vizinhanças – Cidade Fictícia

| Vizinhança | Distância (h) | Semivariância (γ) Experimental | | Semivariância (γ) Teórica | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Dir. Princ. (0°) | Dir. Ortog. (90°) | Dir. Princ. (0°) | Dir. Ortog. (90°) |
| 1 | 0,506 | 0,032 | 0,043 | 0,023 | 0,058 |
| 2 | 1,013 | 0,053 | 0,090 | 0,037 | 0,105 |
| 3 | 1,519 | 0,066 | 0,160 | 0,050 | 0,150 |
| 4 | 2,026 | 0,064 | 0,220 | 0,063 | 0,192 |
| 5 | 2,532 | 0,061 | 0,254 | 0,076 | 0,232 |

*4.1.4. Elaboração do Teste de Hipótese*

Utilizando o *software* R foi gerado um banco de dados com as mesmas coordenadas que o banco de dados original da cidade fictícia. Os valores adotados para a variável probabilidade de escolha modal correspondem a números aleatórios entre zero e um.

Para os dados aleatórios, os semivariogramas desenvolvidos são ominidirecionais, de forma a considerar quaisquer tendências espaciais que os novos dados possam apresentar. Os dados aleatórios não possuem estrutura espacial, produziram semivariogramas com tendência constante, bem representados pelo modelo efeito pepita puro. Assim, esse procedimento foi repetido 100 vezes, gerando novos dados aleatórios a cada repetição. As semivariâncias experimentais e teóricas obtidas foram analisadas por vizinhança, formando um conjunto de 100 observações por vizinhança. Constatou-se que todas possuíam resultados muito similares de média e desvio padrão. Assim, optou-se por agregá-las para as dez primeiras vizinhanças, formando um conjunto de 1000 observações. Aplicou-se o teste de normalidade *Kolmogorov-Smirnov* ao novo conjunto de dados, comprovando que a distribuição é similar a normal.

Adotando a distribuição dos dados como normal, é possível obter a probabilidade de um certo evento ocorrer por meio da área sob a curva normal padrão. Para isso é definido um valor z padronizado para análise bilateral da curva, definindo o grau de significância desejado. Com o valor de z, a média e desvio padrão da amostra analisada é possível obter os valores críticos correspondentes para o conjunto de dados em questão.

Dessa forma, se o valor de semivariância obtido estiver entre os limites estabelecidos à hipótese nula deve ser retida com um dado nível de significância. Caso o valor esteja fora desses limites, a hipótese nula é rejeitada e assume-se que há um padrão espacial. A Tabela 3 apresenta os valores críticos por significância desejada, tendo como base os valores de semivariância obtidos através da análise de dados aleatórios.

**Tabela 3:** Valores críticos por significância desejada para os valores de semivariância

| Intervalo de Confiança | z | Significância (p-valor αi) | Limite inferior | Limite superior |
|---|---|---|---|---|
| 80% | ± 1,280 | 0,200 | 0,078 | 0,088 |
| 85% | ± 1,440 | 0,150 | 0,078 | 0,089 |
| 90% | ± 1,645 | 0,100 | 0,077 | 0,090 |
| 95% | ± 1,960 | 0,050 | 0,075 | 0,091 |
| 99% | ± 2,575 | 0,010 | 0,073 | 0,093 |

*4.1.5. Teste de Significância*

Utilizando a Tabela 3 de valores críticos por significância desejada, é possível analisar os dados obtidos na Tabela 2, que apresenta os resultados de semivariância experimentais e teóricos para direção principal e ortogonal.

Os pontos de maior interesse possuem semivariância abaixo do limite inferior, observa-se que para 99% de significância na direção principal, pode se considerar até a 5ª vizinhança experimental e até a 4ª vizinhança teórica como existência de correlação espacial dos dados. Para a direção ortogonal os valores de semivariância são 99% significativos apenas para a primeira vizinhança experimental e teórica. No entanto, a ideia aqui proposta é que o indicador seja associado à direção principal apenas.

*4.1.6. Comparação com indicadores globais comumente utilizados na literatura*

O valor do índice I de Moran para os dados de probabilidade de escolha modal para a cidade fictícia corresponde à aproximadamente 0,824 para a primeira vizinhança, como esperado, reflete que alta correlação positiva entre os dados. A Tabela 4 traz uma síntese do cálculo do indicador de Moran, em comparação ao indicador proposto até a quinta vizinhança. O indicador proposto corresponde aos resultados do semivariograma teórico. Os resultados do semivariograma experimental não foram utilizados pois apresentam variações abruptas entre as vizinhanças.

**Tabela 4:** Comparação de valores do indicador, z e status da hipótese nula (para significância de 95%) para índice I de Moran e indicador proposto (direção principal) – Cidade Fictícia

| Vizinhança | Distância (h) | Moran | | | | Indicador Proposto | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Índice | z | p-valor | Hipótese Nula | Índice | z | p-valor | Hipótese Nula |
| 1 | 0,506 | 0,824 | 43,658 | 0,000 | Rejeita | 0,023 | -15,377 | 0,000 | Rejeita |
| 2 | 1,013 | 0,765 | 73,972 | 0,000 | Rejeita | 0,037 | -11,798 | 0,000 | Rejeita |
| 3 | 1,519 | 0,632 | 84,624 | 0,000 | Rejeita | 0,050 | -8,476 | 0,000 | Rejeita |
| 4 | 2,026 | 0,514 | 99,497 | 0,000 | Rejeita | 0,063 | -5,153 | 0,000 | Rejeita |
| 5 | 2,532 | 0,401 | 112,510 | 0,000 | Rejeita | 0,076 | -1,830 | 0,034 | Aceita |

## 4.2. Bairro Santa Felícia, São Carlos – SP

### *4.2.1. Obtenção da Probabilidade de Escolha Modal*

A variável probabilidade de escolha modal foi obtida através de um modelo de RNAs com as seguintes variáveis: posse de motocicleta, número de automóveis, posse de CNH, se o indivíduo é estudante, número de viagens realizadas por dia e se o indivíduo é maior de 52 anos. Com média de 0,679 e variância de 0,077, sua distribuição é bastante próxima da variável escolha modal original.

### *4.2.2. Determinação da primeira vizinhança*

Através do *software R*, obteve-se o parâmetro de suavização ideal através do critério de seleção de validação cruzada e do critério AIC igual a 1.250,644 m. Esse valor corresponde à cerca de metade a distância máxima entre os dados, não sendo adequado para o estudo de caso. Optou-se, então, por utilizar o valor de 60 m, o qual foi utilizado para o desenvolvimento de alguns semivariogramas e mostrou-se satisfatório.

### *4.2.3. Análise Variográfica*

A análise variográfica da variável probabilidade de escolha modal foi realizada para as direções 0°, 30°, 60°, 90°, 120° e 150°. A distância máxima de análise corresponde a 300 m, a partir da qual não é observada mais dependência espacial. Os parâmetros foram fixados da seguinte forma: lag de 60 m, tolerância do lag de 30 m, tolerância angular de 22°, tolerância do passo de 30 m. Observando os semivariogramas experimentais, obtém-se que a direção principal corresponde a 150° e a direção ortogonal a 60°.

O semivariograma teórico foi ajustado para todas as direções ao mesmo tempo utilizando uma função esférica, o efeito pepita (C0) corresponde a 0,010 e a contribuição (C1) a 0,090. Os semivariogramas são apresentados na Figura 4, os valores de semivariâncias correspondentes para as primeiras vizinhanças são apresentados na Tabela 5.

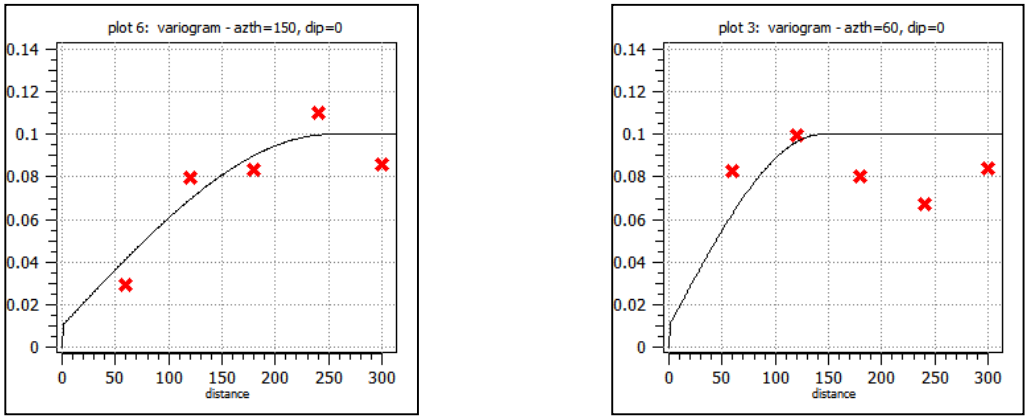



**Figura 4:** Semivariogramas experimentais e teóricos para a direção a) principal e b) ortogonal da variável probabilidade de escolha modal – Bairro Santa Felícia, São Carlos – SP

**Tabela 5:** Resumo dos valores de semivariância experimental e teórica para direção principal e ortogonal para as primeiras vizinhanças – Bairro Santa Felícia, São Carlos – SP

| Vizinhança | Distância (h) | Semivariância (γ) Experimental | | Semivariância (γ) Teórico | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Dir. Principal (150°) | Dir. Ortogonal (60°) | Dir. Principal (150°) | Dir. Ortogonal (60°) |
| 1 | 60,000 | 0,029 | 0,083 | 0,042 | 0,063 |
| 2 | 120,000 | 0,080 | 0,099 | 0,069 | 0,096 |
| 3 | 180,000 | 0,083 | 0,080 | 0,087 | 0,096 |
| 4 | 240,000 | 0,110 | 0,067 | 0,087 | 0,096 |

*4.2.4. Elaboração do Teste de Hipótese*

Como o teste de hipótese desenvolvido em 4.1.4 utiliza dados aleatórios, é válido utilizar os valores críticos, obtidos anteriormente, para a análise do bairro Santa Felícia, São Carlos - SP.

*4.2.5. Teste de Significância*

Utilizando a Tabela 3 de valores críticos por significância desejada, é possível analisar os dados obtidos na Tabela 5, que apresenta os resultados de semivariância experimentais e teóricos para direção principal e ortogonal.

Os pontos de maior interesse possuem semivariância abaixo do limite inferior, observa-se que para 99% de significância na direção principal pode se considerar até a primeira vizinhança experimental e até a 2ª vizinhança teórica. Para a direção ortogonal os valores de semivariância são 99% significativos apenas para a primeira vizinhança teórica.

*4.2.6. Comparação com indicadores globais comumente utilizados na literatura*

O valor do índice I de Moran para os dados de probabilidade de escolha modal para o bairro Santa Felícia, São Carlos – SP corresponde à aproximadamente -0.057, para primeira vizinhança, refletindo baixa correlação espacial negativa. Apesar de valor baixo do I de Moran mesmo para a primeira vizinhança, o indicador proposto neste trabalho atestou correlação espacial na 1ª vizinhança. A Tabela 6 sintetiza a análise comparativo entre o Índice de Moran e o Indicador proposta até a quarta vizinhança. Assim como na aplicação no banco de dados da Cidade Fictícia, utilizaram-se os dados do semivariograma teórico para a proposta de indicador.

**Tabela 6:** Comparação de valores do indicador, z e status da hipótese nula (para significância de 95%) para índice I de Moran e indicador proposto (direção principal) – Santa Felícia, São Carlos – SP

| Vizinhança | Distância (h) | Moran | | | | Indicador Proposto | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Índice | z | p-valor | Hipótese Nula | Índice | z | p-valor | Hipótese Nula |
| 1 | 60 | -0,057 | -0,697 | 0,253 | Aceita | 0,042 | -10,520 | 0,000 | Rejeita |
| 2 | 120 | -0,158 | -1,495 | 0,071 | Aceita | 0,069 | -3,619 | 0,000 | Rejeita |
| 3 | 180 | -0,067 | -0,632 | 0,273 | Aceita | 0,087 | 0,981 | 0,164 | Aceita |
| 4 | 240 | -0,051 | -0,570 | 0,282 | Aceita | 0,087 | 0,981 | 0,164 | Aceita |

## 5. CONCLUSÕES

O presente trabalho propõe um procedimento metodológico para o cálculo de um indicador de associação espacial global, o qual permite quantificar a dependência espacial de variáveis de transporte, como a escolha modal dos usuários. O indicador proposto baseia-se no conceito de semivariograma proveniente da geoestatística. O gráfico de semivariograma permite a análise visual da estrutura espacial da variável, identificando direção principal, bem como viabiliza o uso de variáveis discretas e binárias.

Desta forma, os valores pontuais dos semivariogramas experimentais e teóricos, em diferentes vizinhanças, são os indicadores aqui propostos. Observa-se que o indicador proveniente do semivariograma teórico apresenta um comportamento mais contínuo e adequado à aplicação, enquanto o semivariograma experimental apresenta variações abruptas entre os resultados obtidos. Tais indicadores são associados a um teste de hipótese, fazendo-se uma comparação com dados espacialmente aleatórios. A validação do indicador proposto é realizada após a comparação com indicadores comumente utilizados na literatura, como o I de Moran. Observou-se que valores altos de I de Moran estão associados às vizinhanças onde a hipótese de aleatoriedade espacial aqui proposta foi refutada.

O índice *c* de Geary (1954) assemelha-se ao cálculo realizado no presente trabalho, porém não considera possíveis anisotropias entre diferentes direções, realizando um cálculo omnidirecional. Da mesma forma que a estatística G(d) de Getis e Ord (1992), o indicador desenvolvido representa um índice de concentração espacial, pois identifica apenas autocorrelação espacial positiva.

Além disso, é importante destacar que o método desenvolvido é aplicável a dados binários e contínuos entre zero e um. Para uma aplicação mais ampla ainda são necessários testes com variáveis quantitativas padronizadas.

**Agradecimentos**
O presente trabalho foi realizado com apoio do CNPq.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Assirati, L.; Rocha, S. S.; Caldas, M. U.; Pitombo, C. S. (2016) Interpolação bi-linear para simulação de dados espacialmente correlacionados: uma aplicação relativa à demanda por transportes. In: ANPET 2016, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro.

Cliff, A.; Ord, K. (1972) Testing for Spatial Autocorrelation Among Regression Residuals. *Geographical Analysis.* v. 4, p. 267-284 DOI: 10.1111/j.1538-4632.1972.tb00475.x

Druck, S.; Carvalho, M. S.; Câmara, G.; Monteiro, A.V.M. (2004) *Análise Espacial de Dados Geográficos*. Brasília, EMBRAPA, 2004 (ASBN:85-7383-260-6) 209 p.

Fortin, M. J.; Drapeau, P.; Legendre, P. (1989) Spatial autocorrelation and sampling design in plant ecology. *Vegetatio*. v. 83, p. 209-222 DOI: 10.1007/BF00031693

Fotheringham, A. S.; Brunsdon, C.; Charlton, M. (2002) Geographically weighted regression: the analysis of spatially varying relationships. *John Wiley & Sons*, 284 p.

Geary, R.C. (1954) The contiguity ratio and statistical mapping. *The Incorporated Statistician*. v. 5, p. 115-145 DOI: 10.2307/2986645

Getis, A.; Ord, J. K. (1992) The Analysis of Spatial Association by Use of Distance Statistics. G*eographical Analysis*. v.24, p. 189-206 DOI: 10.1111/j.1538-4632.1992.tb00261.x

Loureiro, C. F. G.; Silva, H. N.; Carvalho L. E. X. (2006) Metodologia de análise de regressão geograficamente ponderada aplicada ao fenômeno das viagens intermunicipais. Panorama Nacional de Pesquisa em Transportes. In: ANPET, 20, Curitiba. *Anais...* Curitiba, v.1, p.479-491.

Matheron, G. (1971) *La Théorie des Variables Régionalisées et ses Applications*, Les Cahiers de Morphologie Mathématique de Fontainebleau. École Nationale Supérieure dês Mines de Paris, Paris, nº5 211 p.

Moran, P. A. (1950) Notes on continuous stochastic phenomena. *Biometrika*. v. 37, p. 17-23 DOI:10.2307/2332142

Rodrigues da Silva, A. N. R. (2008) *Pesquisa Origem Destino da Cidade de São Carlos*. Departamento de Engenharia de Transportes, Escola de Engenharia de São Carlos – USP. São Carlos.

Sener, I.N.; Pendyala, R.M.; Bhat, C.R. (2010) Accommodating spatial correlation across choice alternatives in discrete choice models: An application to modeling residential location choice behavior. *Journal of Transport Geography*. v. 19, p. 294-303 DOI: 10.1016/j.jtrangeo.2010.03.013

Tobler, W.R. (1970) A computer movie simulating urban growth in the Detroit region. *Economic Geography* v. 46, p. 234-240 DOI: 10.2307/143141

# PLANEJAMENTO DA MOBILIDADE URBANA EM UMA QUADRA COMERCIAL DO PLANO PILOTO DE BRASÍLIA-DF

**Everaldo Valenga Alves**
**Jéssica Oliveira Nunes Ferreira**
**Letícia do Valle Pires Martinovic**
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental
Universidade de Brasília
Programa de Pós Graduação em Transportes

**RESUMO**
A promoção da mobilidade urbana sustentável, segura, acessível e integrada requer a identificação e mitigação dos conflitos de tráfego. Neste contexto, o presente artigo tem como objetivo geral avaliar tecnicamente e sob a percepção dos usuários, no âmbito do planejamento estratégico e tático, a mobilidade de uma quadra comercial do Plano Piloto de Brasília e propor soluções, especialmente da segurança viária e acessibilidade. Para isso, questionários foram aplicados para avaliar a percepção dos usuários locais e observações de campo foram feitas para diagnosticar a mobilidade e identificar os principais conflitos. Assim, a partir dos problemas levantados, alternativas compatíveis com a realidade foram propostas para serem implantadas a curto e médio prazo. Por fim, verificou-se que é possível o planejamento da mobilidade, priorizando os modos não motorizados e promovendo o compartilhamento do espaço urbano, de maneira segura e acessível.

## 1. INTRODUÇÃO

A Política Nacional de Mobilidade Urbana (PNMU), instituída pela Lei 12.587/12, define as atribuições dos diferentes entes governamentais e explicita quais os princípios, diretrizes e objetivos que os Planos de Mobilidade Urbana (PMU) municipais devem seguir. A segurança nos deslocamentos das pessoas é um dos princípios da PNMU, e a prioridade dos modos de transportes não motorizados sobre os motorizados e dos serviços de transporte público coletivo sobre o transporte individual motorizado é uma das suas diretrizes (Ministério das Cidades, 2013). A União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios devem atuar de forma articulada para a promoção da mobilidade urbana sustentável, segura, acessível e integrada.

Em se tratando de espaços compartilhados, para a promoção da mobilidade segura é necessário identificar e mitigar os conflitos de tráfego, que consistem em um evento com dois ou mais usuários da via, em que a ação de um usuário faz com que o outro realize uma manobra evasiva para evitar a colisão (Parker Jr e Zeggeer, 1989). Ming (2002) afirma que todo acidente de trânsito é necessariamente precedido por um conflito de tráfego com insucesso ou ausência de manobra evasiva e que, a ocorrência destes fenômenos de forma sucessiva é uma vidência que há correlação entre ocorrência de acidentes e conflitos de tráfego.

"O Desenho de Cidades Seguras", proposto pelo WRI Brasil Cidades Sustentáveis (2016), propõe a melhoria no desenho urbano e medidas de moderação do tráfego com o intuito de ampliar espaços para o pedestre, reduzir a velocidade dos veículos, permitir travessias mais seguras, promover espaços públicos de alta qualidade para pedestres e ciclistas e melhorar o acesso ao transporte coletivo.

Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo geral avaliar tecnicamente e sob a percepção dos usuários, no âmbito do planejamento estratégico e tático, a mobilidade de uma quadra comercial do Plano Piloto de Brasília e propor soluções, especialmente da segurança viária e acessibilidade. Para tal, os objetivos específicos envolvem: avaliar os aspectos da mobilidade urbana, identificando pontos de conflito entre pedestres, ciclistas e carros; identificar a percepção dos usuários quanto aos diferentes modos de transporte para acessar a

quadra comercial;e propor alternativas técnicas de baixo custo a curto e médio prazo que possam atender os anseios dos usuários e mitigar os conflitos verificados.

## 2. MÉTODO

O método empregado na pesquisa é constituído das seguintes etapas:

**Etapa 1:** revisão teórica sobre a Política Nacional de Mobilidade Urbana vigente no Brasil, conflitos de tráfego e medidas moderadoras de tráfego.

**Etapa 2:** verificação da percepção dos usuários locais quanto aos diferentes modos de transporte para acessar o comércio local a partir da aplicação de 100 (cem) questionários do tipo misto (perguntas abertas e fechadas). A quantidade de questionários foi determinada a partir do fluxo médio de pedestres observado na quadra em um intervalo de 15 minutos (100 pessoas atravessaram na faixa de pedestres neste intervalo). Sendo assim, o fluxo diário no local seria de 3200 pessoas ao considerar 8 horas de funcionamento comercial. Com um erro amostral de 10% e um nível de confiança de 95%, a amostra representativa da população é de 94 questionários. Optou-se por aumentar esta quantidade para 100 para garantir o mínimo de questionários a serem preenchidos. As perguntas foram dirigidas às pessoas que estavam presentes na quadra comercial CLN 406/407, dentro do horário de funcionamento do comércio (das 16h30 às 19h30).

**Etapa 3:** verificação das características do local de estudo, diagnóstico da mobilidade local e avaliação dos eventuais conflitos entre os usuários, por meio de observação de campo.

**Etapa 4:** proposta e escolha de alternativas com base nas informações das etapas anteriores.

## 3. ANÁLISE DOS DADOS

A análise dos dados está dividida em duas partes: percepção dos usuários e avaliação dos aspectos de mobilidade.

### 3.1. Percepção dos usuários

O questionário aplicado foi dividido em cinco partes. A primeira trata do perfil dos respondentes (idade, sexo, endereço onde reside), o papel desempenhado como usuário da quadra comercial (comerciante ou funcionário, cliente) e qual o modo de transporte para acessá-la. Na segunda, pergunta-se sobre o uso da bicicleta. A terceira refere-se ao modo à pé. As duas últimas partes, por sua vez, abordam questões quanto ao uso dos modos motorizados individual (carro e/ou motocicleta) e coletivo (ônibus), respectivamente. Os critérios de avaliação dos modos de transporte foram: a frequência de uso; a duração do percurso; as condições da infraestrutura; e os problemas vivenciados pelos usuários em cada modo. Esse questionário misto (perguntas fechadas e abertas) contou com um total de dezenove questões.

Os resultados mostram que 60% dos respondentes possui idade acima de 25 anos, 28% entre 21 a 25 anos e 12% de 16 a 20 anos. Em relação ao sexo, 53% são homens e 47% mulheres. Quanto ao tipo de usuário do comércio local, 57% se declararam comerciantes/funcionários e 43% clientes. Apenas 19 entrevistados residem nas quadras alimentadas pelo comércio (SQN 406 e SQN 407), enquanto os demais moram em outros lugares do Plano Piloto, cidades satélites do Distrito Federal (DF) e entorno (cidades do estado de Goiás).

Em relação ao uso da bicicleta para acessar o comércio local, 100% dos entrevistados declararam nunca utilizar esse meio de transporte. Portanto, aspectos como tempo de deslocamento, qualificação da infraestrutura ciclo-viária e problemas vivenciados com uso da bicicleta não foram retratados. Quanto ao modo a pé, 46% dos respondentes afirmaram nunca irem a pé ao comércio avaliado, 10% de 1 a 2 vezes por semana, 16% de 3 a 4 vezes, 20% de 5 a 6 vezes e, 8% todos os dias da semana. Quanto ao tempo de deslocamento a pé até o comércio, 46% declararam gastar menos de 5 minutos, 35% de 5 a 10 minutos, 9% de 10 a 15 minutos, 9% de 15 a 30 minutos e nenhum gasta mais de meia hora.

A avaliação da infraestrutura das calçadas comerciais pelos pedestres obteve os seguintes resultados: 6% ótima; 17% boa; 41% regular; 15% ruim; e 22% péssima. Os problemas das calçadas foram retratados por 81% dos pedestres e foram agrupados em 10 categorias diferentes: desnível (irregularidade do solo); falta de manutenção (buracos, trincas/rachaduras, obstrução por raízes de árvores, acabamento de má qualidade, infraestrutura antiga); não acessível para deficientes e idosos (presença de escadas e falta de rampas); obstáculos (cadeiras dos comércios, peças de paisagismo); largura insuficiente; conflito com ciclistas; falta de iluminação; sujeira (presença de lixo e insetos peçonhentos); acidentes; e falta de segurança (assaltos e pedintes). A Figura 1 mostra a porcentagem de cada problema relatado pelos entrevistados.

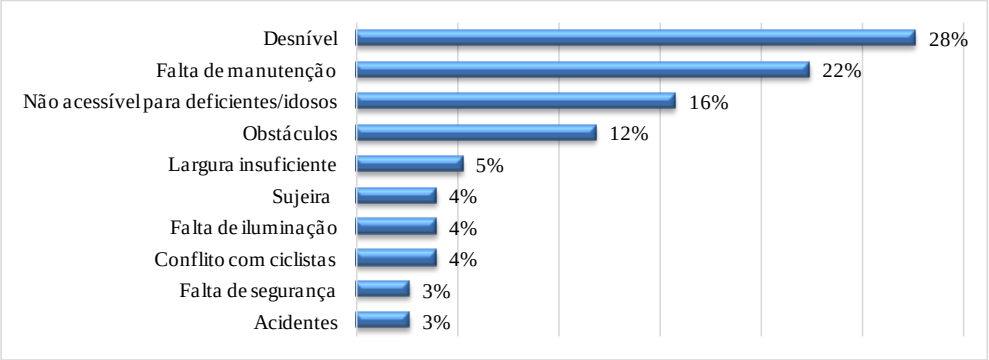



**Figura 1:** Problemas levantados pelos pedestres quanto às calçadas do CLN 406/407

Observa-se pela Figura 1 que as principais queixas dos pedestres são desnível (28%), falta de manutenção (22%), a não acessibilidade para deficientes e idosos (16%) e obstáculos (12%).

Em relação ao modo motorizado individual (carro e/ou motocicleta), 47% dos entrevistados nunca utilizaram o veículo para acessar o comércio local, 17% de 1 a 2 vezes por semana, 11% de 3 a 4 vezes, 18% de 5 a 6 vezes e, 7% todos os dias da semana. Quanto ao tempo de deslocamento por este modo de transporte até o comércio, 6% declararam gastar menos de 5 minutos, 19% de 5 a 10 minutos, 8% de 10 a 15 minutos, 42% de 15 a 30 minutos e, 26% gastam mais de meia hora. Além disso, foi avaliada a infraestrutura viária e dos estacionamentos comerciais e chegou-se nos seguintes valores: 0% ótima; 8% boa; 30% regular; 34% ruim; e 28% péssima. Portanto, percebe-se que a maioria dos usuários não considera a infraestrutura viária e dos estacionamentos adequada.

Os problemas levantados por 98% dos usuários do modo motorizado individual quanto às vias e estacionamentos da área comercial analisada são: falta de vagas; fila dupla; acidentes; falta de sinalização; falta de segurança (assaltos); comerciantes ocupam vagas; não acessibilidade

para deficientes e idosos; sujeira; falta de fiscalização; e contêineres ocupam vagas.

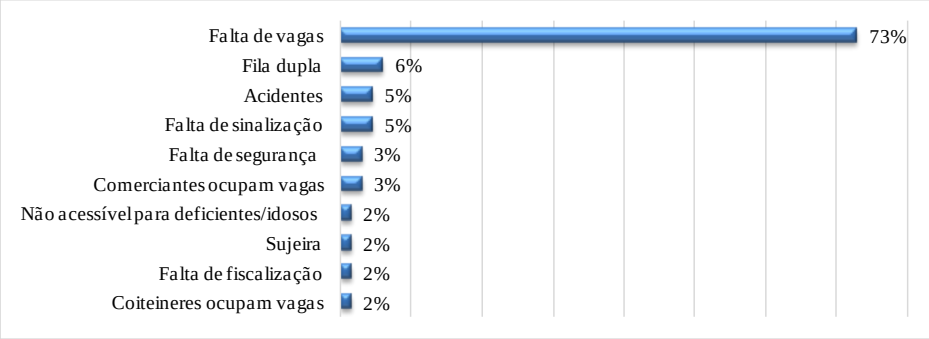



**Figura 2:** Problemas levantados pelos usuários do modo motorizado individual quanto às vias e estacionamentos do CLN 406/407

Conclui-se pela Figura 2 que a maior reclamação é devido à falta de vagas (73%). Grande parte dos entrevistados declarou que a única alternativa é estacionar o veículo dentro das superquadras residenciais.

Em relação ao modo motorizado coletivo por ônibus, 67% dos respondentes afirmaram nunca acessarem o comércio por ônibus, 3% de 1 a 2 vezes por semana, 11% de 3 a 4 vezes, 18% de 5 a 6 vezes e, 1% todos os dias da semana. Quanto ao tempo de viagem por ônibus até o ponto de parada mais próxima ao comércio, 0% declararam gastar menos de 5 minutos, 0% de 5 a 10 minutos, 6% de 10 a 15 minutos, 12% de 15 a 30 minutos e, 82% gasta mais de 30 minutos.

Os problemas retratados por 76% dos 33 usuários do modo motorizado coletivo por ônibus são: frequência baixa; atraso; poucas linhas; lotação (opera acima da capacidade); tarifa alta; negligência do condutor; falta de informação do itinerário nos pontos de parada; falta de segurança; e falta de conforto.

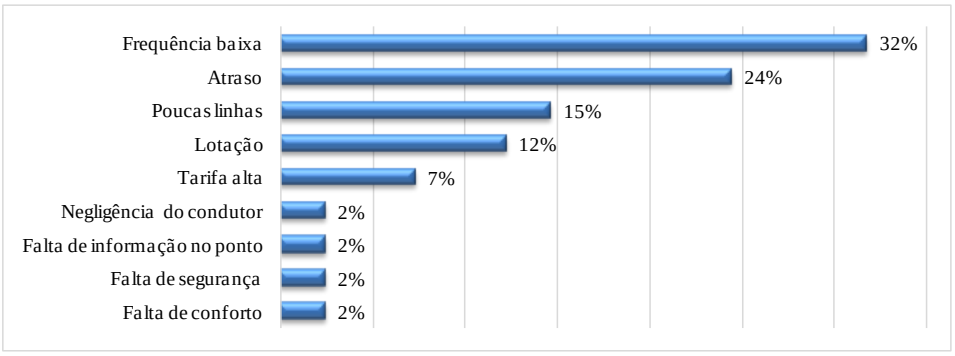



**Figura 3:** Problemas levantados pelos usuários do modo motorizado coletivo por ônibus

Pela Figura 3, percebe-se que os usuários do modo motorizado coletivo consideram como principais problemas a baixa frequência de ônibus para acessar o comércio local (32%), atraso (24%), poucas linhas (15%) e lotação (12%).

### 3.2. Avaliação dos aspectos de mobilidade

Os aspectos avaliados na observação em campo foram: o sistema viário (vias locais, coletoras, exclusivas de pedestres e etc.); infraestruturas do passeio e do transporte público coletivo

(calçadas, rampas, escadarias, paradas de ônibus); tráfego (fluxo de pedestres, fluxo de veículos motorizados, sinalização de trânsito, estacionamento de veículos, paraciclos); e, tipos de comércio e serviço.

Todas as vias de acesso ao local de estudo são pavimentadas com asfalto, facilitando o tráfego, mas induzindo à velocidade mais alta. Nas vias comerciais, existem muitas vagas para estacionamento de veículos, sendo algumas para carga e descarga reguladas por horário, e um pequeno número de vagas especiais para idosos e deficientes físicos. Em poucos lugares, há estacionamento para bicicletas (paraciclos), bem como serviços para alugá-las. Foram observados muitos veículos parados em fila dupla, inclusive veículos de carga/descarga, contêineres e caçambas, em vagas normais. Além disso, pela falta de estacionamento específico para motocicletas, elas acabam ocupando muito espaço em vagas de veículos e em canteiros.

O comércio de restaurantes/lanchonetes conta com a maior quantidade de lojas, sendo responsável por grande parte da atração de clientes e veículos em horários de pico. Em razão da complexidade de se avaliar o total de pedestres que trafegam no local, a pesquisa foi realizada no principal ponto de travessia da quadra, sinalizada por semáforos e com atuação por botoeira. Entre 12h10 e 12h25 de uma quinta-feira, obsevou-se um fluxo médio de 100 pedestres, dos quais 4% eram crianças, 28% jovens, 64% adultos e 4% de idosos. Houve vários registros de travessias fora da faixa, tanto ao longo da quadra comercial quanto em suas áreas mais extremas, em razão de os usuários terem estacionado seus veículos a uma distância considerável do seu destino, conforme mostrado na Figura 4.



**Figura 4:** Vias calçadas e caminhos de pedestres verificados

As observações de campo mostraram que existem picos distintos de fluxo de veículos que trafegam na referida quadra. Durante a semana, observou-se que os picos mais intensos são o do almoço, entre os horários das 11h45 e 13h30, e ao final da tarde, entre 17h30 e 18h45. Nos horários observados, não foram verificadas situações de congestionamento significativo ou acidentes de trânsito.

Sobre a sinalização de trânsito (semáforos, faixa de pedestre, placas, sinalização horizontal), verificou-se que a quadra possui sinalização horizontal adequadamente pintada com dispositivos auxiliares, sinalização semaforizada para travessia de pedestres em um único ponto central às quadras (acionada por botoeira com dispositivo sonoro), sinalização horizontal e vertical de ciclovias e estacionamentos (inclusive os de uso especial para idosos, deficientes e carga/descarga).

Na sinalização horizontal das ciclovias, verificou-se uma parte desgastada, muito mais pela

qualidade da tinta do que pelo tráfego em si. Além disso, muitas travessias são regulamentadas com a placa R-1, de parada obrigatória para o ciclista, ao invés de sinalização rodocicloviária que permite ao ciclista não parar em sua travessia. O pavimento da ciclovia necessita de reparos em alguns pontos específicos, há falta de continuidade e, muitas vezes, a ciclovia toma o espaço do pedestre devido à falta de trechos de calçada.

Não foi encontrado nenhum registro de pisos táteis conforme prevê a NBR 9050. Além disso, várias situações trazem risco emitente de quedas para deficientes visuais, seja pela existência de obstáculos ou de escadas sem piso alerta. O acesso aos prédios residenciais, em muitos casos, só pode ser feito por escadas, não permitindo que cadeirantes possam acessá-los e dificultando o acesso de idosos e/ou pessoas com mobilidade reduzida, confome a Figura 5.



**Figura 5:** Calçadas e escadaas de acesso

A localização das paradas de ônibus está muito distante do núcleo central de movimentação da quadra comercial. Um dos pontos de maior demanda para usuários que se deslocam para a parte norte do Plano Piloto dista aproximadamente 350 metros, no Eixo L (Pontos 4 e 5). A outra opção está localizada na Via L2, atrás do Edifício Salim Bittar (Ponto 2), como mostra a Figura 6. Há três opções de deslocamento para a Rodoviária do Plano Piloto, a qual permite a integração com outros pontos da cidade. A opção mais ao norte dista cerca de 160 metros do Edifício Salim Bittar (medida feita a partir do ponto mais ao norte do Edifício Salim Bittar – Ponto 3).

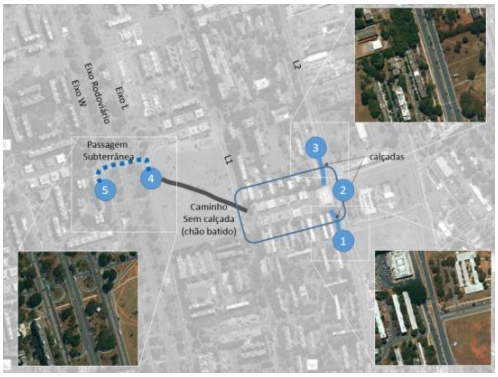



**Figura 6:** Localização das paradas de ônibus mais próximas da área de estudo

## 4. PROPOSTAS E ESCOLHA DE ALTERNATIVAS

Nessa etapa, busca-se uma reflexão dos problemas encontrados e da situação desejada. Para tanto, aplica-se o princípio da coerência, que consite no planejamento com soluções compatíveis com a realidade e recursos possíveis. A análise de soluções propostas pode ser dividida em quatro etapas. O Quadro 1 apresenta a descrição das ações da primeira etapa. Na segunda etapa, realizou-se o orçamento das principais sugestões, conforme apresentado na Tabela 1. A terceira e quarta etapas estão apresentadas no Quadro 2.

**Quadro 1:** Primeira etapa da análise de soluções

| **1ª Etapa - Avaliação e comparação das alternativas formuladas, culminando com a escolha da mais favorável** |
|---|
| 1. Realizar obras de melhoria e construção das calçadas, rampas e acessos, com a colocação de piso tátil conforme NBR 9050; |
| 2. Construção de um bolsão de estacionamento localizado mais a leste da quadra, em terreno plano e limpo atualmente sem uso, com a locação de um serviço de transporte através de carro elétrico; |
| 3. Elevação das atuais travessias de pedestres, instalação de novas faixas de pedestre em pontos de maior fluxo identificado; Construção de uma ilha de segurança na parte oeste da quadra, a qual liga os blocos comerciais até o Edifício Salim Bittar; |
| 4. Melhorar a sinalização viária, especialmente na regulamentação dos estacionamentos, das ciclovias; |
| 5. Identificar os estabelecimentos acessíveis, colocando um adesivo indicando que o mesmo está acessível para cadeirantes, deficientes auditivos e visuais; |
| 6. Colocação de um banheiro público com captação de água da chuva; |
| 7. Retirada dos containers de lixo e entulho das vias; regulamentação de locais e horários para colocação desses containers; |
| 8. Regulamentação do uso dos espaços públicos, especialmente de estabelecimentos comerciais que se utilizam desses espaços para venda de seus produtos; Termo de Ajustamento de Conduta (TAC) para adequação e ou pagamento progressivo de multa até a devida adequação; |
| 9. Plano de Arborização e ajardinamento seguindo-se com práticas já existentes, mas sem uma convergência; |
| 10. Fixação do itinerário das linhas de ônibus nos pontos de parada; |
| 11. Instalação de botoeira própria para deficientes visuais; |
| 12. Instalação de postes de iluminação no passeio entre a SQN 406 e a CLN 406. |

**Tabela 1:** Segunda etapa da análise de propostas

| Ação | Descrição | Quant. | Unid. | R$/unid. | Valor R$ estimado | Obs. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Calçada** | camada de concreto magro de 3 cm | 800 | m | 85,80 | 68.640,00 | |
| **Rampas** | camada de concreto magro de 3 cm | 114 | m² | 150,00 | 17.100,00 | 4 para cada bloco. São 8 blocos; mais 3 para acesso em cada quadro. Total 38 |
| **Piso** | pixo 0,25x0,25 colocado | 400 | m | 350,00 | 140.000,00 | |
| **Faixa elevada** | L=6m, C=8m, A=0,15 | 48 | und | 400,00 | 19.200,00 | 6 faixas elevadas |
| **Sinalização vertical** | Placa tipo R19, poste galvanizado | 15 | und | 640,00 | 9.600,00 | instalação de placas de R19 (30), adevertência travessia pedestres) |
| **Sinalização horizontal** | Tinta acrílica | | | 40,00 | | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Obras de recuo de calçadas** | | 8 | und | 1.000,00 | 8.000,00 | uma para cada bloco(8) |
| **Bolsão de Estacionamento** | | 1 | und | 120.000,00 | 120.000,00 | |
| **Poste de iluminação** | poste metálico com lâmpada LED | 20 | und | 3.000,00 | 60.000,00 | iluminação para calçada lateral à SQ N 406 |
| **Total em obra** | | | | | **442.540,00** | |

**Quadro 2:** Terceira e quarta etapas da análise de propostas

| |
|---|
| **3º Etapa - Seleção de estratégias para permitir a consecução dos objetivos e metas** |
| Mostrar à sociedade os malefícios da manutenção do trânsito e das questões verificadas da forma atual e dos benefícios em relação às mudanças propostas. |
| Realização de oficinas com os moradores e usuários, permitindo-lhes visualizar uma situação futura mais sustentável (e de valorização de seu patrimônio); |
| **4º Etapa - Escolhas de instrumentos de políticas para permitir o alcance das metas.** |
| Viabilizar as obras por intermédio de fontes orçamentárias já existentes, apoio do Fundo de Amparo ao Trabalhador (FAT), e/ou contribuição de melhoria (com pagamento de 50% por arte dos usuários diretos da quadra) |

## 5. CONCLUSÕES

O presente trabalho atingiu seu objetivo de avaliar tecnicamente e sob a percepção dos usuários, no âmbito do planejamento estratégico e tático, a mobilidade de uma quadra comercial do Plano Piloto de Brasília e propor soluções, especialmente da segurança viária e acessibilidade. A partir da aplicação de questionário foi possível analisar a percepção dos usuários da quadra comercial, especialmente a infraestrutura dos diferentes modos de transporte. Além disso, a observação de campo levantou outras características mais técnicas como o desenho viário, o fluxo de veículos e de pedestres, e os conflitos entre os usuários.

Com base no diagnóstico, foram sugeridas alternativas para a implantação de curto e médio prazo, e com viabilidade financeira. Desta forma, verificou-se que é possível o planejamento da mobilidade, priorizando os modos não motorizados e promovendo o compartilhamento do espaço urbano, de maneira segura e acessível.

Este trabalho se constituiu por uma análise exploratória, recomendando-se que pesquisas futuras se aprofundem e considerem outros aspectos, tais como socioambientais e jurídicos, para operacionalizar o planejamento. Além disso, sugere-se analisar dados de acidentes, verificar a necessidade de medidas de moderação de tráfego para a redução da velocidade dos veículos e avaliar a mudança dos tipos de pavimento como ferramenta de moderação de tráfego.

# AVALIAÇÃO DOS NÍVEIS DE ACESSIBILIDADE EM VIAS PÚBLICAS: ESTUDO NA RUA DE SANTA CRUZ, RECIFE/PE

**Emanoel Silva de Amorim**
FAVENI – Faculdade Venda Nova do Imigrante
Pós-graduação em Gestão em Mobilidade Urbana e Trânsito
**Kássia Benevides Martins Gomes**
Faculdade de Ciências Humanas – ESUDA
Pós-graduação em Gestão Ambiental e Sustentabilidade

**RESUMO**
Este trabalho apresenta a utilização de dois métodos de avaliação pós-ocupação em vias públicas. Considerando os princípios do Desenho Universal, o método do "Check-list de Avaliação Pós-ocupação" e o método do "Espectro de Acessibilidade", tem como principal objetivo diagnosticar os níveis de acessibilidade urbana e assim propor intervenções no desenho e forma urbana de vias para solucionar problemas na mobilidade urbana.

## 1. INTRODUÇÃO

Os espaços livres públicos são elementos importantes na configuração da cidade e da sociedade, pois, são nestes espaços onde acontece o encontro, a troca e o convívio do homem. Para que esses espaços possam atender a um maior número de usuários, considerando a diversidade humana e as habilidades individuais, deve-se considerar a filosofia do Desenho Universal, bem como os estudos da Ergonomia.

Neste contexto, a ideia de vias públicas acessíveis surge com a intenção de proporcionar integração, independência e conforto aos usuários, à medida que incorpora um desenho que não apresenta restrições quanto ao seu uso, orientação e deslocamento. Portanto, deve haver, intervenções no meio urbano visando deixar-lo acessível para todo tipo de pessoa independentemente de suas características e especificidade.

Uma solução para isso é a utilização de métodos de avaliação da acessibilidade para diagnosticar problemas e implantar melhorias. O presente trabalho tem como objetivo geral avaliar e mapear os níveis de acessibilidade, através da utilização de dois métodos de avaliação pós-ocupação (APO). Verificando os pontos fortes e fracos dos métodos com o intuito de indicar a APO mais completa. Utilizando com objeto a na Rua de Santa Cruz na cidade do Recife-PE.

## 2. CONSTRUINDO O ESPAÇO URBANO ACESSÍVEL

A construção de espaços urbanos acessíveis tem como critério de equilíbrio os requisitos legais e normas necessárias para a sua elaboração e implementação, os fatores gerados (ambientais, espaciais e sociais) pela aplicação correta dos princípios do desenho universal estão ligados diretamente com a eficiência da mobilidade urbana.

### 2.1 Vias Públicas

A via pública pode ser entendida como sendo a superfície por onde se transitam os veículos (motorizados ou não), pessoas e animais. Esses espaços se dividem entre as calçadas, a pista ou pista de rolamento, o acostamento, a ilha, os canteiros centrais e similares (Figura 01). São caracterizadas, principalmente, por margearem imóveis edificados em áreas urbanas, sendo assim, delimitadas entre as testadas dos lotes opostos.

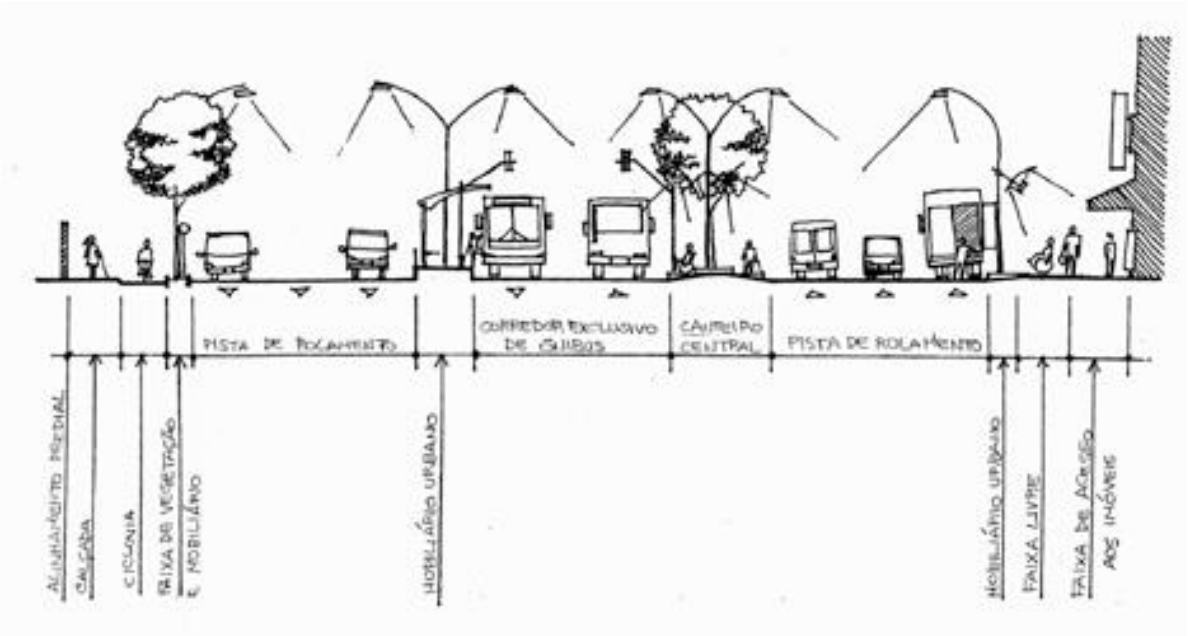



**Figura 01:** Perfil de via pública e identificação de suas partes integrantes. Fonte: Caderno Brasil Acessível – nº 2 (2006)

A via pública é de propriedade do poder público, e é adquirida na maior parte das vezes por intermédio de doação no processo de parcelamento do solo, portanto, é fundamental que as regras, normas e padrões estabelecidos pelos Planos Diretores se baseiem nos princípios do desenho universal de forma a promover a acessibilidade no desenho de novas vias e na intervenção das vias já existentes (LEI Nº 10.098, 2000).

Uma via acessível é aquela projetada de forma a atender ao maior número de usuários e modalidade de transportes (motorizados ou não), assim como a instalação do mobiliário urbano necessário (corretamente locado e dimensionado), bem como acomodar benfeitorias públicas e novas tecnologias, atendendo ao fluxo de pedestres e veículos de forma confortável e segura na hora em que o espaço estiver completamente ativo.

*2.1.1. Calçada*

A calçada é a parte integrante da via pública que se destina à circulação de pedestres, bem como a implantação do mobiliário urbano (entre outros itens destinados ao bem estar dos pedestres), faz fronteira com a pista de rolamento e está, quase sempre, em nível diferente. Para esse integrante possa ser utilizado de forma adequada, propiciando um ambiente seguro e agradável para qualquer pessoa, independente de idade, estatura, limitação de mobilidade ou percepção, alguns cuidados devem ser atribuídos à sua concepção. São eles:

***1 – Largura adequada:*** Devendo atender às dimensões necessária na faixa de livre circulação (largura mínima recomendada de 1,50 m) e ser projetada de forma a acomodar o maior número possível de transeuntes simultaneamente;
***2 – Segurança:*** Propiciar segurança ao ato de caminhar (Escolha do material de revestimento, sinalização horizontal, manutenção e obstáculos);
***3 – Continuidade:*** A calçada deve servir uma rota acessível ao usuário, caminho contínuo e facilmente perceptível, levando em consideração aspectos estéticos e harmônicos;

***4 – Espaço de sociabilização:*** Deve oferecer espaços na área pública que sirvam de áreas de interação social;
***5 – Desenho da paisagem:*** Organizar todos os elementos da via num contexto agradável, contribuindo para o conforto visual do usuário.

Ao se avaliar a calçada como palco, onde acontecem as mais diversas peças urbanas e seus figurantes (a sua população usuária), é possível obter maior compreensão dos fatores que geram problemas e conflitos entre o homem e esse espaço. Ao se projetar calçadas acessíveis deverão ser atendidas as diretrizes da NBR 9050/2015, observando a presença dos seguintes elementos:

***1 – Faixa Livre:*** Área da calçada destinada exclusivamente à livre circulação de pedestres, livre de qualquer tipo de obstáculo (seja ele permanente ou temporário) é de no mínimo 1,50 m, devendo ser calculada de acordo com a quantidade de pessoas por minuto por metro existente e seu posicionamento deve ser posicionado, preferencialmente, no eixo longitudinal. Sua superfície precisa ser regular e firme, contínua e antiderrapante sob qualquer condição.
***2 – Faixa de Vegetação ou Mobiliário:*** Área destinada à instalação de equipamentos e mobiliário urbano, à vegetação e outros objetos que possam servir de obstáculos à faixa livre. Normalmente localizado em posição adjacente à guia (pode ser definida como a borda da calçada, e define espaço geométrico das calçadas, esquinas e cruzamentos, criando uma barreira física entre a via, a pista e o passeio) e funciona como elemento separador de espaço entre a calçada e a pista, propiciando maior segurança e conforto ao pedestre.
***3 – Área de Interferência dos imóveis:*** Área localizada entre a área de circulação principal (faixa livre) e a testada da edificação ou lote. Possibilita a transição entre a faixa livre e o imóvel, principalmente em áreas onde o recuo é estreito ou mesmo inexistente (locais de comércio e serviços), configurando uma transição de acesso e não obstrução do caminho por qualquer obstáculo (pequenos equipamentos, mobiliário ou elementos edificados). Sua largura mínima recomendável é de 0,45 m. Admite-se a implantação de estacionamento em recuo frontal desde que haja respeito pela faixa livre, devendo haver algum tipo de diferenciação entre o piso recuado e passeio.

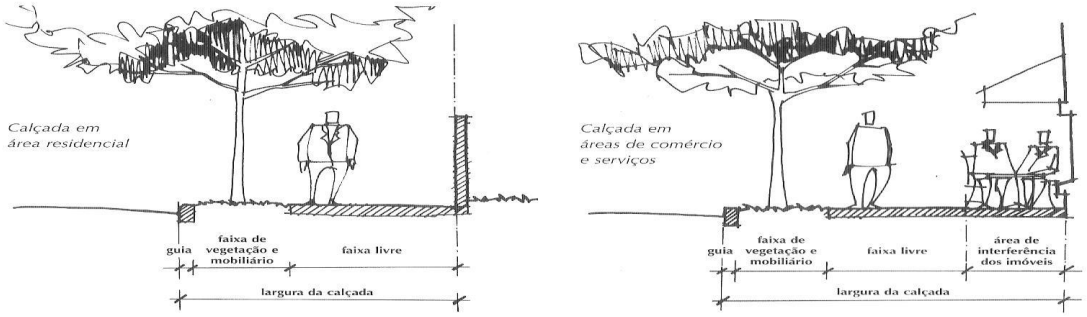



**Figura 02:** Calçada acessível em áreas residenciais e em áreas comerciais. Fonte: Guia para mobilidade acessível em vias públicas, 2003.

***4 – Esquinas:*** Define-se como lugar onde há o cruzamento entre as vias e travessias, consequentemente, a aglomeração de pessoas. É na esquina, o local de maior encontro de usuários na via pública. E é pelo fato das esquinas aglomerarem um grande número de pessoas que esperam pela travessia, que um grande número de equipamentos de serviços informais se instala, causando interferências que prejudicam a visibilidade de pedestres e

motoristas, colocando em risco a segurança de todos e rompendo com as propostas de acessibilidade.
Para que isso não ocorra, a área de esquina deve ser livre de obstáculos entre a guia e a extensão dos alinhamentos das edificações, assim como o grupo de pedestres que esperam a travessia, o mobiliário e outros obstáculos não devem obstruir a faixa livre de pedestres. Quando há a necessidade de mobiliário nesse local, deve obedecer aos dimensionamentos legais (elementos de pequeno porte com altura máxima de 0,80 m e diâmetro ou lateral de 0,35 m, devem ficar no mínimo a 3,0 m da faixa de pedestres, e os de grande porte a 15,0 m).

***5 – Faixas de Travessias:*** São as marcações transversais ao eixo da via que indica aos pedestres o local que deve utilizar para realizá-las, servindo de advertência aos motoristas como sinalização horizontal e devem conter comprimento recomendado (4,00 m) podendo ser mais largas em locais de maior fluxo. Quando muito extensas, as faixas de pedestres devem conter ilhas de apoio como refúgio, cuja largura recomendável é de no mínimo 1,50 m.
Para o pedestre, quanto menos o raio da curvatura da guia da esquina melhor, porque resultam numa faixa maior de passeio e na diminuição da velocidade nas conversões dos veículos.

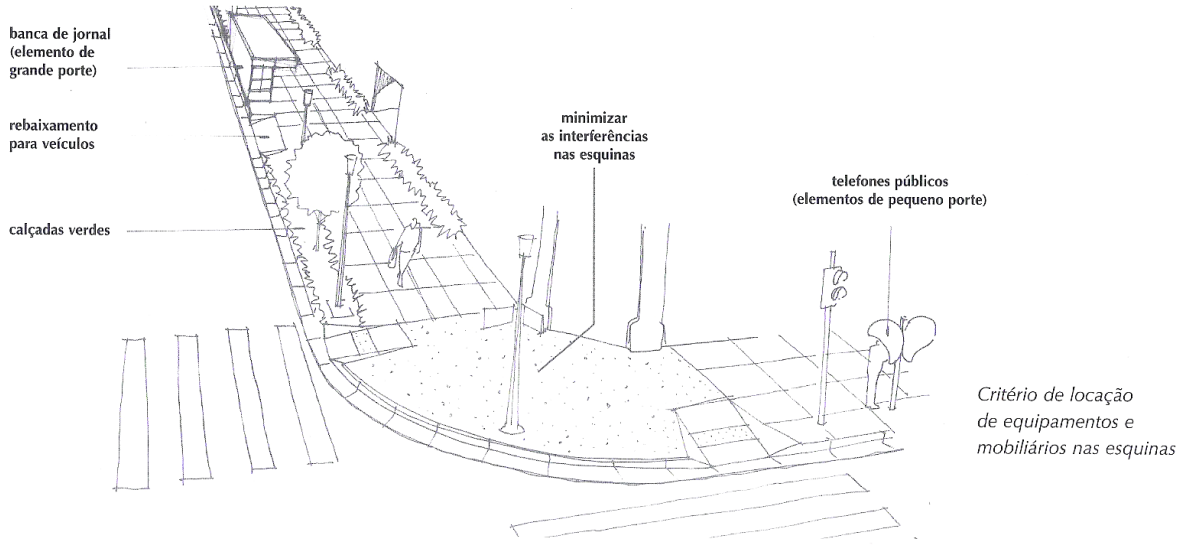



**Figura 03:** Esquina, faixa de travessias e critérios de locação de mobiliário. Fonte: Guia para mobilidade acessível em vias públicas, 2003.

## 3. MÉTODO UTILIZADO

Foram utilizados dois métodos para avaliar e mapear os níveis de acessibilidade da Rua de Santa Cruz. São eles:

- Método do check-list de avaliação pós-ocupação proposto pelo "Guia para Mobilidade Acessível em Vias Públicas", desenvolvido pela Secretaria da Habitação do Município de São Paulo (2003), que foi adaptado para a realidade da cidade do Recife/PE.
- Método do "Espectro da Acessibilidade" descrito em Baptista (2003). Para demonstrar os diferentes níveis de acessibilidade foram utilizadas cinco cores, onde "azul" foi utilizado para demonstrar plenas condições de acessibilidade e "vermelho" para uma péssima condição acessibilidade, de maneira a reconhecer locais que se configuram como barreiras arquitetônicas produzindo segregação.

## 4. PRINCIPAIS RESULTADOS OBTIDOS

Na Figura 04, encontra-se o check-list preenchido, que foi adaptado para as legislações da cidade do Recife, já que tinha sido desenvolvido para a cidade de São Paulo. A metodologia proposta informa 03 (três) opções de avaliação, quando preenchido "S" significa dizer que existe o item, "N" para não existe ou encontra-se em irregularidade e "NA" para não se aplica. O APO Check-list indicou a falta ou falha na implantação de dispositivos e infraestruturas que proporcionam a plena acessibilidade.

**ROTEIRO BÁSICO PARA VISTORIA**

CRITÉRIOS PARA AVALIAÇÃO DE ACESSIBILIDADE EM VIAS PÚBLICAS

1 - Piso
( S ) Piso regular e antiderrapante. Tipo do Piso: Piso Cimentício
( N ) Inclinação da Calçada até 3%

2 - Circulação Horizontal
( S ) Largura mínima de 1,2 m (N/A) Grelhas com vãos de até 1,5 cm
( S ) Postes de luz - Concessionária: Celpe
( S ) Boca de Lobo - Concessionária: Compesa
( S ) Tampas no passeio - Concessionária: Compesa

3 - Mobiliário Urbano
3.1 Telefones
(N ) Altura dos comandos entre 0,80m e 1,2 m
( N ) Piso tátil de alerta quando o volume superior é maior que o da base
( N ) Respeita a faixa livre mínima de 1,2 m
( S ) Tem indicação em Braille

3.2 Caixa de Correio, Lixeira e Floreira
( N) Altura dos comandos entre 0,80m e 1,2 m
( N ) Piso tátil de alerta quando o volume superior é maior que o da base
(N ) Piso tátil de alerta quando a altura é menor que 2,10 m
(N ) Respeita a faixa livre mínima de 1,2 m

3.3 Pontos de ônibus, Bancas de Jornal e Fiteiros
(N) Possibilitam faixa livre mínima de 1,20 m para circulação de pedestres

3.4 Semáforo Sonoro
Localizado entre a _____ x _____
(N) Possui dispositivo para acionamento por portadores de deficiência visual

4 - Estacionamento
Qtdade de Vagas: 0 Qtdade de Vagas Acessível: 0
(N/A) Faixa de circulação livre de 1,20 m (N/A) Sinalização vertical
(N/A) Rebaixamento de guia (N/A) Sinalização horizontal
(N/A) Estão localizadas próximas ao acesso principal do pólo de atração
(N/A) Dimensões de 2,30 x 5,50 m para vagas acessíveis

5 - Vegetação
( N) Existe vegetação com espinhos ou venenosa
(S ) As raízes danificam o passeio
( N ) É preservada a faixa livre de 1,20m para circulação de pedestres

6 - Guia Rebaixada
( N ) A rampa principal possui largura mínima de 1,20 m
(N ) As abas laterais possuem largura mínima de 0,50 m
(S ) Existe desnível entre o término da rampa e o greide da pista
( N ) Possui inclinação admissível
( S) Está situada junto à faixa de pedestres
( N ) As rampas estão alinhadas entre si nos lados opostos da via

6.1 - Piso Tatel
( S) Possui largura de 0,40 mm
( N ) Está localizado a 0,50 m do limite da guia no leito carroçável
( S ) Possui cor contrastante com o piso do seu entorno
(S) Está perpendicular à faixa de pedestres

**Figura 04:** Check-list - Guia para Mobilidade Acessível em vias Públicas (2003).

Na figura 05, apresenta o mapeamento do espectro da acessibilidade, uma avaliação subjetiva que indica as calçadas e travessias mais precárias através de um espectro de cores. O Espectro da Acessibilidade também informou, através do mapeamento, os baixos níveis de acessibilidade na Rua de Santa Cruz.




**Figura 05:** Espectro da Acessibilidade - Baptista (2003).

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através do presente estudo de apreensão da cidade constatou-se que o mesmo espaço pode apresentar diversos níveis de acessibilidade, podendo ser mais acessível a alguns usuários do que a outros. Percebendo que a acessibilidade urbana na Rua da Santa Cruz é precária, com rampas que prejudicam a drenagem de águas pluviais ou rebaixamento de meios-fios que reduzem a mobilidade de pedestres. Observando que poucos os lotes que possuem acessibilidade. Mesmo sendo uma área mista (habitacional e comercial), a Rua da Santa Cruz é repleta de os automóveis e caminhões de carga e descarga, que em dias e horários uteis ficam estacionados na calha viária, fator que prejudica a fluidez do trafego.

O estudo constatou que a Rua da Santa Cruz apresenta níveis de mobilidade insatisfatórios, podendo ser mais acessível a alguns do que a outros. É importante ressaltar que muitas das barreiras físicas encontradas foram resultados de incompatibilização de projetos, tais como: urbanismo, comunicação visual, iluminação pública, drenagem urbana, telefonia, elétrica, sinalização e outros.

Quanto ao trabalho de comparação dos métodos de APO, observou-se que os métodos utilizados possuem algumas falhas. O check-List (Guia de Mobilidade Acessível) apresenta

certo nível de generalidade, pois ele analisa a via em sua totalidade, não fazendo o parcelamento da análise por lotes. O parcelamento é importante, pois infelizmente as calçadas de cada lote costumam não apresentar padronização de soluções.

Outro fator observado é que o check-list não contém um dispositivo final que determine se a via é acessível e o seu nível de acessibilidade, já que a infraestrutura urbana da via pode proporcionar níveis diferenciados em alguns itens. Para suprir essa lacuna, sugere-se a utilização do Método do Espectro da Acessibilidade, que mesmo sendo subjetivo, apresenta-se como uma ferramenta eficaz na função de mapeamento, o que facilita a observação dos problemas.

## 6. RELATÓRIO FOTOGRÁFICO



Faixa livre com dimensão inferior ao exigido por norma.



Conflito entre Faixa Livre e Faixa de Mobiliário Estacionamento prejudicial ao pedestre



Rampa com dimensão inferior ao exigido por norma.



Conflito entre Faixa Livre e Faixa de Interferência dos Imóveis

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

AMORIM, E. S.; BAPTISTA, A. H. N. Diagnóstico da acessibilidade em estações do metrô da Região Metropolitana do Recife (METROREC). In: III Encontro Nacional de Ergonomia do Ambiente Construído, 2011, João Pessoa-PB. Anais ENEAC 2011. João Pessoa-PB: ABERGO, 2011.

AMORIM, E. S.; LIMA, E. V.; BAPTISTA, A. H. N. DIAGNÓSTICO DA ACESSIBILIDADE DA AVENIDA CONDE DA BOA VISTA EM RECIFE PERNAMBUCO. In: IV Encontro Nacional de Ergonomia do Ambiente Construído e V Seminário Brasileiro de Acessibilidade Integral, 2013, Florianópolis/SC. ENEAC2013, 2013

AMORIM, E. S.; BAPTISTA, A. H. N. DIAGNÓSTICO DA ACESSIBILIDADE DA AVENIDA GUARARAPES, EM RECIFE-PE. In: IV Encontro Nacional de Ergonomia do Ambiente Construído e V

Seminário Brasileiro de Acessibilidade Integral, 2013, Florianópolis/SC. ENEAC2013, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 9050; Acessibilidade de pessoas portadoras de deficiências a edificações, espaço, mobiliário e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

BAPTISTA, A. H. N. Procedimentos metodológicos para a avaliação da acessibilidade de estruturas de circulação de pedestre com vistas ao projeto de "antropovias". Recife: PPGEP/UFPE, 2003, 142p. (dissertação de mestrado, Engenharia de Produção).

BRASIL. LEI Nº 10.098, de 19 de dezembro de 2000

CAMBIAGHI, S Desenho Universal: Métodos e técnicas para arquitetos e urbanistas. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2007.

COMISSÃO PERMANENTE DE ACESSIBILIDADE – CPA. Guia para mobilidade acessível em vias públicas. São Paulo: PMSP, 2003

SEMOB. Programa Brasileiro de Acessibilidade Urbana – BRASIL ACESSÍVEL – Caderno 2. Brasil: SEMOB - Secretaria Nacional de Transporte e da Mobilidade, 2006.

---

Emanoel Silva de Amorim (emanoel.s.amorim@gmail.com)
Núcleo de Pós-graduação e Extensão, FAVENI – Faculdade Venda Nova do Imigrante
Av. Ângelo Altoé, 888 - Santa Cruz Venda Nova do Imigrante, ES, Brasil
Kássia Benevides Martins Gomes (k_benevides@hotmail.com)
Departamento de Pós-graduação, Faculdade de Ciências Humanas – ESUDA
R. Almeida Cunha, 100 - Santo Amaro, PE, Brasil

# UM ESTUDO DE CASO SOBRE O SISTEMA DE COLETA DE DADOS DA PNT 2016-2017

**Geraldo Xexéo**
**Eduardo Mangeli**
**Marcelo Areas**
Prog. de Eng. de Sistemas e Computação COPPE/UFRJ e Dep. de Ciência da Computação IM/UFRJ
**Fabrício Pereira**
Prog. de Eng. de Sistemas e Computação COPPE/UFRJ e Inst. Fed. do Espírito Santo - Campus Alegre
**Nilo Flávio Rosa Campos Júnior**
**Leonel Antonio da Rocha Teixeira Júnior**
**Leonardo Roberto Perim**
Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - DNIT

**RESUMO**
Este artigo descreve a infraestrutura tecnológica utilizada para realização da Pesquisa Nacional de Tráfego (PNT) 2016-2017 ou Pesquisa Nacional de Origem Destino (PNOD). Essas pesquisas, para o Plano Nacional de Contagem de Tráfego (PNCT) do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), serão realizadas em 300 postos espalhados pelo território nacional e estão previstas para ocorrer em quatro etapas em 2016 e 2017, sendo que, até maio de 2017, duas já foram executadas. Para realizá-las, cada posto possui uma infraestrutura de TI composta de Coletores de dados e um Concentrador de dados, além de um servidor central. O projeto exige tecnologia de ponta e simultaneamente apresenta fortes restrições de conectividade, devido a distribuição geográfica dos postos. Este artigo é um estudo de caso que apresenta a infraestrutura de software criada, suas principais características, decisões e impactos, servindo como relato de uma experiência que pode ser de grande valor para outros grupos que desejem realizar trabalhos semelhantes.

**ABSTRACT**
This article describes the technological infrastructure used to carry out the National Traffic Survey (PNT) 2016-2017 or National Survey Origin and Destination (PNOD). The traffic surveys for the National Traffic Counting Plan (PNCT) are carried out in up to 300 stations spread throughout the country and are scheduled to occur in four distinct stages in 2016 and 2017, being that, until May 2017, two have already been performed. To perform this research, each station has an IT infrastructure composed of data collectors and a data concentrator, in addition to a central server. The project requires state-of-the-art technology and simultaneously presents strong connectivity restrictions, due to the geographical distribution of the stations. This article is a case study that presents the created software infrastructure, its main characteristics, decisions and impacts, serving as an account of an experience that may be of great value to other groups wishing to perform similar work.

## 1. INTRODUÇÃO

A contagem nacional de tráfego começou a ser feita no Brasil em 1975. Atualmente conta com dois processos distintos: a contagem de tráfego permanente, realizada por meio de equipamentos eletrônicos, e a pesquisa origem destino, uma grande operação realizada por meio de um Termo de Execução Descentralizada com a Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e o Comando de Operações Terrestres (COTER) do Exército Brasileiro (EB), quando os dados são obtidos por meio de entrevistas estruturadas e contagem manual (DNIT, 2017).

A Pesquisa Nacional de Tráfego 2016-2017 (PNT) para o Plano Nacional de Contagem de Tráfego (PNCT), será realizada em 300 postos espalhados pelo território nacional e está prevista para ocorrer em quatro etapas distintas em 2016 e 2017. A primeira e segunda etapas da pesquisa, já foram realizadas em 2016. Desse processo participam várias equipes, em especial do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), do Comando de Operações

Terrestres (COTER) do Exército Brasileiro e o Instituto Luiz Alberto Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa da Universidade Federal do Rio de Janeiro (COPPE UFRJ).

Para executar as etapas, com duração de sete dias de pesquisa em campo cada uma, consistindo de contagens volumétricas e classificatórias dos veículos (CVC) e entrevistas socioeconômicas com identificação de origem e destino (OD), é necessário planejar detalhadamente todas as atividades envolvidas no projeto. Umas das principais atribuições da equipe de TI da UFRJ, é o desenvolvimento de software destinado a coleta de dados nos postos. Isso se consolida no projeto de dois sistemas, o **Coletor** de Dados e o **Concentrador** de Dados, de acordo com especificação preliminar baseada em experiência anterior de coleta de dados na PNT 2011 e em fatores da realidade brasileira.

Este artigo é um Estudo de Caso que descreve requisitos e restrições impostas a esse projeto, seus riscos, as decisões tomadas para o software e os impactos das mesmas na execução. Descreve, também, a experiência da equipe para atender as demandas de software geradas pelo projeto. O principal resultado deve ser visto como um conjunto de lições aprendidas que devem ser levadas em conta na realização de projetos semelhantes de coleta de dados de tráfego em grande escala.

## 2. A PNT 2016-2017

Basicamente podemos dividir cada etapa em três partes: preparação, execução e consolidação. Entre as atividades de preparação se inclui o desenvolvimento de software, treinamento das equipes e todo o planejamento logístico. O maior esforço está concentrado na execução, com mais de 2000 homens, em sua grande parte militares, distribuídos em todo país. Finalmente a consolidação dos resultados envolve principalmente a equipe técnica e pesquisadores.

A execução da primeira etapa exigiu 60 postos, cada um com um mínimo de 39 militares, e ainda com o apoio da Polícia Rodoviária Federal. A pesquisa CVC é realizada 24 horas por dia, em 3 turnos de 8 horas, enquanto que a pesquisa OD, que exige a parada do veículo, é realizada em 2 turnos de 6 horas, completando 12 horas. As pesquisas OD são realizadas com uso de um aparelho Coletor, um tablet executando iOS, que deve ter seus dados transferidos para um notebook. O software Coletor impede que dados errados sejam inseridos pelos operadores. As contagens volumétricas (CVC) são registradas em um formulário de papel e depois digitadas em um notebook específico que possui o software Concentrador instalado. A cada dia, quando as pesquisas OD chegam ao fim, o chefe do posto conecta o notebook a internet e transfere ambas as pesquisas para o servidor, onde serão validadas novamente pelo software.

Durante a sua realização, toda a pesquisa é monitorada por uma equipe de pesquisadores, que verificam tanto a qualidade dos dados obtidos quanto o desempenho das equipes, buscando identificar eventuais desvios.

## 3. OS REQUISITOS DO SISTEMA DE COLETA DE DADOS

Nesta seção apresentamos uma visão geral dos requisitos e restrições que foram apresentadas a equipe de desenvolvimento no início do projeto.

O sistema de coleta de dados foi especificado com os seguintes componentes:

1. Um Coletor de dados para apoiar a entrevista origem-destino, funcionando como um formulário eletrônico com validação de dados (cada posto possui entre 6 e 12).

2. Um Concentrador de dados que cumpre duas finalidades: a digitação de formulários da contagem veicular classificatório e a recepção dos dados dos Coletores para posterior envio ao servidor. Cada posto possui um Concentrador.
3. Um servidor que recebe os dados enviados pelo Concentrador. Esse servidor é único e não é tratado neste artigo.

Tendo em vista a grande estabilidade dos requisitos da pesquisa, planejada anteriormente e com a qual a equipe responsável pela coordenação possui experiência, o processo de especificação foi de baixo risco e gerou poucos problemas.

Por questões além do controle do projeto, a equipe de desenvolvimento só pode ser montada quando o prazo de desenvolvimento já era muito curto. Isso motivou a tomada de decisões iniciais relacionadas a arquitetura do projeto e ao processo de desenvolvimento que serão detalhadas mais adiante.

A versão do sistema operacional iOS disponível mudou algumas vezes durante o desenvolvimento do sistema. Quanto ao sistema operacional dos notebooks, em que foi instalado o software Coletor, foram utilizados equipamentos que contavam com o sistema operacional Windows 7 previamente instalado, o qual não sofreu atualizações durante o processo de coleta dos dados. Contudo, alguns equipamentos fizeram uso da versão de 32 bits do sistema operacional, enquanto outros utilizaram a versão de 64 bits. Esse fato exigiu que o empacotamento do sistema e a confecção do seu instalador fosse compatível com ambas as versões. No campo ainda foi usado um computador usando macOS.

A transmissão de dados até o servidor central foi outro ponto que mereceu atenção. Devido a inexistência de conexão permanente à internet, aliada à esperada precariedade da qualidade de algumas conexões, foram projetadas camadas intermediárias de armazenamento de dados para garantir sua consistência, além de servirem como contingência no caso de alguma falha.

## 4. DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE COLETA DE DADOS

O sistema de coleta de dados tratado neste artigo é composto por dois conjuntos distintos de hardware e software, chamados de **Concentrador** de Dados e **Coletor** de Dados. As definições acerca do hardware de cada um dos sistemas foram realizadas em uma fase do projeto anterior ao planejamento da arquitetura dos componentes de software desses sistemas. Assim, todas as fases do desenvolvimento do software consideraram o comprometimento da utilização do hardware definido de antemão. Nesta seção, trataremos do software relativo aos sistemas Coletor e Concentrador.

A figura 1 mostra uma representação esquemática dos componentes funcionais do sistema Coletor organizados em *camadas*. Essa representação apresenta a organização lógica projetada para o sistema, além seus principais componentes e tecnologias.

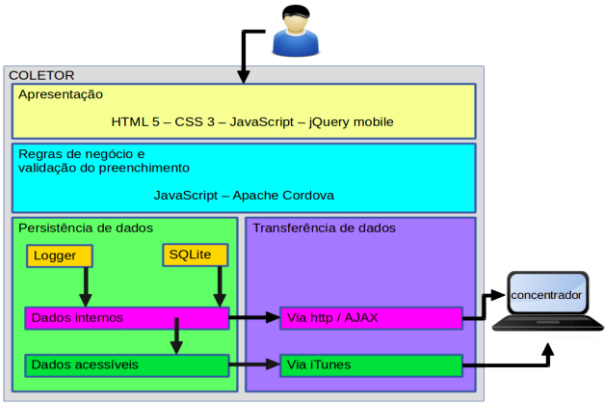



Figura 1. Representação esquemática do sistema coletor

A camada de apresentação foi desenvolvida com a utilização de linguagens e tecnologias comuns ao desenvolvimento de aplicações para internet (Pilgrim, 2010), a saber: HTML 5, CSS 3, JavaScript, JQuery e JQuery mobile. Essa é a camada projetada para ser responsável pelas interações com do usuário considerando a entrada de dados de pesquisa e a exibição de informações relevantes, como alertas e mensagens de erro. Também possui a incumbência de exibir comandos de operação do sistema, como os comandos responsáveis pela exportação de dados.

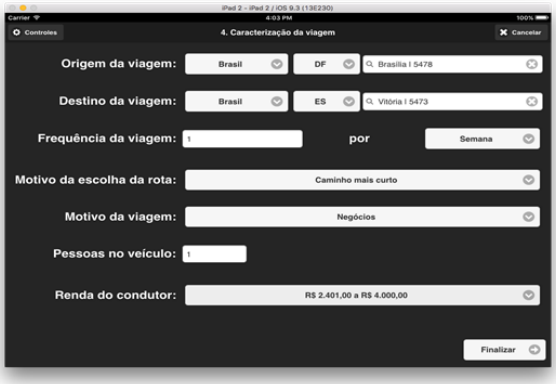



Figura 2. Reprodução de formulário do sistema Coletor

Na camada de persistência de dados, foram organizados logicamente dois componentes destinados ao tratamento e armazenamento dos dados informados pelo operador do sistema: um motor de banco de dados para dispositivos embarcados SQLite (Owens & Allen, 2010) e um log de eventos em arquivos texto.

Considerando as peculiaridades do sistema de arquivos e permissões do sistema operacional iOS, todos os dados registrados pelo Coletor, tanto os oriundos do preenchimento dos formulários quanto os dados de operação do sistema, foram registrados em duas áreas distintas do sistema de arquivos. Os dados da área interna são restritos à aplicação. Para efetuar a transferência dos dados para o sistema Concentrador, esses são transferidos para uma área acessível ao sistema de transferência de dados do próprio fabricante do equipamento (iTunes).

Uma representação dos componentes funcionais do sistema Concentrador pode ser observada na figura 3. Esse modelo guarda similaridade semântica com o exibido para exemplificação do sistema Coletor. Entretanto, o desenvolvimento desse sistema empregou tecnologias distintas, objetivando sua adequação ao Windows.

Empregou-se um conjunto de tecnologias relacionadas a linguagem de programação Java no desenvolvimento do sistema Concentrador. Assim, a camada de apresentação foi desenvolvida com a utilização do framework Swing (Arnold, Gosling, & Holmes, 2005). A figura 4 reproduz uma tela da interface desenvolvida para a entrada de dados relativos às pesquisas CVC.

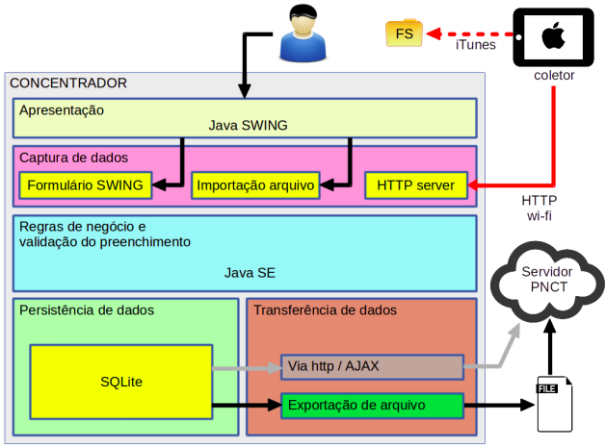



Figura 3. Representação esquemática do sistema Concentrador

A camada de captura de dados, exibida na Figura 3 (Representação Concentrador), engloba os componentes projetados tanto para a entrada de dados efetuada pelo usuário quanto para a aquisição de dados oriundos de outros meios.

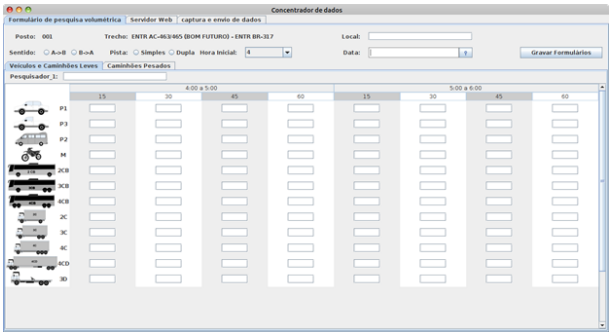


Figura 4. Reprodução de formulário do sistema Concentrador

A camada de regras de negócio do Concentrador foi implementada em Java. A camada de persistência de dados adota o sistema de banco de dados SQLite.

A camada de transferência de dados apresenta os componentes projetados para a transferência dos dados já armazenados no Concentrador para o servidor central. A transferência direta, por via do protocolo HTTP, foi descartada em virtude das restrições de acesso à internet já mencionadas anteriormente. Assim, o processo de envio de dados implantado baseou-se na exportação de um arquivo contendo os dados armazenados para o notebook. A organização dos dados desse arquivo, composto no formato JSON (Crockford, 2006) e depois compactado, foi

desenvolvida de acordo com as especificações do servidor central e restrições de conexão.

## 5. DECISÕES IMPORTANTES E SEUS IMPACTOS

As características e restrições iniciais do projeto motivaram um conjunto de decisões tomadas especificamente no sentido de viabilizar o desenvolvimento do sistema, com o conjunto de ferramentas e tecnologias disponível e conhecido, no prazo necessário. Por conseguinte, o projeto arquitetural do sistema, as tecnologias envolvidas e a própria metodologia do processo de desenvolvimento foram planejados considerando esses condicionantes.

### 5.1 A Arquitetura do Sistema

Apesar de poderem ser vistos como conjuntos distintos de software e hardware, durante as fases de planejamento e desenvolvimento, Coletor e Concentrador foram sempre considerados um sistema único, cujos componentes precisam operar de maneira harmoniosa. O projeto dos sistemas, portanto, valorizou a utilização de componentes e tecnologias reputadamente sólidos e de ampla divulgação. A comunicação, a persistência e a troca de dados foram implantadas usando tecnologias similares em ambos os sistemas. A separação da camada funcional de apresentação, que também ocorreu em ambos os sistemas, foi uma decisão tomada para facilitar a fragmentação das tarefas, e a conseguinte distribuição entre os membros da equipe, do desenvolvimento.

A facilidade de instalação e distribuição dos sistemas também foi considerada durante o projeto arquitetural. Em relação ao Coletor de dados, o processo de instalação é rigorosamente especificado pelo desenvolvedor do sistema operacional. Nesse aspecto, então, não houve grande margem para decisões. No tocante ao Concentrador, no entanto, o processo de distribuição foi concebido para ser o mais simples possível, de modo que todos os componentes do sistema fossem instalados de forma fácil, mesmo pelo usuário final.

Contando com a restrição de acesso à internet, todo o controle de acesso e registro dos dados coletados nas pesquisas OD e CVC, assim como os dados de operação do sistema, foram planejados para serem realizados localmente; sem a necessidade de conexão em rede, ou servidores de autenticação, ou servidores de aplicação.

### 5.2 A Tecnologia de Implementação

A seleção das tecnologias utilizadas no desenvolvimento dos sistemas foi realizada em observância aos condicionantes e restrições do projeto. Em especial, podemos citar a familiaridade da equipe de desenvolvimento, a facilidade de desenvolvimento em plataformas computacionais e sistemas operacionais distintos, assim como a segurança da guarda dos dados coletados.

O *framework* Apache Cordova, utilizado na implementação do Coletor, permite o desenvolvimento de uma aplicação voltada à dispositivos móveis independente da plataforma alvo (Wargo, 2015). A utilização desse *framework* permitiu um rápido início do desenvolvimento do sistema Coletor sem impactos relacionados ao acesso ao hardware alvo específico do desenvolvimento. Além disso, a grande quantidade disponível de sólidos componentes compatíveis, desenvolvidos e testados, de código livre foi uma grande facilitadora do desenvolvimento.

Planejada como uma aplicação autocontida, o sistema Concentrador também fez uso de componentes de código aberto no seu desenvolvimento. Nesse caso, foi escolhida a linguagem de programação Java. O software é distribuído com um simples instalador, que permite a instalação de todos os componentes necessários com apenas um clique de mouse.

Tanto o Concentrador quanto Coletor possuem como componente para armazenamento de dados um sistema de banco de dados embarcado SQLite. Ainda que desenvolvidos com tecnologias diferentes, ambos os sistemas trocam dados usando um formato comum de arquivo, que pode ser consultado com o uso de outras ferramentas voltadas à realização de operações comuns em bancos de dados, como a realização de consultas SQL. O uso desse componente teve como objetivo principal garantir a segurança dos dados coletados.

Um outro exemplo de tecnologia compartilhada entre o Concentrador e o Coletor é o formato de dados JSON. Ele é utilizado internamente pelas duas aplicações. A utilização do mesmo formato para manipular estruturas de dados nos dois sistemas facilitou o livre trânsito dos membros da equipe de desenvolvimento entre as tarefas.

Apesar da ampla gama de componentes disponíveis, algumas necessidades do projeto precisaram ser atendidas com o desenvolvimento de componentes específicos. Por exemplo, o projeto dos sistemas previa o registro das operações em arquivos texto. No caso do Concentrador, esse registro visa, principalmente, a recuperação de estados que tenham ocasionado algum erro em tempo de execução da aplicação. Já no caso do Coletor, o registro das operações foi planejado para, além de servir de subsídio para a solução de erros, funcionar como mais uma instância da persistência dos dados coletados. Nenhuma das alternativas encontradas durante a pesquisa por componentes para essa funcionalidade pareceu adequada à utilização no desenvolvimento do Coletor. Desenvolveu-se, então, um componente para esse fim com a utilização de javascript e a API HTML 5 para gravação de arquivos.

### 5.3 Ferramentas de Gerência de Projeto

Como os membros da equipe estavam distribuídos, não obrigatoriamente co-localizados, e com livre trânsito entre tarefas de desenvolvimento e testes, optou-se pela utilização de algumas ferramentas para auxiliar a gerência e acompanhamento de forma ágil (Martin, 2002). A primeira escolha foi o uso do GitHub, uma plataforma online para hospedagem de código para controle de versão e colaboração (Dabbish, Stuart, Tsay, & Herbsleb, 2012). Visando a macrogestão, as necessidades do projeto foram atendidas pelo Waffle, uma ferramenta para gestão automatizada de projetos que segue o Kanban e é integrada ao GitHub.

## 6. OS RISCOS DO PROJETO, MITIGAÇÃO E IMPACTOS

Um dos principais fatores de risco do projeto foi o curto prazo destinado ao desenvolvimento do sistema, uma forte causa de risco em projetos (McConnel, 1996). O fato de os requisitos funcionais serem altamente estáveis contribui para sua mitigação. Mesmo assim, algumas decisões foram tomadas para atender esse risco, tendo impacto em outras questões do projeto:

1. A equipe foi montada com pessoal altamente qualificado, sendo inicialmente formada por três mestres em Engenharia de Sistemas e Computação cursando o doutorado na COPPE.
2. A tecnologia de desenvolvimento escolhida era de conhecimento de todos, não exigindo treinamento, e permitia a fácil seleção de outros profissionais. Sendo uma tecnologia multiplataforma, poderia ser usada mesmo com mudanças de hardware e software no

sistema adotado para a pesquisa. Em contrapartida, foi abandonada a opção de desenvolver em uma linguagem nativa, pois essas são muito sensíveis a mudança de sistema operacional e, claramente, totalmente dependentes do hardware.

Essa decisão se mostrou acertada no sentido de velocidade de desenvolvimento e capacidade de se adaptar a mudanças no sistema operacional. Como impacto secundário, e negativo, o uso de uma camada intermediária exigiu esforços maiores na otimização da velocidade do sistema.

Outro forte fator de risco levado em conta no projeto foi o requisito que nenhum dado poderia ser perdido. Esse requisito se tornava mais importante porque tanto o hardware do Coletor muitas vezes seria operado fora de suas especificações normais, devido a questões de temperatura ambiente nos postos, quanto estava sujeito a quedas e outros incidentes. Dessa forma, todo um esquema de redundância de dados foi criado para permitir que os dados fossem recuperados mesmo em aparelhos que apresentassem alguns tipos de defeito. Apesar de alguns defeitos aparecerem, normalmente em condições não planejadas de operação, apenas um aparelho teve os dados perdidos, basicamente por ter sofrido perda total em um incidente.

## 7. CONCLUSÕES

A criação de todo o software em uma plataforma independente de máquina ou sistema operacional se mostrou a decisão tomada mais importante. Essa decisão é questionada a cada etapa, pois entre as etapas há a oportunidade de recriar o software em versão nativa. Aparentemente, se tudo desse certo, essa seria uma opção melhor, porém, na realidade complexa do projeto, se mostrou mais acertado usar uma plataforma intermediária para o desenvolvimento. As principais vantagens foram a maior facilidade de obter desenvolvedores quando necessário e a capacidade de misturar aparelhos de versões diferentes de sistemas operacionais e tamanho de tela, sem necessidade de modificação de software. A longo prazo, o software poderá ser reutilizado mesmo que tablets Android passem a fazer parte da pesquisa.

A característica independente da infraestrutura de software demonstrou adequada à complexidade do projeto permitindo que decisões para solução de problemas fossem replicadas e implementadas dando suporte na aprendizagem do processo e aperfeiçoamento das fases posteriores. A infraestrutura de software desenvolvida pode ser aplicável em outros trabalhos de pesquisa que envolva coleta de dados com restrições semelhantes considerando não só a distribuições geográficas dos coletores, bem como a diversidade dos responsáveis em conduzir as entrevistas.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Dnit – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (2017), *PNCT*. Disponível em: <http://servicos.dnit.gov.br/dadospnct> Acesso em: 31/05/2017.

McConnel, S(1996) Rapid development: taming wild software schedules. Pearson Education

Wargo, J. M. (2015). Apache Cordova 4 Programming. Pearson Education.

Arnold, K., Gosling, J., & Holmes, D. (2005). The Java programming language. Addison Wesley Professional.

Pilgrim, M. (2010). HTML5: Up and Running: Dive into the Future of Web Development. " O'Reilly Media, Inc.".

Owens, M., & Allen, G. (2010). SQLite. Apress LP.

Crockford, D. (2006). The application/json media type for javascript object notation (json).

Martin, R. C. (2002). Agile software development: principles, patterns, and practices. Prentice Hall.

Dabbish, L., Stuart, C., Tsay, J., & Herbsleb, J. (2012, February). Social coding in GitHub: transparency and collaboration in an open software repository. In Proceedings of the ACM 2012 conference on Computer Supported Cooperative Work (pp. 1277-1286). ACM.

# ANÁLISE DA ACESSIBILIDADE A INSTITUIÇÕES DE ENSINO SUPERIOR: ESTUDO COMPARATIVO ENTRE INSTITUIÇÕES PÚBLICA E PRIVADA DE BRASÍLIA

**Ana Débora de Melo Oliveira**
**Ana Paula Borba Gonçalves Barros**
Centro Universitário de Brasília
Faculdade de Tecnologia e Ciências Aplicadas - FATECS

**RESUMO**
Na sociedade contemporânea, o estudo de acessibilidade é necessário para garantir a igualdade e dignidade de todos os indivíduos que utilizam o espaço urbano. Tomando como base essa necessidade, este trabalho tem por finalidade realizar um estudo comparativo entre o acesso a uma instituição de ensino pública e uma privada, tendo em vista a NBR 9050/2015. O foco do projeto é a análise e avaliação de calçadas e travessias para pedestres, através da utilização de um *checklist* criado segundo o descrito na norma. Com os resultados obtidos, é possível verificar que ambas as instituições possuem irregularidades em seus acessos, especialmente nas áreas de sinalização e manutenção de calçadas. Assim, para que seja alcançado um patamar de igualdade de acesso mais próximo ao ideal, faz-se necessário o investimento na ampliação e implantação de sinalização e na adequação dos ambientes, com a reforma das calçadas, rampas e faixas de pedestres.

## 1. INTRODUÇÃO

Acessibilidade é um tema discutido cada vez mais frequentemente em diversas áreas de conhecimento, como arquitetura, engenharia e direito. A própria Constituição Federal aborda o tema em seu artigo 5º, ao garantir o direito à livre locomoção e ao acesso. No Brasil, no entanto, esse direito nem sempre pode ser exercido, pois muitas vezes inexiste acessibilidade. Para adequar os ambientes públicos a um padrão que visa à criação de ambientes livres de barreiras e de fácil utilização para qualquer tipo de pessoa, foi estabelecida a NBR 9050, cuja última revisão foi realizada em 2015.

Segundo dados do IBGE (2015), em parceria com o Ministério da Saúde, 6,2% da população brasileira tem algum tipo de deficiência. O estudo considera quatro tipos de deficiência: auditiva, visual, física e intelectual, sendo que a mais representativa é a visual (3,6%), seguida de física (1,3%), auditiva (1,1%) e intelectual (0,8%). No grupo de pessoas com deficiência física, quase metade tem grau intenso ou muito intenso de limitações. Além disso, há também as pessoas com incapacitações, que necessitam de ambientes acessíveis para se locomover com liberdade e independência.

No Brasil, têm sido feitas tentativas no sentido de tornar o ambiente de ensino superior mais acessível a pessoas com deficiência (PCD). O direito a cotas para deficientes em universidades federais, por exemplo, está previsto no Projeto de Lei do Senador Cássio Cunha Lima (PSDB-PB). Esse PL inclui as PCD entre os beneficiários da Lei 12.711/2012 (Agência Senado, 2015). Outro exemplo é a criação de ambientes especiais para pessoas com deficiência, como a Biblioteca Digital e Sonora (BDS), desenvolvida em 2008 pelo Programa de Apoio às Pessoas com Necessidades Especiais da UnB e pela Biblioteca Central. Além disso, já foram produzidos diversos trabalhos sobre a problemática da acessibilidade, a exemplo de Bernal e Ferreira (2015), que propuseram uma metodologia de avaliação envolvendo o Índice de Qualidade de Calçadas (Ferreira e Sanches, 2001) e questionários para cadeirantes.

No entanto, mesmo com tais políticas inclusivas que têm sido adotadas internamente nos

centros universitários, um problema externo ainda se faz presente em diversos locais de Brasília: a falta de acessibilidade nos acessos às universidades. Conforme mostra notícia da Secretaria de Comunicação da UnB (SECOM, 2010), falta de rampas, calçadas quebradas, pisos irregulares e buracos são empecilhos para que as PCD tenham o seu acesso facilitado ao ambiente de ensino superior.

Assim, o presente trabalho trata da análise e da avaliação dos pontos de acessos existentes em dois centros universitários da Capital Federal, a Universidade de Brasília (UnB) e o Centro Universitário de Brasília (UniCEUB), relativamente às questões de acessibilidade previstas na NBR 9050 (2015). Para tanto, foram observadas as dificuldades de locomoção encontradas nos percursos de portadores de deficiência ou de incapacitação, que necessitam de cadeira de rodas para se locomover ou possuem deficiência visual.

## 2. CARACTERIZAÇÃO DAS ÀREAS DE PESQUISA

Para realizar a análise comparativa do acesso às instituições de ensino focalizadas neste trabalho, foram verificadas as áreas adjacentes ao Instituto Central de Ciências da Universidade de Brasília (ICC) e ao UniCEUB da Asa Norte (aproximadamente 130.000 m², considerando a soma das áreas de analisadas com as áreas internas de cada instituição). Nesses locais, circulam diariamente entre dez e quinze mil pessoas, respectivamente (dados obtidos no portal da UnB e da Central de Atendimento do UniCEUB).

Deste modo, levando em consideração a grande quantidade de indivíduos que transita pelas áreas analisadas, faz-se necessária a adequação dos espaços a um padrão que permita maior acessibilidade aos locais.

### 2.1. Instituto Central de Ciências da Universidade de Brasília

O ICC é dividido em três alas (norte, central e sul) e nos blocos A, B e C, sendo que os dois primeiros possuem três pisos. Trata-se de área aberta ao público, sem limitação de entrada, catracas etc. Segundo dados do portal da UnB, como o principal prédio acadêmico da Universidade de Brasília, o ICC comporta cerca de 50% da atividade acadêmica da Universidade.

Para avaliação dos acessos ao Instituto Central de Ciências (ICC), a área foi dividida em quatro territórios: norte, sul, leste e oeste (Figura 1). As circunferências vermelhas na Figura 1 demarcam os acessos ao ICC considerados principais para os fins desta pesquisa, ou seja, os mais utilizados por estudantes, funcionários e visitantes da área. Ainda, os polígonos vermelhos demarcam a extensão dos territórios analisados na área de estudo adotada, ao redor do (ICC) da UNB.

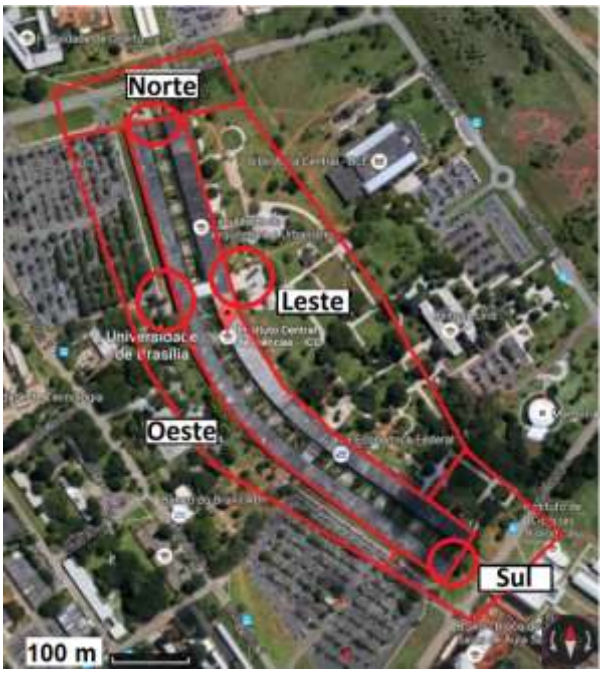



**Figura 1:** Demarcação da área e acessos analisados no ICC/UnB

## 2.2. Centro Universitário de Brasília

O UniCEUB da Asa Norte é dividido em 11 blocos, mas o bloco 11 não foi analisado neste projeto, por estar localizado em área separada dos demais. A instituição possui quatro entradas com catracas, sendo três delas com acesso para PCD. Conforme dados obtidos na Central de Atendimento do UniCEUB, das quase 15.000 (quinze mil) pessoas que circulam diariamente pela instituição de ensino, cerca de 12.306 (doze mil trezentos e seis) são alunos. Ademais, segundo dados fornecidos pela Assessoria de Extensão, 11 (onze) alunos com deficiência física e 8 (oito) alunos com deficiência visual são assistidos pelo Núcleo de Apoio ao Discente (NAD) da instituição. Para avaliação dos acessos ao Centro Universitário de Brasília, a área foi dividida em quatro territórios de acordo com a proximidade com os quatro acessos principais da instituição (Figura 2).




**Figura 2:** Numeração dos acessos principais e demarcação de áreas analisadas no UniCEUB

## 3. AVALIAÇÃO E ANÁLISE DAS ÁREAS DE PESQUISA

### 3.1. Instrumento de avaliação dos acessos

Tomando como base o estabelecido pela NBR 9050/2015, foi desenvolvido o instrumento de avaliação estilo *checklist*, utilizado para analisar as áreas de acesso ao campus do UniCEUB e ao ICC da UnB. O instrumento de avaliação foi formulado com 25 itens pertinentes aos seguintes tópicos: calçada (itens 1 a 7), sinalização (itens 8 a 15), obstáculos (itens 16 a 24) e acesso (item 25). Para cada item foi levantado se a área de acesso estava de acordo ou não com o previsto na NBR 9050/2015.

1. Largura da faixa livre ≥ 1,20 m?
2. A faixa livre possui obstáculos?
3. Calçamento é antiderrapante?
4. Há desníveis maiores que cinco mm?
5. Há rebaixamento de calçadas na direção do fluxo da travessia de pedestres com inclinação adequada?
6. Há rebaixamento total de calçadas, redução de percurso ou faixa elevada para travessia em calçadas estreitas, com menos de 1,20 m de largura?
7. Há descontinuidade no calçamento?
8. Há sinalização tátil e visual de alerta indicando travessia de pedestres?
9. Há sinalização tátil e visual de alerta indicando início e fim de degraus, escadas e rampas?
10. Há sinalização tátil e visual de alerta indicando mobiliário de risco a deficientes visuais?
11. Há sinalização tátil e visual direcional indicando caminhos de circulação preferencial?
12. Piso tátil direcional conecta guias rebaixadas?
13. Semáforos possuem sinalização sonora?
14. Semáforos possuem dispositivo de acionamento manual entre 0,80 e 1,20 m a partir do piso?
15. Há sinalização indicando obras na calçada?
16. Grelhas e juntas de dilatação estão fora do fluxo principal de circulação?
17. Existem grelhas e juntas de dilatação com dimensões maiores que 15 mm localizadas no fluxo principal de circulação?
18. Tampas estão niveladas com piso adjacente?
19. Postes de iluminação/sinalização permitem faixa livre de passagem (1,20 m)?
20. Obstáculos estão localizados entre 0,60 m e 2,10 m de altura?
21. Há lixeiras e contentores para reciclados na faixa livre de circulação?
22. Há vegetação interferindo nas rotas acessíveis e área de circulação de pedestres?
23. Há obras interferindo na largura mínima da faixa livre de passagem (1,20 m)?
24. Verifica-se interferência de veículos estacionados com a faixa livre de circulação?
25. Verifica-se a presença de rampa de acesso com inclinação adequada?

### 3.2. Pesquisa de campo

Utilizando os itens do instrumento de avaliação, foi realizada a pesquisa de campo nas áreas definidas em cada instituição de ensino, sendo contabilizadas as irregularidades encontradas em cada acesso. Também foram capturadas imagens fotográficas dos locais, a fim de comprovar e demonstrar as irregularidades encontradas, como a Figura 3 (A, B).

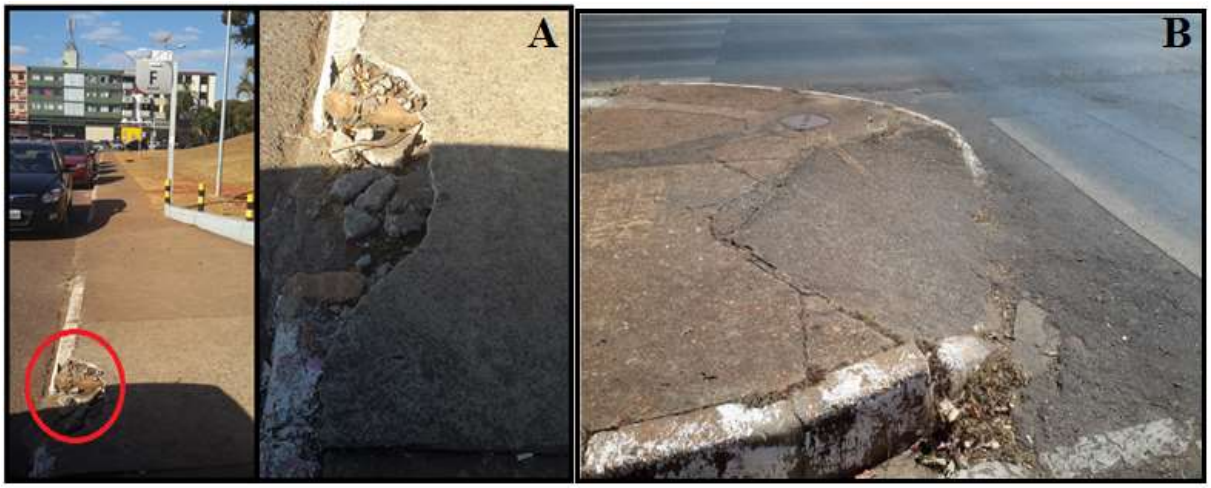



**Figura 3:** Calçamento com buraco não sinalizado (A) e rampa com dimensões e inclinações irregulares (B)

### 3.3. Tabela de resultados e legenda de cores

Após o desenvolvimento do instrumento de avaliação e a pesquisa de campo, foi elaborado modelo de tabela para indicar a quantidade de irregularidades encontradas em cada instituição de ensino, bem como, verificar se há semelhanças ou diferenças entre o grau de acessibilidade entre as instituições.

A 1ª coluna da tabela possui a numeração relativa às 25 questões abordadas no *checklist*, enquanto a primeira linha foi enumerada conforme os acessos adotados para avaliação dos espaços. O preenchimento da tabela foi realizado utilizando as legendas de cores como mostrado na Tabela 1, sendo a cor amarela a representante da melhor situação, onde não há inconformidades, seguida da cor laranja, que caracteriza até duas inconformidades e, por fim, a cor vermelha, que identifica três ou mais inconformidades. Já a cor roxa foi utilizada para representar situações de impossibilidade de avaliação, devido à inexistência do item julgado.

**Tabela 1:** Legenda de cores das tabelas de resultados

| LEGENDA | |
|---|---|
| | Nenhuma inconformidade |
| | Até duas inconformidades |
| | Três ou mais inconformidades |
| | Avaliação Prejudicada |

## 4. RESULTADOS E ANÁLISE

Com o levantamento de campo e o preenchimento do *checklist* e da tabela de resultados, foi possível montar o gráfico da Figura 4, comparando a quantidade de inconformidades encontradas nas instituições de ensino analisadas. É possível verificar que o UniCEUB possui maior quantidade de itens com 3 ou mais inconformidades do que a UnB. Por outro lado, as quantidades de itens com até duas inconformidades e com nenhuma inconformidade são quase iguais nas duas instituições. A diferença maior é encontrada na quantidade de itens com avaliação prejudicada encontrada no ICC, que foi 2,8 vezes maior que no UniCEUB.

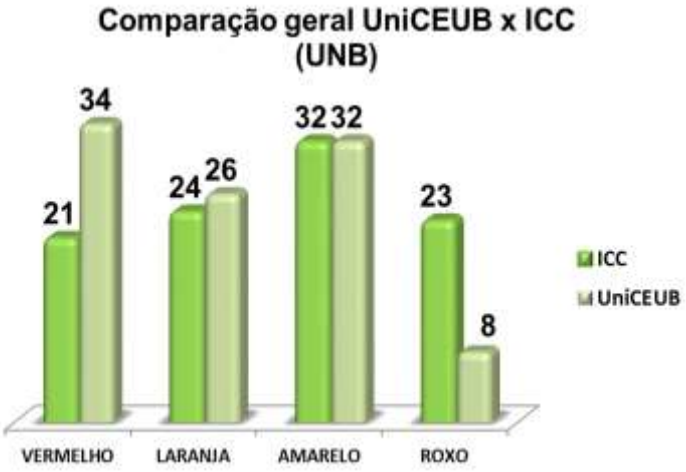



**Figura 4:** Gráfico comparativo entre as instituições de ensino

Já as figuras 5 e 6 mostram os gráficos comparativos entre as instituições, por tópico adotado no *checklist*. Observando a figura 5A, é possível perceber no tópico "Calçada" que a instituição de ensino particular é a que possui maior percentagem de itens com duas ou mais irregularidades, enquanto a pública possui maiores percentuais de itens sem irregularidades ou com avaliação prejudicada.

Por sua vez, a figura 5B, relacionada ao tópico "Sinalização", mostra grande diferença na quantidade de irregularidades encontradas entre as áreas de acesso ao UniCEUB e à UNB. Tal diferença ocorre, em grande parte, porque os acessos leste e oeste do ICC não possuem travessia de pedestres ou vias para avaliação, apenas calçadas, diferentemente do UniCEUB que possui vias para serem avaliadas em seus quatro acessos. Assim sendo, não é possível afirmar que o acesso à instituição particular é pior do que o acesso à instituição pública, por estarem inseridos em diferentes contextos urbanos.

A figura 6A, referente ao tópico "Obstáculos", mostra maior percentual de itens com três ou mais irregularidades nos acessos à instituição de ensino pública, enquanto na instituição de ensino particular foi encontrado maior percentual de itens amarelos (sem irregularidades).

Por fim, como mostrado pela figura 6B, no tópico "Acesso", enquanto ambas as instituições mostraram percentuais de irregularidades iguais nos itens marcados em vermelho (três ou mais inconformidades), houve 15% de diferença nos itens marcados em laranja (até duas inconformidades).

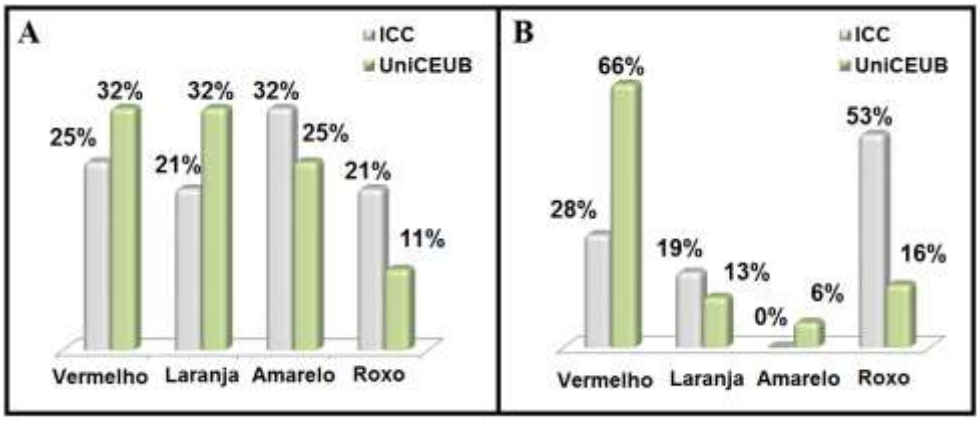



**Figura 5:** Comparação entre instituições: (A) Calçada; (B) Sinalização

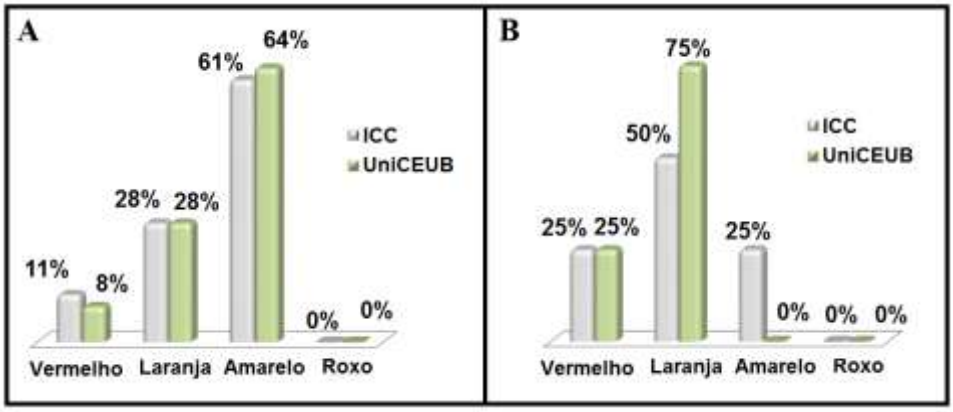



**Figura 6:** Comparação entre instituições: (A) Obstáculos; (B) Acesso

Com o gráfico mostrado pela figura 7 é possível identificar os percentuais comparativos, para cada instituição, de quantidade de itens "vermelhos" (com três ou mais inconformidades com a norma) por tópico. Assim, para ambas as instituições, o tópico com maior quantidade de irregularidades foi Sinalização, seguido de Calçada, Obstáculos e, por fim, Acesso. Isso demonstra que as instituições apresentam praticamente as mesmas características, relativamente às suas áreas de acesso.

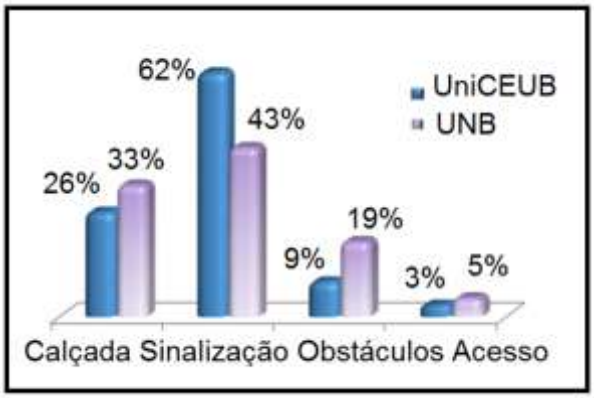



**Figura 7:** Comparação percentual de itens vermelhos entre instituições para cada tópico abordado

## 5. CONCLUSÃO

À luz da NBR 9050 (ABNT, 2015), a análise dos resultados obtidos mostrou que as duas instituições de ensino possuem em suas instalações problemas de acessibilidade. Ao observar os gráficos, ficou evidente que os maiores transtornos encontrados em ambas estão relacionados à falta de sinalização em suas áreas de acesso e, em segundo lugar, verificou-se a falta manutenção das calçadas, que apresentavam desníveis, buracos e descontinuidades, entre outros problemas. No entanto, não foi possível realizar uma comparação precisa entre as instituições, devido às diferentes formas urbanas das áreas estudadas. Enquanto o ICC possui uma área muito ampla, sem residências próximas e por onde circulam, em maioria, alunos e funcionários da instituição, o UniCEUB está localizado em uma quadra fechada, cercada de vias e áreas residenciais, com a circulação do mais diverso público (de crianças a idosos).

Por fim, conclui-se que a grande diferença apontada no acesso às instituições analisadas não decorre de fatores financeiros por serem públicas ou privadas. Há problemas de acessibilidade em ambas e, no caso das calçadas, são de responsabilidade de manutenção das próprias entidades. Na verdade, essa divergência é decorrente dos diferentes contextos urbanos em que estão inseridos o UniCEUB e o ICC e é possível sugerir que, caso a instituição privada estivesse localizada na área do ICC ou vice-versa, os mesmos problemas seriam identificados.

Sugere-se, então, que o estudo realizado seja ampliado de modo a abranger a análise do acesso a outras instituições de ensino superior no DF e no restante do Brasil com a criação de *checklists* distintos, que considerem a forma urbana do local a ser avaliado. Ainda, recomenda-se que seja realizada a inserção de uma análise sintática com base em mapas axiais para um estudo mais completo dos campi analisados, e também de mapas temáticos a partir da inserção dos resultados em um Sistema de Informação Geográfica (SIG).

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ABNT (2015) *NBR 9050 – Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos*. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro.

BERNAL, L. M.; FERREIRA, M. A. G. Proposta de metodologia para avaliação da acessibilidade em áreas centrais de cidades de porte médio. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA EM TRANSPORTE DA ANPET, 29., 2015, Ouro Preto. Disponível em: <http://146.164.5.73:20080/ssat/interface/content/anais_2015/TrabalhosFormatados/599RT.pdf>. Acesso em: 24 Agosto 2017.

BRASIL. Presidência da República. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Promulgada em 05 de outubro de 1988.

FERREIRA. M. A G.; SANCHES, S.P. Índice de Qualidade das Calçadas – IQC. Revista dos Transportes Públicos, São Paulo, v.91. ed. 23, p.47-60, 2001.

AGENCIA SENADO. Pessoas com deficiência poderão ter direito a cotas em universidades federais, 2015. Disponível em: <http://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2015/03/09/pessoas-com-deficiencia-poderao-ter-direito-a-cotas-em-universidades-federais>. Acesso em: 30 Julho 2016.

SECOM, UNB. O difícil caminho dos cadeirantes na UnB, 2010. Disponível em: <http://unb2.unb.br/noticias/unbagencia/unbagencia.php?id=3406>. Acesso em: 20 Agosto 2016.

VILLELA, F. Ebc. IBGE 6,2% da população têm algum tipo de deficiência, 2015. Disponível em: <http://www.ebc.com.br/noticias/2015/08/ibge-62-da-populacao-tem-algum-tipo-de-deficiencia>. Acesso em: 20 Agosto 2016.

Ana Débora de Melo Oliveira (ana.debora317@gmail.com)
Faculdade de Tecnologia Aplicada, Centro Universitário de Brasília
Ana Paula Borba Gonçalves Barros (anapaulabgb@yahoo.com.br)
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Programa de Pós-Graduação em Transportes – UnB
Universidade de Brasília.

# CONDOMÍNIO RESIDENCIAL COMO POLO GERADOR DE VIAGENS E O IMPACTO NO TRÁFEGO LOCAL: ESTUDO DE CASO EM BRASÍLIA - DF

**Andressa Martins Berguenmayer**
**Caroline Correia Nogueira**
**Mônica Soares Velloso**
Centro Universitário de Brasília
Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas

**RESUMO**
Uma pesquisa foi aplicada aos moradores de um condomínio residencial vertical de classe alta localizado em Brasília, no Distrito Federal, com o objetivo de compreender como os fatores de localização e de uso do solo influenciam no padrão de viagens. A partir dos dados levantados, foram gerados gráficos e tabelas em função de variáveis como o modo utilizado para a realização das viagens. Constatou-se que os moradores dão prioridade absoluta ao transporte privado, o que causa grande impacto nas vias adjacentes ao condomínio, como a rodovia DF-003, conhecida como Estrada Parque Indústria e Abastecimento (EPIA), sob jurisdição do Departamento de Estradas de Rodagem do DF (DER/DF). A metodologia desenvolvida pode ser atribuída a outros condomínios residenciais. Com o trabalho, espera-se poder contribuir para o estudo mais abrangente do impacto de trânsito que os condomínios de porte grande geram no tráfego da cidade.

## 1. INTRODUÇÃO

Planejar está associado à ideia de preparação e controle do futuro a partir do presente através da reflexão sistemática sobre a realidade a enfrentar e os objetivos a atingir (Matus, 1993). Lacombe (2003) define planejamento como sendo um processo administrativo que visa determinar a direção a ser seguida para alcançar um resultado desejado. É, pois, um ato relacionado com a preparação, organização e a estruturação de um plano ou roteiro para otimizar um objetivo. É considerado um processo continuado que segue métodos científicos para a condução da análise e elaboração de soluções.

A geração de viagens visa estimar o número de viagens produzidas e atraídas em uma determinada área de estudo. É possível utilizar modelos de geração de viagens para estimar a demanda de empreendimentos denominados Polos Geradores de Viagens (PGVs), que podem ser de uso comercial, industrial, residencial, mistos, educacional, de lazer e de esporte, a partir de determinado porte. As políticas de transporte estão diretamente ligadas com o uso do solo. O modo como as pessoas se deslocam e ocupam a área urbana se dá em função da distribuição espacial das atividades e da oferta de locomoção (Kneib *et al.*, 2006).

Em Brasília, a multiplicação de condomínios residenciais verticais em área urbana, cercados e providos de guarita de controle de acesso, têm se multiplicado ao longo dos anos. A cidade conta com um instrumento de planejamento de transporte conhecido por Plano Diretor de Transporte Urbano e Mobilidade do Entorno e Distrito Federal – PDTU, e que define diretrizes e estratégias para a gestão de transportes no DF. Todavia, é fundamental a realização de estudos com maiores frequências na área de transportes, visando compreender e promover a melhoria do sistema de transportes e da qualidade de vida da população. As pesquisas e dados obtidos nas estimativas de viagens são ferramentas fundamentais para o planejamento de transporte, do sistema viário e uso do solo em todas as cidades.

Uma vez que empreendimentos do porte de condomínios verticais podem ser considerados Polos Gerados de Viagem, pois tem a capacidade de causar impacto na circulação local,

gerando congestionamento nos horários de pico, riscos de acidentes, poluição atmosférica e sonora, o presente trabalho tem como objetivo determinar padrões de viagens diárias, por meio de pesquisa em um condomínio residencial de alta renda, buscando compreender o impacto que o PGV representa para a localidade do estudo.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

De acordo com Bruton (1979), a viagem é função de três fatores básicos na área de estudo: padrão de uso do solo e do desenvolvimento da área; características socioeconômicas da população que se desloca; natureza, extensão e capacidade do sistema de transportes. Em adição, Portugal e Goldner (2003) definem Polos Geradores de Tráfego (PGT) como locais que desenvolvem atividades de porte capazes de produzir um número significativo de viagens. Segundo Kneib *et al*. (2006), o conceito de Polos Geradores de Tráfego (PGT) passou a ser chamado de Polo Gerador de Viagens (PGV), quando esse passou a incluir as viagens em geral e seus potenciais impactos no sistema viário, na circulação e na estrutura urbana, relacionando-o a aspectos como o uso, a ocupação e a valorização do solo, ao invés de considerar no estudo somente o tráfego individual motorizado, como realizado em tempos ulteriores. Torquato e Raia Junior (2012) afirmam que condomínios residenciais horizontais são empreendimentos urbanos em expansão e pouco estudados, e que muitos municípios não consideram essas ocupações como Polo Gerador de Viagem. Seguindo nessa linha, menos estudados ainda são os condomínios verticais, fruto da presente pesquisa.

A área de pesquisa do presente trabalho foi o aglomerado urbano conhecido por Park Sul, composto por 8 complexos residenciais, hotéis, *shopping centers*, hipermercados, e outros tipos de comércios, como mostrada na Figura 1. A região se caracteriza por encontrar-se em frenético ritmo de expansão nos últimos cinco anos, com diversos empreendimentos residenciais e comerciais sendo construídos simultaneamente, gerando impacto direto no tráfego daquela localidade.




**Figura 1:** Área de estudo: aglomerado urbano Park Sul

O termo condomínio residencial usado no presente estudo define a posse ou o direito exercido por pessoas sobre dependências de uso comum e sobre suas unidades privativas. O Plano

Diretor de Ordenamento Territorial do Distrito Federal (PDOT) do Distrito Federal, regido pela a Lei Complementar nº 803/2009, preconiza:

> *"**Art. 45.** O condomínio urbanístico será admitido como forma de ocupação do solo urbano com base no art. 8º da Lei federal nº 4.591, de 16 de dezembro de 1964, sendo composto por unidades autônomas de uso privativo e áreas comuns condominiais."*

As viagens foram definidas por meio de entrevistas feitas na área de interesse. A partir dos dados obtidos foi possível definir o impacto no trânsito gerado naquela região.

## 3. METODOLOGIA

Foi aplicada uma pesquisa no condomínio Living Park Sul localizado no aglomerado urbano Park Sul, na cidade de Brasília. A escolha desse complexo residencial foi decorrente do interesse em se estimar o impacto do trânsito causado pela formação de um novo bairro, caracterizado como um recente polo gerador de viagens daquela região.

A população do condomínio é composta por 3.000 moradores e 350 funcionários contratados, não incluindo serviços particulares. O complexo conta com serviços de academia, *spa*, salão de beleza, restaurantes e lanchonete. Está localizado próximo à rodovia DF-003, de grande fluxo de veículos, conhecida como EPIA – Estrada Parque Indústria e Abastecimento.




**Figura 2:** Localização do condomínio Living Park Sul

Importante destacar que a DF-003 é a espinha dorsal do sistema rodoviário do Distrito Federal que liga as regiões do Nordeste ao Sul do país. Também se configura como sendo a principal rodovia de acesso do condomínio Living Park Sul a outras regiões do DF, conforme mostrado na Figura 3. A rodovia supracitada é caracterizada por sua grande extensão, cerca de 36 km, elevado fluxo de carros, motos, ônibus e caminhões, com velocidade regulamentar de 80km/h, e com três faixas de rolamento por sentido.




**Figura 3:** Estrada Parque Indústria e Abastecimento (EPIA)

Foi realizada uma pesquisa Origem/Destino com os moradores do condomínio Living Park Sul. Primeiramente foi aplicado um questionário piloto com a finalidade de avaliar a clareza e corrigir eventuais problemas antes da aplicação definitiva. Posteriormente, os dados foram coletados por meio de um questionário *online*, criado no *Google Forms*, e aplicado a partir de um grupo de uma rede social da qual faziam parte somente os moradores do condomínio estudado.

Por meio de um cálculo estatístico, disponível *online* no *site* Cálculo Amostral, de determinação de amostra, com 90% de confiança e 7% de erro amostral, para uma população de 3.000 moradores, a amostra necessária para que se pudessem inferir os resultados para toda a população seria de, pelo menos, 133 indivíduos. A aplicação do questionário foi realizada durante o mês de maio de 2017 e pesquisou 135 condôminos. Com a plataforma *online*, foi possível organizar e analisar as informações de maneira mais eficiente, assim como gerar gráficos e tabelas sobre o uso e ocupação do solo, características socioeconômicas e padrão de viagens diárias realizadas pelos moradores.

A partir do exposto, pôde-se inferir e determinar as viagens diárias e os impactos no trânsito causados por esse PGV.

## 4. ANÁLISE DE RESULTADOS

A pesquisa realizada em maio de 2017 buscou categorizar padrões de viagens dos condôminos a partir de análises quantitativas e qualitativas a respeito do uso e ocupação do solo e características socioeconômicas daquela população. O questionário *online* abrangeu um total de 135 moradores do condomínio Living Park Sul. A partir das respostas foi possível plotar os dados graficamente e inferir os resultados para a totalidade dos habitantes.

A pesquisa demonstrou que a população do condomínio é de maioria feminina e apresenta uma ampla diversidade de idades, contemplando variadas faixas etárias, podendo observar, no Gráfico 1, que não há grande destaque de uma sobre as outras.

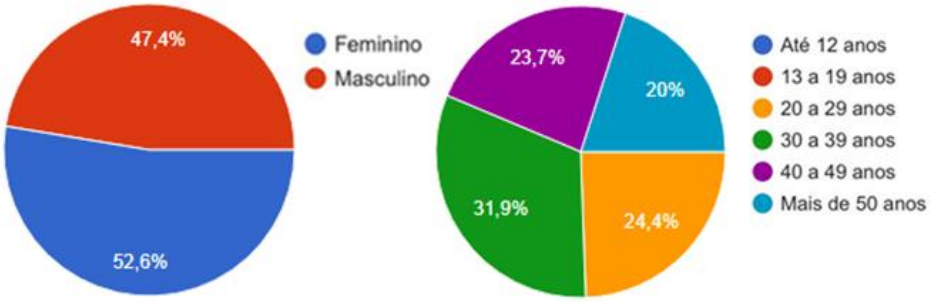



**Gráfico 1:** Divisão dos moradores por gênero e faixas etárias

A variável socioeconômica é caracterizada por qualquer prática que relaciona um aspecto que afeta tanto a ordem econômica como social. O nível socioeconômico se refere à renda, ocupação e escolaridade do indivíduo, o que permite estudar classes de pessoas semelhantes em relação a tais características. Como já mencionado, esse parâmetro influenciará diretamente na geração de viagens do polo gerador. No Gráfico 2 é possível observar que mais de 95% da população do condomínio possui renda maior que 8 salários mínimos (superior a R$ 7.496,00), confirmando assim o perfil já previsto para os entrevistados.




**Gráfico 2:** Divisão dos moradores por renda familiar

A pesquisa abordou o principal modo de deslocamento utilizado pelos moradores do condomínio no seu cotidiano. Na questão, era possível o entrevistado optar por mais de uma alternativa, justificando o número total de respostas serem maior que o número total da amostra. Em concordância com a Tabela 1, nota-se a preferência por transportes particulares, quando apenas 1,3% dos questionados elegeram o transporte coletivo (ônibus, metro, van) como seu principal meio de deslocamento.

De forma inequívoca, o carro é o meio de transporte mais utilizado pelos moradores. Entretanto, a escolha desse modo em detrimento dos outros, acarreta uma série de adversidades negativas, tais como, o aumento das taxas de emissão de gases poluentes na atmosfera e os congestionamentos que sobrecarregam a malha viária.

A popularização do automóvel e a ampliação da malha rodoviária acentuaram o espraiamento urbano (*urban sprawl*), fenômeno caracterizado pela expansão contínua e não compacta da cidade, como acontece no Distrito Federal. Como resultado, tem-se a extensão dos fluxos e da infraestrutura gerando uma integração ineficiente da malha viária. Com pouco investimento no transporte público, os possíveis usuários desse modo acabam optando pelo transporte particular, ou seja, carro ou moto para se locomover pela cidade.

**Tabela 1:** Modo de deslocamento dos condôminos

| Locomoção | Quantidade | Porcentagem (%) |
|---|---|---|
| A pé | 1 | 0,6 |
| Bicicleta | 0 | 0,0 |
| Moto | 2 | 1,3 |
| Carro como passageiro | 26 | 16,5 |
| Carro como motorista | 124 | 78,5 |
| Transporte coletivo | 2 | 1,3 |
| Táxi | 0 | 0,0 |
| Uber | 3 | 1,9 |
| Total | 158 | 100 |

Estimar a quantidade de carros pertencentes em cada domicílio auxilia na determinação da geração de viagens do condomínio. O Gráfico 3 demonstra que todos os moradores detêm pelo menos um automóvel e que a grande maioria possui dois veículos.

De acordo com censo realizado pelo DETRAN-DF (2016), a frota total de veículos registrados no Distrito Federal era de 1.654.557 automóveis. O censo do IBGE (2016) quantificou a população do DF em 2.914.830 pessoas. Isto representa uma relação de 0,57 carros por pessoa. Inferindo os dados do Gráfico 3 para a população estudada, a relação obtida é de 0,68, sendo superior à média do Distrito Federal.

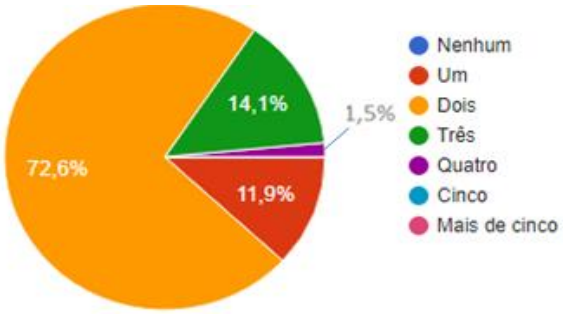



**Gráfico 3:** Número de carros por apartamento

Após caracterizar o principal modo de deslocamento utilizado pelos condôminos, é necessário estabelecer a quantidade de viagens produzidas diariamente, tendo como ponto de partida o próprio condomínio. Segundo Bruton (1979), padrões de viagens são tangíveis, estáveis e previsíveis. Desta maneira, aprofundando-se nos dados, é possível estipular uma relação aproximada de viagens/dia do condomínio Living Park Sul.

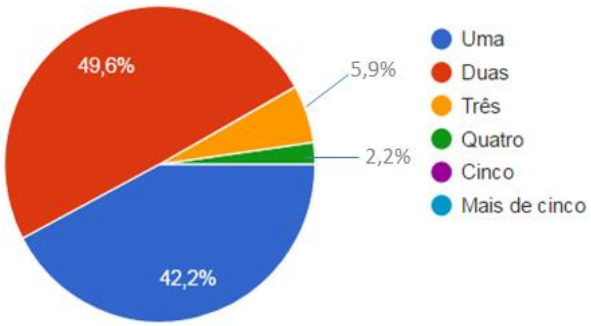



**Gráfico 4:** Número de viagens diárias partindo do condomínio

Os resultados do Gráfico 4 foram expandidos para a totalidade dos moradores, a partir do qual foi estimada uma relação aproximada de 5.045 viagens/dia produzidas pelo condomínio estudado. Considerando que todos os moradores, em tese, voltem para o condomínio, pode-se dizer que outras 5.045 viagens/dia são atraídas pelo condomínio.

Para uma análise mais próxima da realidade, foram adicionados os 350 funcionários no cálculo de viagens geradas. Desta maneira, inferiu-se que 350 viagens/dia são atraídas e produzidas para o polo gerador no início do dia e no final do dia, quando o expediente termina, totalizando 700 viagens geradas neste segmento. Dessa maneira, o total de viagens diárias geradas – atraídas e produzidas – pelo condomínio Living Park Sul é de 10.790, o que corrobora com a influência no trânsito local.

Em geral, identificar o motivo da viagem é importante para o planejamento de transportes de uma cidade. A demanda por transportes é altamente diferenciada, ou seja, varia com hora, dia e motivo da viagem; é derivada, isto é, o indivíduo satisfaz sua necessidade em seu destino e é concentrada, que acontece em poucas horas do dia, conhecido como horários de pico (Bruton, 1979). O movimento pendular é definido como o deslocamento regular em que as pessoas saem de suas casas para atividades realizadas diariamente, como trabalho e estudo. De acordo com a tabela 2, o movimento pendular é o que mais se sobressai, correspondendo a 66,66% do total de viagens produzidas por dia. Na questão, era possível marcar mais de uma das opções, justificando o número total de respostas serem superior ao tamanho da amostra.

**Tabela 2:** Principais motivos da viagem

| Motivo da viagem | Quantidade | Porcentagem (%) |
|---|---|---|
| Trabalho | 112 | 49,12 |
| Estudo | 40 | 17,54 |
| Lazer | 17 | 7,46 |
| Compras | 20 | 8,77 |
| Questões burocráticas | 16 | 7,02 |
| Outros | 23 | 10,09 |
| Total | 228 | 100 |

Definir os destinos mais frequentes é uma das etapas para analisar o fluxo de trânsito de uma região. O Plano Piloto é onde se concentra a maior parte das atividades socioeconômicas da cidade, consequentemente, é o principal destino dos habitantes do DF. Isto é refletido na tabela 3, na qual o plano piloto representa 74% do total de viagens do condomínio.

**Tabela 3:** Principais destinos dos moradores

| Bairro | Quantidade | Porcentagem (%) |
|---|---|---|
| Plano piloto | 100 | 74 |
| Cruzeiro | 1 | 0,7 |
| Guará | 5 | 3,7 |
| Lago sul | 3 | 2,2 |
| Noroeste | 1 | 0,7 |
| Setor Militar Urbano | 3 | 2,2 |
| SIA | 5 | 3,7 |
| Sudoeste | 16 | 11,9 |
| Águas Claras | 1 | 0,7 |
| Total | 135 | 100 |

Os fatores socioeconômicos, de localização e infraestrutura interferem diretamente na mobilidade dos indivíduos. A longa distância que deve ser percorrida pelos moradores, diariamente, para atingirem seus destinos, e a baixa eficiência dos transportes públicos, explica a predominância do modo carro.

## 5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O objetivo do trabalho foi definir padrões de viagens diárias para o condomínio estudado e os impactos no tráfego local. A pesquisa apresentou resultados consistentes, apesar da pequena amostra de abordagem. Fatores como localização e renda interferiram diretamente na mobilidade dos moradores. A distância dos centros de serviços explicou o comportamento das pessoas em relação à locomobilidade. O modo mais utilizado foi o carro, ficando evidente que os moradores dão preferência ao transporte particular. Foi desenvolvida uma metodologia que pode ser atribuída aos outros condomínios da nova região Park Sul, complementando assim, o estudo de impacto de trânsito causado pelos recentes PGVs. Por conseguinte, atender os interesses daquela população, identificando a real demanda da localidade para ofertar uma melhoria da qualidade de vida dos usuários.

As medidas cabíveis para melhorar o tráfego da região são: estudar a possibilidade da implantação de faixa exclusiva de ônibus para diminuir o tempo de viagem; tornar a malha viária integrada e eficiente entre modais, com o sistema de bilhetagem eletrônica, como já ocorre em outros estados, baixando custos para o usuário; incentivar o uso do transporte coletivo, por meio de campanhas educativas; propor o esquema de carona solidária para os moradores que se deslocam para o mesmo destino ou localidades próximas, bem como, a contratação de coletivos para realizar o trajeto, como acontece com o transporte escolar.

Tais informações são de grande importância para as projeções de viagens futuras e impactos no trânsito, bem como a quantidade de carros que estará nas vias e qual a solução cabível no local para impedir eventuais problemas e até mesmo solucionar os que já existem.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

BRUTON, M. J. (1979) *Introdução ao Planejamento dos Transportes*. Rio de Janeiro: Interciência; São Paulo, Editora Universidade de São Paulo.

DETRAN-DF (2016) *Frota de veículos registrados do Distrito Federal*. Disponível em <http://www.detran.df.gov.br/images/08_agosto_2016_frota.pdf > Acesso em: 08/06/2017.

IBGE (2016) *Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística*. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2016/estimativa_tcu.shtm> Acesso em: 03/07/2017.

KNEIB, E. C.; TACO, P. W. G.; SILVA P. C. M. (2006) *Identificação e Avaliação de Impactos na Mobilidade: análise aplicada a polos geradores de viagem.* Ln: 2º Congresso Luso Brasileiro para o Planejamento, Urbano, Regional, Integrado, Sustentável. Universidade do Minho, Braga.

LACOMBE, F. J. M. (2003) *Administração: Princípios e Tendências.* São Paulo, SP. Editora Saraiva.

MATUS, C. (1993) *Politica, Planejamento e Governo* (1 e 2). Brasília, DF. Editora IPEA.

PORTUGAL, L. S.; GOLDNER, L. G. (2003) *Estudos de Polos Geradores de Tráfego e de seus Impactos nos Sistemas Viários e de Transportes.* Editora Edgard Blucher.

TORQUATO, T. L. L; RAIA JUNIOR, A. A. (2012) *Modelo de Geração de Viagens para Condomínios Residenciais Horizontais.* Anais do XXVI Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes. Joinville, SC.

Andressa Martins Berguenmayer (andressa.martins.17@gmail.com)
Caroline Correia Nogueira (caroline.cnogueira@outlook.com)
Mônica Soares Velloso (monica.velloso@uniceub.br)
Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas, Centro Universitário de Brasília
SEPN 707/907, UniCEUB, Asa Norte, CEP: 70.790-075, Brasília – DF, Brasil.

# PROPOSTA DE CONSTRUÇÃO DE INDICADOR DE CARACTERIZAÇÃO DA ACESSIBILIDADE NA REGIÃO METROPOLITANA DE FORTALEZA

**Hélio Henrique Holanda de Souza**
Agência Reguladora de Serviços Públicos Delegados do Ceará e
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará
**Carlos Felipe Grangeiro Loureiro**
Programa de Pós-graduação em Engenharia de Transportes
Universidade Federal do Ceará

**RESUMO**
A compreensão da problemática é uma fase fundamental no processo de planejamento e construção de soluções adequadas aos problemas de mobilidade e acessibilidade urbanas. Assim indicadores que possam caracterizar e diagnosticar estes problemas devem ser melhor investigados. O presente trabalho propõe um indicador de caracterização da acessibilidade com base no *logsum* que é o logaritmo natural do denominador da função de probabilidade de um modelo *logit*. Este é comumente utilizado como medida do excedente do consumidor, apresentando características que favorecem seu uso como medida de desempenho do sistema de transportes. Para propor o indicador, utiliza-se como referência uma representação geral da problemática da mobilidade e acessibilidade e uma tipologia de problemas baseada nos princípios da equidade e sustentabilidade, verificando sua aplicabilidade em um estudo de caso na Região Metropolitana de Fortaleza. A revisão elaborada e a discussão sobre o uso do *logsum* confirmam que ele pode ser base para indicadores de problemas de acessibilidade urbana. Pelos resultados do estudo de caso, verifica-se que o método proposto permite a estimativa de indicadores adequados para analisar problemas de acessibilidade desde que no cálculo do *logsum* ponderado, bem como na definição e calibração das funções utilidade, sejam consideradas as especificidades de cada tipo de problema que se pretende caracterizar e diagnosticar.

**ABSTRACT**
The understanding of problems is a fundamental step in the planning process and in the development of appropriate solutions to urban mobility and accessibility issues. Thus indicators that may characterize and diagnose such problems should be better investigated. This work proposes an indicator for the characterization of accessibility based on the *logsum* which is the natural logarithm of the denominator of the logit choice probability function. In general, the *logsum* is used as a measure of consumer surplus, presenting features that favor its use as a performance measure of the transport system. The proposition of the indicator is referenced on a general representation of the mobility and accessibility problem setting, as well as on a typology of accessibility problems based on equity and sustainability principles, verifying its applicability with a case study in the Fortaleza's Metropolitan Region. The accomplished review and discussion about the use of *logsum* confirm that it can be the basis for indicators of urban accessibility problems. Through the case study's results, one can verify that the proposed method allows the estimation of adequate indicators to analyze accessibility problems, provided that in the weighted *logsum* measurement, as well as in the definition and calibration of the utility functions, we consider the specificities of each type of problem to be characterized and diagnosed.

## 1. INTRODUÇÃO

Tradicionalmente, a avaliação dos sistemas de transportes tem se voltado para a sua oferta, o que muitas vezes se reflete em um processo de planejamento destinado a propor soluções, focado na realização de um conjunto de metas predefinidas, em vez de se concentrar na identificação das reais necessidades e nos problemas enfrentados pelos usuários e outros *stakeholders*. Com a incorporação do conceito de mobilidade no planejamento urbano, aumentam-se as preocupações do processo de planejamento em relação aos aspectos da demanda por transportes, permitindo uma análise mais detalhada dos desequilíbrios na relação oferta-demanda, ou seja, reforçando a necessidade da identificação, caracterização e diagnóstico dos problemas associados ao sistema (Garcia, 2016). A autora também ressalta que as relações entre transporte e uso do solo ganham destaque quando o planejamento da mobilidade é associado ao da acessibilidade urbana. Essa mudança de paradigma reforça a ênfase na demanda e no acesso dos indivíduos às suas principais atividades.

Para van Wee (2016), a acessibilidade é um conceito-chave nas políticas de transporte em todo o mundo. Segundo o autor, há diferentes definições para a acessibilidade, a maioria incluindo os destinos e as atividades, assim como a resistência à viagem. Quanto mais opções para chegar a destinos alternativos ou para cumprir atividades com menor resistência à viagem (tempo, custos, esforço), maior o nível de acessibilidade. Assim, resta claro que o foco na compreensão da problemática do subsistema de transportes e as medidas que representam a impedância ao deslocamento relacionadas com o uso do solo vem ganhando destaque. Estas medidas devem ser pensadas como instrumento para a caracterização e o diagnóstico dos problemas de acessibilidade, ou seja, como indicadores da intensidade e magnitude dos problemas, assim como das suas relações de causalidade, que incorporam a desutilidade do deslocamento e a utilidade proporcionada pelas atividades. Dentre as várias opções de indicadores (ferramentas) disponíveis na literatura para estimar a acessibilidade destaca-se o *logsum* que é comumente utilizado como estimativa da variação do excedente do consumidor para fins de avaliação de alternativas de investimento (método de análise custo-benefício), mas que pode ser utilizado como medida de acessibilidade (Geurs *et al.*, 2010; De Jong *et al.*, 2007; De Jong *et al.*, 2005; Niemeier, 1997; Handy e Niemeier, 1997).

Neste contexto, o objetivo geral do presente artigo é propor um método de determinação da diferença de acessibilidade entre zonas de uma determinada região, de modo a contribuir na compreensão da problemática entre os subsistemas de transporte e uso do solo. Para tanto, será apresentada a seguir uma proposta de representação da problemática que servirá como balizadora da proposta de indicadores de acessibilidade (seção 2); será também discutido o papel do *logsum* como medida de acessibilidade (seção 3), sendo proposto um método para sua determinação (seção 4); e por fim será verificada a aplicabilidade do método proposto usando como estudo de caso a Região Metropolitana de Fortaleza – RMF (seção 5). Vale ressaltar que o método proposto neste artigo faz parte de um procedimento mais amplo em desenvolvimento para contemplar ainda o diagnóstico dos problemas de acessibilidade urbana e das suas relações de causa e efeito.

## 2. REPRESENTAÇÃO DA PROBLEMÁTICA

Para Tedesco e Yamashita (2008), a primeira fase do processo de planejamento, aqui entendida como a compreensão da problemática, é condição para se traçar metas e objetivos ou estabelecer a situação na qual se deseja chegar. Somente é possível identificar problemas e encontrar soluções adequadas por meio de um diagnóstico que reflita o estado do objeto. Assim, o diagnóstico é uma etapa fundamental no processo de planejamento, pois precede e define as demais etapas de avaliação de alternativas. Por sua vez, Soares (2014) aponta que a modelagem possui papel fundamental no processo do planejamento urbano integrado, uma vez que possibilita a representação da situação atual dos subsistemas de transportes e uso do solo, para posteriormente permitir a previsão de seus comportamentos dadas mudanças ou intervenções em quaisquer elementos que os componham, podendo ser usada tanto na etapa de compreensão da problemática quanto para a avaliação de políticas públicas. Assim a modelagem pode ser utilizada quando da análise dos indicadores de problemas e das suas relações de dependência, verificando evidências que possam corroborar as respectivas premissas de causalidade.

Portanto, na fase de compreensão da problemática, a modelagem deve assumir primordialmente o papel de ajudar a explicar o comportamento da demanda por transportes, a

partir das características das atividades socioeconômicas e do subsistema de uso do solo, assim como das percepções dos usuários quanto a oferta dos serviços. Seu resultado permite relacionar causa e efeito entre os problemas e estimar a intensidade da problemática, facilitando uma posterior hierarquização dos problemas, definição de objetivos e construção de soluções melhores e mais adequadas aos problemas. Conforme mencionado anteriormente, esse novo paradigma remete a problemas de acessibilidade e a medidas de impedância entre as atividades e as pessoas que querem acessá-las, mas quais são os tipos de problemas que normalmente se pretende compreender com o auxílio da modelagem? A priori é útil assumir uma representação geral da problemática da mobilidade e acessibilidade, como a de Garcia (2016) apresentada na Figura 1, pois possibilita uma proposta de indicadores de acessibilidade que possam ser utilizados em diversas situações.

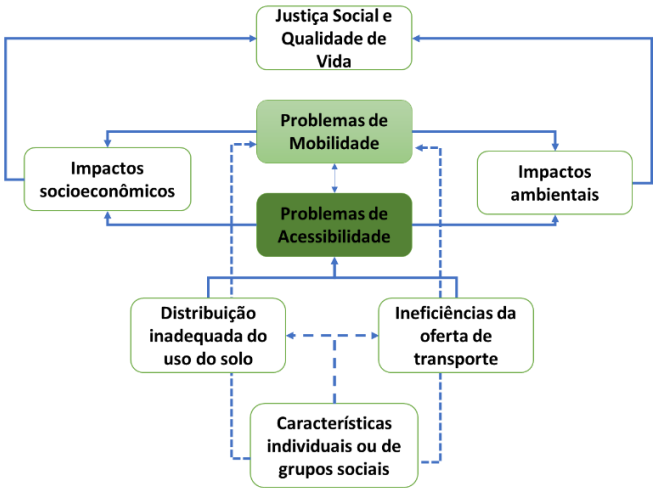



**Figura 1:** Relação causal da acessibilidade e mobilidade
Fonte: Garcia (2016)

A proposta da autora é que as características dos indivíduos ou grupos sociais podem ser causa da distribuição inadequada do uso do solo, de ineficiências na oferta de transporte, ou ainda de problemas de mobilidade. Já os problemas de distribuição inadequada do uso do solo e ineficiências na oferta de transporte podem gerar problemas de acessibilidade que, por sua vez, podem resultar dialeticamente em problemas de mobilidade. Essa problemática da acessibilidade e mobilidade impacta direta ou indiretamente na socioeconomia, no meio ambiente, na justiça social e na qualidade de vida das populações urbanas. Os problemas de acessibilidade e mobilidade podem ser categorizados em quatro tipos, conforme Figura 2. No Problema Tipo I, distribuição desigual da acessibilidade e mobilidade no espaço, diferenças nos valores dos indicadores devem ser mensuradas em algum nível de agregação (zonas de tráfego, por exemplo) para toda a área de interesse, podendo ser analisadas para grupos sociais específicos. Caso o interesse seja caracterizar e diagnosticar distribuições inequânimes nos níveis de acessibilidade e mobilidade entre grupos sociais, recai-se no Problema Tipo II. Já no Problema Tipo III, diferenças de acessibilidade e mobilidade entre modos de transporte, deve-se comparar desigualdades que venham a comprometer a escolha modal, especialmente em contextos de usuários cativos do transporte público ou não-motorizado. Por fim, no Problema Tipo IV, diferenças nos níveis de acessibilidade e mobilidade ao logo do tempo, busca-se avaliar a sustentabilidade dos padrões atuais analisando a evolução da problemática sobre as gerações futuras. Considerando essa tipologia de problemas, surge a necessidade de se incorporar nos indicadores a percepção do usuário, dado que se deseja diagnosticar os

problemas efetivamente percebidos por estes, por meio de medidas de desutilidade da viagem

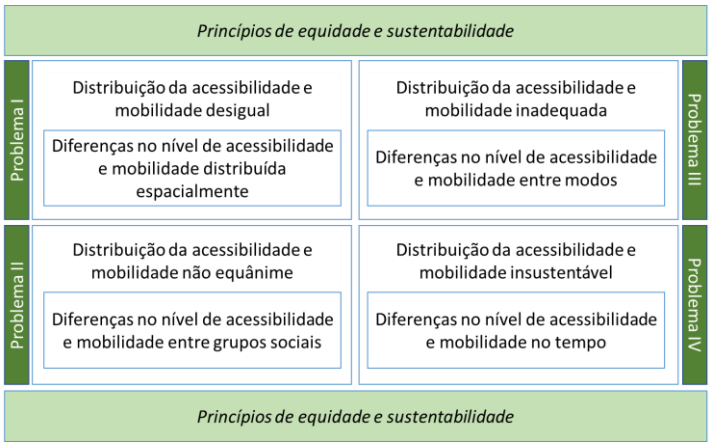



**Figura 2:** Tipologia de problemas de acessibilidade e mobilidade
Fonte: Garcia (2016)

## 3. *LOGSUM* COMO MEDIDA DE ACESSIBILIDADE

Para Geurs e van Wee (2004), a acessibilidade é formada por quatro componentes: uso do solo, transporte, componente temporal e componente individual. O componente de uso do solo consiste nas quantidades, qualidade e distribuição espacial das atividades. O componente de transporte diz respeito à desutilidade do deslocamento, ou seja, a impedância de realizá-lo em termos de utilidade. O componente temporal representa as restrições de tempo, ou seja, a disponibilidade das atividades e dos indivíduos ao longo do dia. Por sua vez, a componente individual reflete as necessidades, habilidades e oportunidades dos indivíduos. Estes mesmos autores (Geurs e van Wee, 2013) classificam as medidas de acessibilidade como sendo baseadas: na infraestrutura, na localização, no indivíduo e na utilidade. Dados os objetivos do presente artigo a discussão se concentrará nas medidas de acessibilidade baseadas na infraestrutura e na utilidade. Segundo Geurs e van Eck (2001), as medidas de acessibilidade baseadas na infraestrutura, tais como tempos de viagem, congestionamento e velocidade operacional, ainda apresentam grande importância nas políticas de transporte, embora haja uma frequente referência à necessidade de mudança no paradigma das medidas de desempenho na direção de medidas de acessibilidade passiva baseadas nas atividades. Por outro lado, existem ainda medidas baseadas em utilidade que se fundamentam na teoria econômica. Estas, segundo Cascetta *et al.* (2013) e Koenig (1980), apresentam a importante vantagem de ter uma base teórica sólida na teoria da utilidade aleatória que fornece uma ligação direta à tradicional teoria microeconômica. Ou ainda, como aponta van Wee (2016), essas medidas incluem diretamente a utilidade das opções de escolha, são consistentes com os modelos de transporte que são usados para mensurar o impacto do comportamento dos usuários, são capazes de lidar com mudanças nas distribuições espaciais de origens e destinos, assim como consideram uma variedade de opções de escolha caracterizadas por vários atributos distintos.

Dentre estas destaca-se o *logsum* que é comumente entendido como uma medida do excedente do consumidor ou da variação do bem-estar proporcionado por uma intervenção ou política pública. Para ser visto como uma medida de acessibilidade, basta que a função utilidade adotada tenha como argumentos atributos relacionados com o custo do deslocamento e das

atividades. A forma de cálculo é a mesma de quando o *logsum* é usado para estimar o excedente do consumidor, mas como medida de acessibilidade sua interpretação é diferente. No primeiro caso, mede-se a variação no bem-estar acrescido por um projeto ou política adotada; já no segundo caso, a acessibilidade percebida pelos usuários dada uma determinada escolha frente a um conjunto de alternativas (Van Wee, 2016; Bhat *et al.*, 2015; Börjesson *et al.*, 2014; Geurs *et al.*, 2010; Geurs e Van Eck, 2001; Niemeier, 1997).

Para se entender a formulação do *logsum* recorre-se à definição de Small e Rosen (1981) que, quando se assume as premissas dos modelos de utilidade aleatória, a função de probabilidade de escolha pode ser considerada a curva de demanda Marshalliana de uma alternativa (escolha) particular; bem como ao que explicaram Kohli e Daly (2006), que o excedente do consumidor pode ser definido como a máxima utilidade, em termos monetários, que um indivíduo recebe escolhendo uma alternativa. Assim o excedente do consumidor será equivalente à utilidade indireta de uma alternativa que é escolhida por um indivíduo para maximizar sua utilidade. Portanto, considerando que somente se observa o valor esperado do excedente do consumidor, tem-se:

$$E(EC_n) = \frac{1}{\alpha_n} E(max_i(U_{in} \forall\, i)) \tag{1}$$

Em que $EC_n$ é o excedente do consumidor para o indivíduo $n$; $\alpha_n$ é a utilidade marginal da renda do indivíduo $n$; e $U_{in}$ é a utilidade individual de $n$ quando a alternativa $i$ é escolhida. A partir desta formulação, e graças às contribuições de Williams (1977), McFadden (1978), Ben-Akiva e Lerman (1979), e Small e Rosen (1981), tem-se:

$$\frac{dE(max_i(U_{in}))}{dV_{in}} = P_{in} = \frac{e^{V_{in}}}{\sum_i e^{V_{in}}} \tag{2}$$

$$E\left(max_i(U_i)\right) = \int \frac{e^{V_{in}}}{\sum_i e^{V_{in}}} = \left(\ln \sum_i e^{V_{in}}\right) + C \tag{3}$$

$$E(EC_n) = \left(\frac{1}{\alpha_n} ln \sum_i e^{V_{in}}\right) + C \tag{4}$$

Em que $P_{in}$ é a probabilidade da alternativa $i$ ser escolhida pelo indivíduo $n$; $V_{in}$ é a parcela sistemática da utilidade da alternativa $i$; e C é uma constante desconhecida que representa o fato de que o nível absoluto da utilidade não pode ser mensurado. Por sua vez, como afirmam Kohli e Daly (2006), Train (2009) e De Jong *et al.* (2005), o *logsum* se resume ao $ln \sum_i e^{V_{in}}$ ou ao logaritmo natural do denominador da função de probabilidade de um modelo logit. Em um contexto de medida de acessibilidade pode-se entender o *logsum*, segundo Small e Verhoef (2007), como uma medida resumo da conveniência (máxima utilidade esperada) do conjunto de alternativas.

## 4. MÉTODO PROPOSTO

### 4.1. Formulação e calibração das funções utilidade

O primeiro passo para modelar a acessibilidade por meio do *logsum* é calibrar as funções utilidade; para tanto, antes se faz necessário especificar as funções, definir um projeto de experimento e coletar os dados. Entretanto, como utilizou-se neste estudo de caso uma base

de dados já existente, não houve a necessidade de definir o projeto de experimento para coletar os dados. De qualquer forma, estas duas etapas da modelagem dependem da especificação e da precisão desejadas. Com relação à especificação, esta pode ser subdividida na definição dos atributos que deverão compor a função utilidade e o modelo de escolha discreta a ser utilizado. Como atributos foram utilizados aqueles que representam a impedância ao deslocamento, como exposto no item sobre a base de dados. Por sua vez, com relação ao modelo de escolha discreta adotado, o fato da análise se restringir ao sistema de transporte público implicou no uso do modelo mais simples (modelo logit muntinomial), pois nesse caso não há problemas com relação a premissa de IIA (Independência das Alternativas Irrelevantes), o que implicaria no uso de um modelo GEV (*Generalized Extreme Value*) como o *Nested*; do mesmo modo, não há interesse na variação aleatória das variáveis explicativas, o que implicaria em modelos do tipo *Mixed*.

Contudo, há diferenças na equação proposta para a função utilidade e na forma de estimativa do *logsum* para cada categoria da tipologia de problemas de acessibilidade. Para caracterizar o Problema Tipo I, deve-se obter a medida de acessibilidade para cada zona independentemente do grupo social ou modo disponível. Neste caso optou-se pela seguinte formulação:

$$V_i = \alpha_i + \beta_1.X_1 + \beta_2.X_2 + \beta_3.X_3 + \beta_4.X_4 + \beta_5.X_5 \quad (5)$$

Em que $V_i$ é a parte sistemática, $\alpha_i$ é a constante específica do modo *i*, $X_j$ são respectivamente custo, tempo de caminhada, tempo de espera, número de transbordos e tempo de viagem.

Já para o Problema Tipo II, o objetivo é identificar a diferença de acessibilidade de grupos sociais distintos. A princípio o caminho seria calibrar funções utilidade para cada grupo social e determinar o *logsum*; entretanto, esbarra-se no fato de que o resultado do valor esperado da máxima utilidade apresenta uma constante desconhecida, isto é, o valor absoluto da utilidade não poder ser medido. Ou como explica Dong (2006), o modelo de utilidade aleatória não depende do valor absoluto da utilidade, mas das diferenças de utilidade das alternativas disponíveis. Qualquer constante pode ser adicionada a todas as utilidades das alternativas sem alterar as probabilidades de escolha do modelo. No entanto, a adição de uma constante altera a acessibilidade calculada pelo valor esperado da máxima utilidade. Assim, a medida de acessibilidade deve ser normalizada considerando as condições de escala e de nível. Portanto, ao utilizar funções utilidade distintas (para cada segmento ou grupo social), obtemos constantes distintas impedindo a comparação dos resultados.

Cabe esclarecer que, após a estimativa do *logsum* (Equação 4), o que de fato se obtém é um valor de utilidade em reais mais uma constante para cada zona de tráfego (ou outra unidade de agregação). No caso do Problema Tipo I comparamos uma zona com as demais, interpretando que uma tem mais ou menos utilidade (acessibilidade) do que a outra, mas não se identificam valores absolutos. Já no caso do Problema Tipo II, pode-se utilizar uma variável *dummy* na função utilidade que identifique o grupo social o que permite comparar a acessibilidade percebida pelos grupos. Entretanto, essa diferença de acessibilidade é igual para todas as zonas. Uma forma de solucionar esse problema e melhorar a análise é comparar os resultados da acessibilidade com a distribuição espacial da renda.

Por sua vez, para o Problema Tipo III pretende-se identificar a acessibilidade proporcionada por cada modo de transporte. Neste caso se opta pela abordagem utilizada no trabalho de Handy e Niemeier (1997) onde se definem dois cenários: um com todos os modos de

transporte e outro com todos os modos exceto aquele que se quer estimar a contribuição na acessibilidade. Cabe apenas uma decisão com relação à especificação da função utilidade e se seus atributos são genéricos ou específicos do modo, ou seja, assumir se os usuários valoram esses atributos de forma independente da alternativa ou não.

O Problema Tipo IV trata da sustentabilidade no tratamento da problemática, mais especificamente das diferenças nos níveis de acessibilidade ao longo do tempo que pode se alterar em função de três fatores: alteração na oferta (inclusão de novos modos ou intervenções no sistema viário); mudanças nas preferências dos indivíduos (representadas por alterações nos parâmetros ou pesos que os indivíduos alocam a cada atributo); e alteração nos valores das variáveis (aumento nos valores das tarifas, aumento do tempo, entre outras). Desta forma a maneira de se verificar diferenças temporais na acessibilidade é criar cenários de mudanças nos fatores citados e verificar os respectivos impactos na distribuição espacial da acessibilidade em anos-horizonte distintos.

Neste artigo, por limitações de espaço, serão discutidos apenas os resultados obtidos nas análises do Problema Tipo I do estudo de caso da RMF, com os respectivos modelos tendo sido calibrados utilizando-se o *software* BIOGEME 2.2.

**4.2. Obtenção dos valores dos atributos e formulação do indicador para o Problema I**

Para analisar os problemas do Tipo I, desigualdades sobre o espaço nos níveis de acessibilidade, faz-se necessário obter os valores das variáveis das funções utilidade para um conjunto de caminhos entre as zonas. Para tanto, foi utilizada uma ferramenta denominada *Transit Skims* do *software* Transcad 5.0 (Caliper, 2008) que gera uma matriz de caminhos mínimos entre zonas. O caminho mínimo é definido pelo custo generalizado do deslocamento a partir de um dos métodos disponíveis no *software* (aqui foi utilizado o *Shortest Path*). Essa ferramenta permitiu, com pequenas adaptações, representar todo o custo generalizado do deslocamento considerando como pesos os valores dos parâmetros calibrados pela Escolha Discreta (ED), o valor do tempo estimado e atualizado, e a política tarifária vigente.

A matriz gerada pode ser desmembrada em várias partes do deslocamento, resultando em matrizes distintas. No presente caso, gerou-se matrizes de custo, tempo de caminhada, tempo de espera, número de transbordos e tempo no veículo (por modo, transporte urbano de Fortaleza, transporte urbano de outros municípios, transporte metropolitano e linhas sul e oeste do metrô), ou seja, um total de nove matrizes. Entretanto, a ferramenta gera apenas um caminho mínimo entre zonas e para fins de acessibilidade via *logsum* deve-se considerar múltiplos caminhos que sejam concorrentes. Para gerar esses caminhos alterou-se alguns parâmetros do método de caminho mínimo. Estes parâmetros foram o número máximo de transbordos permitidos (variando de 1 a 3) e valor do tempo (variando em mais e menos 25% do valor estimado pela calibração do modelo de ED). Assim teve-se três valores para o número máximo de transbordos e três para o valor do tempo gerando nove cenários de análise. Salienta-se que o valor do tempo foi alterado exclusivamente para gerar caminhos alternativos e concorrentes ao caminho mínimo. Considerando-se a existência de nove matrizes por cenário, obteve-se um total de 81 matrizes a serem exportadas para servirem de dados de entrada para o cálculo do *logsum* de cada zona de tráfego.

Com as matrizes em mãos, estas foram transformadas em matrizes-coluna, sendo calculada a utilidade dos nove cenários para cada par de zonas. Aplicando-se a Equação 4, obtém-se a

"acessibilidade" entre a zona (o) e a zona (d), e ao se agregar a informação por origem (o) temos a acessibilidade das zonas (o) a todas as demais zonas. Esta acessibilidade ainda pode ser determinada como uma tendência central, ou seja, a acessibilidade média de uma zona. Em ambos os casos, o indicador deve ser usado de forma comparativa entre zonas e considerando que quanto menor o valor (desutilidade) maior a acessibilidade. Entretanto, essa acessibilidade "total" trata-se de uma medida de impedância de uma determinada zona (o) a todas as outras zonas. Não se incorpora qualquer atributo de uso solo. Considerando que estar mais ou menos acessível a zonas que não oferecem atividades de interesse é irrelevante, mesmo quando avaliamos apenas a acessibilidade infraestrutural devemos de alguma forma incorporar a intensidade das atividades. Uma forma de resolver essa questão é incorporar na função utilidade um componente relacionado à escolha do destino em termos das atividades que este oferece. Ou seja, incorporar a utilidade gerada nas zonas de destino dadas as atividades disponíveis. Porém, esbarra-se na dificuldade de calibrar modelos de escolha discreta que atendam a esta necessidade, seja por meio de pesquisas de Preferência Revelada (PR) ou Declarada (PD). A proposta então é calcular essa acessibilidade ponderada por algum critério que caracterize a atratividade das zonas em função das atividades oferecidas, por exemplo número de empregos. Assim a acessibilidade será medida da seguinte forma:

$$A_o = \frac{\sum_{d=1}^{z} \left( \frac{1}{\alpha_n} ln \sum_i e^{V_{in}} \right) \times EMP_d}{\sum_{d=1}^{z} EMP_d} + C \qquad (6)$$

Em que $A_o$ representa a acessibilidade da zona (o), $EMP_d$ o número de empregos na zona de destino (d) e (z) o total de zonas.

## 5. APLICAÇÃO

### 5.1 Sistema de Transportes da Região Metropolitana de Fortaleza (RMF)

De forma a verificar a aplicabilidade do método proposto, utilizou-se os dados disponíveis sobre a RMF e seus sistemas de transportes com a finalidade de caracterizar a diferença nos níveis de acessibilidade distribuídos espacialmente. A RMF atualmente é formada por 19 municípios, entretanto boa parte destes de fato não estão conurbados com a capital. Assim, apenas 13 são atendidos pelo chamado Sistema Metropolitano. A RMF é atendida por cerca de 400 rotas de ônibus/vans com pouco mais de 2.400 veículos distribuídos entre o serviço urbano de Fortaleza, os serviços urbanos de Caucaia, Maracanaú e Maranguape, e o serviço metropolitano, bem como por duas linhas do sistema metroferroviário (linha sul e oeste do Metrofor), para cerca de 1.200.000 deslocamentos por dia útil. A política tarifária diverge: nos municípios de Caucaia, Maracanaú e Maranguape é definida por linha; em Fortaleza, tem-se tarifa única (R$ 3,20) com integração temporal sem acréscimo; no sistema metropolitano, tarifa por anéis (seis no total, variando de R$ 3,20 a R$ 11,45) com integração temporal com o sistema urbano de Fortaleza com acréscimo de R$ 1,20; e no sistema metroferroviário, tarifa única (R$ 3,20 para linha sul e R$ 1,00 para linha oeste) - valores referentes a junho de 2017.

### 5.2. Base de dados utilizada

Foram utilizadas duas bases de dados: a primeira para se estimar as funções utilidade necessárias para o cálculo do *logsum*, assim como para a definição dos pesos atribuídos à função de custo utilizada na determinação dos caminhos mínimos; e a segunda para modelar a oferta de transporte público da RMF. A primeira tem origem em estudo realizado pela ASTEF em 2006 a pedido do Metrofor, denominado "Pesquisa de Identificação dos Usuários da Alternativa de Implantação dos Trechos Vila das Flores / Couto Fernandes (Sistema Elétrico)

e Couto Fernandes / João Felipe (Sistema Diesel) Integrantes da Linha Sul do Metrofor", com o objetivo de identificar o processo de escolha dos potenciais usuários da Linha Sul do metrô (na época das pesquisas usuários do trem a diesel, sistema metropolitano por ônibus e vans, e sistema urbano de Fortaleza por ônibus e vans). Na oportunidade, foram realizadas pesquisas que identificaram o perfil destes usuários e seus deslocamentos, assim como pesquisas de PD que foram consideradas no presente estudo de caso para uma nova calibração das funções utilidade. Por sua vez, a segunda base incorpora dados georreferenciados da RMF, consolidada em estudo desenvolvido pela Agência Reguladora de Serviços Públicos do Ceará (ARCE) em 2013 e atualizada com as recentes faixas seletivas de ônibus implantadas em Fortaleza. Esta base dispõe do sistema de rotas das linhas que compõem as redes rodoviárias metropolitana e urbanas dos municípios de Fortaleza, Caucaia, Maracanaú e Maranguape, e a rede metroferroviária (linhas Sul e Oeste) com respectivas informações de oferta e nível de serviço.

Na pesquisa de PD foram entrevistados 1.638 usuários que geraram 9.440 observações válidas. Cada cartão da PD continha um cenário hipotético de viagem para o usuário. Ao total foram consideradas seis variáveis de transporte como influentes no processo de escolha: custo da viagem, tempo de viagem, tempo de espera, distância de caminhada, condições de caminhada e número de transbordos. Para facilitar o entendimento dos entrevistados, cada cartão continha apenas alternativas com duas variáveis. Dessa forma, foram gerados nove blocos de cartões, com apenas um deles sendo apresentado para cada entrevistado de maneira alternada. Já a base georreferenciada contém uma série de dados e informações, sendo utilizadas aquelas referentes às camadas do sistema viário principal, das zonas de tráfego (283 ao todo), pontos de parada, estações e rotas do transporte público (em um total de 402 com suas respectivas ofertas e medidas de desempenho), bem como a configuração de política tarifária adotada na RMF.

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O primeiro conjunto de resultados diz respeito a calibração das funções utilidade, com os resultados apresentados na Tabela 1. Observa-se que os sinais dos parâmetros foram os esperados, com todos, exceto a constante específica do modo metrô, apresentando significância estatística com valor-p menor que 5%. Entretanto, considera-se que o fato da constante específica do modo metrô ter apresentado valor-p igual a 6% não seja razão suficiente para descarte do modelo.

**Tabela 1:** Resultados da calibração das funções utilidade

| Parâmetro | Valor | p-valor |
|---|---|---|
| $\alpha_{METRO}$ | 0 | 0,06 |
| $\alpha_{ONI\_M}$ | -0,073 | 0,00 |
| $\alpha_{ONI\_U}$ | -0,114 | 0,00 |
| $\alpha_{TREM}$ | -0,354 | 0,00 |
| $\beta_1$ | -0,694 | 0,00 |
| $\beta_2$ | -0,166 | 0,00 |
| $\beta_3$ | -0,023 | 0,00 |
| $\beta_4$ | -0,484 | 0,00 |
| $\beta_5$ | -0,021 | 0,00 |

A partir destes resultados se obtém o Valor do Tempo (VT) que é determinado pela derivada

parcial do custo pelo tempo (Train, 2009). No caso de uma utilidade linear, o VT se resume, portanto, a razão do coeficiente do tempo de viagem pelo coeficiente do custo monetário (Train, 2009; Cascetta, 2009; Greene e Hensher, 2010). Assim temos que $VT = \beta_5/\beta_1 = 1{,}81$, que corrigido para junho de 2017 equivale a R$ 3,58. Além do valor do tempo e das funções utilidade calibradas, os coeficientes foram normalizados e utilizados como pesos no custo generalizado para criar os caminhos alternativos entre cada par origem-destino. Salienta-se que este artifício é necessário na falta de modelos de modo e rota integrados. Com os caminhos entre cada par origem-destino e seus componentes discriminados, aplicou-se os resultados nas funções utilidade calibradas e calculou-se o *logsum* para cada par origem-destino. Este primeiro resultado foi agregado por zona (o), obtendo-se os mapas da Figura 3. Trata-se de uma medida de acessibilidade infraestrutural, mas que independe da distribuição das atividades. Ponderando-se pelo número de empregos, conforme Equação 6, e agregando pela origem (o), obteve-se os mapas da Figura 4 que permitem analisar a diferença de acessibilidade entre as zonas de tráfego considerando o acesso ao emprego.

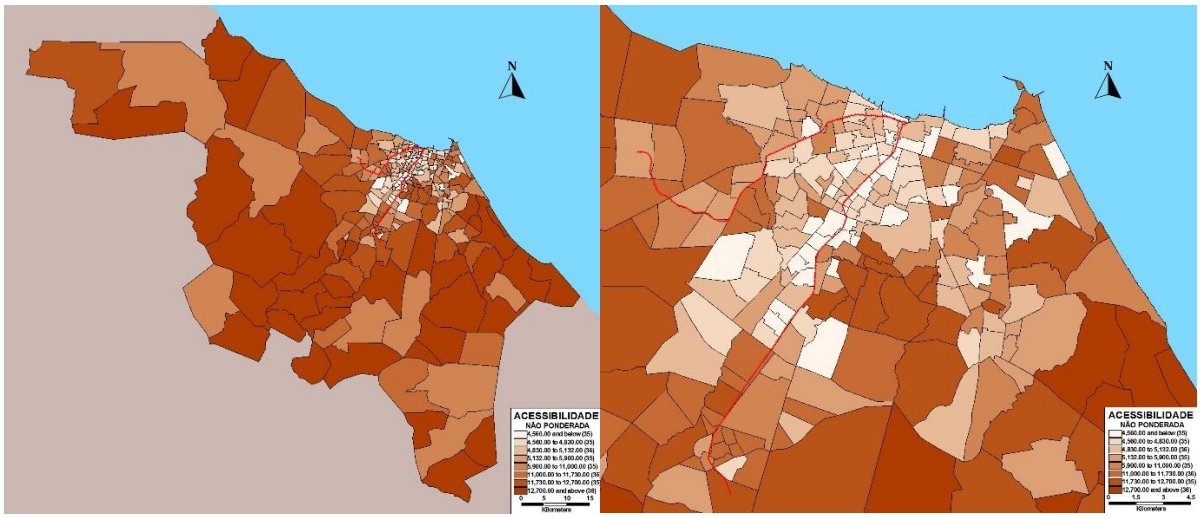



**Figura 3:** Distribuição da Acessibilidade, desconsiderando os empregos.

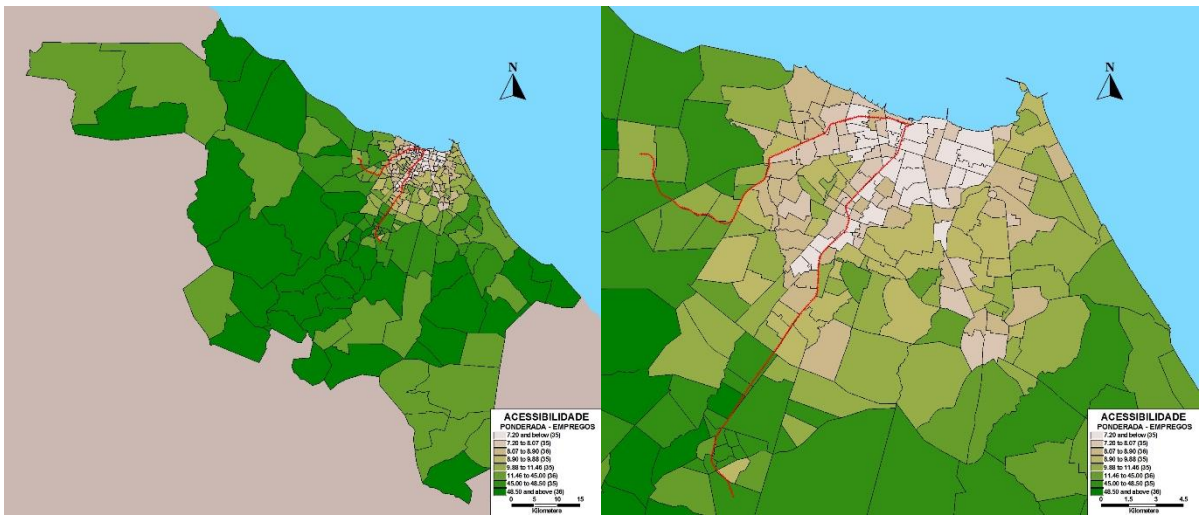



**Figura 4:** Distribuição da Acessibilidade, ponderada pelos empregos.

Comparando-se os dois conjuntos de mapas verificam-se poucas diferenças como esperado, já que a grande concentração de empregos na área central de Fortaleza apenas reforça a

problemática das zonas mais periféricas nas quais a baixa acessibilidade (ou desutilidade elevada) é mais preocupante. Pode-se constatar também que a acessibilidade é melhor (menor resultado do *logsum* ponderado) ao longo dos principais corredores radiais (rodoviários e metroferroviários) de transporte público de Fortaleza. Existem algumas outras zonas de destaque como Messejana que além de bem servida pelo transporte coletivo apresenta elevada oferta de empregos. Também se observa uma piora na acessibilidade à medida que se afasta da região central da Capital, pois há um aumento do tempo de viagem e do valor da tarifa que se paga. Este comportamento coincide com o esperado indicando a viabilidade do método proposto.

## 6. CONCLUSÕES

A revisão elaborada e a discussão sobre o uso do *logsum* confirmam que, mesmo sendo a avaliação de cenários seu uso mais corrente, este pode ser base para a concepção de indicadores que permitam caracterizar e diagnosticar a problemática da acessibilidade urbana. As características oriundas da base conceitual da microeconomia e a incorporação da percepção dos usuários corroboram na adequação deste tipo de indicador para melhor compreender essa problemática já que consideram as preferências dos consumidores, neste estudo de caso os usuários do transporte público.

O método proposto carrega certa complexidade dos modelos de escolha discreta e da teoria da utilidade, que pode dificultar o diálogo entre técnicos e demais atores; todavia, a distribuição dos valores do indicador de utilidade (unidades monetárias ou de tempo) apresentada em forma de mapas temáticos, nos quais se compara o resultado agregado em zonas, reduz essa barreira de comunicação. Este tipo de indicador também é relativamente simples na sua aplicação, não exigindo muito mais do que os dados normalmente disponíveis para modelos de escolha modal e/ou de rota; embora nesses modelos se prescinda da utilidade dos destinos e atividades, estes de mais difícil disponibilidade e calibração. Pelos resultados obtidos, verifica-se que o método proposto permite a estimativa de indicadores adequados para analisar problemas de acessibilidade desde que no cálculo do *logsum* ponderado, bem como na definição e calibração das funções utilidade, sejam consideradas as especificidades de cada tipo de problema que se pretende caracterizar e diagnosticar.

Salienta-se que não se deve aplicar o método sem antes discutir quais tipos de problemas se pretende especificamente caracterizar, avaliando suas idiossincrasias e as consequências na especificação dos modelos de escolha discreta e na forma como se obtém o *logsum* e o respectivo indicador de acessibilidade. O indicador não é simplesmente o *logsum*, mas obtido a partir de um procedimento que inclui a determinação das funções utilidade, a obtenção dos valores das variáveis, a decisão de como tratar as atividades, o cálculo do *logsum* em si e agregação dos valores em zonas. Há ainda a necessidade de aprofundar os estudos com relação a proposta de indicadores para os Problemas II, III e IV e verificar sua aplicabilidade.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Bhat, C. R., Kockelman, K. M., Chen, Q., Handy, S., Mahmassani, H. S., e Weston, L. (2015) *Urban accessibility index: Literature review*. *Texas Department of Transportation*. Austin, TX.

Börjesson, M., Jonsson, R. D., Berglund, S., e Almström, P. (2014) Land-use impacts in transport appraisal. *Research in Transportation Economics*, *47*(1), 82–91. doi:10.1016/j.retrec.2014.09.021

CALIPER (2007) *TransCAD Version 5.0 GIS User´s Guide.*

Cascetta, E. (2009) *Transportation systems analysis: models and applications*. (2a.). Springer, New York. doi:10.1007/978-0-387-75857-2

Cascetta, E., Cartenì, A., e Montanino, M. (2013) A new measure of accessibility based on perceived

opportunities. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, *87*, 117–132. doi:10.1016/j.sbspro.2013.10.598

De Jong, G., Daly, A., Pieters, M., e van der Hoorn, T. (2007) The logsum as an evaluation measure: Review of the literature and new results. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, *41*(9 SPEC. ISS.), 874–889. doi:10.1016/j.tra.2006.10.002

De Jong, G., Pieters, M., Daly, A., Graafland, I., Kroes, E., e Koopmans, C. (2005) Using the logsum as an evaluation measure: literature and case study. Calif.: RAND Corporation, Santa Monica. Obtido de http://www.rand.org/pubs/working_papers/WR275.html

Dong, X., Ben-akiva, M. E., Bowman, J. L., e Walker, J. L. (2006) Moving from trip-based to activity-based measures of accessibility. *Transportation Research Part A*, *40*, 163–180. doi:10.1016/j.tra.2005.05.002

Garcia, C. S. H. F. (2016) *Strategic assessment of accessibility on urban mobility networks*. Universidade de Lisboa.

Geurs, K., e Bert van Wee. (2013) Accessibility: perspectives, measures and applications. B. Van Wee, J. A. Annema, & D. Banister (Eds), *The transport system and transport policy: an introduction* (p. 399). Edward Elgar Publishing Limited, Northampton, Massachusetts.

Geurs, K. T., e van Eck, J. R. (2001) Accessibility measures: review and applications. Evaluation of accessibility impacts of land-use transportation scenarios, and related social and economic impact. *RIVM Report*, *787*, 1–265. Obtido de https://rivm.openrepository.com/rivm/handle/10029/9487

Geurs, K. T., e van Wee, B. (2004) Accessibility evaluation of land-use and transport strategies: Review and research directions. *Journal of Transport Geography*, *12*(2), 127–140. doi:10.1016/j.jtrangeo.2003.10.005

Geurs, K., Zondag, B., De Jong, G., e De Bok, M. (2010) Accessibility appraisal of land-use/transport policy strategies: More than just adding up travel-time savings. *Transportation Research Part D-Transport and Environment*, *15*(7), 382–393. doi:10.1016/j.trd.2010.04.006

Greene, W. H., e Hensher, D. A. (2010) *Modeling ordered choices: a primer*. Cambridge University Press.

Handy, S. L., e Niemeier, D. A. (1997) Measuring accessibility : an exploration of issues and alternatives. *Environment and Planning A*, *29*, 1175–1194.

Koenig, J. G. (1980) Indicators of urban accessibility: theory and application. *Transportation*, *9*, 145–172.

Kohli, S., e Daly, A. (2006) *The use of logsums in welfare estimation: application in PRISM*.

McFadden, D. (1978) Modelling the choice of residential location. A. Karlqvist, L. Lundqvist, F. Snickars, & J. Weibull (Eds), *Spatial Interaction Theory and Residential Location*. North-Holland, Amsterdam.

Niemeier, D. a. (1997) Accessibility: an evaluation using consumer welfare. *Transportation*, *24*, 377–396. doi:10.1023/a:1004914803019

Small, K. A., e Rosen, H. S. (1981) Applied welfare economics with discrete choice models. *Econometrica*, *49*(1), 105–130. doi:10.2307/1911129

Small, K. A., e Verhoef, E. T. (2007) *The economics of urban transportation*. (1ª.). Routledge, New York.

Soares, F. D. P. (2014) *Metodologia de diagnostico das relações entre uso do solo e transportes na problemática do planejamento urbano*. Universidade Federal do Ceará.

Tedesco, G. M. I., e Yamashita, Y. (2008) Procedimentos para a elaboração do diagnóstico de um sistema de transporte. *Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes - XXII ANPET*. Anais do XXII ANPET, Fortaleza, CE.

Train, K. E. (2009) *Discrete Choice Methods with Simulation*. (2a ed). Cambridge University Press.

van Wee, B. (2016) Accessible accessibility research challenges. *Journal of Transport Geography*, *51*, 9–16. doi:10.1016/j.jtrangeo.2015.10.018

Williams, H. C. W. L. (1977) On the formation of travel demand models and economic evaluation measures of user benefit. *Environment and Planning A*, *9*(3), 285–344.

Hélio Henrique Holanda de Souza (hhhsouza@gmail.com)
Carlos Felipe G. Loureiro (felipe@det.ufc.br)

# A MOBILIDADE POR AUTOMÓVEL EM BELO HORIZONTE/MG: CENÁRIOS E PROJEÇÕES

**Daniela Antunes Lessa**
**Bárbara Abreu Matos**
**Carlos Lobo**
**Leandro Cardoso**
Universidade Federal de Minas Gerais

**RESUMO**
O sistema de transportes busca garantir a mobilidade, acesso e interação espacial dos indivíduos a diferentes atividades. No entanto, muitos transtornos em relação ao sistema de transporte e circulação podem ser identificados nas cidades brasileiras, sendo o transporte individual motorizado um dos personagens principais na composição problemática desse cenário. Nesse sentido, o artigo propõe identificar o quadro atual e projetar o peso da utilização do transporte individualizado por automóvel para o município de Belo Horizonte/MG. Para tanto, foram utilizadas as bases das pesquisas Origem e Destino de 1992, 2002 e 2012, bem como projeções para os anos de 2022 e 2032, das quais foi proposto o indicador "Razão de Mobilidade por Automóvel". Os resultados indicaram que o uso desse modo cresceu de forma expressiva, com uma tendência de crescimento do modo em todo território belo-horizontino, principalmente nas regionais Centro-Sul, Pampulha, Noroeste, Oeste e Barreiro.

**ABSTRACT**
The transportation system aims to guarantee the mobility, access and spatial interaction of individuals to different activities. However, many problems with transportation and circulation system can be identified in Brazilian cities, where the motorized individual transportation being one of the main characters in the problematic composition of this scenario. In this sense, the article proposes to identify the current scenario and to project the weight of the use of individualized transportation by car to the city of Belo Horizonte/MG. For this purpose, the origins and destination surveys of 1992, 2002 and 2012 were used, as well as projections for the years 2022 and 2032, of which the indicator "Reason for Mobility by Automobile" was proposed. The results indicated that use of this mode increased significantly, with a tendency of growth of the mode in all territory of Belo Horizonte, mainly, in the Central-South, Pampulha, Noroeste, Oeste and Barreiro regions.

## 1. INTRODUÇÃO

O sistema de transporte tem como objetivo garantir a mobilidade, o acesso e a integração espacial dos bens e indivíduos às diferentes atividades, que são definidas e condicionadas pelo uso e ocupação do solo. Além disso, o sistema de transporte influencia diretamente os custos de produção, os fluxos de comércio, o bem-estar social e a determinação de áreas de mercado para as regiões, tendo, assim, um papel importante no crescimento e desenvolvimento econômico das cidades (Mitra e Saphores, 2016). Há, portanto, uma estreita relação entre estratégias e políticas de transporte e uso do solo, que compreende um círculo "vicioso" envolvendo o uso do solo, o intercâmbio de atividades, o transporte, a mobilidade e a acessibilidade. Por sua vez, o intenso crescimento das cidades e suas consequências têm sido foco de vários estudos e análises, bem como determinações legais, com o objetivo de buscar melhores condutas para o planejamento e gestão de cidades (Rodrigue *et al*., 2009).

Nas cidades brasileiras, é possível identificar problemas relacionados ao crescimento urbano acelerado e à gestão ineficiente e desarticulada do espaço. Atualmente, muitos desses transtornos derivam ou têm alguma relação com o sistema de transporte e circulação. Questões como inadequação da oferta de transporte coletivo, congestionamentos, poluição sonora, poluição do ar e acidentes e falta de acesso à cidade, têm levado a um entendimento generalizado de que a maioria das cidades deve rever suas estratégias, a fim de promover padrões satisfatórios de mobilidade e acessibilidade (Oliveira e Silva, 2015).

Com a crescente participação dos modos individuais de transporte no cenário urbano, principalmente dos automóveis, a mobilidade urbana se torna um grande desafio de gestão e planejamento, inclusive na operação dos meios coletivos. Nesse contexto, o objetivo desse trabalho é identificar o peso atual e projetar a utilização do automóvel nos deslocamentos urbanos tomando como referência o caso do município de Belo Horizonte/MG. Para tanto, foram utilizadas as bases de dados das Pesquisas OD dos anos de 1992, 2002 e 2012. Com essas bases foram propostas projeções para identificar os fluxos de origem, o que permitiu avaliar o peso dos deslocamentos por automóvel com origem em cada um dos campos de Belo Horizonte. Os resultados permitem identificar as regiões em que as políticas públicas de incentivo ao modo coletivo e desestímulo ao modo motorizado possam ser aplicadas de maneira efetiva, seguindo, assim, as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana.

## 2. MOBILIDADE E A INDIVIDUALIZAÇÃO DO TRANSPORTE URBANO

A urbanização tem sido um dos processos contemporâneos mais dominantes, uma vez que uma parcela crescente da população mundial vive nas cidades. De acordo com o relatório das Nações Unidas (United Nations, 2014), em 2014, mais pessoas moravam em áreas urbanas do que em rurais. Se em 1950 apenas cerca de 30% da população mundial residia no espaço urbano, as projeções da própria ONU indicam que essa proporção atingirá 66% em 2050. Para Rodrigue *et al*. (2009), os problemas de mobilidade são reflexos diretos da urbanização acelerada, incluindo a consequente concentração espacial da população em grandes cidades. Considerando essa tendência, o transporte urbano assume especial relevância para suportar os requisitos de mobilidade de passageiros e fretes das grandes aglomerações.

Litman (2017) afirma que as questões que envolvem o planejamento e a gestão do espaço urbano sempre estiveram relacionadas ao sistema de transportes. O crescimento urbano influencia e é influenciado pela demanda e oferta de transportes. Assim, deficiências no planejamento urbano e de transportes podem interferir diretamente no cotidiano da população. O crescimento urbano acelerado; a dispersão espacial; o aumento no número de automóveis nos centros urbanos, de congestionamentos e de acidentes de trânsito; as deficiências no transporte coletivo; e as questões de uso do solo e de ordenamento espacial são reflexos da dissociação entre os aspectos do planejamento urbano e de transporte e têm levado a uma deterioração da qualidade de vida da população nos centros urbanos (Schoenau e Müller, 2017).

Para Cheng e Chen (2015) a mobilidade pode ser definida como a capacidade de se deslocar de um ponto ao outro. Cardoso (2007) acrescenta que o conceito está relacionado com a capacidade da realização dos deslocamentos diários de uma determinada população no espaço urbano. Refere-se, portanto, não apenas à sua efetiva ocorrência, mas também à possibilidade ou facilidade dessas viagens, em decorrência de condições físicas e econômicas. Gomide (2006) também considera a facilidade de deslocamento das pessoas e bens na cidade, tendo em vista a complexidade das atividades econômicas e sociais nela envolvidas. Morris *et al*. (1979) conceitua a mobilidade como um termo qualitativo que representa a capacidade que um grupo de indivíduos tem para viajar a partir de um determinado ponto e que depende essencialmente da disponibilidade dos diferentes tipos de modos de transporte. Essa capacidade, segundo Vasconcellos (2001), envolve dois componentes: (I) desempenho do sistema de transporte, por sua capacidade de interligar locais distintos; e (II) características próprias do indivíduo, relacionadas às suas condições física e econômica, ao seu grau de inserção e necessidades do sistema de transporte.

De forma complementar, Maggi e Vallino (2016) enumeram fatores que influenciam na mobilidade, como, por exemplo, as dimensões físicas do espaço urbano, as múltiplas atividades nele desenvolvidas, a disponibilidade de serviços de transporte, bem como as características da população (renda, faixa etária e escolaridade). Assim, "a mobilidade urbana mostra-se como a necessidade por transporte, moldada pelo modo de vida da população" (Raia Junior, 2000, p. 63), e pode ser considerada como um importante recurso social e articulador na sociedade, uma vez que está diretamente relacionada ao movimento de pessoas entre diferentes hierarquias sócio espaciais (Costa *et al*., 2017).

No Brasil, desde meados do século passado, o padrão de mobilidade da população vem passando por fortes modificações, embora mantenha elevados custos sociais, econômicos e ambientais. Esse padrão é reflexo principalmente do intenso e acelerado processo de urbanização, além do uso cada vez mais intenso do transporte motorizado individual pela população (Carvalho, 2016). Neto (2004) afirma que a produção de transporte urbano no Brasil se dá com altos níveis de ineficiência e irracionalidade, com a transformação das maiores cidades brasileiras em espaços eficientes para o automóvel. Ao mesmo tempo em que o transporte individual foi crescendo desde os anos 1990, a demanda por transporte público sofreu quedas frequentes. Como demonstrado por Araújo *et al*. (2011), a frota de automóveis cresceu substancialmente nas últimas décadas, apresentada como a única alternativa eficiente de transporte para as populações com níveis mais altos de renda.

A utilização desenfreada do automóvel modificou a distribuição modal do transporte urbano, ocasionando a deterioração dos transportes públicos, drenando, dessa forma, a maior parte dos recursos destinados aos transportes urbanos em detrimento do transporte coletivo (Gomide, 2006). Quem mais sofreu e sofre com a precarização são as camadas mais pobres da sociedade, subordinadas aos meios de locomoção precários e pelos quais devem pagar uma parcela cada vez maior dos seus ganhos (Cardoso, 2007). Carvalho (2016) aponta que os gastos com transporte público são crescentes apenas para famílias mais pobres, em função do aumento da mobilidade das pessoas quando há aumento de renda. Porém, mesmo nessa faixa, os gastos com transporte privado são maiores. Para as classes de renda mais elevadas, os gastos per capita com transporte público decrescem à medida que se sobe de classe, o que indica a falta de atratividade do transporte público para as famílias mais abastadas, inclusive para as famílias da classe média; e aponta a intensidade de uso do transporte privado em ambiente de crescimento da renda. Verifica-se, portanto, que as famílias brasileiras apresentam uma característica de gastar mais em transporte privado que no público em praticamente todas as faixas de renda. Além disso, esses gastos com transporte privado sobem exponencialmente à medida que a renda aumenta (Carvalho, 2016).

Segundo Vasconcellos (2001), a mobilidade cresce de forma expressiva com a renda, refletindo em uma maior diversidade de atividades realizadas pela população. Quando são consideradas apenas as viagens motorizadas, a variação da mobilidade é ainda maior. As distâncias percorridas aumentam uma vez que as pessoas de renda mais alta dispõem de modos de transporte mais rápidos e percorrem maiores distâncias no mesmo tempo disponível. O espaço de circulação é "consumido" (acessado), então, de forma diferenciada, refletindo diferentes condições sociais e econômicas a população. Dessa forma, as condições de mobilidade afetam diretamente o desenvolvimento econômico das cidades, a interação social e o bem-estar de seus habitantes (Lobo *et al*., 2013). Esse cenário vem contribuindo para a deterioração das condições de mobilidade da população dos grandes centros urbanos

em função do crescimento dos acidentes de trânsito com vítimas, dos congestionamentos urbanos e também dos poluentes veiculares (Costa *et al*., 2017). De acordo com Carvalho (2016), a percepção geral é que essas condições continuarão por muito tempo, pois as políticas de incentivo à produção, venda e utilização de veículos privados prevalecem sobre as medidas de estímulo ao uso do transporte público e do transporte não motorizado. As tendências de aumento do transporte individual no país ainda são fortes, trazendo, dessa forma, grandes desafios para os dirigentes e gestores públicos do transporte no que tange o planejamento de políticas mitigadoras das externalidades negativas produzidas.

Uma nova abordagem no planejamento urbano associa o transporte público, a circulação e o planejamento das atividades urbanas, dentro do que hoje se conhece como planejamento da mobilidade (Oliveira e Silva, 2015). Novas ferramentas vêm sendo desenvolvidas para tratar os problemas de mobilidade, entre eles, os índices e indicadores de mobilidade, que podem ser aplicados nas análises de impactos econômicos, sociais, ambientais ou em aspectos específicos de sustentabilidade, tais como acessibilidade, mobilidade e capacidade ambiental (Nicolas *et al*., 2003).

### 2.1. A mobilidade por automóvel em Belo Horizonte: uma breve contextualização histórica

Belo Horizonte, Capital do Estado de Minas Gerais, foi uma das primeiras cidades brasileiras planejadas desde sua concepção. O projeto elaborado no final do século XIX pelo engenheiro Aarão Reis buscava referências de ideologia positivistas e modernistas, inspirado nas cidades de Paris e Washington, ao trazer uma arquitetura marcada por ruas e avenidas largas e retas em sua zona urbana, delimitada, à época, pela Avenida do Contorno (Jayme e Trevisan, 2012). Ao longo do século XX a cidade passou por importantes transformações impulsionadas, principalmente, pelo grande crescimento populacional registrado no período.

> Na década de 1920, a Avenida do Contorno deixava de ser o limite da zona urbana da cidade para delimitar apenas sua área central. Entre os anos 1930 e 1950, [...] iniciava-se um processo de verticalização da área central. [...] A década de 1960 foi marcada por [...] interesses do capital e do automóvel. As ruas do centro, [...] foram tomadas pelos carros, se tornando cada vez mais lugares de passagem (Jayme e Trevisan, 2012, p. 362).

A presença do automóvel no cenário urbano de Belo Horizonte se intensificou ao longo da década de 1970. Destaca-se, ainda, que a população residente em Belo Horizonte passou de 1.235.030, em 1970, para 2.375.151, em 2010, segundo dados do censo demográfico. Paralelamente, de acordo os relatórios do DENATRAN observou-se uma considerável expansão da frota de veículos automotores, que acompanhou o cenário mundial e alcançou a marca de 1.340.071 na Capital mineira em 2010. Apenas entre os anos de 2000 e 2010, a taxa de crescimento da população foi de 6,10%, enquanto a frota de veículos registrou um espantoso incremento de 97% (SISMOB-BH, 2015). Apesar do crescimento exponencial da frota registrado ao longo da década de 2000, apenas entre os anos de 2005 e 2010 o índice registrado foi de 70%. Nesse mesmo período, de acordo os relatórios do DENATRAN, a quantidade de os automóveis nas ruas de Belo Horizonte aumentou em 51%.

O crescimento dos modos individuais no cenário urbano da Capital foi comprovado pelos dados da Pesquisa de Origem e Destino de 2012 (OD 2012), em comparação com os resultados da pesquisa realizada no ano de 2002, que indicaram uma grande alteração nas

viagens realizadas na cidade. Pela primeira vez desde o início dos estudos dos padrões de deslocamento da população belo-horizontina, foi registrada uma inversão na divisão modal, na qual se pode observar que a maior parcela dos deslocamentos diários, que anteriormente era realizada pelos modos coletivos, passou a ser feita pelos modos individuais motorizados. O automóvel, por sua vez, registrou um expressivo crescimento no percentual de viagens, passando de 19,6% (1995) para 32,6% (2012), esse modo registrou o maior crescimento se comparado com os demais (SISMOB-BH, 2015).

No ano de 2016, a taxa de motorização registrada em Belo Horizonte foi de 0,70 veículo por habitante. Em 2000 essa taxa era de 0,56. No cenário urbano, a tendência crescente da taxa de motorização tende a ser problemática. O individualismo colabora significativamente para o aumento dos congestionamentos que, em geral, são causados pelo excesso de veículos em horários específicos e por acidentes ou ocorrências, como problemas mecânicos, condições do tempo, obras e reparos, entre outras, que podem bloquear as pistas (Resende e Souza, 2009). Embora a taxa de motorização de Belo Horizonte seja próxima da média de países desenvolvidos, existem variáveis que fazem o trânsito do município ser vivenciado de maneira mais intensa, como o planejamento urbano ineficaz, o uso exagerado do veículo particular, além das más condições do transporte público, de forma a não permitir que o crescimento da motorização no município seja acompanhado de avanços no bem-estar urbano (Lobo *et al*., 2013).

## 3. BASE DE DADOS E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Diante do objetivo desse trabalho, foi proposto um modelo de projeção dos deslocamentos por automóvel, com base na série histórica de viagens observadas em Belo Horizonte, identificadas por informações extraídas das Pesquisas OD, referentes aos anos de 1992, 2002 e 2012, desenvolvidas, respectivamente pelo antigo Núcleo de Ensino e Pesquisa em Transporte (NEPT) do Departamento de Engenharia de Transportes e Geotecnia (ETG) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG); pela Fundação João Pinheiro (FJP); e pela Agência de Desenvolvimento da Região Metropolitana de Belo Horizonte, órgão vinculado ao Governo do Estado de Minas Gerais.

O estudo foi realizado para o município de Belo Horizonte que, a exemplo do que ocorre em boa parte das capitais brasileiras, verifica-se a reprodução de precariedades na provisão de acessibilidade e mobilidade urbanas no município, caracterizadas por iniquidades, resultantes da estruturação de um espaço de circulação no qual os privilégios do transporte individual são mantidos e as parcelas mais vulneráveis têm sido preteridas nos seus anseios relacionados à circulação intraurbana (Cardoso, 2007). Para fins de processamento e análise, foram utilizadas as unidades espaciais denominadas campos, que compreendem agregações de áreas homogêneas, caracterizadas como áreas de coletas adequadas para se estabelecer amostras mínimas das condições sociais e econômicas locais. Em Belo Horizonte, foram estabelecidos 120 campos, divididos em nove regionais administrativas: Barreiro, Oeste, Centro-Sul, Noroeste, Leste, Pampulha, Nordeste, Norte e Venda Nova (Figura 1). Os limites dos campos, em geral, coincidem com bairros ou pequenos grupos de bairros da Capital, o que torna mais fácil o reconhecimento e utilização dessa informação por parte da população e do poder público. Por se tratar de dados secundários, provenientes de diferentes órgãos de pesquisa, foram analisadas as metodologias aplicadas nas três ODs. A fim de uniformizar as informações, utilizou-se a compatibilização dos campos, realizada pela Fundação João Pinheiro, das bases de 1992 para o ano de 2002. O mesmo foi feito com a base de 2012.

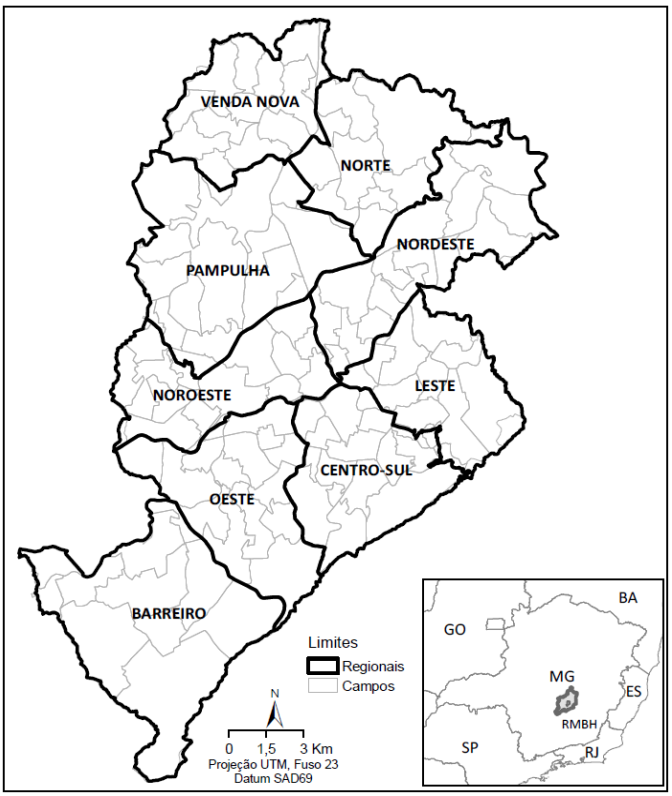



**Figura 1:** Regionais e campos do Município de Belo Horizonte/MG.
Fonte: Elaboração própria. Base de dados digital das Unidades Territoriais (PRODABEL).

Com o objetivo de verificar o peso que o transporte individualizado (sem carona) representa em cada campo e o quanto ele é prevalente em relação ao coletivo (ônibus, metrô e perua), foi definido um indicador, nomeado *Razão de Mobilidade por Automóvel* para os anos 1992, 2002 e 2012 (Equação 1).

$$RMa_i = Va_i / Vc_i \quad (1)$$

em que: $RMa_i$: Razão de Mobilidade por Automóvel em um campo *i*;
$Va_i$: viagens por automóvel com origem em um campo *i*; e
$Vc_i$: viagens por coletivo com origem em um campo *i*.

Finalmente, uma projeção dos fluxos originados em cada campo foi sugerida tomando como base em um modelo linear simples aplicado a cada campo. O modelo de projeção baseou-se nos deslocamentos por automóvel em três pontos no tempo, espaçados de 10 anos. Com base nessa série de dados, foi definida uma equação linear da reta (Equação 2) para cada campo, utilizada para a projeção dos fluxos para 10 e 20 anos (2022 e 2032, mantendo a periodicidade estabelecida nas próprias ODs). O pressuposto central da análise da série é que há um sistema causal, relacionado com o tempo, que exerceu influência sobre os dados no futuro.

$$Y = aX + b + \varepsilon \quad (2)$$

em que: $Y$: variável explicada (variável dependente);
$a$: coeficiente angular da reta (inclinação da reta);
$X$: variável explicativa (variável independente);
$b$: intercepto; e
$\varepsilon$: componente aleatória (erro).

Os resultados da regressão linear sugerida foram satisfatórios. O coeficiente de relação *Pearson*, que mede a força e a direção da relação linear entre as variáveis quantitativas, foi de 0,999, indicando uma forte correlação (ascendente), e o coeficiente de determinação foi de, aproximadamente, 99,8%, apontando uma boa explicação da variabilidade nos valores das viagens por automóveis, o que revela um bom ajuste da reta. A análise de variância apresentou um *F-statistics* alto e baixa significância, indicando variação baixa dos resíduos, revelando a adequabilidade do modelo. Finalmente, o valor de *p-value* se encontra no intervalo de confiança de 95%, sendo rejeitada a hipótese nula, atestando, desse modo, a correlação entre as variáveis em estudo.

## 4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

A crescente utilização dos modos individuais motorizados no cenário urbano de Belo Horizonte foi verificada pelos dados das Pesquisas OD de 1992, 2002 e 2012. Quando comparadas ao transporte coletivo, as viagens por transporte individual por automóvel evidenciam o significativo aumento do modo ao longo de vinte anos. Em 1992 foram 462.161 viagens de automóvel, enquanto de ônibus eram 1.768.717, o que caracteriza uma razão de 0,26. Em 2012 a razão chega a 0,85, resultado de um crescimento considerável nos deslocamentos por automóvel, que atingiram a marca de 1.465.628 (Figura 2). Nota-se que esse forte incremento no uso de automóveis ao longo dos anos, principalmente a partir da década de 2000, pode ser explicado pela expansão do crédito e incentivos governamentais para compra de veículo próprio, sem a efetiva priorização do transporte coletivo, e o aumento da renda da população (Cardoso, 2007).

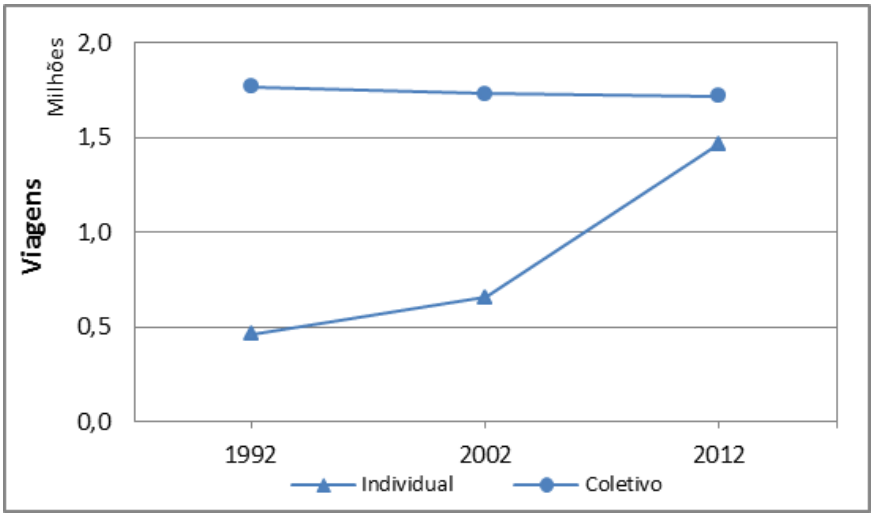



**Figura 2:** Comparação das viagens totais por modo individual motorizado e coletivo.
Fonte: Elaboração própria. Base de dados digital das Pesquisas de Origem e Destino de 1992, 2002 e 2012.

Os cartogramas, representados na Figura 3, representam a distribuição espacial da intensidade dos fluxos de automóveis em Belo Horizonte. O crescimento anual apresentou maiores taxas nas porções pericentral e noroeste do município, que incluem as regionais Centro-Sul, Oeste e Pampulha, respectivamente, notadamente áreas de maior poder aquisitivo, onde se encontram bairros como Savassi, São Pedro, Lourdes, Belvedere, Buritis, Ouro Preto e Castelo. Esses três últimos, além de relativamente novos, cresceram vertiginosamente, constituindo verdadeiros gargalos de tráfego. Esse fato associa-se ao aumento da frota de automóveis, que

apresentou em 10 anos (2002 a 2012) um crescimento médio anual superior a 6%. Nos extremos norte e sul do município (regiões mais vulneráveis social e economicamente), em geral, o fluxo de automóveis sofreu variações menos expressivas, indicando uma tendência de aumento do número de viagens por coletivo por ônibus e metrô, mesmo que esse último apresente um número de passageiros menos expressivo do que o de ônibus, também pode explicar tais resultados.

A *Razão de Mobilidade por Automóvel* nos três pontos estudados da série histórica, conforme indicado nos cartogramas da Figura 4, parece confirmar essa tendência. Como verificado na Figura 3, as regiões localizadas nas especialmente na regional Centro-Sul, de maior poder aquisitivo, desde o ano de 1992, já apresentavam valores maiores que 0,60. Em alguns casos, chegavam a superar 1,50. Esses indicadores sugerem que a cada 10 viagens por transporte coletivo, pelo menos 6 foram realizadas por automóvel. As $RM_a$ superiores a 1,00 apontam a inversão dos modos, conforme pode ser observado nos bairros Mangabeiras, Serra, São Bento, Castelo, Santo Antônio. Em 2002, fica ainda mais claro o peso das viagens por automóvel em relação ao coletivo. Em 2012, consolida-se o expressivo aumento dos deslocamentos por transporte individual na maioria dos campos da Capital. As regiões que já apresentavam, desde 1992, a prevalência do modo individual motorizado mantiveram essa condição e, em alguns casos, superou o coletivo em quase o dobro dos deslocamentos. Os resultados apontam que o uso do transporte individual motorizado cresceu de forma expressiva em todo município, porém, a intensidade desse uso foi regionalmente seletiva, como pode ser verificado nas regionais Oeste, Centro-Sul e Pampulha.

As projeções, como representadas na Figura 5, indicam que a tendência de crescimento se manteve por todo o município, principalmente nas porções pericentral, noroeste e sudoeste. Em 2022, estima-se que em apenas 18 campos do município terão menos de 5 mil viagens de automóvel (em 1992 eram 82 campos). Em 2032, nessa classe, serão previstos apenas 14 campos. Em contrapartida, em 2022 e 2032, serão 30 e 35 campos, respectivamente, com mais de 20 mil viagens cada um. Cabe ressaltar que os campos com maiores crescimentos não estarão restritos à Regional Centro-Sul do município, mas em partes das regionais Pampulha, Noroeste, Oeste e Barreiro.

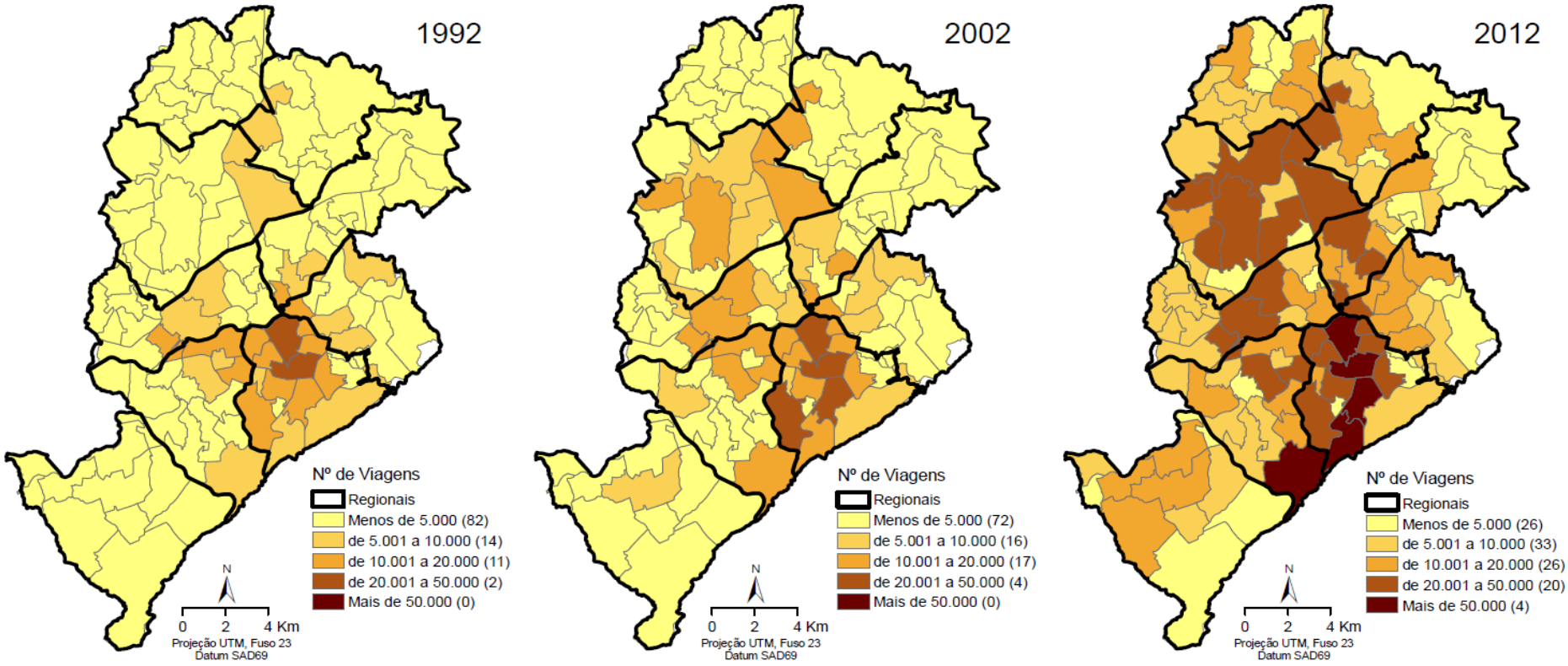



**Figura 3:** Viagens totais por automóveis por campo em Belo Horizonte/MG (série histórica).
Fonte: Elaboração própria. Base de dados digital das Pesquisas OD de 1992, 2002 e 2012.

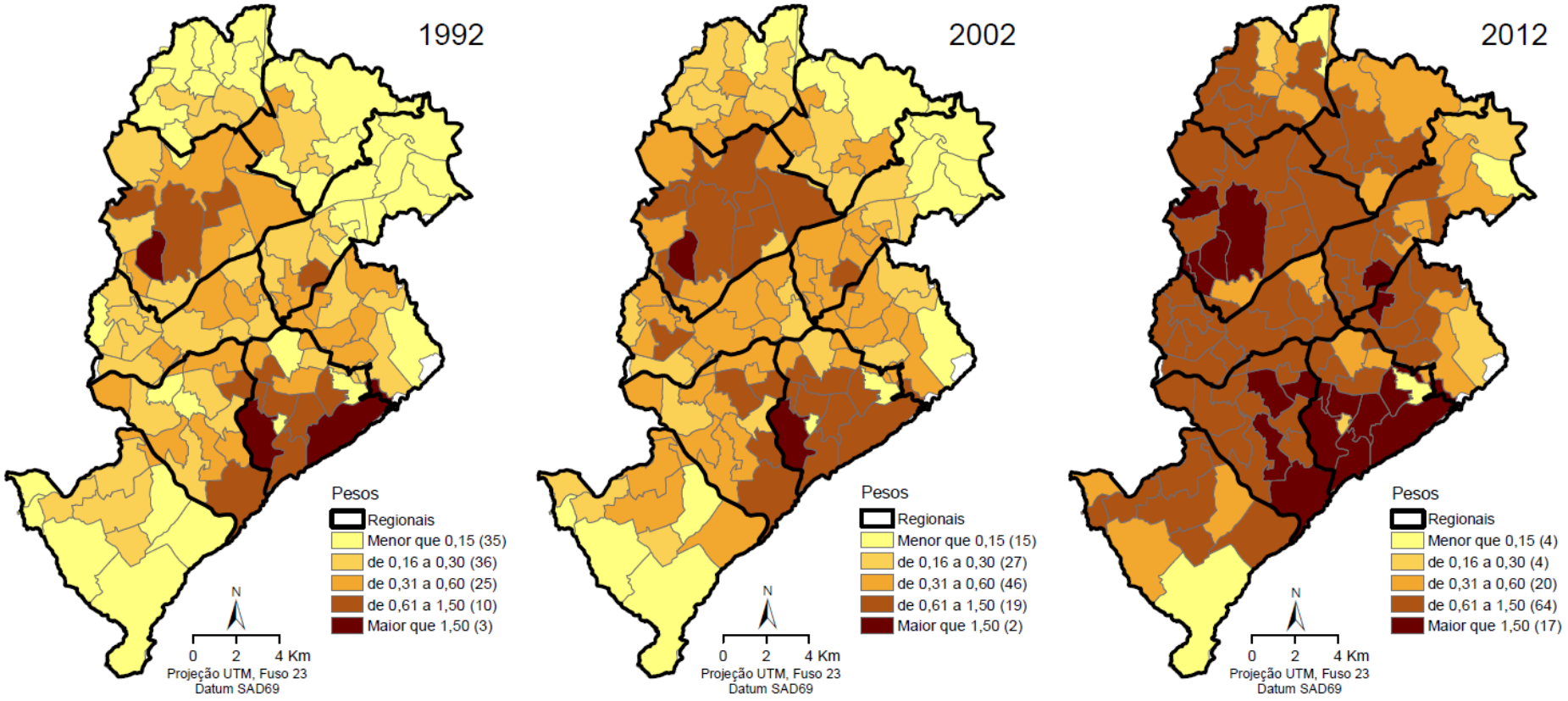



**Figura 4:** *Razão de Mobilidade por Automóvel* por campo em Belo Horizonte/MG.
Fonte: Elaboração própria. Base de dados digital das Pesquisas OD de 1992, 2002 e 2012.

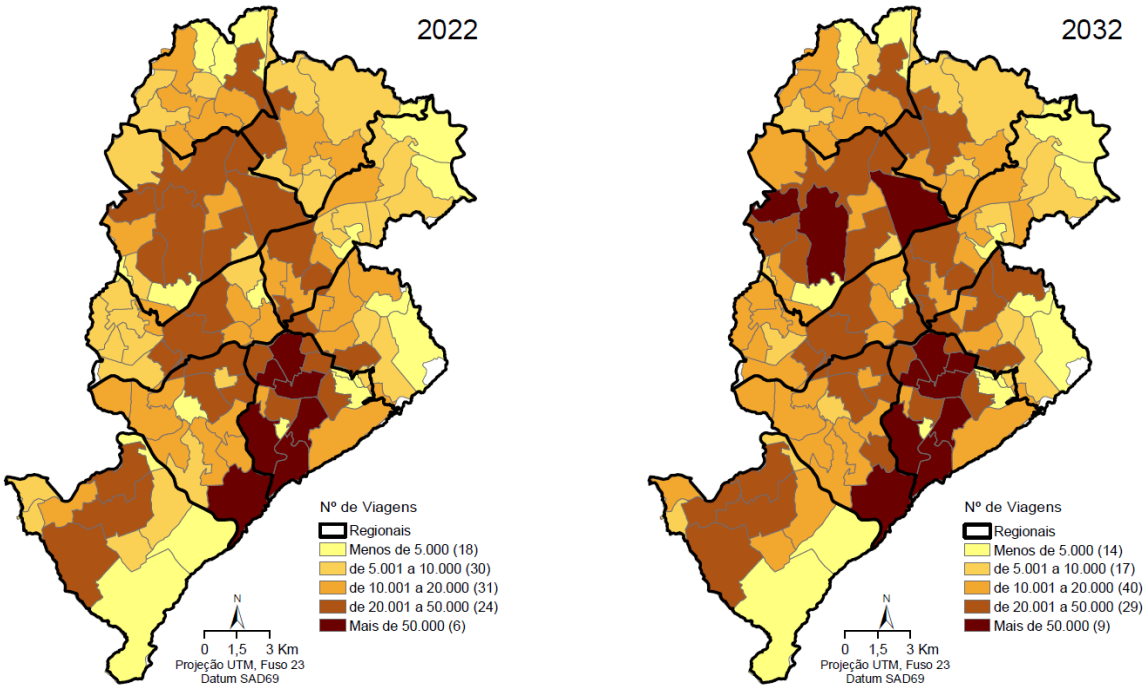



**Figura 5**: Projeção das viagens por automóveis e por campo em Belo Horizonte/MG.
Fonte: Elaboração própria. Base de dados digital das Pesquisas OD de 1992, 2002 e 2012.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A predominância do transporte individual é um dos principais problemas a serem enfrentados pelas políticas de mobilidade urbana. As políticas econômicas desenvolvidas no âmbito nacional na primeira década do século XXI, em especial a ampliação do crédito e a desoneração do setor automobilístico devem ser levadas em conta na análise do recente aumento da frota de veículos em Belo Horizonte. Porém, a baixa competitividade do sistema de transporte público por ônibus e a inadequação da linha de trem metropolitano existente na cidade demonstram a necessidade de ações por parte do Estado.

Os resultados confirmam o cenário descrito, apontando o crescimento expressivo do transporte individual por automóvel em todo o município. O modelo de crescimento aplicado aponta para um prognóstico preocupante para a mobilidade urbana da população de Belo Horizonte, uma vez que considera uma tendência de crescimento contínuo ao longo dos anos. Contudo, ressalta-se que, apesar de pessimista e baseada em uma tendência possivelmente reversível, a previsão é importante para o reconhecimento de padrões distribuídos em nível local e para a indicação de regiões de interesse estratégico, dados as altas taxas de crescimento da frota.

Os indicadores apresentados neste *paper*, ainda que circunscritos a uma série histórica relativamente curta, o que requer cuidados na interpretação dos resultados, especialmente no que se refere às projeções apresentadas, podem ser úteis para o suporte à tomada de opinião da população e de decisão do poder público, subsidiando a formulação de medidas e diretrizes que possam frear a tendência prevista e reduzir a deterioração das condições de mobilidade. A adequação da circulação viária e, principalmente, a criação de uma política de incentivo e de qualificação do transporte público/coletivo possibilita o melhor aproveitamento das oportunidades de "consumo" do espaço urbano.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Araújo, M. R. M.; Oliveira, J. M.; Jesus, M. S.; Sá, N. R.; Santos, P. A. C. e Lima, T. C. (2011) Transporte público coletivo: discutindo acessibilidade, mobilidade e qualidade de vida. *Psicologia & Sociedade*, v. 23, n. 3, p. 574-582.

Cardoso, L. (2007) *Transporte público, acessibilidade urbana e desigualdades socioespaciais na região metropolitana de Belo Horizonte*. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

Carvalho, C. H. R. (2016) *Desafios da mobilidade urbana no Brasil – Texto para Discussão* (2198). IPEA, Brasília. Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/6664/1/td_2198.pdf>. Acesso em: 20 maio 2017.

Cheng, U, H. e Chen, S. Y. (2015) Perceived accessibility, mobility, and connectivity of public transportation systems. *Transportation Research Part A*, v. 77, p. 386-403

Costa, P. B.; Neto, G. C M. e Bertolde, A. I. (2017) Urban mobility indexes: a brief review of the literature. *Transportation Research Procedia*, v. 25C, p. 3649-3659.

Gomide, A. A. (2006) Mobilidade urbana, iniquidade e políticas sociais. *Políticas sociais – acompanhamento e análise*, v. 12, p. 242-250, 2006.

Jayme, J. G. e Trevisan, E. (2012) Intervenções urbanas, usos e ocupações de espaços na região central de Belo Horizonte. *Civitas*, v. 12, n. 2, p. 359-377.

Litman, T. (2017) *Evaluating Transportation Land Use Impacts: Considering the Impacts, Benefits and Costs of Different Land Use Development Patterns – Report*. Victoria: Victoria Transport Policy Institute (VTPI), Canadá. Disponível em: <http://www.vtpi.org/landuse.pdf>. Acesso em: 30 maio 2017.

Lobo, C. F. F.; Cardoso, L. e Magalhães D. J. A. V. (2013) Acessibilidade e mobilidade espaciais da população na Região Metropolitana de Belo Horizonte: análise com base no censo demográfico de 2010. *Caderno Metropolitano*, São Paulo, v. 15, n. 30, p. 513-533.

Maggi, E. e Vallino, E. (2016) Understanding urban mobility and the impact of public policies: The role of the agent-based models. *Research in Transportation Economics*, v. 55, p. 50-59.

Mitra, S. K. e Saphores, J. D. M. (2016) The value of transportation accessibility in a least developed country city – The case of Rajshahi City, Bangladesh. *Transportation Research Part A*, v. 89, p. 184-200.

Morris, J. M.; Dumble P. L. e Wigan M. R. (1979) Accessibility indicators for transport planning. *Transportation Research*, v. 13A, p. 91-109.

Neto, O. L. (2004) Um novo quadro institucional para os transportes públicos: condição sine qua non para a melhoria da mobilidade e acessibilidade metropolitana. In Santos, E.; Aragão, J., *(Orgs.)*. *Transporte em tempos de reforma – estudo sobre o transporte urbano*. Editora Universitária da UFRN, EDUFRN, Natal, p. 193-216.

Nicolas, J. P.; Pochet, P. e Poimboeuf, H. (2003) Towards sustainable mobility indicators: application to the Lyons conurbation. *Transport Policy*, v. 10, n. 3, p. 197-208.

Oliveira, G. M. e Silva, A. N. R. (2015) Desafios e perspectivas para avaliação e melhoria da mobilidade urbana sustentável: um estudo comparativo de municípios brasileiros. *Transportes*, v. 23, n. 1, p. 59-68.

Raia Junior, A. A. (2000) *Acessibilidade e mobilidade na estimativa de um índice de potencial de viagens utilizando redes neurais artificiais e sistemas de informação*. Tese (Doutorado em Engenharia Civil Transportes) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

Resende, P. e Souza, P. (2009) Mobilidade urbana nas grandes cidades brasileiras: Um estudo sobre os impactos do congestionamento. *Caderno de Ideias – CI0910*. Fundação João Pinheiro, Nova Lima. Disponível em: <http://acervo.ci.fdc.org.br/AcervoDigital/Cadernos%20de%20Id%C3%A9ias/2009/0910.pdf>. Acesso em: 25 março 2017.

Rodrigue, J. P.; Comtois, C. e Slack, B. (2009) *The Geography of Transport Systems* (2ª ed). Routledge, London.

Schoenau, M. e Müller, M. (2017) What affects our urban travel behavior? A GPS-based evaluation of internal and external determinants of sustainable mobility in Stuttgart (Germany). *Transportation Research Part F*, v. 48, p. 61-73.

SISMOB-BH, (2015) *Sistema de Informações de Acessibilidade e Sustentabilidade de Belo Horizonte. Indicadores Populacionais*. Disponível em: <http://www.bhtrans.pbh.gov.br/portal/page/portal/portalpublicodl/Temas/Observatorio/SISMOBBH-2013/item8_10_SisMobBH_DadosAbertos_2017_01_23.pdf>. Acesso em: 04 junho 2017.

United Nations. (2014) *World Urbanization Prospects – The 2014 Revision – Final Report*. Department of Economic and Social Affairs, Population Division (ST/ESA/SER.A/366). Disponível em: <https://esa.un.org/unpd/wup/Publications/Files/WUP2014-Report.pdf>. Acesso em: 25 maio 2017.

Vasconcellos, E. A. (2001) *Transporte urbano, espaço e equidade – Análise das políticas públicas* (2ª ed). Annablume, São Paulo.

# EFEITOS DA CRESCENTE MOTORIZAÇÃO E DA EVOLUÇÃO DOS EMPREGOS FORMAIS SOBRE OS DESLOCAMENTOS CASA-TRABALHO NO RIO DE JANEIRO

**Benjamin Motte-Baumvol**
Université Bourgogne Franche-Comté
Laboratoire ThéMA (UMR 6049 CNRS)
**Larissa Cristina Silva Lopes**
Université Bourgogne Franche-Comté
Laboratoire ThéMA (UMR 6049 CNRS)
**Carlos David Nassi**
Universidade Federal do Rio de Janeiro
Programa de Engenharia de Transportes, COPPE

**RESUMO**
Este trabalho investiga o aumento geral nas distâncias e durações médias dos deslocamentos casa-trabalho, observado na Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ) através das pesquisas de Origem/Destino do PDTU de 2002 e 2012. Foram realizadas análises estatísticas bivariadas, afim de compreender a geografia e as desigualdades sociais que marcam esse aumento. Os resultados mostram que o crescimento do emprego formal, mais concentrado nas áreas centrais da RMRJ, explica, em parte, o aumento simultâneo das distâncias e dos tempos de viagem. Os habitantes dos novos bairros e cidades de classe média, como Barra da Tijuca e Niterói, são aqueles que mais contribuem para o aumento das médias. E, apesar da crescente motorização, a população ativa e de baixo nível de escolaridade das áreas mais pobres, como Baixada Fluminense e Zona Norte, continuam apresentando os maiores tempos de viagem, por dependerem do transporte público para chegar ao local de trabalho.

**ABSTRACT**
This study investigates the general increase in distance and average duration of commutes, observed in the Metropolitan Area of Rio de Janeiro, based on the Household Travel Surveys of 2002 and 2012. Bivariate statistical analyzes were performed to understand the geography and the social inequalities that mark this increase. The results show that the growth of formal employment, more concentrated in the central part of the metropolitan area, partially explains the simultaneous increase of distances and travel times. The inhabitants of the new middle-class neighborhoods and cities, such as Barra da Tijuca and Niterói, are the ones that contribute most significantly to the increase of the averages. And, despite the growing motorization, the low-educated workers of the poorest areas, such as Baixada Fluminense and Zona Norte, continue to have the longest travel times as they depend on public transport to commute.

## 1. INTRODUÇÃO

No Brasil, o desenvolvimento econômico e as melhorias no padrão de vida da população durante a década de 2002-2012 (Neri, 2008), tiveram repercussões importantes na mobilidade cotidiana, especialmente quanto ao acesso à motorização (Rodrigues, 2013). Atualmente o Rio de Janeiro – segundo maior centro financeiro do país – sofre grandes problemas de congestão (Beyer, 2011). E aqueles que escolhem o automóvel para se locomover não são as únicas vítimas, já que o sistema de transporte público, composto principalmente por ônibus, também está sujeito aos engarrafamentos (Cabral *et al.*, 2013). Durante os horários de pico, o desafio é, portanto, garantir o acesso aos locais de trabalho a custos aceitáveis, especialmente em termos de tempo de viagem. Do ponto de vista econômico, a eficiência dos deslocamentos casa-trabalho-casa é um fator importante no desempenho das empresas (Cervero, 2001), já que permite reduzir o estresse e a fadiga de seus empregados (Novaco e Gonzalez, 2009). Do ponto de vista social, o congestionamento pode contribuir também para a acentuação das desigualdades sociais, em termos de modos de transporte disponíveis, e da localização das residências e dos empregos (Mihessen e Machado, 2013 ; Soares *et al.*, 2015).

Além do aumento da motorização e da congestão, o crescimento econômico ocorrido na década de 2002-2012 também resultou em uma queda acentuada do mercado informal em favor dos empregos formais (Osório da Silva, 2011). No entanto, o declínio do emprego informal pode representar um aumento nas distâncias percorridas e uma maior concentração do fluxo de trabalhadores em direção ao CBD (*Central Business District*) e outras áreas pericentrais, que reagrupam uma parte significativa dos empregos da Região Metropolitana do Rio de Janeiro (Motte *et al.*, 2016), como acontece em muitas cidades sul-americanas (Fernández-Maldonado *et al.*, 2014; Demoraes *et al.*, 2012). O emprego informal, por se localizar de forma mais dispersa na área metropolitana (Motte *et al.*, 2016), pode ser, portanto, um forte moderador de distâncias.

Este artigo concentra-se na Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ) e analisa as diferenças sociais em um contexto de aumento da distância e da duração média dos deslocamentos casa-trabalho, medidos a partir das pesquisas de Origem/Destino do PDTU de 2002 e 2012. É possível perceber que, apesar de apresentar disparidades entre os municípios da RMRJ, esse aumento não reflete um crescimento generalizado da desigualdade social. Mesmo que a população ativa e de baixo nível de escolaridade das áreas mais pobres, como Baixada Fluminense e Zona Norte, experimentem os maiores tempos de viagem, são os habitantes mais motorizados das áreas de classe média alta, como a Barra da Tijuca e Niterói, que testemunharam os maiores aumentos em seu tempo de deslocamento.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Aumento da motorização no Brasil

Entre 2001 e 2015, o Brasil viveu um período de forte crescimento econômico, permitindo uma melhoria generalizada das condições de vida da população (Neri, 2008). Paralelamente ao aumento do poder de compra, o governo incentivou a crescente motorização das famílias brasileiras reduzindo temporariamente os impostos sobre automóveis populares novos, associadas a crédito e financiamentos (Wilbert *et al.*, 2014). Estas medidas conseguiram incentivar muitas famílias a comprarem seu primeiro automóvel (Neri, 2008 ; Pereira e Schwanen, 2013).

Neste contexto, o Brasil conheceu um aumento acentuado na motorização em todas as suas regiões (Rodrigues, 2013). De acordo com estatísticas de produção e venda de automóveis da Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (ANFAVEA, 2015), o volume total de venda de veículos novos (considerando veículos como: carros, veículos comerciais leves, caminhões, e ônibus), o Brasil viu sua frota passar de 1,4 milhões em 2002 para 3,8 milhões em 2012, uma taxa de crescimento de 11,5% ao ano.

### 2.2. A evolução dos deslocamentos casa-trabalho no Rio de Janeiro

A regulação dos deslocamentos casa-trabalho nos grandes centros urbanos pode ser considerada uma importante questão ambiental, social, e econômica (Givoni e Banister, 2013). No entanto, a Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ) possui o segundo maior tempo médio de deslocamento casa-trabalho do país. De acordo com Pereira e Schwanen (2013) houve uma deterioração das condições do transporte urbano nas grandes regiões metropolitanas no Brasil desde 1992, contribuindo para um aumento constante no tempo dos trajetos casa-trabalho. Dentre os fatores que podem ter contribuído para a recente tendência de deterioração das condições do tráfego, é importante mencionar: o forte aumento da frota e da

taxa de motorização, consequência do crescimento econômico do país; e a expansão de áreas residenciais em direção às periferias, onde as distâncias percorridas tendem a ser mais longas do que nas áreas centrais.

Dados municipais da RMRJ, considerando todos os modos de transporte, nos mostram que as viagens mais longas partem das cidades localizadas nos subúrbios metropolitanos, onde há uma grande dependência da oferta de empregos da região central (FIRJAN, 2015). Os veículos com destino ao centro, que carregam os habitantes da periferia, são os mais longos porque o emprego é fortemente concentrado no CBD e nos polos laterais diretamente ligados a ele, todos localizados no município do Rio de Janeiro (Motte *et al.*, 2016). Segundo Pereira e Schwanen (2013), a duração média desses deslocamentos é de 42,6 minutos para a RMRJ, calculados a partir de dados da PNAD de 2009 (IBGE, 2009). E esse valor varia muito entre os municípios da Região Metropolitana dependendo da proximidade com a capital, da qualidade das infraestruturas de transporte, e dos níveis de congestionamento. Young *et al.* (2013) obtiveram um tempo médio de deslocamento casa-trabalho superior a 50 minutos na RMRJ, a partir do censo de 2010 (IBGE, 2010).

## 3. ÁREA DE ESTUDO

### 3.1. Uma população fortemente segregada em um relevo acidentado

Em 2010 a Região Metropolitana do Rio de Janeiro compreendia 20 municípios, e se estendia por 120 quilômetros de leste a oeste, e 50 quilômetros no sentido norte-sul. O Rio de Janeiro - maior e mais populoso município da região - agrupa 53,8% da população e aproximadamente a mesma proporção dos empregos. Essa população se concentra principalmente ao longo da Baía da Guanabara e sua grande planície costeira, e ao longo das praias banhadas pelo Oceano Atlântico (Figura 1). Por apresentar uma geografia bastante acidentada e restritiva, marcada por colinas e áreas de floresta protegida, a cidade possui ainda zonas de baixa densidade demográfica a poucos quilômetros do centro.

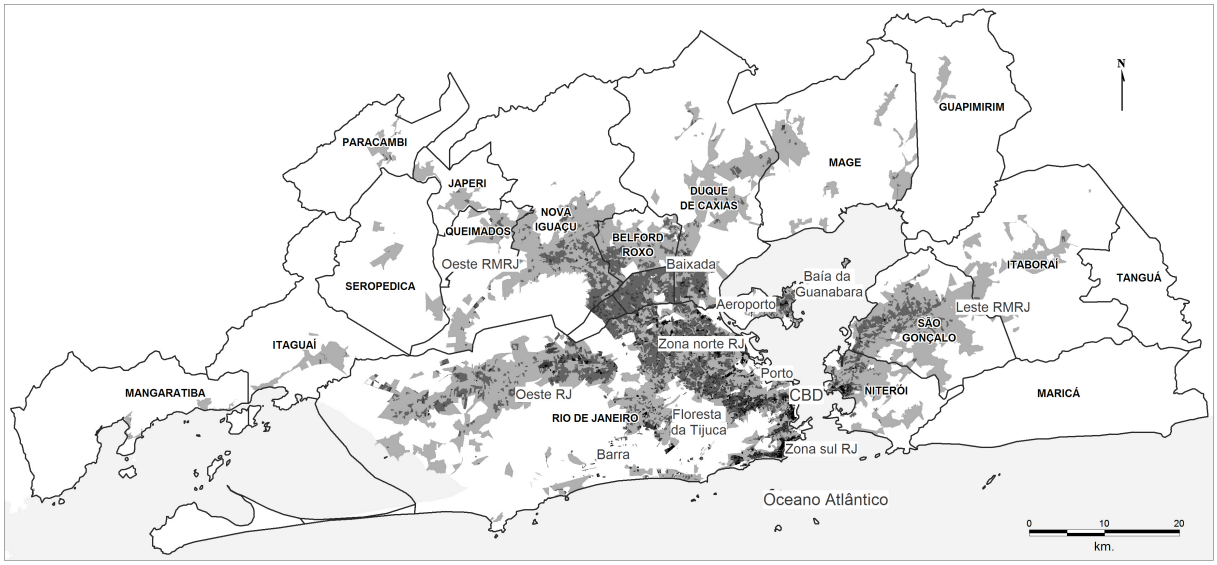



**Figura 1:** Os municípios e a densidade populacional da RMRJ em 2010
Fonte: Elaborado pelos autores a partir do Censo de 2010 (IBGE)

Além disso, a região apresenta uma forte segregação socioespacial. Os bairros mais ricos se

localizam na faixa costeira e se estendem com o desenvolvimento urbano ao longo das praias, a partir do centro do Rio e Niterói (Figura 1). Os bairros pobres estão localizados mais ao norte da região central do Rio de Janeiro e Niterói, e se estendem pela planície costeira ao longo da Baía de Guanabara.

### 3.2. Os polos de empregos na RMRJ

A Zona Sul do Rio de Janeiro, que inclui o CBD da região, compreende cerca de 35% do emprego metropolitano. A Zona Norte, vizinha ao CBD - e que compreende as atividades portuárias em seu interior - concentra 20% desses postos de trabalho. Assim, mais de metade do emprego regional concentra-se na parte central da RMRJ, ou seja, nas áreas norte e sul do Rio de Janeiro. Entretanto, mesmo que localizadas lado a lado, os setores das atividades que lhes caracterizam são bastante diferentes:

- A zona sul possui uma alta proporção de empregos no setor de serviços, especialmente serviços públicos e especializados, que juntos respondem por quase 58% dos postos de trabalho (Medeiros Junior, 2011). Os empregos no setor do comércio também são bem representados, com uma participação de quase 20%, apesar desses valores serem inferiores à média metropolitana de 24%. O CBD também é caracterizado pela forte representação dos empregos em bancos e no setor financeiro, concentrando mais de 6% dos postos de trabalho da região, contra pouco mais de 1% em nível metropolitano. Além disso, esse polo apresenta um grande número de postos de trabalho no turismo devido à presença de muitos hotéis na região, especialmente em Copacabana.
- O segundo polo de empregos da RMRJ, localizado na Zona Norte e incluindo o porto e seus arredores, é caracterizado pela grande percentagem de empregos na indústria e no setor de transporte de mercadorias. Juntos, esses dois setores representam cerca de 20% dos postos de trabalho na região, contra uma média de 11% no resto da RMRJ. Os serviços especializados também estão bem representados nesse polo de empregos.

Analisando as áreas exteriores ao polo econômico central, nota-se que a região da Baixada (que compreende os municípios que se localizam ao norte do Rio de Janeiro) concentra mais de 10% do emprego metropolitano. O setor industrial é bastante representado em número de postos de trabalho, distribuídos em grandes áreas industriais presentes na região. Pode-se identificar, ainda, uma aglomeração em Niterói, importante não apenas em nível metropolitano, mas por funcionar também como polo de empregos na parte Leste da Baía de Guanabara.

Ao contrário do emprego formal, o informal não se concentra no CBD (Motte *et al.*, 2016). De maneira geral não são observadas fortes aglomerações de empregos informais em nenhuma das áreas da RMRJ.

## 4. MÉTODOS E DADOS

A pesquisa Origem/Destino do Rio de Janeiro foi realizada pela Secretaria de Estado de Transportes, tendo como contratante principal a Companhia Estadual de Transportes e Logística, CENTRAL. A enquete foi realizada como parte do Plano Diretor de Transporte Urbano em 2001 (CENTRAL, 2005), e atualizada em 2011 (CENTRAL, 2014).

Os zoneamentos das enquetes de 2002 e 2012 foram utilizados para calcular as distâncias dos deslocamentos casa-trabalho. A rede rodoviária foi recuperada a partir do *OpenStreetMap* em

2015, e foi, em seguida, verificada e corrigida. Para os trajetos com a mesma zona de origem e destino foram feitas aproximações das distâncias, calculando-se a metade da raiz quadrada do valor da área total da zona (Gascon *et al.*, 2009). Para a apresentação dos resultados, os dados foram divididos em duas escalas: a capital é representada pelas quatro áreas de planejamento definidas pela Prefeitura do Rio de Janeiro; e para as demais cidades da região metropolitana os resultados são retratados no contexto municipal. Essa representação foi definida para coincidir com três áreas de proximidade com o centro adotadas pelos autores: Zona Central (Zonas Sul e Norte do Rio de Janeiro), Primeiro Setor (Barra, Zona Oeste, Baixada, e Niterói), Segundo Setor (Zonas Oeste e Leste da RMRJ).

Os dados brutos dessa enquete de Origem/Destino, além dos dados geográficos do Rio de Janeiro, foram integrados e processados com o software R, equipado com pacotes adicionais necessários. O banco de dados de 2012 continha algumas incoerências e erros de digitação, especialmente em relação aos tempos de viagem, que foram devidamente corrigidos.

## 5. RESULTADOS

### 5.1. Uma motorização em forte ascensão

A proporção de famílias motorizadas na pesquisa Origem/Destino de 2012 (36,9%) é ligeiramente superior ao resultado obtido a partir do Censo de 2010 (34,8%). Esses dados mostram como o crescimento do número de famílias motorizadas foi significativo nessa década, uma vez que apenas 29,9% dos domicílios eram motorizados em 2002, de acordo com a pesquisa.

Entre os ativos, 42% afirmam ter um carro em casa em 2012 e, portanto, são mais propensos a se locomover desta forma até o seu local de trabalho, quer seja como motorista ou passageiro. O aumento da motorização entre os ativos, que cresceu 6 pontos percentuais em uma década, foi observado em todas as categorias de indivíduos. No entanto, esse crescimento foi ainda mais forte entre aqueles com baixa escolaridade, se comparados aos que passaram pela universidade (Tabela 1). Apesar desse resultado percisar ser analisado com cautela, já que apenas 27% dos ativos de baixa escolaridade são motorizados, contra 78% dos ativos com ensino superior. Entre os ativos com escolaridade intermediária (colégio e ensino médio) a taxa de motorização chega a 37%. As desigualdades de acesso ao automóvel particular são, portanto, bastante significativas de acordo com o nível de escolaridade, que é um bom indicador de renda no Brasil.

**Tabela 1:** Porcentagem de ativos motorizados por nível de escolaridade em 2002 e 2012

| | Ensino Fundamental | Ensino Médio | Ensino Superior | Total |
|---|---|---|---|---|
| 2002 | 16 | 33 | 70 | 36 |
| 2012 | 27 | 37 | 78 | 42 |

Fonte: Elaborado pelos autores a partir dos dados do PDTU-RMRJ 2002 e 2012

### 5.2. A escolha pelo automóvel nos deslocamentos casa-trabalho aumenta lentamente

O aumento acentuado da motorização dos domicílios brasileiros resultou no crescimento do número de deslocamentos casa-trabalho realizados em automóveis. Essa percentagem aumentou de 20% em 2002 para 23% em 2012.

A participação modal do automóvel aumentou de maneira mais importante entre as pessoas que possuíam diploma de ensino superior, passando de 41 a 49% (Tabela 2). Para estes ativos, o carro torna-se a principal opção modal para deslocamentos casa-trabalho, superando o transporte público. Quanto aos ativos com um nível de escolaridade intermediário, não houve mudanças importantes nessas estatísticas durante o período em questão, mostrando que o aumento da taxa de motorização não resultou em um maior uso desse modo de transporte para a realização dos deslocamentos casa-trabalho.

**Tabela 2:** Escolha modal (em %) por nível de escolaridade em 2002 e 2012

| Modos | Ano | Ensino Fundamental | Ensino Médio | Ensino Superior |
|---|---|---|---|---|
| Coletivos | 2002 | 58 | 63 | 49 |
| | 2012 | 60 | 63 | 41 |
| Individuais | 2002 | 9 | 18 | 41 |
| | 2012 | 13 | 18 | 49 |
| Não motorizados | 2002 | 33 | 19 | 10 |
| | 2012 | 27 | 19 | 9 |
| Total | | 100 | 100 | 100 |

Fonte: Elaborado pelos autores a partir dos dados do PDTU-RMRJ 2002 e 2012

A evolução modal dos deslocamentos é bastante heterogênea em termos de áreas geográficas (Tabela 3). No entanto é possível observar, de maneira geral, dois modelos opostos. O primeiro acontece em três zonas: na região Oeste da RMRJ, na Barra, e em Niterói. A porcentagem de deslocamentos não motorizados diminui fortemente nessas regiões, e o transporte público também perde espaço frente ao aumento acentuado dos trajetos em automóveis. Fora dessas três áreas, como nas zonas de menor renda (Baixada e Leste da RMRJ), a proporção de trajetos por carro não aumenta, ou aumenta de forma moderada.

**Tabela 3:** Evolução modal segundo a área de residência entre 2002 e 2012

| Modos | Período /Ano | Zona central | | Primeiro Setor | | | | Segundo Setor | | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Sul RJ | Norte RJ | Barra | Oeste RJ | Baixada | Niterói | Oeste RMRJ | Leste RMRJ | |
| Coletivos | 2002-2012 | 8,1 | -4,8 | -22,7 | -9,7 | 2,7 | -2,8 | 1,8 | 12,7 | -0,3 |
| Individuais | 2002-2012 | -12,5 | -5,1 | 33,7 | 2,3 | 1,5 | 15,6 | 11,5 | -0,4 | 2,5 |
| Não motorizados | 2002-2012 | 4,4 | 9,8 | -11 | 7,4 | -4,2 | -12,8 | -13,3 | -12,3 | -2,2 |
| Coletivos | 2012 | 58,2 | 60,1 | 31,8 | 55,6 | 60,9 | 53,8 | 51,9 | 52,7 | 57,5 |
| Individuais | 2012 | 21,1 | 13,4 | 64,0 | 16,9 | 16,2 | 26,8 | 13,5 | 37,2 | 22,2 |
| Não motorizados | 2012 | 20,6 | 26,5 | 4,1 | 27,5 | 22,8 | 19,4 | 34,6 | 10,1 | 20,3 |

Fonte: Elaborado pelos autores a partir dos dados do PDTU-RMRJ 2002 e 2012

### 5.3. Um aumento geral das distâncias

Considerando todos os modos de transporte, a distância média dos deslocamentos casa-trabalho aumentou de 12,5 a 15,2 quilômetros entre 2002 e 2012. Esse aumento não é apenas o resultado de alguns casos extremos, já que a mediana passou de 8,1 a 10,6 quilômetros. O aumento das distâncias de trajeto é particularmente forte no segundo setor e em duas zonas do primeiro setor, Barra e Niterói (Tabela 4). Na área central, o crescimento da distância é zero

ou quase nulo. Entretanto, o aumento das distâncias afeta todos os ativos, independente de seu nível de escolaridade.

**Tabela 4:** Distância e duração média dos deslocamentos casa-trabalho e percentual de trajetos de mais de uma hora segundo a área de residência em 2002 e 2012

| Indicador | Ano | Zona central | | Primeiro setor | | | | Segundo setor | | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Sul RJ | Norte RJ | Barra | Oeste RJ | Baixada | Niterói | Oeste RMRJ | Leste RMRJ | |
| Distância (em km) | 2002 | 9,1 | 11,4 | 15,0 | 18,2 | 14,4 | 11,0 | 13,6 | 17,0 | 12,5 |
| | 2012 | 10,3 | 11,5 | 20,2 | 20,3 | 15,7 | 16,7 | 17,4 | 21,0 | 15,2 |
| Duração (em min) | 2002 | 38 | 48 | 45 | 55 | 48 | 37 | 39 | 41 | 45 |
| | 2012 | 40 | 43 | 59 | 44 | 58 | 50 | 53 | 46 | 51 |
| % desl. de +1 hora | 2002 | 9 | 21 | 17 | 30 | 25 | 12 | 15 | 17 | 18 |
| | 2012 | 15 | 25 | 38 | 30 | 35 | 24 | 31 | 30 | 29 |

Fonte: Elaborado pelos autores a partir dos dados do PDTU-RMRJ 2002 e 2012

### 5.4. Um aumento geral do tempo de viagem, marcado por deslocamentos de mais de uma hora

Em termos de duração, o tempo médio dos trajetos casa-trabalho considerando-se todos os modos de transporte, aumentou de 45 a 51 minutos (Tabela 4), enquanto a mediana mantém-se estável em torno de 40 minutos. Entretanto, quando calculada apenas para modos motorizados, a mediana subiu de 45 para 50 minutos, indicando um aumento geral nos tempos de viagem por esse modo, seja ele coletivos (ônibus, transporte escolar, transporte fretado, van, trem, metrô, e barcas) ou individuais (automóvel, táxi, moto-táxi, e motocicleta). Nos modos coletivos esse aumento atinge todas as classes de ativos, independente do seu nível de escolaridade ou localização residencial. Nos modos individuais, são especialmente aqueles que frequentaram a universidade, e que habitam as regiões da Barra e Niterói, que testemunharam o maior aumento registrado.

Em adição ao aumento dos valores médios, a quantidade de longos trajetos casa-trabalho também apresentou um forte crescimento. Para ilustrar esta evolução, foram observados os deslocamentos de mais de uma hora de duração. Entre todos os trajetos casa-trabalho, o percentual das viagens de mais de uma hora passou de 18% em 2002 para 29% em 2012 (Tabela 4). Esse aumento afetou todas as classes de renda e escolaridade. Entretanto, observando-se as diferenças por modo, percebe-se que 90% desses deslocamentos de mais de uma hora são realizados em transporte público, e por pessoas de baixo nível de escolaridade. Enquanto, para aqueles que possuem diploma universitário, quase 50% dos deslocamentos longos foram realizados em automóveis particulares.

Os trajetos de mais de uma hora aumentaram de maneira geral em toda a RMRJ, mas esse aumento aconteceu de maneira particularmente forte na Barra (Tabela 4). É nessa região que a parcela de trajetos de duração de mais de uma hora foi mais alta.

### 5.5. Um aumento no tempo de trajeto casa-trabalho bem distinto espacialmente

*5.5.1. Aumento mais rápido dos tempos de trajeto no primeiro setor*

Se levarmos em conta apenas o modo de transporte, a duração dos trajetos casa-trabalho aumentou para todas as classes de ativos, sem grandes diferenças entre as categorias. Se observarmos a origem e destino desses deslocamentos, entretanto, esse aumento apresenta

grandes disparidades espaciais, e de acordo com o fluxo entre as zonas (Figura 2). Para os moradores da área central da RMRJ (Zonas Sul e Norte do município do Rio de Janeiro) este aumento permanece baixo ou nulo. Uma pequena diferença foi experimentada pelos habitantes das áreas do segundo setor (Leste e Oeste da RMRJ) e da Zona Oeste do Rio (no primeiro setor). Mas é a partir das áreas de primeiro setor (Barra, Baixada, e Niterói) que os aumentos foram de maior magnitude.

São, portanto, as regiões em torno dos polos de empregos da área central, com excepção da Zona Oeste do Rio de Janeiro, que foram mais penalizadas. A primeira hipótese sobre esse aumento dos tempos de viagem é a piora da acessibilidade às áreas de emprego centrais em razão do forte aumento da congestão. Esse congestionamento afeta todos os modos de transporte motorizados, e todos os tipos de população.

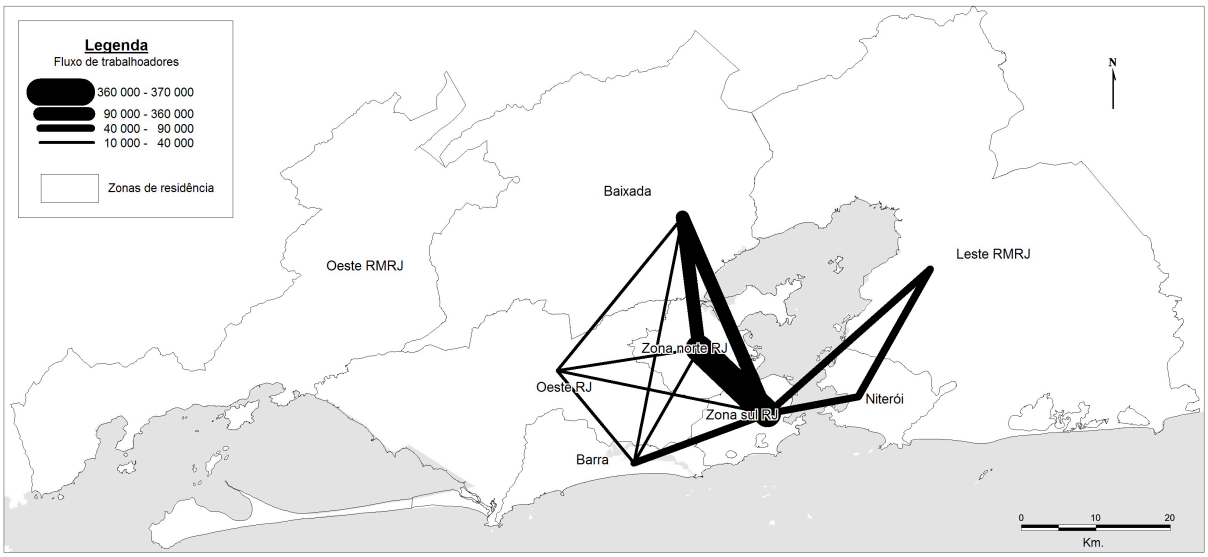



**Figura 2:** Principais fluxos casa-trabalho entre as zonas de residência da RMRJ em 2012
Fonte: Elaborado pelos autores a partir dos dados do PDTU-RMRJ 2002 e 2012

*5.5.2. Ônibus mais lentos*

Nos municípios pobres da Baixada, o crescimento significativo na duração média dos trajetos casa-trabalho é resultado apenas do aumento do tempo de deslocamento realizado em transportes públicos. Nessa área, as distâncias de viagem não aumentaram, por isso é a redução das velocidades que explica o aumento de sua duração.

Observou-se ainda, que os deslocamentos por trem não foram responsáveis pelo aumento do tempo de viagem em transporte coletivo. Ao contrário, as viagens por ônibus apresentaram aumento significativo durante o período analisado. A Baixada não é a única área do primeiro setor marcada por uma redução das velocidades dos deslocamentos por ônibus, já que Barra e Niterói também mostraram os mesmos resultados.

*5.5.3. Acesso rodoviário para o centro insuficiente e congestionado*

O aumento dos tempos de viagem na Barra e em Niterói foi ainda mais forte para os trajetos realizados de carro. São nessas duas áreas que as taxas de crescimento do tempo de deslocamento são maiores, somando-se às durações já elevadas dos tempos de viagem. Esse fato pode ser explicado pela redução acentuada das velocidades de deslocamento devido ao

aumento do congestionamento, especialmente nas rotas que conectam essas zonas à área central do Rio de Janeiro. O acesso limitado e a posição distanciada da Barra e de Niterói em relação ao CBD produzem deslocamentos mais longos. E, apesar de existir polos de empregos nessas regiões, o tamanho da oferta e o nível de qualificação não correspondem aos ativos que habitam essas áreas.

*5.5.4. Áreas centrais poupadas do aumento no tempo de viagem*

Foi observada uma exceção ao acentuado aumento no tempo global dos trajetos casa-trabalho: a área central do Rio de Janeiro. De um lado, trata-se de espaços onde os edifícios, as redes de transporte, e a população mudaram pouco durante o período analisado. Por outro lado, a área concentra grande parte dos empregos metropolitano, o que limita a necessidade de longos deslocamentos casa-trabalho entre os habitantes dessa região.

É possível observar, entretanto, uma diferença entre a duração dos trajetos provenientes das regiões mais pobres (Zona Norte) e mais ricas (Zona Sul) do Rio de Janeiro. A segunda apresenta uma média de tempo um pouco menor e, especialmente, uma menor proporção de deslocamentos de mais de uma hora. Os ativos da Zona Sul continuam sendo, portanto, os mais privilegiados quanto à acessibilidade ao emprego de maneira geral, e aos postos de maior qualificação da RMRJ. Além disso, os níveis de infraestrutura e de congestionamento permitem um melhor acesso ao centro, se comparados aos ativos da Zona Norte. Apesar de também estarem bem localizados em relação ao centro, seus deslocamentos são sabotados por níveis de congestão bem mais elevados que aqueles vivenciados pelos habitantes da Zona Sul (Cabral *et al.*, 2013). Essa constatação de que os bairros socialmente favorecidos apresentam as menores durações médias dos trajetos casa-trabalho (normalmente realizadas por carros), também é feito por Demoraes *et al.* (2010) sobre as cidades de Bogotá (Colômbia), Santiago (Chile), e São Paulo (Brasil).

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em um período de forte crescimento econômico em nível nacional, os deslocamentos na RMRJ aumentaram em distância e duração como resultado de duas tendências principais: o crescimento do emprego formal e a crescente motorização. De um lado, os deslocamentos dos trabalhadores formais são mais longos, tanto em termos de distância quanto de tempo, porque os postos formais são fortemente concentrados nos polos de empregos das áreas centrais da RMRJ. Enquanto os trabalhos informais mostram uma tendência inversa, se dispersando ao longo da região metropolitana, e fora desse polo central (Motte *et al.*, 2016). Por outro lado, o forte crescimento da taxa de motorização das famílias brasileiras resultou em um aumento, ainda que modesto, da quantidade de deslocamentos casa-trabalho realizados em automóvel particular. O que foi suficiente, entretanto, para aumentar significativamente o congestionamento, impactando ambos os deslocamentos por carros e ônibus, sobre os quais se apóiam a maior parte da oferta em transporte coletivo. A participação do automóvel nesses deslocamentos aumentou especialmente nas áreas mais distantes dos principais polos de empregos, como a Barra e Niterói, e cuja capacidade das infraestruturas de transporte são insuficientes.

Além dessas duas tendências, outros dois fatores têm agravado os congestionamentos nas horas de pico: a geografia espacialmente restritiva da região, e a recorrente falta de investimento em infraestrutura no Brasil, e no Rio de Janeiro, em particular. Um terceiro fator que possivelmente influenciou o aumento das distâncias e durações dos trajetos é a forte

segregação socioespacial existente na RMRJ, e a baixa diversidade social, mesmo em bairros de classe média (Mihessen e Machado, 2013). Adicionando-se essa segregação às restrições geográficas, pode haver um desencontro espacial (*spatial mismatch*) que afetaria alguns dos habitantes de maior renda (Barra e Niterói), por se localizarem longe de postos de trabalho qualificados. No entanto, essa questão resta apenas uma hipótese, que poderá ser explorada em um trabalho futuro.

**Agradecimentos**
Os autores agradecem à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pelo apoio financeiro recebido para o desenvolvimento deste trabalho.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ANFAVEA (2015) *Anuário da Indústria Automobilística Brasileira – 2015*. Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores, São Paulo.

Beyer, A. (2011) L'échéance des Jeux Olympiques de 2016 et les stratégies de restructuration du transport métropolitain de Rio de Janeiro. *Confins, Revue franco-brésilienne de géographie/Revista franco-brasilera de geografia*, n. 12.

Cabral, R.; E. H. Teixeira; M. S. Borges; M. A. A. F. Paula; P. P. S. Souza; C. Leite e C. Brizon (2013) *Transporte público no Rio de Janeiro: encontrando soluções para uma mobilidade sustentável.* FETRANSPOR, Rio de Janeiro.

CENTRAL (2005) *Plano Diretor de Transporte Urbano da Região Metropolitana do Rio de Janeiro: Resultados da Pesquisa Origem e Destino*. Governo do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

CENTRAL (2014) *Plano Diretor de Transporte Urbano 2011 da Região Metropolitana do Rio de Janeiro: Resultados da Pesquisa Origem e Destino*. Governo do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

Cervero, R. (2001) Efficient urbanisation: economic performance and the shape of the metropolis. *Urban Studies*, v. 38, nº 10, p. 1651–1671.

Demoraes, F.; V. Gouëset; M. Piron; O. Figueroa e S. Zioni (2010) Mobilités quotidiennes et inégalités socio-territoriales à Bogotá, Santiago du Chili et São Paulo. *Espace populations sociétés. Space populations societies*, v.2-3, p. 349–364.

Demoraes, F.; M. Piron; S. Zioni e S. Souchaud (2012) Inégalités d'accès aux ressources de la ville analysées à l'aide des mobilités quotidiennes: Approche méthodologique exploratoire à São Paulo. *Cahiers de géographie du Québec*, v. 56, nº 158, p. 463–490.

Fernández-Maldonado, A. M.; A. Romein; O. Verkoren e R. P. P. Pessoa (2014) Polycentric Structures in Latin American Metropolitan Areas: Identifying Employment Sub-centres. *Regional Studies*, v.48, nº 12, p. 1954 1971.

FIRJAN (2015) *O Custo dos Deslocamentos nas Principais Áreas Urbanas do Brasil*. FIRJAN, Rio de Janeiro.

Gascon, M.-O.; B. Quetelard; C. Patiès e J.-L. Valgalier (2009) Calcul a posteriori des distances dans les enquêtes ménages déplacements. CERTU, Lyon.

Givoni, M. e D. Banister (2013) *Moving towards low carbon mobility*. Edward Elgar Publishing, Cheltenham, Reino Unido.

IBGE (2009) *Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios – PNAD 2009*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro.

IBGE (2010) *Censo Demográfico*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro.

Medeiros Junior, H. (2011) Distribuição dos empregos formais na cidade do Rio de Janeiro em 2008: uma análise espacial. *Coleção Estudos Cariocas*, v. 10, p. 1–26.

Mihessen, V. e D. C. Machado (2013) Mobilidade urbana e mercado de trabalho: deslocamentos pendulares e empregabilidade na Região Metropolitana do Rio de Janeiro. *XXVII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes*, ANPET, Belém.

Motte, B.; A. Aguilera; O. Bonin; C. D. Nassi (2016) Commuting patterns in the metropolitan region of Rio de Janeiro. What differences between formal and informal jobs? *Journal of Transport Geography*, v. 51, p. 59–69.

Neri, M. C. (2008) *A nova classe média*. FGV/IBRE, Rio de Janeiro.

Novaco, R. W. e O. I. Gonzalez (2009) Commuting and well-being *Technology and well-being*, v. 3, p. 174–4.

Osório da Silva, M. (2011) *Características e evolução recente do emprego e economia carioca e metropolitana.* Município do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

Pereira, R. H. M. e T. Schwanen (2013) *Tempo de deslocamento casa-trabalho no Brasil (1992-2009):*

*Diferenças entre regiões metropolitanas, níveis de renda e sexo.* Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), Brasília.

Rodrigues, J. M. (2013) Evolução da frota de automóveis e motos no Brasil 2001-2012. *INCT Observatório das Metrópoles*, Rio de Janeiro.

Soares, M. P. L.; J. V. Miranda e J. Grand Junior (2015) Modelo de desempenho socioespacial para o sistema de mobilidade urbana no município do Rio de Janeiro: aplicabilidade das análises espaciais e estatísticas para gestão municipal dos transportes. *XVI Encontro Nacional da ANPUR*, Belo Horizonte.

Wilbert, M. D.; A. L. M. Serrano; R. de Souza Gonçalves e L. S. Alves (2014) Redução do imposto sobre produtos industrializados e seu efeito sobre a venda de automóveis no Brasil: uma análise do período de 2006 a 2013. *Revista Contemporânea de Contabilidade*, v.11, n. 24, p. 107–124.

Young, C. E. F.; C. Aguiar e E. Possas (2013) Sinal fechado: custo econômico do tempo de deslocamento para o trabalho na Região Metropolitana do Rio de Janeiro. *Revista Econômica*, v.15, n. 2.

Benjamin Motte-Baumvol (benjamin.motte@u-bougogne.fr)
Laboratoire ThéMA (UMR 6049 CNRS), Université Bourgogne Franche-Comté
4 boulevard Gabriel, 21000 Dijon France
Larissa Cristina Silva Lopes (larissa.silva-lopes@u-bourgogne.fr)
Laboratoire ThéMA (UMR 6049 CNRS), Université Bourgogne Franche-Comté
4 boulevard Gabriel, 21000 Dijon France
Carlos David Nassi (nassi@pet.coppe.ufrj.br)
Programa de Engenharia de Transportes, COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro
Bloco H-106, P.O.Box 68512, 21941-972, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

# A MOBILIDADE URBANA, O TURISMO E AS MÍDIAS SOCIAIS: UM ESTUDO NA REGIÃO DA LAGOA DA PAMPULHA POR MEIO DA PLATAFORMA TRIPADVISOR

**Alice Roque Gonçalves da Cruz**
**Agmar Bento Teodoro**
**Peolla Paula Stein**
Departamento de Engenharia de Transportes
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais

**RESUMO**
A proposta deste artigo é analisar a mobilidade urbana no ponto turístico Lagoa da Pampulha, que foi considerada em julho de 2016, Patrimônio Cultural da Humanidade pela UNESCO. O principal objetivo do atual trabalho é explorar e buscar compreender as características da mobilidade urbana da região da Lagoa. Para tal, foi realizado um levantamento na plataforma TripAdvisor que concentra informações de turismo baseado em comentários reais de viajantes. Os comentários foram localizados de acordo com palavras- chave, tais como: Bicicleta, carro, a pé, táxi, ônibus, ciclovia e turismo. Para a análise os comentários foram agrupados em quatro categorias a saber: infraestrutura de transporte, infraestrutura turística, locomoção na Pampulha e considerações sobre a Lagoa da Pampulha. Os resultados apontam que os turistas enfrentam dificuldades no deslocamento a pé, de bicicleta, de transporte público e deparam-se com problemas na infraestrutura turística.

**ABSTRACT**
The proposal of this article is to analyze the urban mobility in the tourist point Lagoa da Pampulha, that was considered in July of 2016, Cultural Patrimony of the Humanity by UNESCO. The main objective of the present work is to explore and seek to learn the characteristics of urban mobility in the Lagoon region. To do so, a survey was conducted on the TripAdvisor platform that concentrates tourism information based on actual travelers' comments. Comments were located according to keywords such as: Bicycle, car, on foot, taxi, bus, bike path and tourism. For analysis the comments were grouped into four categories: transportation infrastructure, tourist infrastructure, locomotion in Pampulha and considerations about the Lagoa da Pampulha. The results indicate that tourists face difficulties in walking, cycling, public transportation and they face problems in the tourist infrastructure.

## 1. INTRODUÇÃO

O Comitê do Patrimônio Mundial da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO) incluiu em Julho de 2016 o Conjunto Moderno da Pampulha, de Belo Horizonte (MG), na Lista do Patrimônio Cultural da Humanidade. A Lagoa está localizada na região da Pampulha, um bairro do município de Belo Horizonte. Sua construção se deu com o intuito de suprir a necessidade do abastecimento de água e também evitar a ocorrência de enchentes na região. Somente no ano de 1943, no contexto do modernismo, é que inaugurou-se o reservatório artificial. Desde então, desenvolveu-se em seu entorno um importante Conjunto Arquitetônico e Paisagístico que compreende atrações como a Igreja de São Francisco de Assis, o Museu de Arte da Pampulha, a casa do baile e atrações como o Parque Ecológico Promotor José Lins do Rego (mais conhecido como Parque Ecológico da Pampulha), o Mineirinho, o Mineirão, dentre outros.

Na atualidade, o local é econômica e culturalmente importante tendo em vista que esse tem sido utilizado como área de lazer e entretenimento, pelo fato de ser propício à prática de

esportes, realização de competições, além de ser palco de eventos e queima de fogos na virada do ano. O local possui uma ciclovia e uma pista de *cooper* destinada à prática de corrida e caminhada, seis estações do sistema de bicicletas compartilhadas - *Bike sharing* (Figura 1), como elementos que constituem sua paisagem no cenário de mobilidade.

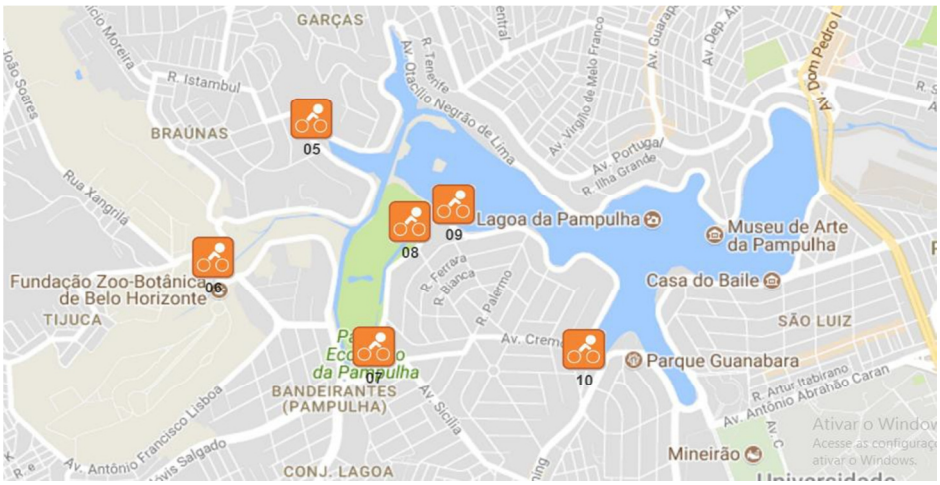



**Figura 1: Região objeto de estudo Estações de *Bike Sharing* do projeto Bike BH**
**Fonte:Projeto Bike BH.**

Um dos desafios relacionados aos locais com patrimônio turístico pode ser justamente a mobilidade urbana. A obtenção de informações referentes aos locais turísticos ganhou uma aliada importante com as plataformas específicas de viagens. Este trabalho analisa especificamente informações obtidas na plataforma TripAdvisor. Como destacam Miskalo-Cruz *et al* (2016) o TripAdvisor é "o maior portal online de viagens do mundo" como se auto designa, o que significa dizer que é um site com conteúdo colaborativo e que possui como características recursos de ajuda aos viajantes na descoberta de viagens por intermédio de postagens colaborativas com escritas de dicas de viajantes e suas fotografias. Também conta com recursos de planejamento de viagens, que são apresentados na forma de uma série de perguntas e respostas, por meio das quais é possível se informar e ficar a par de transformações físicas que ocorrem no local.

Neste contexto, o objetivo deste artigo é analisar a mobilidade urbana no ponto turístico da Lagoa da Pampulha em Belo Horizonte utilizando comentários de viajantes reais da plataforma TripAdvisor. Espera-se estruturar uma metodologia com base em análise do conteúdo que ajude a compreender como plataformas virtuais podem auxiliar no levantamento de informações e desta forma dar suporte ao planejamento da mobilidade urbana.

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

A mobilidade é um serviço essencial para os turistas que visitam as grandes cidades e fator de conforto. Sustentada na logística de transportes, a decisão do turista pela viagem se

inicia na escolha do meio de locomoção, que pode ser fator determinante na qualidade da experiência da viagem. Por este fato é que na seleção das palavras- chave adotou-se também como critério os meios de transporte. Considera-se aqui a mobilidade em territórios turísticos, que é uma especificidade do termo "mobilidade urbana", o qual pode ser entendido como a facilidade ou não da realização de um conjunto de atividades no espaço urbano com finalidades previamente determinadas, as quais são diretamente influenciadas pelas políticas públicas para o deslocamento de pessoas, sejam elas turistas ou não, em um determinado território.

Destaca-se a emblemática frase "Sem mobilidade não há turismo", de Coriolano e Fernandes (2012, p.3), pelo fato de que as práticas turísticas envolvem necessariamente o deslocamento no espaço, colaborando assim para a realização material de uma vontade pessoal. Somado-se ao fato de que para receber o turista, as localidades devem buscar oferecer condições de acessibilidade, adaptando-se de acordo com as necessidades desse no que tange à infraestrutura, equipamentos, serviços, transporte público e espaço disponível para circulação. Todos esses fatores contribuem piamente para um ambiente satisfatório e de desenvolvimento desta importante atividade do setor terciário da economia.

Vale salientar que o espaço turístico, como ambiente de trocas comerciais, sociais, culturais e econômicas, é dotado de redes materiais, na forma de estruturas de transporte, as quais viabilizam ou não a manutenção e o estabelecimento de relações entre as áreas atrativas e originárias do turismo. Por isso, é possível visualizar as interconexões mantidas entre os pontos da representação de uma rede (Figura 2) ou o que podemos chamar de um sistema de transportes consolidado, através dos quais há a circulação de bens, pessoas e mercadorias, com a finalidade de realizar atividades em um espaço ou até mesmo fornecer algum tipo de serviço. Nesse cenário, conhecer os modos de transportes é de suma importância, visto que são essenciais à atividade turística, pois garantem a acessibilidade e o deslocamento aos destinos turísticos (SILVA e SANTOS, 2009.p.4).

Outro fator interessante a ser pautado é acerca do quão diversificada tem sido a atividade turística. Evidenciado pela transformação no fazer turístico, haja vista que antigamente buscava-se obter orientações de pessoas especializadas para a tomada de decisão de ida a territórios turísticos, enquanto hoje é cada vez mais frequente a troca de informações nos chamados "nichos tecno-midiáticos", nos quais é possível compartilhar experiências construídas e dinamizadas em contextos e práticas de comunicação, conforme experiências digitais (ALDRIGUE, 2016, p.167).

O processo de Globalização, bem como a convergência tecnológica, tem dado novas dimensões aos meios de comunicação e, consequentemente, isso vem alterando significativamente as relações entre os atores sociais individuais e coletivos na atualidade. Pode-se afirmar que o processo de midiatização se dá nesse contexto de relação dos indivíduos com novas tecnologias num mundo globalizado, no qual as linguagens das

mídias penetram e passam a fazer parte da dinâmica de vários campos sociais (SGORLA, 2009). Para Fausto Neto, (2008) a midiatização é o resultado da evolução dos processos midiáticos.

O indivíduo não é apenas um receptor, mas sim passa a fazer parte do processo de comunicação, interagindo e até mesmo intervindo. Por conseguinte, é nesse processo que ele elabora seu discurso. É notório que o processo de midiatização se potencializou com a difusão das novas formas de se interagir, sobretudo com as tecnologias ligadas à internet.

Nesse sentido o *TripAdvisor*, como ferramenta multifinalitária inserida num contexto de midiatização das práticas turísticas, acaba fomentando a realização de atividades inseridas neste campo, pelo fato de estabelecer uma relação de vínculo que integra o turista ao seu destino no momento em que oferece oportunidades de comunicação entre empresas que divulgam seus serviços e clientes que queiram fazer uso de tal. Paralelamente, acaba por servir de base para o desenvolvimento de pesquisas científicas interdisciplinares, ou seja, tanto na área de transportes como em muitas outras, a citar como exemplo sua importante aplicação nas ciências sociais e em seus subcampos.

## 3. METODOLOGIA

Para levantamento das informações necessárias ao estudo em questão, foi realizada no site *Tripadvisor* a coleta de depoimentos de turistas e moradores sobre a Lagoa da Pampulha. Este levantamento foi realizado entre os dias 21 de maio a 07 de junho de 2017. O *site Tripadvisor* permite que internautas possam visualizar as avaliações de turistas deixadas na plataforma. Os comentários deste foram selecionados utilizando-se como local-chave a "Lagoa da Pampulha". A Figura 2, apresentada na sequência, ilustra como os depoimentos estão dispostos na plataforma.




**Figura 2: Apresentação do *layout* da plataforma utilizada**

**Fonte: TripAdvisor**

As informações obtidas no site *Tripadvisor* foram analisadas tomando como base a técnica

de análise de conteúdo que, para Bardin (1977), pode ser definida como um conjunto de técnicas de análise das comunicações que visa obter, por procedimentos sistemáticos, indicadores que permitam a dedução de conhecimentos relativos às condições de produção e recepção destas mensagens. Caracterizando-o, então, como um método qualitativo de tratamento da informação contida nas mensagens.

Deste modo, foram levantados os depoimentos dos turistas e de alguns moradores do entorno da Lagoa da Pampulha relativos à percepção que eles têm sobre a mobilidade para acessá-la. Foram selecionados os depoimentos em que apareciam alguma palavra ou expressão que denotava a opinião do turista sobre a mobilidade no que concerne à acessibilidade ao local. A partir de uma leitura flutuante dos comentários foi possível estabelecer seis expressões que representam a visão do turista sobre mobilidade, são elas: Bicicleta, carro, a pé, táxi, ônibus, ciclovia e turismo. Assim foi possível selecionar entre os comentários disponíveis, aqueles em que o turista expressava algo referente à mobilidade.

Os depoimentos foram agrupados em quatro categorias temáticas pelo fato de que, de acordo com Bardin (1977), as categorias podem ser definidas como unidades de análise. Para Franco (1994) a categorização é uma operação que tem como objetivo classificar os elementos que compõem um conjunto. Esta classificação é feita por diferenciação e seguida de um reagrupamento baseado em critérios definidos. A escolha por fazer a categorização temática baseia-se no que diz Bardin (1977). A autora expõe que a categorização pode ser temática, sintática dentre outras. Foram então criadas as seguintes categorias: Infraestrutura de transporte, infraestrutura turística, locomoção na Pampulha e considerações sobre a Lagoa da Pampulha.

Os comentários dos turistas foram filtrados, agrupados por categoria e, para cada uma delas, verificou-se a frequência com que determinadas expressões emergiram em cada comentário. Assim, a partir da opinião dos avaliadores cadastrados no site, selecionou-se as falas mais pertinentes, ou seja, aquelas que apresentam contribuições à temática mobilidade urbana na Regional Pampulha, e a partir delas procurou-se elencar e discorrer a respeito dos aspectos aqui abordados. O nome das pessoas que relataram suas experiências não será mencionado por questões de privacidade.

## 4. RESULTADOS

Utilizando o filtro “lagoa da pampulha” foi possível identificar no *site TripAdvisor* 1.780 comentários sobre o complexo da Lagoa da Pampulha. Dentre estas avaliações foram segregadas aquelas em que as expressões- chave apareciam no texto. Assim foi possível identificar 27 depoimentos. Estes foram agrupados de acordo com as categorias previamente definidas, a saber: infraestrutura de transporte, infraestrutura turística, locomoção na Pampulha e considerações sobre a Lagoa da Pampulha.

### 4.1. Avaliações Críticas

Para essas quatro categorias foram agrupadas as explicitações retiradas dos depoimentos.

Após associação das explicitações às respectivas categorias, elaborou-se uma tabela apresentando a quantidade de vezes em que os turistas mencionaram alguma expressão ou frase relacionadas à categoria em questão. Nodari, Lindau e Ribeiro (2000) ponderam que quanto mais uma pessoa discorre sobre determinado aspecto, mais importância isso representa na visão dele. O Quadro 1 apresenta as explicitações a respeito da categoria "Infraestrutura de Transportes". Nesta categoria foram identificadas oito explicitações, sendo que aquela que apresentou maior frequência foi a explicitação associada à presença da ciclovia no local, com uma frequência de 11 vezes, representando 25,6% das explicitações.

**Quadro 1: Explicitações da categoria Infraestrutura de Transportes**

| Categoria | Nº | Explicitações | Frequência | % |
|---|---|---|---|---|
| Infraestrutura de transportes | 1 | Há aluguel de bicicletas | 7 | 16,3 |
| | 2 | Não há opção de deslocamentos | 4 | 9,3 |
| | 3 | Não tem acesso ao transporte público/ o transporte público não é acessível | 6 | 14,0 |
| | 4 | Ciclovia interrompida | 1 | 2,3 |
| | 5 | Não há sinalização nos pontos de ônibus | 2 | 4,7 |
| | 6 | Há dificuldade para encontrar vagas em estacionamentos próximo às atrações | 3 | 7,0 |
| | 7 | O transporte por ônibus não integra os locais de forma adequada (não é eficiente) | 9 | 20,9 |
| | 8 | Há ciclovia | 11 | 25,6 |
| | | **Total** | **43** | **100** |

A categoria "Infraestrutura Turística" apresenta três explicitações, sendo que aquelas que apresentaram maior frequência estão associadas à falta de sinalização turística e falta de guias no local, representando, cada uma delas, 41,7% do total (Quadro 2).

Sabe-se que as Sinalizações de Tráfego e Turismo exercem um papel importante na orientação do tráfego e no acesso dos usuários à rede viária. A presença de guias no local também é imprescindível para uma boa realização do desejo das pessoas em fazer turismo. Pensando nisso, os órgãos gestores devem atentar-se para a problemática indicada no resultado desta seção da pesquisa.

**Quadro 2: Explicitações da categoria Infraestrutura Turística**

| Categoria | Nº | Explicitações | Frequência | % |
|---|---|---|---|---|
| Infraestrutura turística | 1 | Não há comércio no entorno | 2 | 16,7 |
| | 2 | Não há sinalização e informações turísticas acessíveis | 5 | 41,7 |
| | 3 | Carência de guias turísticos para apoio | 5 | 41,7 |
| | | **Total** | **12** | **100** |

A categoria "Locomoção na Pampulha" é a que apresenta maior número de explicitações, sendo 78 no total, e é também a que apresenta maior frequência entre os usuários. Dentre as explicitações associadas a esta categoria, a que apresenta maior frequência se relaciona ao custo com transportes para se locomover na Lagoa da Pampulha, representando 16,7% do total. É possível vincular esse resultado à extensão da Lagoa (18 km), visto que quanto maior a distância percorrida para a realização de uma atividade, maiores serão os custos com transporte. Em segundo lugar, com 12,8%, aparece a explicitação associada ao automóvel, "Bom para quem vai de carro". A este respeito é possível estabelecer uma relação: se há uma supervalorização do automóvel particular, consequentemente isso pode indicar que os outros meios de locomoção estão sendo subutilizados ou estão tendo menor importância, como evidenciam as explicitações que indicam os problemas a encarar quando decide-se transitar a pé, de bicicleta ou até mesmo de ônibus.

**Quadro 3: Explicitações da categoria Locomoção na Pampulha**

| Categoria | Nº | Explicitações | Frequência | % |
|---|---|---|---|---|
| Locomoção na Pampulha | 1 | Dificuldade para andar a pé | 6 | 7,7 |
| | 2 | Difícil andar de bicicleta | 4 | 5,1 |
| | 3 | A orla é muito extensa | 8 | 10,3 |
| | 4 | Baixa acessibilidade aos destinos turísticos | 7 | 9,0 |
| | 5 | Distância muito grande entre as atrações | 7 | 9,0 |
| | 6 | Locomoção dificultada para idosos | 6 | 7,7 |
| | 7 | As dimensões das calçadas não são adequadas e as curvas atrapalham a circulação | 6 | 7,7 |
| | 8 | Chegar e se locomover na Lagoa é muito dispendioso (tempo e dinheiro) | 13 | 16,7 |
| | 9 | Há muito desrespeito aos pedestres e ciclistas | 3 | 3,8 |

| Categoria | Nº | Explicitações | Frequência | % |
|---|---|---|---|---|
| | 10 | O transporte por táxi é inviável | 4 | 5,1 |
| | 11 | Ciclovia mal planejada | 4 | 5,1 |
| | 12 | Bom para quem vai de carro | 10 | 12,8 |
| | | **Total** | **78** | **100** |

Já na categoria "Considerações sobre a Lagoa da Pampulha" foram encontradas nove explicitações com uma frequência total de 67. A maioria delas encontra-se associada à percepção pessoal dos visitantes sobre o local. No entanto, uma explicitação chama atenção nesta categoria, a explicitação "Trouxe experiências negativas", que foi citada pelos visitantes 14 vezes, representando o maior percentual de todas as explicitações desta categoria, 20,9%. Lançando luz sobre as demais categorias é possível dizer que tais experiências negativas podem estar associadas aos problemas de mobilidade encontrados pelos visitantes no local. Isso denota uma percepção dos turistas acerca das possibilidades de transportes existentes no local. É possível ainda estabelecer um diálogo entre as explicitações atribuídas à categoria "Locomoção na Pampulha" com a "Infraestrutura de transportes", haja vista que nesta, os turistas apontam problemas percebidos por eles sobre a mobilidade.

**Quadro 4: Explicitações da categoria Lagoa da Pampulha**

| Categoria | Nº | Explicitações | Frequência | % |
|---|---|---|---|---|
| Considerações sobre a Lagoa da Pampulha | 1 | O local é lindo | 10 | 14,9 |
| | 2 | Lugar maravilhoso | 5 | 7,5 |
| | 3 | É muito longe do Centro | 4 | 6,0 |
| | 4 | É um local perigoso | 3 | 4,5 |
| | 5 | Lugar agradável | 9 | 13,4 |
| | 6 | Ótima para lazer e cultura | 12 | 17,9 |
| | 7 | Vale a pena visitar/ visitaria novamente | 7 | 10,4 |
| | 8 | Não visitaria novamente | 3 | 4,5 |
| | 9 | Trouxe experiências negativas | 14 | 20,9 |
| | | **Total** | **67** | **100** |

Foram alegados problemas no atendimento à demanda do transporte coletivo que vai em

direção à Lagoa, uma vez que, como dito por alguns avaliadores, existem poucas linhas, as quais são pouco acessíveis, pois não alcançam toda ou boa parte da orla da Lagoa da Pampulha, o que faz com que seja quase impossível percorrer todo o seu perímetro de 18 quilômetros e conhecer as atrações que ficam ao seu redor, principalmente para as pessoas mais idosas ou até mesmo aquelas que possuem mobilidade reduzida.

A sinalização do transporte coletivo do local foi concebida, na opinião das pessoas, como precária, visto que as informações disponíveis aos turistas são quase escassas e as linhas, inacessíveis ao perímetro lacustre. Fatos como esse trazem à tona a ineficiência do sistema de transporte público que, conforme dito por Seabra (2013), é considerado um importante vetor não só de qualidade de vida como também de desenvolvimento econômico e social, devendo proporcionar aos seus usuários o acesso não só aos seus meios produtivos, como também a atividades de lazer.

Sobre o meio de transporte bicicleta, foi sugerido que houvesse uma ponte na lagoa a fim de que fosse facilitado o acesso às outras áreas nas redondezas da Lagoa, o que indica a falta de integração deste modo com os outros. Sobre o carro, a principal queixa apresentada foi a falta de locais para estacionamento perto dos atrativos. Em meio às considerações dos turistas, foram sugeridas alternativas como a de que houvesse *hop on hop off Bus, transfer* e *Tuk tuk* no local.

Percebe-se então que o transporte público coletivo na área da Lagoa é deficitário do ponto de vista da análise de atributos operacionais do setor de transporte e das características das viagens realizadas por meio dele. Já que, como destaca Santos (2014), uma viagem realizada com a utilização desse sistema de transporte embute em si a caminhada entre a origem da viagem e destino dos pedestres e a qualidade do deslocamento dos transeuntes pelo modo a pé depende impreterivelmente da qualidade do espaço urbano oferecido, bem como as calçadas existentes. Contudo, as calçadas da região apresentam, por algum motivo, interrupção na continuidade de sua extensão, problemas em seu dimensionamento (largura) comprometendo a acessibilidade aos destinos turísticos, que deveria ser ampla, democrática e universal.

## 5. CONCLUSÕES

O artigo apresenta uma abordagem inovadora acerca do uso de plataformas digitais colaborativas como instrumento de apoio ao planejamento de transportes ainda que em abordagem exploratória, que busca identificar mas não necessariamente revelar de maneira integral a percepção de turistas sobre as condições de mobilidade na região da Lagoa da Pampulha. Conclui-se que as plataformas virtuais que recebem contribuições voluntárias de viajantes reais são capazes de fornecer uma ampla gama de informações a respeito do estado da mobilidade urbana em determinado local. O tratamento destes dados mostrou- se viável por meio da análise de conteúdo, mais especificamente pelo método proposto por Bardin (1977). Há uma limitação na amostragem, visto que o número de comentários utilizados (27) é relativamente pequeno, mas suficiente para atingirmos o objetivo

proposto: explorar e compreender as características da mobilidade na região.

Mediante as avaliações aferidas, observou-se uma tendência na opinião dos turistas e visitantes da área, que apresentam unanimidade no quesito tipo de atividade desenvolvida durante visita ao local. Pôde-se concluir, a partir dos comentários analisados, que as pessoas visitam o complexo da Lagoa da Pampulha em busca de lazer, cultura e prática de esportes, como era esperado, visto que a localidade recebe, diariamente, muitas pessoas que utilizam do espaço para realizarem suas atividades, conforme objetivos específicos. Não obstante, enfrentam dificuldades no deslocamento a pé, de bicicleta e até mesmo de ônibus, e se deparam com problemas na infraestrutura turística.

A análise mostrou que uma das principais queixas é a de que não há transporte suficiente para visitação de todo o conjunto. Observou-se que o transporte coletivo não faz ligações entre os pontos de maneira eficaz e eficiente e, portanto, há uma baixa integração entre os visitantes e as atrações. Pôde-se observar a carência na infraestrutura do local, visto que foi citada a ineficiência da ciclovia e também a dificuldade dos transeuntes ao se movimentarem nas calçadas, que por sua vez são pequenas e insuficientes para acolher a quantidade de passantes. Todos esses aspectos podem contribuir cada vez mais para que as pessoas utilizem o transporte individual motorizado, o qual foi ressaltado em algumas avaliações, que refletiu na categoria Locomoção na Pampulha, precisamente na explicitação "Bom para quem vai de carro", a qual representou 12,8%, sendo a segunda maior frequência.

Percebeu-se, através da perspectiva dos visitantes, que problemas na acessibilidade ao e no local refletiram na mobilidade urbana e que deve-se planejar melhor as condições oferecidas aos turistas que visitam a região. De um modo geral, a percepção que se tem é de que a mobilidade na Pampulha é ruim.

Sendo assim, espera-se que o artigo possa servir de apoio para a elaboração de estratégias e planos a fim de que os problemas apresentados sejam contornados e os turistas do Brasil e do mundo possam usufruir com qualidade do Patrimônio Cultural da Humanidade, a Lagoa da Pampulha.

**Agradecimentos**
Os autores agradecem a FAPEMIG e ao CEFET-MG pelo auxílio coletivo para participação no evento.

**REFERÊNCIASBIBLIOGRÁFICAS**

Aldrigue, N. de S. (2016) *Midiatização das práticas turísticas: estudo de caso sobre o site Tripadvisor e a página Trip Tips*. Tese (Doutorado em Ciência da Comunicação). Universidade do Vale do Rio dos Sinos - Unisinos, São Leopoldo-RS

Bardin, L. *Análise de Conteúdo*. Lisboa, Portugal; Edições 70, LDA, 1977.

Coriolano, L N; Fernandes, L. M. Migração temporária e mobilidade sazonal no turismo. Seminário da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-graduação em Turismo, São Paulo, v. 30, 2012.

Fausto Neto, A. Fragmentos de uma analítica da midiatização. Matrizes, v. 1, n. 2, 2008. Franco, M. L. P. B. Análise do Conteúdo. Brasília. Liber Livro Editora. 2008

Klos, R. C.; Miskalo-Cruz, M.; Moraes, L. Espaço e Cicloturismo: a representação urbano-turística de Curitiba/PR em fotografias postadas no Tripadvisor. Marketing & Tourism Review, v. 1, n. 2, 2016.

Nodari, C. T.;. Lindau, L. A.;. Ribeiro, J. L. D.. Causas e ações para redução de acidentes de trânsito urbano a partir da percepção de seus principais agentes. In XIV Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes. Associação Nacional de Ensino e Pesquisa em Transportes – ANPET. 2000. Rio de Janeiro, p 89-99.

Santos, P. M. dos. (2010) A percepção da importância dos atributos do transporte coletivo. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

Seabra, L. O. (2013). Fundamentos para a construção de um índice para administração estratégica da mobilidade urbana sustentável. Tese (Doutorado em Transportes). Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília-DF.

Sgorla, F. Discutindo o "processo de midiatização". Revista Mediação, v. 9, n. 8, 2009.

Silva, Elisângela Aparecida Machado da. Modelo de avaliação da influência dos sistemas de transportes para o turismo no desenvolvimento territorial. 2014.

Silva, O. V. da.; Santos, R. C. dos. Turismo e sistemas de transporte: algumas considerações. Revista Científica Eletrônica de Turismo, v.6, n.10, 2009.

# ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DAS REGIÕES ADMINISTRATIVAS DO RIO DE JANEIRO EM FUNÇÃO DA MOBILIDADE

**Clara Maia Bevilaqua Contursi**
**Raquel Silva de Oliveira**
**Marcelino Aurélio Vieira da Silva**
**Licínio da Silva Portugal**
Universidade Federal do Rio de Janeiro
Programa de Engenharia de Transportes - PET/COPPE/UFRJ

**RESUMO**
No intuito de contribuir com as discussões acerca da qualidade dos sistemas de transporte no município do Rio de Janeiro, o presente artigo investiga a eficiência de 24 das mais relevantes Regiões Administrativas do município em função da mobilidade. Essa investigação realiza-se por meio da Análise Envoltória de Dados (DEA), a qual estima a eficiência padrão de cada região, e por meio da Avaliação Cruzada, que ranqueia essas eficiências, bem como baseia-se no desempenho de dois indicadores: um de avaliação da eficiência social e outro de eficiência econômica das regiões. Esses indicadores demonstram desempenho similar na DEA e bem diferentes na Avaliação Cruzada, evidenciando a discrepância das duas abordagens. Algumas regiões apresentam resultados discordantes (alta eficiência na DEA e baixa na Avaliação Cruzada), como Portuária e Realengo, e outras apresentam resultados equivalentes, como Centro, com alta eficiência, e Santa Cruz, com baixa, tanto na DEA quando na Avaliação Cruzada.

**ABSTRACT**
In order to contribute to discussions about the quality of transportation systems in the city of Rio de Janeiro, this article investigates, due to mobility, the efficiency of 24 of the most important Administrative Regions of the city, through Data Envelopment Analysis (DEA) - which estimates the standard efficiency - and through Cross-Evaluation - which ranks these efficiencies. The analysis is also based on the performance of two indicators: one for the evaluation of social efficiency and another for the economic efficiency. These indicators demonstrated a similar performance in DEA and very different performance in Cross-Evaluation, indicating divergent approaches. Some DMU present different results (high efficiency in DEA and low efficiency in Cross-Evaluation), for example, Portuaria and Realengo, and others present equivalent results, for example, Centro present high efficiency and Santa Cruz present low efficiency in DEA and Cross-Evaluation.

## 1. INTRODUÇÃO

As cidades são o motor da inovação e do crescimento econômico. Os serviços e empregos, nas suas maiorias, são ofertados nos grandes centros, o que faz com que as pessoas das áreas rurais tenham que se deslocar diariamente. Para acomodar essa demanda, os limites urbanos são estendidos de uma maneira quase sempre desordenada e sem planejamento, tanto no âmbito urbano, e consequentemente no âmbito de transportes. Quanto a esse último, a infraestrutura de transportes se mostra falha em atender as necessidades de mobilidade da população, principalmente no município do Rio de Janeiro, área de estudo deste trabalho.

Nesse sentido, os índices ou indicadores urbanos se configuram em excelentes ferramentas para o diagnóstico das condições de mobilidade e acompanhamento do impacto de políticas públicas, o que permite acompanhar a evolução de determinados fenômenos e ações. Essas ferramentas têm sido utilizadas nos processos de planejamento urbano, principalmente voltados à mobilidade. No entanto, ainda que os indicadores de mobilidade sustentável já sejam explorados, há um hiato quando se diz respeito às ferramentas utilizadas para obtenção desses indicadores. Assim, neste artigo, realiza-se uma pesquisa sobre a Análise Envoltória de Dados (DEA - *Data Envelopment Analysis*) e Avaliação Cruzada, a fim de compreender seu conceito e utilidade, voltando a aplicação dessa ferramenta para a mobilidade urbana.

Nos anos 2003 de 2013, foram feitos para a região metropolitana do Rio de Janeiro, os Planos Diretores de Transportes Urbanos (PDTU), elaborados por meio de pesquisas domiciliares e de interpretação. Através desses relatórios é possível obter dados sobre o perfil dos usuários do sistema de transportes, bem como a matriz Origem-Destino referente às suas viagens, que tem como principal objetivo compreender os padrões de viagem atuais dos residentes de determinada área e possibilitam ao setor técnico de transporte responder e trabalhar na melhora do sistema para a população (*Bureau of Transport Statistics*, 2013). O PDTU tem como função auxiliar o Governo do Estado do Rio de Janeiro a desenvolver políticas públicas setoriais, orientando as ações executivas relativas aos investimentos em infraestrutura viária, sistemas de transporte coletivo e terminais de integração, além de definir estratégias que possibilitem otimizar a utilização da rede de transporte disponível, integrando e expandindo os sistemas existentes em redes futuras, de acordo com os objetivos firmados (CENTRAL, 2005).

Diante do exposto, o objetivo deste artigo é identificar a eficiência das Regiões Administrativas do município do Rio de Janeiro em função das características de mobilidade com a utilização da Análise Envoltória de Dados e Avaliação Cruzada. O uso dessas ferramentas se justifica pela constatação da existência de poucos estudos que as apliquem à mobilidade urbana, verificado neste artigo por meio de um levantamento feito nas bases de pesquisa, como será melhor descrito nos itens subsequentes.

Na revisão da bibliografia se estudou o conceito de mobilidade sustentável e a importância da utilização de indicadores nas tomadas de decisões. Então, realizou-se uma pesquisa sobre a Análise Envoltória de Dados (DEA) e Avaliação Cruzada, a fim de compreender seus conceitos e utilidades, além de entender como realizar os cálculos e melhor escolher as variáveis que envolvem o problema. Em seguida, conduziu-se um estudo sobre o município do Rio de Janeiro, região de estudo deste trabalho.

A partir desta introdução, este artigo é dividido em 7 seções. A seção 2 aborda a mobilidade sustentável e indicadores. A seção 3 traz o conceito da Análise Envoltória de Dados e da Avaliação Cruzada. A seção 4 discorre sobre o município do Rio de Janeiro. A seção 5 explica a metodologia adotada neste artigo. A seção 6 apresenta os resultados obtidos para os dois indicadores desenvolvidos. Por fim, na seção 7, têm-se as considerações finais.

## 2. MOBILIDADE SUSTENTÁVEL E INDICADORES

O grande volume de problemas decorrentes ou relacionados aos deslocamentos urbanos, tais como acidentes, congestionamentos, poluição sonora e atmosférica, tem se tornado bastante expressivo nos dias atuais. Como aponta Rodrigues da Silva *et al.* (2010), há uma percepção crescente e generalizada de que é preciso buscar estratégias que viabilizem padrões mais sustentáveis de mobilidade. No anseio pelo desenvolvimento sustentável e tendo em vista as adversidades mencionadas, muito se investiga a respeito das formas de melhor compreender e planejar o meio urbano.

O relatório da Comissão Brundtland, de 1987, define o desenvolvimento sustentável como "a satisfação das necessidades do presente sem comprometer a capacidade de as gerações futuras satisfazerem as suas próprias necessidades" (WCED, 1987). Embora seja referido inicialmente aos impactos ambientais, o conceito de sustentabilidade foi expandido para buscar um equilíbrio entre as qualidades ambientais, sociais e econômicas. Alguns autores como Seabra (2013) e VTPI (2015) dissertam que não há um consenso sobre a definição de sustentabilidade,

pois a mesma evolui com o tempo. No entanto, o conceito essencial, contido no Relatório de Brundtland é amplamente aceito e utilizado, sendo, portanto, o adotado neste trabalho.

A mobilidade é definida como "a capacidade dos indivíduos se moverem de um lugar a outro dependendo das suas características socioeonômicas e do desempenho do sistema de transporte" (Tagore & Sikdar, 1995). Ela está relacionada com os deslocamentos diários (viagens) de determinada população no seu espaço – não apenas sua efetiva ocorrência, mas também a possibilidade ou facilidade de ocorrência destas viagens. As escolhas, envolvidas na programação das viagens, produzem padrões de viagens que são influenciadas não só pelo transporte, mas também pelo uso do solo. O transporte, com suas infraestruturas e serviços, fornece acesso que, junto ao uso do solo, promove as condições de acessibilidade. Ou seja, a mobilidade resulta também da interação entre as características individuais e as condições de acessibilidade, que dependem da integração entre transportes e uso do solo. Assim, no que tange planejamento urbano e de transportes, é importante entender a dinâmica de deslocamentos das regiões e enxergar de que maneira incentivar que os usuários escolham alternativas de transporte sustentável, o que envolve a inclusão do uso do solo e aponta sua importância.

O conceito de mobilidade sustentável é muito mais abrangente e complexo do que a mobilidade defendida pela abordagem tradicional, já que considera não só a atividade de transporte em si, mas as relações com os demais setores e atores da vida urbana (Villada e Portugal, 2015). Então, quando adicionado o conceito de sustentabilidade, se explicitam atributos qualitativos às viagens (não só os quantitativos), realça a visão multimodal (e não apenas o tráfego motorizado) e são baseadas as modalidades de menor impacto social e ambiental (Machado, 2010; Mello, 2015).

A mobilidade é um item essencial para o desenvolvimento urbano sustentável. Para que o planejamento e o gerenciamento da mobilidade aconteçam de forma adequada, é necessária à sua mensuração. Em geral, o desenvolvimento e a mobilidade sustentáveis são mensurados por meio de indicadores e/ou índices, concebidos e utilizados por instituições de pesquisa e pela administração pública, responsáveis pelo planejamento urbano e de transportes. Portanto, os governos devem formular e implementar políticas, com a finalidade de assegurar que os benefícios do crescimento urbano sejam compartilhados de forma democrática, equitativa e sustentável (ONU, 2014).

Costa (2008) aponta que os indicadores são variáveis selecionadas que podem ajudar a tornar os objetivos operacionais e reduzir a complexidade no gerenciamento de determinados sistemas. Quando os indicadores são referenciados a metas ou objetivos, eles tornam-se medidas de performance, revelando as condições de um sistema, organizações ou políticas (Gudmundsson, 2004). Para Maclaren (1996), indicadores são simplificações de fenômenos complexos, e podem revelar tendências históricas e prover informação indireta sobre o futuro de um sistema. Diante disso, se mostra justificada a utilização, neste artigo, da Análise de Envoltória de Dados (*Data Envelopment Analysis* – DEA) e Avaliação Cruzada. Além de serem ferramentas as quais não necessitam de especialistas para a escolha e determinação da importância das variáveis, elas resultam na estimativa de uma eficiência para cada região, permitindo uma comparação entre elas e, assim, fornecendo informações que podem influenciar diretamente as políticas de mobilidade.

O uso de indicadores de mobilidade sustentável no Brasil é incipiente (Costa, 2008),

prevalecendo a utilização de indicadores tradicionais e isolados como números de viagens. Então, é essencial a mensuração da mobilidade sustentável a fim de planejá-la e acompanhá-la adequadamente. Nesse sentido, com a aplicação do DEA, este trabalho elaborou dois indicadores de mobilidade sustentável, a fim de revelar a eficiência da mobilidade nas diferentes regiões administrativas do município do Rio de Janeiro, e que são apresentados no item 4.

## 3. ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS E AVALIAÇÃO CRUZADA

### 3.1 Análise de Envoltória de Dados

A Análise de Envoltória de Dados (do inglês *Data Envelopment Analysis* – DEA), desenvolvida por Charnes *et al.* (1994), é uma ferramenta matemática para a medida de eficiência de unidades produtivas. Essas unidades produtivas são denominadas de *Decision Making Unit* – DMU, ou Unidade Tomadoras de Decisão. Através da comparação entre as unidades, que possuem características operacionais similares, essa técnica fornece dados quantitativos sobre possíveis direções para melhorar o desempenho das unidades ineficientes. Para este trabalho, as DMU são as Regiões Administrativas do município do Rio de Janeiro.

Nos últimos anos, DEA tem sido utilizado para avaliar diversos contextos. Como alguns exemplos de utilização da DEA em serviços no Brasil, podem ser citados os trabalhos de Faria, Jannuzzi e Silva (2008), que analisaram a eficiência dos gastos municipais da cidade do Rio de Janeiro em saúde e educação. Já Calvo (2002), Marinho (2003) e Lobo (2010), realizaram estudos utilizando a Análise Envoltória de Dados (DEA) voltados para hospitais. Diante do exposto, realizou-se um levantamento bibliográfico afim de encontrar artigos que analisem a eficiência da mobilidade urbana utilizando o DEA. Para isso, a pesquisa bibliográfica foi feita nas bases *Web of Science*, *Science Direct* e *SciElo* utilizando a combinação "DEA" e "*urban mobility*". Usou-se como critério de seleção, a escolha de títulos e resumos que englobem o assunto proposto. Ao final desta busca, obtiveram-se, ao todo, 17 artigos. Após a filtragem, selecionaram-se 7 artigos que correlacionam mobilidade urbana e DEA, mostrando o quanto é ímpar essa aplicação.

Assim, compreender bem o conceito de eficiência é fundamental para esta análise. No entanto, ao mesmo tempo, ele é bem relativo. A eficiência compara o que foi produzido, dado os recursos disponíveis, com o que poderia ter sido produzido com os mesmos recursos. O objetivo primário do DEA consiste em comparar um certo número de DMU que realizam tarefas similares e se diferenciam nas quantidades dos recursos consumidos e das saídas produzidas. No entanto, o DEA tem como objetivo também identificar as DMU eficientes, medir e localizar a ineficiência e estimar uma função de produção linear por partes (*piece-wise linear frontier*), que fornece o *benchmark* (referência) para as DMU ineficientes (Lins e Meza, 2000; Acosta, da Silva e Lima, 2011). Assim, a eficiência pode ser definida e apresentada como:

$$Efficiency = \frac{Output}{Input} \quad (1)$$

Existem dois modelos que são considerados clássicos para determinação da fronteira no DEA, CCR e BCC. O modelo BCC, que é o modelo utilizado neste, porque ele permite que as variáveis das DMU operem sem ser favorecidas ou prejudicadas, o que está melhor explicado no item 5, também é conhecido como VRS – *Variable Returns to Scale*, devido a Banker *et al.* (1984). É um modelo matemático que considera retornos variáveis de escala, isto é, substitui o axioma da proporcionalidade entre *inputs* e *outputs* pelo axioma da convexidade (Giacomello, 2014). Ao obrigar que a fronteira seja convexa, o modelo BCC permite que DMU que operam

com baixos valores de *inputs* tenham retornos crescentes de escala e as que operam com altos valores tenham retornos decrescentes de escala. O Modelo BCC utiliza, para cada DMU, o problema de programação linear apresentado na **Figura *1*:** Formulação do modelo BCC orientado a inputsFigura 1.

A fronteira eficiente de produção (ou função fronteira de produção) representa a região do gráfico que é dada pela máxima quantidade de *outputs* (produtos) que podem ser obtidos a partir dos *inputs* (insumos) utilizados (Acosta, da Silva e Lima, 2011; Lins e Meza, 2000).

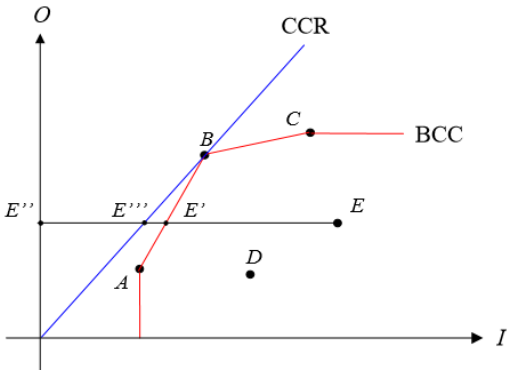
De acordo com Barba-Romero e Pomerol (1997), o DEA é usado na problemática da ordenação como ferramenta Multicritério de apoio à decisão. Dessa maneira, é um mecanismo que subsidia estratégias de produção que maximizam a eficiência das DMU avaliadas, e corrige as ineficientes por meio da determinação de alvos. Por conta disso que o DEA se mostra bastante útil e aplicável ao planejamento de transportes.

| Modelo BCC | |
|---|---|
| Min $h_0$<br>Sujeito a<br>$h_0 x_{i0} \geq \sum_k \lambda_k \cdot x_{ik}, \forall_i$<br>$\sum_k \lambda_k \cdot y_{jk} \geq y_{j0}, \forall_j$<br>$\sum_k \lambda_k = 1$<br>$y_k \geq 0, \forall_k$ | $h_0$ = eficiência da $DMU_0$ em análise<br>$x_{i0}$ = inputs da $DMU_0$<br>$y_{i0}$ = outputs da $DMU_0$<br>$\lambda_k$= contribuição individual da $DMU_k$<br>$y_k$ = contribuição individual da $DMU_k$ na definição do alvo da $DMU_0$<br>$h_0$ e $y_k$ = variáveis de decisão |

Fonte: Souza Júnior (2010)

**Figura 1:** Formulação do modelo BCC orientado a *inputs*

O Figura 2 mostra a diferença entre a representação da eficiência na DMU nos modelos BCC e CCR. Ambos para orientação a *inputs*. No caso CCR, apenas a DMU representada pelo ponto B é considerada eficiente, enquanto no caso BCC, os pontos A, B e C também são eficientes, pois há o pressuposto que há diferenças de desempenho em função da escala dos insumos (Ramos e Ferreira, 2007).




Fonte: DE Mello *et al.* (2005)

**Figura 2:** Gráfico de representação das fronteiras BCC e CCR

### 3.2 Avaliação Cruzada

De acordo com Lins e Meza (2000), uma maneira de evitar as diferenças nos pesos determinados para casa DMU, sem a arbitrariedade das restrições e sem o conhecimento prévio da importância relativa de cada variável, é utilizando a Avaliação Cruzada (*Cross Evaluation*). Ela foi desenvolvida por Sexton *et al.* (1986), e difere do modelo DEA padrão porque utiliza

DEA em uma avaliação em conjunto em vez de uma auto-avaliação. Logo, a avaliação feita é uma média das eficiências de uma DMU calculadas sob o "ponto de vista" das outras DMU.

Os modelos DEA clássicos atribuem peso aos insumos e produtos com objetivo de maximizar o índice de eficiência da DMU avaliada, sem violar determinadas restrições. Assim, o modelo atribui ponderações maiores aos pontos fortes da DMU avaliada, ou seja, aos *outputs* com maiores níveis de produção e aos *inputs* com menores níveis de consumo, enquanto aos *inputs* com elevados níveis de consumo e *outputs* com reduzidos níveis de produção são atribuídos pesos menores ou nulos. Consequentemente, o peso de cada variável insumo ou produto varia amplamente entre as DMU avaliadas. Tal desequilíbrio pode conduzir a esquemas de pesos inconsistentes com o conhecimento a priori acerca da importância relativa das variáveis insumos e produtos (Alcantara & Sant'Anna, 2002; Ramón et al., 2010; Ruiz & Sirvent, 2012). A eficiência cruzada de uma DMU é calculada com base no esquema de pesos ótimos de uma DMU k é definida pelo seguinte quociente:

$$Eks = \sum_{i}^{outputs} uik\ yis \Big/ \sum_{j}^{inputs} vjk\ xjs \qquad (2)$$

Onde $u_{ik}$ e $v_{jk}$ são os pesos ótimos da DMU k que ponderam, respectivamente, os produtos $y_{is}$ e os insumos $x_{js}$ da DMU s.

A avaliação cruzada tem sido utilizada em diversos campos (Oral *et al*., 1991; Chen, 2002; Lu and Lo, 2007; Wu *et al*., 2009; Yu *et al*., 2010; Yang *et al*., 2012, 2013) *apud* (Yu e Hou, 2016). No entanto, realizando a pesquisa bibliográfica nas bases *Web of Science*, *Science Direct* e *SciElo* utilizando a combinação "*cross evaluation"* e "*urban mobility*", não foi obtido nenhum resultado de artigo abordando o assunto. Sendo assim, se verifica que, como o DEA padrão, a avaliação cruzada também é pouco, ou quase nada, correlacionada com a mobilidade urbana.

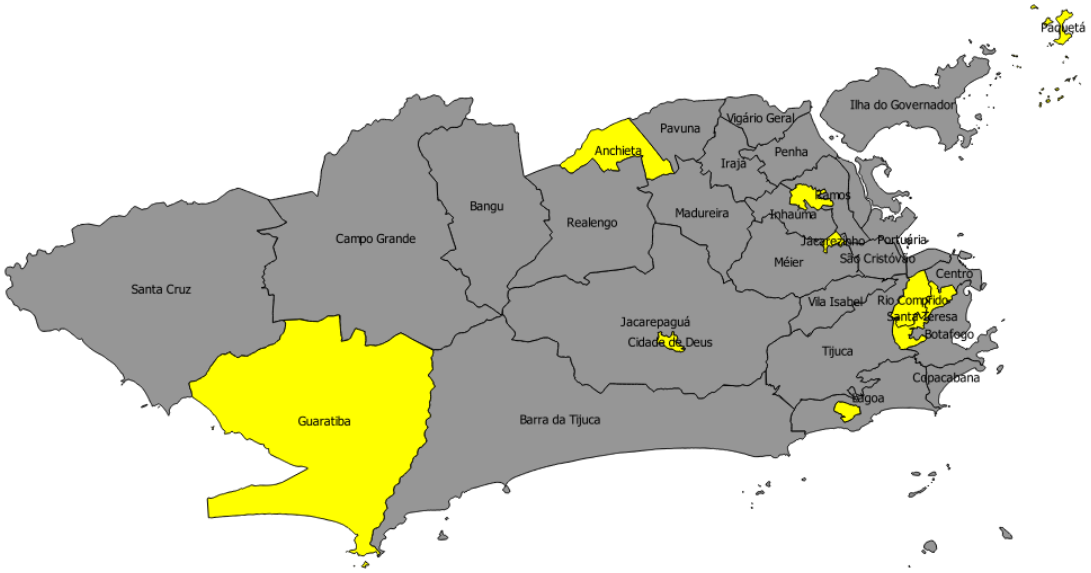
Nesse trabalho, será aplicado o modelo BCC para o DEA, bem como será feita uma avaliação cruzada das DMU.

## 4. ÁREA DE ESTUDO

O presente trabalho aplica os métodos de Análise Envoltória de Dados e a Avaliação Cruzada para avaliar a eficiência das Regiões Administrativas do município do Rio de Janeiro. De acordo com dados do Censo demográfico realizado em 2010 pelo IBGE, o município é dividido em 161 bairros, agregados em 33 Regiões Administrativas.

Para a análise a ser desenvolvida, utilizaram-se dados da pesquisa Origem-Destino realizada pelos PDTU de 2003 e 2013, além de um valor referente à quantidade de emprego por região, extraído da Relação Anual de Informações Sociais-RAIS (MTE, 2013).

Além disso, optou-se por desconsiderar os dados de 9 das 33 Regiões Administrativas do município, devido ao baixo volume de entrevistas realizadas nesses locais. Considerou-se que menos de mil entrevistas em uma região poderia proporcionar inconsistências nos resultados obtidos. As 24 Regiões Administrativas analisadas são representadas em cinza no mapa da Figura 3.




Fonte: Baseado em IBGE (2010)

**Figura 3:** Regiões Administrativas do município do Rio de Janeiro.

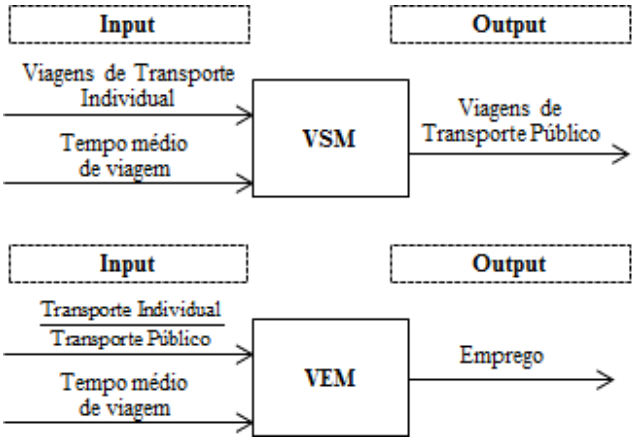
## 5. MATERIAIS E MÉTODOS

Adotou-se os métodos Análise Envoltória de Dados e a Avaliação Cruzada para estimar as eficiências de cada uma das regiões definidas em função da mobilidade. Em um primeiro momento, utilizou-se o modelo de DEA padrão BCC para estimar a eficiência padrão de cada DMU. Em seguida, utilizou-se a Avaliação Cruzada, uma extensão da Análise Envoltória padrão, a qual calcula a eficiência de uma região sob o ponto de vista das outras (Estellita Lins e Meza, 2002). Realizaram-se os cálculos pelo *software* SIAD.

Inicialmente selecionou-se, dentre os dados disponíveis, as variáveis a serem utilizadas. São elas: o número de empregos (Emp), isto é, a quantidade de pessoas que trabalham em cada região administrativa; as quantidades de viagens realizadas por transporte público (TP) e individual (TI) dentro de cada região; a razão entre essas quantidades (TI/TP); e o tempo médio despendido nas viagens (TVm) produzidas e atraídas por cada uma delas.

Desenvolveram-se dois indicadores para essa análise (Figura 4). O primeiro utiliza a variável Transporte Público como *output* e as variáveis Transporte Individual e Tempo Médio de Viagem como *input*. Já o segundo indicador utiliza a variável Emprego como *output* e as variáveis Tempo Médio de Viagem e razão entre Transporte Individual e Público como *input*. Destaca-se o fato de que as variáveis de *input* dos indicadores são diretamente ligadas às características de mobilidade, ao contrário de variáveis como, por exemplo, Emissão de Poluentes Atmosféricos, que representa consequências indiretas da condição da mobilidade. Além disso, é importante compreender que não há relação de causa e efeito entre as variáveis, já que a escolha delas é feita de forma que, dentro do contexto analisado (no nosso caso, a mobilidade), quanto maior a variável de *output* e quanto menor a variável de *input*, melhor para a eficiência da DMU. Na DEA não é necessário que as variáveis de *input* gerem efeitos nas de *output*, já que seu propósito é comparar as eficiências das DMU baseadas no desempenho dessas variáveis.

A escolha das variáveis se justifica pelo caráter específico de cada indicador. Baseado na pesquisa desenvolvida por Litman (2015), é razoável constatar que a variável Transporte Público tem caráter social, tendo em vista que a disponibilidade de modos públicos e coletivos de transporte promove a acessibilidade de usuários de baixa renda, além de contribuir para a diversidade do sistema de transporte local. Dado que tal variável é definida como variável de *output* para o primeiro indicador, o mesmo é denominado Valor de Eficiência Social de Mobilidade (VSM). À variável Emprego pode-se atribuir caráter econômico, dado que seu valor evidencia a qualidade do desenvolvimento econômico e de negócios da região, bem como expressa a dimensão das oportunidades de trabalho. Por isso, denomina-se o segundo indicador Valor de Eficiência Econômica de Mobilidade (VEM).




Fonte: Elaboração Própria

**Figura 4:** Indicadores elaborados.

Definidas as variáveis, a primeira etapa do processo de investigação dos dados constituiu na seleção das respostas originadas somente dentro do município do Rio de Janeiro. Em seguida, agregaram-se as mesmas por Região Administrativa, como descrito no item anterior e então, gerou-se a tabela síntese com os valores a serem inseridos nos modelos (Tabela 1).

**Tabela 1:** Variáveis inseridas na Análise Envoltória de Dados

| Região Administrativa | | Emp | TP | TI | TI/TP | TVM | Região Administrativa | | Emp | TP | TI | TI/TP | TVM |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| DMU1 | Bangu | 35.595 | 132.949 | 42.611 | 0,32 | 65 | DMU13 | Maré | 1.802 | 64.380 | 16.604 | 0,26 | 58 |
| DMU2 | Barra da Tijuca | 156.724 | 195.111 | 101.149 | 0,52 | 75 | DMU14 | Meier | 103.155 | 132.798 | 52.916 | 0,40 | 58 |
| DMU3 | Botafogo | 129.106 | 168.308 | 90.558 | 0,54 | 61 | DMU15 | Pavuna | 31.647 | 51.697 | 11.837 | 0,23 | 68 |
| DMU4 | Campo Grande | 58.677 | 157.646 | 56.806 | 0,36 | 79 | DMU16 | Penha | 41.639 | 77.493 | 27.736 | 0,36 | 59 |
| DMU5 | Centro | 333.206 | 323.584 | 95.653 | 0,30 | 58 | DMU17 | Portuária | 30.076 | 44.509 | 15.632 | 0,35 | 58 |
| DMU6 | Copacabana | 49.029 | 116.243 | 59.284 | 0,51 | 63 | DMU18 | Ramos | 101.902 | 45.640 | 21.623 | 0,47 | 53 |
| DMU7 | Ilha do Governador | 38.257 | 81.596 | 55.363 | 0,68 | 66 | DMU19 | Realengo | 19.432 | 44.007 | 20.812 | 0,47 | 61 |
| DMU8 | Inhaúma | 23.121 | 61.547 | 25.053 | 0,41 | 57 | DMU20 | Santa Cruz | 31.666 | 80.370 | 29.844 | 0,37 | 100 |
| DMU9 | Irajá | 23.388 | 93.449 | 36.949 | 0,40 | 53 | DMU21 | São Cristóvão | 64.610 | 50.503 | 16.143 | 0,32 | 56 |
| DMU10 | Jacarepaguá | 104.666 | 229.030 | 111.821 | 0,49 | 67 | DMU22 | Tijuca | 82.429 | 86.971 | 40.480 | 0,47 | 58 |
| DMU11 | Lagoa | 77.686 | 168.291 | 97.886 | 0,58 | 67 | DMU23 | Vigário Geral | 30.706 | 34.729 | 8.237 | 0,24 | 60 |
| DMU12 | Madureira | 49.514 | 155.451 | 36.524 | 0,23 | 60 | DMU24 | Vila Isabel | 37.299 | 131.255 | 49.299 | 0,38 | 63 |

Fonte: Elaboração própria a partir de PDTU (2003); PDTU (2013) e MTE (2013)

Optou-se por aplicar o modelo BCC, pois o mesmo considera retornos variáveis de escala, ou seja, permite que as variáveis das DMU que operam com baixos valores de *inputs* não tenham seus pesos reduzidos no cálculo (retornos crescentes de escala), enquanto que as que operam

com altos valores não tenham pesos favorecidos nos cálculos (retornos decrescentes de escala). A eficiência das Regiões Administrativas do Rio de Janeiro é alterada pelo efeito de escala, pois é racional supor que o desempenho de cada região pode diferir das demais em função da escala de cada variável.

No intuito de incrementar a análise, decidiu-se aplicar o método de Avaliação Cruzada, já que, por avaliar cada DMU a partir da média das eficiências individuais (denominada eficiência cruzada), o método diferencia mais claramente as regiões mais eficientes e permite estabelecer um *ranking* entre elas. Isso possibilita também a identificação das regiões administrativas que apresentam maior diferença entre as eficiências padrão e cruzada.

## 6. RESULTADOS ENCONTRADOS

A partir da aplicação dos modelos DEA-BCC e Avaliação Cruzada nos dados da Tabela 1, gerou-se a Tabela 2 e os gráficos das Figura 5 e Figura 6.

As colunas VEM e VSM da Tabela 2 apresentam os resultados encontrados para os dois indicadores. Para o melhor entendimento desses resultados, organizou-se as variáveis utilizadas em tercis, isto é, divididas em três classes, de igual quantidade de DMU e de acordo com sua grandeza. Por exemplo, as DMU enquadradas no primeiro tercil (T1) da variável Emprego, são as oito Regiões Administrativas com maior número de empregos. Lembrando que quanto mais alto o valor da variável Emprego, melhor para eficiência da DMU, ao contrário das variáveis Tempo Médio de Viagem e a razão TI/TP. No gráfico referente à Avaliação Cruzada (Figura 6), as fronteiras desenhadas pelas médias dos indicadores delimitam a área de quatro quadrantes, o que também facilita a compreensão das diferenças entre as eficiências estimadas.

**Tabela 2:** Resultado da aplicação do DEA-BCC e Avaliação Cruzada

| Quadrante | | | BCC | | A. Cruzada | | Tercil | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| (Avaliação Cruzada) | Região Administrativa | | VEM | VSM | VEM | VSM | Emp | TI/TP | TVM |
| Q I | DMU5 | Centro | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 0,902 | T1 | T1 | T1 |
| | DMU14 | Meier | 0,935 | 0,928 | 0,282 | 0,587 | T1 | T2 | T1 |
| | DMU21 | São Cristóvão | 0,996 | 1,000 | 0,192 | 0,581 | T2 | T1 | T1 |
| Q II | DMU12 | Madureira | 1,000 | 1,000 | 0,156 | 0,931 | T2 | T1 | T2 |
| | DMU15 | Pavuna | 1,000 | 1,000 | 0,093 | 0,713 | T3 | T1 | T3 |
| | DMU1 | Bangu | 0,883 | 0,879 | 0,096 | 0,692 | T2 | T1 | T3 |
| | DMU13 | Maré | 1,000 | 1,000 | 0,006 | 0,718 | T3 | T1 | T1 |
| | DMU23 | Vigário Geral | 0,996 | 1,000 | 0,096 | 0,645 | T3 | T1 | T2 |
| | DMU4 | Campo Grande | 0,738 | 0,740 | 0,134 | 0,625 | T2 | T2 | T3 |
| | DMU24 | Vila Isabel | 0,883 | 0,874 | 0,098 | 0,608 | T2 | T2 | T2 |
| | DMU16 | Penha | 0,941 | 0,942 | 0,116 | 0,581 | T2 | T2 | T2 |
| | DMU9 | Irajá | 1,000 | 1,000 | 0,068 | 0,567 | T3 | T2 | T1 |
| Q III | DMU11 | Lagoa | 0,796 | 0,813 | 0,173 | 0,430 | T1 | T3 | T3 |
| | DMU6 | Copacabana | 0,844 | 0,848 | 0,118 | 0,461 | T2 | T3 | T2 |
| | DMU7 | Ilha do Governador | 0,798 | 0,796 | 0,083 | 0,340 | T2 | T3 | T3 |
| | DMU19 | Realengo | 0,859 | 0,896 | 0,049 | 0,409 | T3 | T3 | T2 |
| | DMU17 | Portuária | 0,946 | 0,970 | 0,084 | 0,519 | T3 | T1 | T2 |
| | DMU8 | Inhaúma | 0,934 | 0,953 | 0,063 | 0,503 | T3 | T2 | T1 |
| | DMU20 | Santa Cruz | 0,627 | 0,630 | 0,061 | 0,504 | T3 | T2 | T3 |
| Q IV | DMU2 | Barra da Tijuca | 0,730 | 0,733 | 0,330 | 0,477 | T1 | T3 | T3 |
| | DMU10 | Jacarepaguá | 0,802 | 0,829 | 0,242 | 0,520 | T1 | T3 | T3 |
| | DMU22 | Tijuca | 0,924 | 0,912 | 0,216 | 0,482 | T1 | T2 | T1 |
| | DMU3 | Botafogo | 0,876 | 0,882 | 0,311 | 0,465 | T1 | T3 | T2 |
| | DMU18 | Ramos | 1,000 | 1,000 | 0,282 | 0,425 | T1 | T3 | T1 |

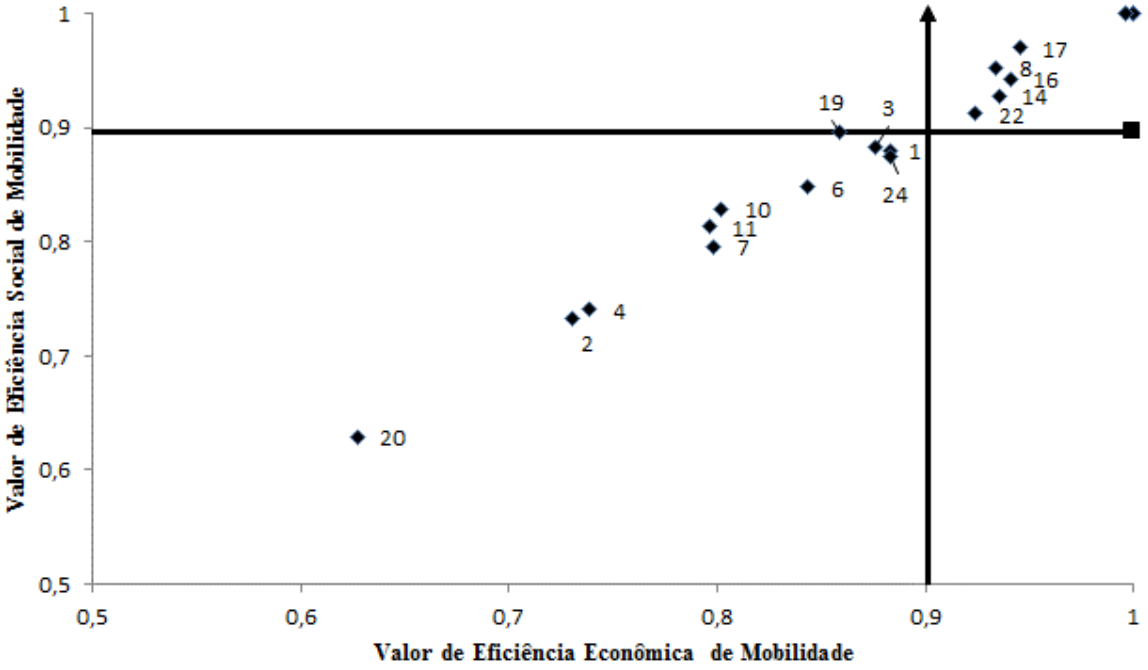



**Figura 5:** Resultado dos indicadores após aplicação do DEA-BCC e suas médias.

A Análise Envoltória de Dados considera as Regiões Administrativas Maré (DMU13) e Vigário Geral (DMU23) "falsos positivos", isto é, as mesmas demonstram alta eficiência e alta ineficiência simultaneamente. Isso acontece quando a eficiência padrão e invertida atingem 100% eficiência. Como esse artigo não trata da eficiência invertida, essa questão não será aprofundada e os resultados obtidos por essas DMU são desconsiderados da análise.

O gráfico da Figura 5 apresenta a dispersão dos resultados encontrados pelo modelo DEA-BCC para os indicadores VSM (eixo vertical) e VEM (eixo horizontal). Aparentemente, os pontos se concentram na linha da Função Identidade, pois encontraram-se valores aproximados nos dois indicadores para todas as DMU. Uma possível interpretação para esse fenômeno é que, para as Regiões Administrativas do Rio de Janeiro, quando a mobilidade é economicamente eficiente, é também socialmente eficiente e vice-versa, lembrando que isso é válido quando considerado o efeito de escala. Essa relação de dependência entre os indicadores revela uma perspectiva interessante, tendo em vista o desenvolvimento de políticas públicas que visem elevar a eficiência de determinada região, pois no caso de investimentos na eficiência social (melhorando a variável Transporte Público por exemplo), é esperado um aumento consequentemente na eficiência econômica da região em função da mobilidade.

Constata-se que quanto mais perto do ponto (1;1) do gráfico, maior a eficiência da região. Nesse caso, cinco Regiões Administrativas atingiram a eficiência máxima da mobilidade: Centro (DMU5), Madureira (DMU12), Pavuna (DMU15), Irajá (DMU9) e Ramos (DMU18). É interessante observar que, dentre essas, apenas o Centro tem as três variáveis pertencentes ao Tercil 1, ou seja, a mobilidade das demais regiões só alcançou a máxima eficiência porque as variáveis com baixo desempenho não tiveram peso significativo no cálculo da eficiência, ao passo que as variáveis com bom desempenho tiveram peso elevado (efeito de escala).

A região com a mobilidade menos eficiente foi Santa Cruz (DMU20), cuja variável Tempo Médio de Viagem é a pior entre todas as regiões, seguida de Barra da Tijuca (DMU2), com variáveis TVm e TI/TP muito baixas e Campo Grande (DMU4), a segundo pior TVm.

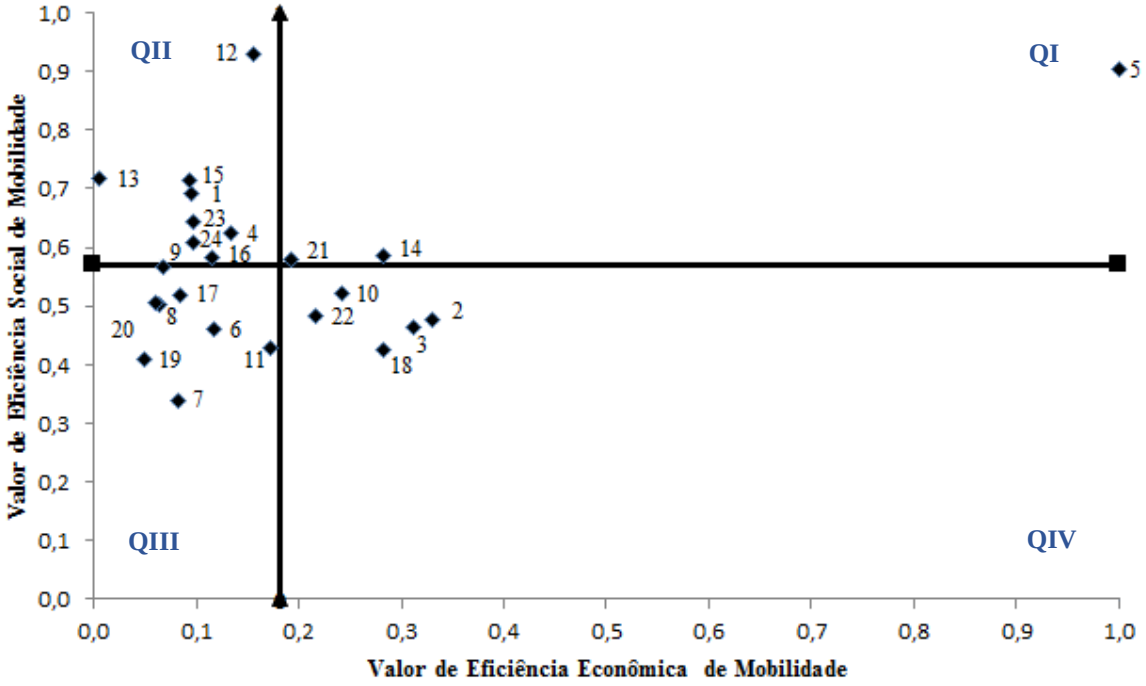



**Figura 6:** Resultado dos indicadores após aplicação da Avaliação Cruzada e suas médias.

De antemão, é importante destacar que, diferentemente do ocorrido na DEA, aqui as DMU obtiveram resultados consideravelmente discrepantes para os dois indicadores.

A análise de tercil pode indicar qual variável prejudica ou favorece a eficiência da DMU. Porém, é importante lembrar que esta é uma análise comparativa, ou seja, quando a mobilidade de uma determinada região é definida como eficiente, significa que ela é eficiente frente às demais regiões e de acordo com os indicadores propostos.
Em relação aos tercis correspondentes de cada variável, observa-se desempenhos semelhantes entre DMU localizadas no mesmo quadrante no gráfico. As Regiões Administrativas do Quadrante I, por exemplo, são mais eficientes que as demais nos dois indicadores e apresentam a maior parte das variáveis no Tercil 1. As dos Quadrantes II e IV são eficientes em um dos indicadores apenas: no VSM e no VEM, respectivamente. Esse comportamento é esperado, pois a maior parte das DMU do QII tem a variável TI/TP no Tercil 1 (variável usada para o VSM), enquanto a maior parte das DMU do QIV tem a variável Emprego no Tercil 1 (variável usada para o VEM).

Por fim, as regiões do Quadrante III são as menos eficientes em comparação com as demais. Como esperado, mais da metade das variáveis dessas regiões pertencem ao Tercil 3, isto é, apresentam valores ruins se comparados com as outras (baixo Emprego e elevado TI/TP e TVm). Destaca-se a Ilha do Governador (DMU7), Realengo (DMU19) e Santa Cruz (DMU20), as quais não apresentam variáveis no Tercil 1 e são as menos eficientes. É interessante observar que cada uma dessas eficiências foi prejudicada por uma variável diferente. Destaca-se ainda o

Centro (DMU5) com a melhor eficiência para os dois indicadores, assim como na DEA e única região com todas as variáveis no Tercil 1.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base na revisão bibliográfica apresentada e com uso da Análise Envoltória de Dados e da Avaliação Cruzada, foi possível atingir o objetivo do artigo de estimar as eficiências das Regiões Administrativas do município do Rio de Janeiro em função de características da mobilidade existente em cada uma delas. Os resultados apresentados se mostraram concisos e fornecem informações relevantes no que diz respeito ao planejamento de transportes, como qual região é mais eficiente que a outra e qual das variáveis influencia nessa comparação.

É esperado, e demonstrou-se, que a DEA e a Avaliação Cruzada apresentem resultados discrepantes entre si, devido as consideráveis diferenças de metodologia de cálculo. As regiões Portuária (DMU17) e Realengo (DMU19), por exemplo, apresentam, ainda que em diferente proporção, alta eficiência na primeira análise, quando considerado o efeito de escala e pouco eficiente na segunda, quando suas eficiências são comparadas com as demais regiões de forma conjunta. A região Centro se mostrou eficiente nas duas abordagens, devido ao fato de apresentar as melhores variáveis, ao contrário de Santa Cruz, considerada uma das menos eficientes também nas duas abordagens.

O artigo apresenta uma forma de abordagem do tema para mobilidade urbana e pretende incentivar novos trabalhos ao mostrar que é possível obter resultados satisfatórios. Sendo assim, como sugestão para futuros trabalhos, indica-se a utilização de outras variáveis de mobilidade urbana - combinadas, por exemplo, com dados socioeconômicos -, o desenvolvimento de indicadores de outras naturezas (como a ambiental), e a análise de outros dados resultantes da DEA, como a fronteira eficiente, fronteira invertida e *benchmark*.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Acosta, C. M. M., Da Silva, A. M. V. De A., E Lima, M. L. P. de. (2011) *Aplicação de Análise Envoltória de Dados (DEA) para medir a eficiência em portos brasileiros.* Revista de Literatura de Transportes, 5(4), 88–102.

Banker, R.D.; Charnes, A.; Cooper, W.W. (1984) *Some models for estimating technical scale inefficiencies in data envelopment analysis.* Management Science, v. 30, n. 9, p. 1078-1092.

Bureau of Transport Statistics. (2013) *Household Travel Survey report: Sydney 2012/13*. Sydney.

Barba-Romero, S.; Pomerol, J.C. (1997) *Decisiones multicriterio: fundamentos teóricos e utilización práctica*. Madrid: Universidad de Alcalá. (Colección de Economia).

Calvo, M. C. M. (2002) *Hospitais públicos e privados no Sistema Único de Saúde do Brasil: o mito da eficiência privada no estado de Mato Grasso em 1998*. 223 f. 2002. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis/SC.

CENTRAL. (2005) *Plano Diretor de Transporte Urbano da Região Metropolitana do Estado do Rio de Janeiro: resultado da pesquisa Origem/Destino*. Rio de Janeiro.

Censo Demográfico 2010. *Informações dos Bairros e Regiões Administrativas.* IBGE, 2011. Disponível em: <http://downloads.ibge.gov.br/downloads_estatisticas.htm>

Charnes, A., Cooper, W. W., e Rhodes, E. (1978) *Measuring the efficiency of decision making units*., 2, 429–444

Costa , M. (2008) *Um índice de mobilidade urbana sustentável*. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Escola de Engenharia de São Carlos . São Carlos : Universidade de São Paulo .

Estellita Lins, M. P.; Meza, L. A. (2000) *Análise Envoltória de Dados e Perspectivas de Integração no Ambiente do Apoio à Decisão*. COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro

Faria, F. P., Jannuzzi, P. M., Silva, S. J. (2008*) Eficiência dos gastos municipais em saúde e educação: uma investigação através da análise envoltória no estado do Rio de Janeiro*. Revista de Administração Pública,

v. 42, n. 1, p. 155-177.

Debroi, I. L.; Ferreira, B. L. G.; Garcia, B. T. Gomes; Guimarães, G. V., DA Silva, M. A. V. (2016) *Avaliação do Potencial de Uso da Hidrovia Tocantis-Araguaia.* Anais do XXX Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, ANPET, Rio de Janeiro, v. 1, p. 340–351

DE Mello, J. C. C. B.; Meza, L. A.; Gomes, E. G.; Neto, L. B. (2005) *Curso de Análise Envoltória de Dados*. XXXVI Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional. Gramado, RS.

Giacomello, C. P.; de Oliveira, R. L. (2014). *Análise Envoltória de Dados (DEA): uma proposta para avaliação de desempenho de unidades acadêmicas de uma universidade.* Revista Gestão Universitária na América Latina – GUAL, Florianópolis. v.7, n.2, p. 130-151.

Gudmundsson, H. (2004). *Sustainable Transport and Performance Indicators*. In: Heste, R.E. & Harrison, R.M. (Eds). Issues in Evironmental Science and Technology, n. 20, p. 35-63.

Lins, M. P. E., e Meza, L. A. (2000) *Análise envoltória de dados e perspectivas de integração no ambiente do Apoio à Decisão*. Rio de Janeiro.

Litman, T. A. (2015) *Developing indicators for sustainable and livable transport planning*. Victoria Transport Policy Institute.

Lobo, M. S. C. (2010) *Aplicação da análise envoltória de dados (DEA) para apoio às políticas públicas de saúde: o caso dos hospitais de ensino*. 2010. 228f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro/RJ.

Machado , L. ( 2010 ) *Índice de mobilidade sustentável para avaliar a qualidade de vida urbana*. Dissertação de Mestrado em Planejamento Urbano. Porto Alegre : Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Maclaren, V. W. (1996). *Urban Sustainability Reporting*. Journal of the Amercan Planning Association, Chicago, v.62, n.2, p.184-202.

Marinho, A. (2003) *Avaliação da eficiência técnica nos serviços de saúde nos municípios do Estado do Rio de Janeiro*. Revista Brasileira de Economia, Rio de Janeiro, v. 57, n. 3.

Mello, A.J. R. *A acessibilidade ao emprego e sua relação com o a mobilidade e o desenvolvimento sustentáveis: o caso da região metropolitana do Rio de Janeiro*. [Tese de doutorado]. Engenharia de Transportes – Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2015.

MTE. (2013) *Relação Anual de Informações Sociais - RAIS*. Ministério do Trabalho e Emprego. Brasília, DF.

ONU. *World urbanization prospects: the 2014 revision - highlights*, Department of Economic and Social Affairs, Population Division, ONU, 2014.

PDTU. (2003) *Plano Diretor de Transporte Urbano da Região Metropolitana do Rio de Janeiro*. Secretaria de Estado de Transportes. Governo do Estado do Rio de Janeiro.

PDTU. (2013) *Plano Diretor de Transporte Urbano da Região Metropolitana do Rio de Janeiro*. Secretaria de Estado de Transportes. Governo do Estado do Rio de Janeiro.

Portugal, L. S., Villada, C. A. G. (2015). *Mobilidade Sustentável e o Desenvolvimento Orientado ao Transporte Sustentável*. XXIX Congresso Nacional de Pesquisa em Transporte da ANPET, Ouro Preto, 9 a 13 nov. 2015.

Ramos, R. E. B.; Ferreira, G. M. F. (2007) *Analisando Retornos de Escala Usando DEA: um Estudo em Instituições de Ensino Tecnológico no Brasil.* Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal-RN

Seabra, L.O., Gonzales Taco, W., Dominguez, E. M. *Sustentabilidade em transportes: do conceito às políticas públicas de mobilidade urbana*. Revista dos Transportes Públicos – ANTP, ano 35, 2° quad., 103 – 122, - 2013.

Tagore, M.R.; Sikdar, P.K. (1995) *A new accessibility measure accounting mobility parameters in 7th World Conference on Transport Research*. The University of New South Wales, Sydney.

Souza Júnior, J. N. C. de. (2010) *Avaliação da eficiencia dos portos utilizando análise envoltória de dados: um estudo de caso dos portos da região do nordeste*. Universidade Federal do Ceará.

Yu, Q.; Hou, F. (2016) "*A cross evaluation-based measure of super efficiency in DEA with interval data*", Kybernetes, Vol. 45 Issue: 4, pp.666-679, <https://doi.org/10.1108/K-05-2014-0089>

VTPI. *Sustainable transportation and TDM: planning that balances economic, social and ecological objectives*. TDM Encyclopedia. Victoria Transport Policy Institute, 2015. Disponível em: http://www.vtpi.org/tdm/tdm67.htm. Acessado em 13 de junho de 2017.

WCED (1987). *Our Common Future (The Bruntland Report)*. United Nations, World Comissiono n Environment and Development. Oxford: Oxford University Press.

# CARACTERIZAÇÃO DO PERFIL DE ACESSO TERRESTRE DE FUNCIONÁRIOS A AEROPORTOS

**Ricardo Nasser Maschietto**
**Maria Teresa Françoso**
**Carlos Alberto Bandeira Guimarães**
Universidade Estadual de Campinas
Faculdade de engenharia civil, arquitetura e urbanismo

**RESUMO**
Este artigo tem como objetivo caracterizar a forma como os funcionários chegam e saem de um aeroporto e apresentar diretrizes para incentivar o uso de modos de transporte sustentáveis (transporte coletivo, carro compartilhado e transporte não motorizado), de modo a melhorar a mobilidade e reduzir os impactos que um sistema ineficiente produz em um aeroporto e na região urbana onde está inserido. Para o desenvolvimento da pesquisa realizou-se uma pesquisa bibliográfica para obter o embasamento teórico. Em seguida fez-se um estudo de caso no Aeroporto Internacional de Viracopos incluindo uma pesquisa de campo visando obter dados que possibilitem entender sua estrutura atual e assim definir possíveis cenários de melhoria. Como resultados deste artigo, foi possível caracterizar a distribuição entre modos de transporte utilizados pelos funcionários do Aeroporto de Viracopos, bem como propor soluções que tornariam seu acesso terrestre mais sustentável.

**ABSTRACT**
This article aims to characterize the way employees arrive and depart from an airport and present guidelines to encourage the use of sustainable modes of transportation (public transport, shared car and non-motorized transport), in order to improve mobility and reduce impacts that an inefficient system produces at an airport and the urban region where it is inserted. For the development of the research, a bibliographic research was carried out to obtain the theoretical basis. Next, a case study was carried out at the Viracopos International Airport, including a field survey to obtain data to understand its current access structure and then define possible improvement scenarios. As results of this article, it was possible to characterize the distribution between transportation modes used by Viracopos Airport employees, as well as to propose solutions that would make their ground access more sustainable.

## 1. INTRODUÇÃO

O crescimento do movimento de passageiros nos aeroportos tem sido acompanhado pelo aumento dos congestionamentos na rede viária. O acesso terrestre é mundialmente considerado como um componente crítico do sistema aeroportuário. No Brasil, apesar dos investimentos impulsionados pela Copa do Mundo de 2014 e Olimpíadas de 2016, as autoridades não mostraram preocupação quanto a este aspecto (Coelho, 2014). Com a infraestrutura dos aeroportos saturada e a demanda por transporte aéreo crescente e mais acessível, o problema do acesso terrestre tende a se agravar, tornando necessário e urgente o estímulo ao uso do transporte público (Alves, 2005). Os estudos nos quais este artigo se embasa, apresentam políticas em desenvolvimento ao redor do mundo que, se aplicadas nos aeroportos nacionais, podem mitigar os efeitos da falta de acompanhamento do sistema de transporte terrestre em relação ao aéreo.

Segundo Humpherys e Ison (2005) muitas pesquisas são feitas acerca dos problemas do acesso de passageiros aos aeroportos e de incentivos à utilização de transporte público pelos mesmos, contudo, em comparação, pouco se discute sobre o acesso dos funcionários, que geralmente representa um terço do total de viagens geradas por um aeroporto. Assim, este artigo focará nestes acessos, com alta representatividade no tráfego gerado por um aeroporto, e de fácil entendimento e caracterização.

Atualmente, as viagens de funcionários aos aeroportos são predominantemente realizadas por

automóveis particulares e seu acesso aparece como um grande problema para o desenvolvimento aeroportuário, devido às características de frequência dessas viagens e por coincidirem com as horas pico dos voos. A capacidade dos acessos viários tornou-se um gargalo e ações devem ser tomadas para que os aeroportos consigam absorver a previsão de grande aumento do tráfego aéreo até 2030.

Fez-se uma análise crítica de artigos, documentos, textos e um estudo de caso do Aeroporto de Internacional de Viracopos, localizado em Campinas/SP, permitirão conhecer o atual cenário do acesso terrestre de funcionários nos aeroportos e conhecer as soluções que estão sendo propostas para este sistema, visando principalmente o estímulo ao transporte público. Este artigo estudará os diversos recursos e práticas que podem ser aplicados aos aeroportos brasileiros, buscando diminuir a dependência do transporte individual.

## 2. O TRANSPORTE TERRESTRE EM AEROPORTOS

O tráfego aéreo tem dobrado a cada 10 anos desde a década de 1970 e, em resposta, tem se adaptado com novas pistas e maior capacidade dos terminais. No entanto, durante a década de 1990 o acesso aos aeroportos tem se tornado um dos componentes de capacidade críticos do sistema de transporte aéreo. A capacidade aeroportuária depende e é determinada por controle do tráfego aéreo, pistas de pouso e decolagem, terminais e acesso. Qualquer dessas áreas que apresente limitação pode gerar repercussões sérias no funcionamento do aeroporto (Humphreys e Ison, 2005).

Segundo Caves e Gosling (1999), governos ao redor do mundo tem tentado dar aos aeroportos a responsabilidade de prover acesso viário e de aumentar a parcela de viagens feita por transporte público. Um modelo desta prática funciona com o governo aprovando o aumento da capacidade de um aeroporto caso haja incrementos na capacidade de acesso terrestre, como novas ligações ferroviárias, rodoviárias e melhorias nos serviços de transporte público.

Segundo De Neufville et al. (2013), nos últimos anos, o modelo de operação dos aeroportos tem seguido uma direção mais comercial, visando maximizar receitas e renda através do desenvolvimento de áreas próximas ou mesmo dentro do sítio aeroportuário para atividades correlatas. Com essa tendência, é provável que o problema de acesso terrestre se agrave ainda mais. Os autores classificam os principais componentes do tráfego aeroportuário em três grupos, cujas características devem ser avaliadas pelos planejadores: passageiros, funcionários e fornecedores.

As viagens de funcionários produzem um grande impacto no acesso aos aeroportos, pois apesar de representarem um terço de todas as viagens, sua distribuição coincide com 3 ou 4 picos concentrados de atividades baseados em trocas de turnos de trabalho, tornando a melhoria da eficiência das viagens uma prioridade para o gerenciamento da capacidade existente do acesso local. (Humphreys e Ison, 2005).

A proporção de viagens geradas por funcionários varia em função de diversos fatores, como características operacionais do aeroporto, tamanho, ser ou não um hub (que processa uma grande porcentagem de passageiros que não chega a utilizar o sistema de acessos terrestre), presença de escritórios centrais de companhias aéreas, de instalações de manutenção e de outros empregadores relacionados com transporte aéreo, a exemplo de despachantes, agentes de carga, parques industriais e de negócios. Não havendo peculiaridades como as citadas acima, as

categorias de acesso são da mesma ordem de grandeza. Esta observação é importante, pois corrige o conceito popular que considera como tráfego terrestre no aeroporto somente o de passageiros. (Graham, 2001; De Neufville et al, 2013).

## 3. ESTRATÉGIAS PARA O ACESSO TERRESTRE EM AEROPORTOS

O crescimento aeroportuário tem refletido diretamente nos congestionamentos do entorno dos aeroportos. Os acessos aos aeroportos, a partir da década de noventa, tornaram-se um dos componentes críticos para o sistema do transporte aéreo. Nos grandes aeroportos europeus tinha-se 65% feitos por carros, podendo chegar a quase 100% em cidades pequenas, onde a infraestrutura de transporte público não é tão desenvolvida. (Humphreys e Ison, 2005).

Em um contexto mundial, as viagens dos funcionários de um aeroporto são dominantemente realizadas por automóveis. Os sistemas de transporte público falham em atendê-los, uma vez que suas residências ficam dispersas, os locais de trabalho estão distribuídos pelo sítio aeroportuário e, geralmente, localizam-se distantes dos terminais rodoviários e ferroviários, usualmente localizados próximos ao terminal de passageiros. Outro problema é que os horários de atendimento do sistema de transporte público não coincidem com os horários de trabalho de muitos funcionários; além disso, alguns empregados precisam se deslocar entre diferentes partes do aeroporto durante seu horário de trabalho. (Bonnet, 1980; Caves e Kazda, 2000).

Graham (2001) diz que a relação da gerência aeroportuária com os funcionários é difícil, visto que cerca de 7% dos funcionários de um aeroporto são da empresa administradora. Assim, para implantar políticas de mudança do meio de transporte, o aeroporto deve trabalhar em conjunto com as diversas outras empresas terceirizadas. No aeroporto de Manchester, por exemplo, existem mais de cem empresas empregando um montante aproximado de 15.500 funcionários. Estudos conduzidos no Reino Unido identificaram que os funcionários da própria administradora devem tomar a iniciativa de utilizar transportes que não o individual, de modo a servir de exemplo às demais empresas instaladas na área do aeroporto.

A figura 1 gera questionamentos sobre porque os passageiros (com bagagens e muitas vezes crianças) mostram-se mais inclinados a utilizar o transporte público do que os empregados e porque alguns aeroportos conseguem atrair mais os passageiros do que seus próprios funcionários para utilizar o transporte público.

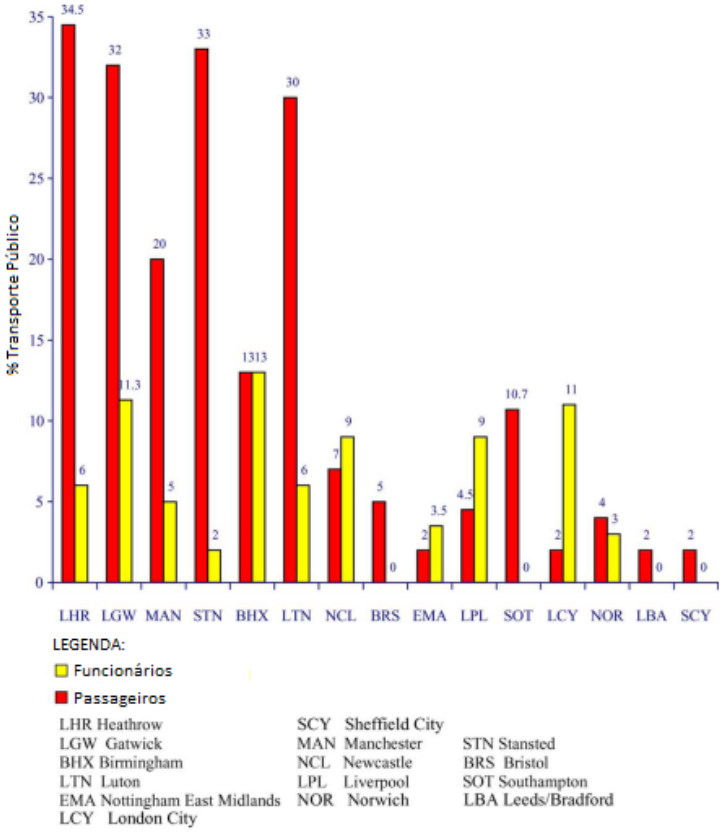



**Figura 1:** Acesso terrestre a aeroportos por transporte público (%) para passageiros e funcionários (Humphreys e Ison, 2005)

### 3.1. Fatores que influenciam o uso de transporte público por funcionários

Segundo Coogan (2008), acredita-se que os seguintes fatores influenciam o modo de transporte escolhido pelo trabalhador aeroportuário:

- Disponibilidade de transporte em sua residência. Em muitos locais o transporte público liga o aeroporto ao núcleo regional e aos principais centros de atividades econômicas, não priorizando a periferia urbana, onde se concentra a maior parte das residências atualmente;

- Acessibilidade do serviço de transporte ao local de trabalho dentro do aeroporto: muitos empregados do aeroporto trabalham fora do terminal de passageiros, em áreas de movimentação e manutenção de aeronaves, centros de carga entre outros locais dispersos pelo sítio aeroportuário;

- Disponibilidade de transporte em horários não convencionais: muitos empregados trabalham em horários regidos pelos padrões de operação das aeronaves como, por exemplo, durante a madrugada (entre 23h e 7h), geralmente fora do horário pico típico, das 6:00 às 9:00 e das 16:00 às 19:00.

### 3.2. O uso do transporte público pelos funcionários

Serão descritos, a seguir, os elementos chave a serem considerados para o incentivo do uso do transporte público pelos funcionários de um aeroporto. (Coogan, 2008).

- Tempo de viagem: Para a maioria dos funcionários, o transporte público deve competir com a conveniência proporcionada pelo automóvel individual, sendo que o tempo de viagem deve ser, não necessariamente igual ou menor, mas comparável ao último. Outro fator relevante é a frequência do serviço de transporte que, se for alta, reduz a espera do funcionário e aumenta sua flexibilidade de horário.

- Conforto: Fatores que geram desconforto ao usuário com relação ao transporte público são o tempo de espera e a necessidade de fazer baldeação.

- Extensão e área de cobertura da rede de transporte: A preferência do empregado pelo transporte público vai depender do alcance da sua rede. Esta deve ser suficiente para atingir as moradias de funcionários do aeroporto, bem como áreas com potencial de uso do serviço, como regiões com menor poder aquisitivo onde a população tem poucas condições de utilizar os automóveis para deslocamento até o trabalho.

- Proximidade e acessibilidade do serviço nas extremidades do trajeto: Uma conexão fácil entre a residência e o serviço de transporte público é importante tanto para torná-lo acessível quanto para diminuir o tempo de viagem do funcionário ao trabalho. É importante que os funcionários que não trabalham e os que trabalham no terminal de passageiros possam utilizar o transporte público, ou seja, deve atingir os locais de maior concentração de empregados dentro do sítio aeroportuário, preferencialmente sem troca de linhas.

- Estacionamento no local de trabalho: A disponibilidade, custo e conveniência do estacionamento para funcionários no aeroporto possuem um papel determinante na escolha entre os transportes individual e o público. A maioria dos operadores de aeroportos provém estacionamento dentro do aeroporto, geralmente de baixo custo ou gratuitos, incentivando o uso do transporte individual.

- Horários disponíveis: Para se tornar viável, o transporte público deve ser oferecido em horários que atendam à operação do aeroporto e com frequência adequada.

- Segurança viária: Sendo o custo e conveniência do transporte público comparáveis ao do transporte individual, os funcionários devem se sentir seguros, tanto no trajeto quanto nos pontos de espera, especialmente a noite. Segurança ostensiva e boa iluminação são fatores que podem ajudar neste quesito.

### 3.3. Tipos de funcionários aeroportuários

- Tripulação de voo: A tripulação dos voos, incluindo pilotos e atendentes de voo, podem ter jornadas de vários dias fora do aeroporto, resultando em poucas viagens semanais para o aeroporto. Muitos deles deixam seus carros nos estacionamentos do aeroporto durante suas viagens, portanto, não constituem um mercado significativo para o transporte público.

- Demais funcionários: Os funcionários que não estão no grupo de tripulação de voo realizam viagens para o aeroporto de forma mais regular, ainda que sejam muitas vezes em turnos com horários diferenciados, ou fazem horas extras com frequência. Dentre eles, os de renda mais baixa são fortes candidatos ao uso do transporte público, podendo ser em horários fora do pico e, portanto, não servidos devidamente pelo mesmo. Essas posições de trabalho podem ser

difíceis de serem preenchidas, visto que os candidatos têm dificuldades em possuir um veículo próprio.

## 4. SOLUÇÕES PARA O ACESSO A AEROPORTOS

Segundo Humphreys et al (2005), para aeroportos com até 2 milhões de passageiros anuais o serviço de ônibus parece ser a solução mais econômica para atender à demanda de transporte de funcionários. Observa-se, também, que medidas relacionadas com cobranças diretas pelo uso do automóvel, como o estacionamento, são mal aceitas, podendo afetar inclusive seu desempenho e boa vontade no trabalho. Ainda segundo os autores, o Airport Surface Access Strategy (ASAS), programa desenvolvido pelo governo do Reino Unido que busca a redução das viagens terrestres realizadas por veículos particulares, sobre o qual os autores discorrem, detalhou as medidas que podem ser implantadas visando a mudança desejada de modo de transporte, descritas a seguir:

### 4.1. Transporte público

Duas formas eficazes de melhorar o transporte público foram o subsídio dos serviços e parcerias com empresas particulares de ônibus, ajudando-as a entender as necessidades de transporte em um aeroporto, como viagens de madrugada e padrões de troca de turnos. No Brasil, o desconto na tarifa do transporte público dado aos funcionários pela empresa é comum, porém há pouco incentivo na forma de campanhas a favor desta mudança.

### 4.2. Planos de transporte

Os planos de transporte visam diminuir o uso de carros ocupados apenas pelo motorista. Medidas adotadas nestes planos incluem: incentivar o *home office*, aumentar a consciência sobre o transporte público, dar descontos sobre o transporte público, favorecer o uso da bicicleta, estimular contratações ligadas a áreas servidas por transporte público e implantar sistemas de carro compartilhado. Uma limitação da abrangência dos planos de transporte é o fato da maioria deles serem feitos pelas empresas que administram os aeroportos, atingindo somente os funcionários diretamente ligados a elas. Empresas terceirizadas, já instaladas no sítio, podem não ser muito suscetíveis às mudanças propostas para o aceso terrestre; contudo, uma estratégia eficiente é impor a apresentação de um plano diretor de transporte de novas empresas para que estas sejam autorizadas a se instalar e começar a operar dentro do aeroporto.

### 4.3. Carro

Segundo Matthews (2000), quando o custo do estacionamento não recai sobre o empregado, mas sobre o empregador, esses não são compelidos a buscar outras formas de locomoção, muitas vezes nem tendo consciência do custo da sua vaga. Este é o caso da maioria dos estacionamentos para funcionários de aeroportos do Reino Unido. Scheffler e De Vreede (2000) mostram uma abordagem inovadora, exemplificada pelo aeroporto de Schiphol em Amsterdam, na qual a KLM, maior empregador local, ofereceu um aumento de 18 euros no salário de seus funcionários, equivalente ao custo de seus estacionamentos pago para a administradora do aeroporto e passou a cobrar o estacionamento dos funcionários que o usassem. As taxas de estacionamento foram direcionadas para benfeitorias em outros modais de transporte.

No setor aeroportuário, a cobrança de estacionamento como forma de controlar a demanda por vagas é raramente utilizada. Já em setores não aeroportuários isto é mais comum, pois recebe atenção acadêmica e é geralmente a primeira iniciativa para alocar com eficiência um número escasso de vagas (Humphreys et al, 2005). Contudo, é importante considerar os problemas

relacionados à implantação e aceitação de tarifas de estacionamento. Os recursos tidos como mais eficientes para reduzir a necessidade de estacionamento, como cobrar uma tarifa para estacionar, são também os que geram mais oposição, dificultando sua implantação (Button e Verhoef, 1998).

Thorpe et al (2000) mostram o resultado de pesquisas feitas em Newcastle e Cambridge, no Reino Unido, onde o nível de aceitação das cobranças de estacionamento é muito maior quando os funcionários têm garantia que seus pagamentos resultaram em melhorias no transporte.

É difícil definir o ideal para o acesso aeroportuário. Os grandes aeroportos geram fluxos grandes e diversos, incluindo passageiros e transporte de mercadorias, os quais podem tanto convergir quanto se dispersarem, saindo ou chegando ao aeroporto. No caso da cidade possuir um significativo sistema de transporte ferroviário, este modo torna-se o principal meio para acessar o setor; caso contrário, e o que geralmente se observa, é a necessidade de estradas, acessos rodoviários e estacionamentos adequados nos aeroportos (De Neufville et al, 2013). O transporte de alta capacidade, além de atrair passageiros com sua velocidade e conforto, pode eliminar o trânsito de milhares de automóveis diariamente, reduzindo congestionamentos e emissão de poluentes. O modo de transporte sobre trilhos, geralmente o metrô, é o cerne do sistema de transportes das grandes cidades dos países desenvolvidos, sendo o ônibus um serviço complementar, com a função de abastecer as linhas ferroviárias. (IACD, 2006).

## 5. METODOLOGIA E ESTUDO DE CASO

O método científico utilizado para o desenvolvimento desta pesquisa é o estudo de caso, pois é uma investigação empírica de um fenômeno contemporâneo e real, com limites não evidentes (Yin, 2010). Segundo o autor, este método é utilizado quando se deseja entender um fenômeno da vida real em profundidade, englobando importantes condições contextuais.

A primeira etapa do estudo de caso foi a realização da coleta dos dados visando obter a caracterização da amostra. Para isto aplicou-se um questionário buscando conhecer os modos de viagem utilizados pelos funcionários do aeroporto para deslocamentos ao trabalho, custo do estacionamento (válido para os usuários de transporte individual), percepção do transporte público, modo de transporte de preferência do usuário caso todas as opções fossem acessíveis, quais os pontos de origem e destino e os horários de trabalho. Com a caracterização deste grupo completa, analisou-se quais medidas e políticas podem ser implementadas de modo a reduzir a utilização do transporte individual. O estudo de caso que se utiliza dessa metodologia foi conduzido no Aeroporto Internacional de Viracopos.

Para definir o tamanho da amostra utilizou-se o modelo para uma população finita (menos de 100.000) apresentado por Triola (1999) que considera:

$$n = \frac{\partial^2 . p . q . N}{e^2 . (N-1) + \partial^2 . p . q} \quad (1)$$

Em que: $n$: amostra mínima;
N: universo;
$\partial$: nível de confiança;
$e$: erro amostral; e
p.q: porcentagem pelo qual o fenômeno acontece.

## 6. RESULTADOS

O questionário contendo os parâmetros citados no item anterior foi entregue para coordenadores e chefes de departamento das empresas relevantes para a pesquisa, que os distribuíram para seus subordinados. Para a seleção das empresas participantes da pesquisa foram excluídas as de pequeno porte (com até 49 funcionários) e aéreas (conforme justificado anteriormente), resultando em um total de 4.274 funcionários.

Foram distribuídos 1240 questionários e obtidos 259 retornos. Após uma semana, os questionários foram retirados para a compilação dos dados. Convém frisar que esta pesquisa de campo foi dispensada da avaliação do Comitê de Ética em Pesquisa da Unicamp.

Para verificar a representatividade deste número, utilizou-se o modelo apresentado por Triola (1999) que considerando:

N: universo (4274);
$\partial$: nível de confiança (1,96, que representa um nível de confiança de 95%);
$e$: erro amostral (5, erro admissível de 5%); e
p.q: porcentagem pelo qual o fenômeno acontece = 80.20, supondo uma população homogênea, onde praticamente todos os entrevistados realizam viagens diárias ao aeroporto.

Obteve-se, assim, uma amostra mínima de 233. Outro critério, considera para uma amostra de população finita ser válida um mínimo de 5% do total; no caso em questão seria necessária 214 respostas. Portanto, a amostra obtida de 259 atende a ambos os critérios de validade.

Cabe ressaltar que, como no estudo de caso não há transporte ferroviário como alternativa de acesso; foram estudados os métodos possíveis de incentivo à utilização de modos de transportes sustentáveis.

A seguir são apresentados resumidamente os resultados obtidos nesta pesquisa para cada pergunta do questionário.

### 6.1. Modo de transporte

A pergunta do questionário cujas respostas originaram o gráfico apresentado na Figura 2 foram: *Como você vem e volta do trabalho? Carro como motorista; Carro como passageiro (carona); Moto; Táxi; Ônibus ou van fretado da empresa; Transporte coletivo; Bicicleta; A pé; Outro. Qual?*

Pode-se observar uma divisão muito próxima entre o transporte público e fretado, somando 51%, e o transporte individual, com bicicleta, moto e carro, somando 49%. Nota-se somente 8% compartilham a viagem de carro com outros funcionários, sendo o percentual que viaja sozinho de carro bastante representativo; aproximadamente um terço do total de viagens.

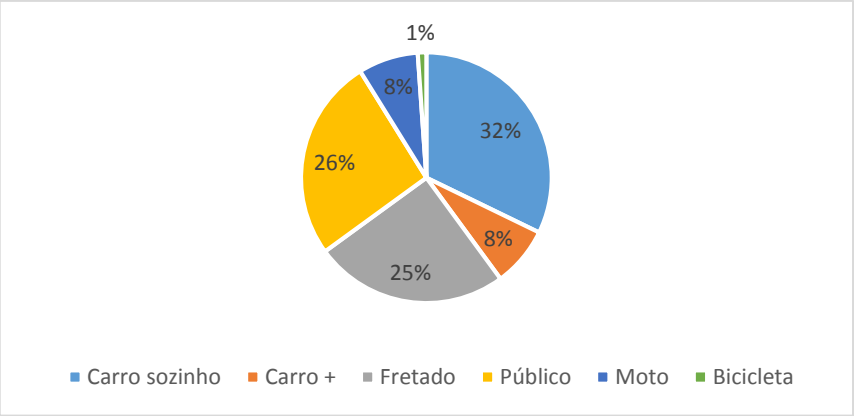



**Figura 2:** Modo de acesso ao aeroporto

### 6.2. Custo do estacionamento

A pergunta do questionário cujas respostas originaram o gráfico apresentado na Figura 3 foi: *Se vem de carro, como você classifica seu custo de estacionamento?; Muito caro; Caro; Adequado; Barato; Muito barato; Meu estacionamento é gratuito.*

Como resultado observa-se que o custo do estacionamento classificado como gratuito, muito barato ou barato, somam 40% do total, fator visto na revisão bibliográfica como incentivador, ou pelo menos não desencorajador, do uso do transporte individual. A classificação é baseada na percepção de cada funcionário que respondeu o questionário, sem a utilização de valores nominais, classificando assim o seu custo individual de estacionamento em relação ao seu salário e demais gastos.

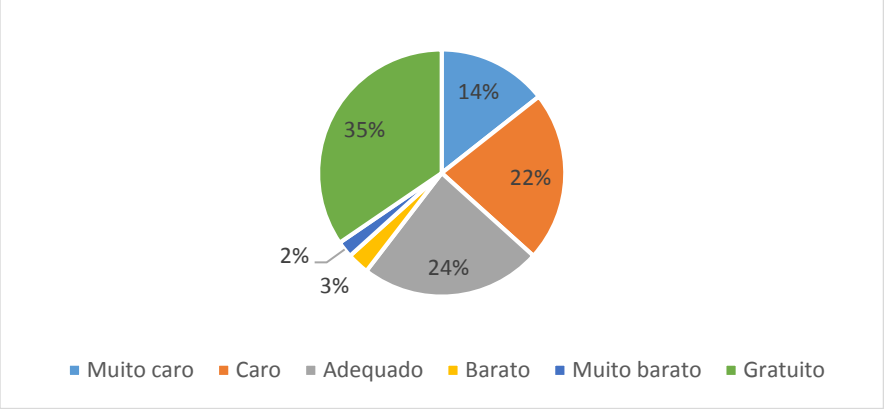



**Figura 3:** Classificação dada ao custo de estacionamento dos funcionários do aeroporto

### 6.3. Percepção do transporte público

Este item apresenta o resultado obtido pela pergunta: *O que você acha do transporte público para o aeroporto? Muito ruim; Ruim; Adequado; Bom; Muito Bom; Não sei opinar.*

As parcelas de funcionários que consideram o transporte público muito ruim ou ruim somam 59% do total, desencorajando o uso deste modo de transporte (cfr. Figura 4).

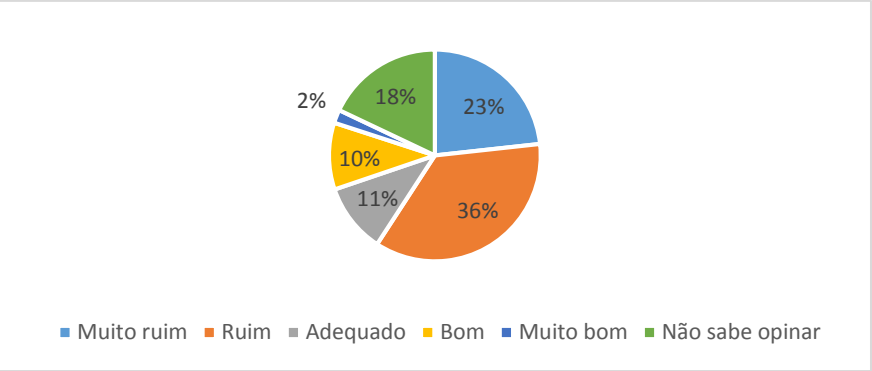



**Figura 4:** Percepção do transporte público ao aeroporto pelos seus funcionários

### 6.4. Modo de transporte desejado

A pergunta do questionário que deu origem ao gráfico apresentado na Figura 5 foi: *Se fosse oferecido com qualidade e condições adequadas, qual seria o seu meio de transporte preferido para se deslocar ao trabalho? Carro; Moto; Táxi; Ônibus ou van fretado da empresa; Transporte coletivo (ônibus de linha); Bicicleta; A pé; Modal ferroviário (trem, metrô, VLT); Outro. Qual?*

Observa-se, nos resultados, que mesmo se oferecido com qualidade, o transporte público por ônibus circulares teria apenas 15% de aderência e o transporte ferroviário 11%. O automóvel individual seria a opção de 25% dos funcionários e o ônibus fretado 43%, mostrando-se o modo preferido.

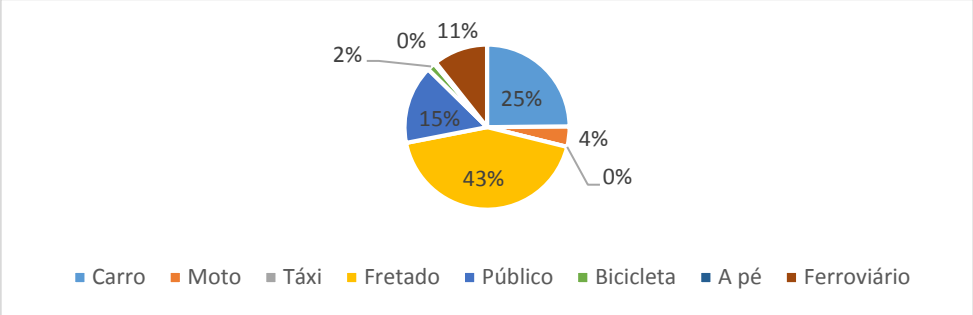



**Figura 5:** Modo de transporte desejado pelos funcionários do aeroporto de Viracopos

## 7. RECOMENDAÇÕES PARA O INCENTIVO AO TRANSPORTE SUSTENTÁVEL

No Aeroporto de Viracopos, observa-se a presença significativa do transporte individual, modo que seria a escolha de um quarto dos funcionários mesmo se existissem outras opções com qualidade, como o metrô. Outra observação relevante que se pode extrair do gráfico de modo de transporte desejado, é a larga vantagem do ônibus fretado quando se trata do desejo dos funcionários. Analisando a bibliografia apresentada e os resultados obtidos com a pesquisa de campo, pode-se fazer as seguintes recomendações para o aeroporto analisado:

### 7.1 Aprimoramento do transporte público

Com um aumento da oferta do ônibus fretado, o atual índice de adesão de 25% subiria para 43%, que somados aos 15% dos funcionários inclinados a utilizar o ônibus público, este totalizaria 58%.

### 7.2 Custo de estacionamento

Entre os 40% que se deslocam ao trabalho de carro sozinhos ou compartilhando o veículo, 36% consideram o custo de estacionamento caro ou muito caro. Pode-se concluir então, que 14% do total de funcionários utilizam o transporte individual, mas não estão satisfeitos com suas despesas com estacionamento. Esta parcela constitui um grupo expressivo que pode migrar para um modo de transporte coletivo caso ocorram mudanças na estrutura de transporte como: aumento das tarifas de estacionamento; implantação de transporte ferroviário; aumento da malha de ônibus circulares, de modo a abranger mais regiões e sem que ocorra baldeação; e aumento do conforto do transporte público.

Com o aumento do custo de estacionamento pode ocorrer também a insatisfação de 35% dos funcionários que possuem estacionamento gratuito, podendo atingir 64% se somados os funcionários que atualmente o consideram adequado, barato ou muito barato. Assim, este porcentual se encontraria em uma situação mais propensa ao abandono do transporte individual. No entanto, concomitantemente a este aumento devem ocorrer melhorias na estrutura do transporte público.

### 7.3. Compartilhamento de veículos

Em Viracopos é realizada a prática do compartilhamento de veículos por apenas 8% dos funcionários, mas há um potencial para aumento desta porcentagem, uma vez que existem outros 32% que utilizam o automóvel particular individualmente. O compartilhamento de veículos pode realizado através de aplicativos existentes, ou via um cadastro realizado pelas próprias empresas atuantes dentro do sítio aeroportuário, e sua pratica incentivada oferecendo vantagens aos adeptos, como descontos ou mesmo isenção das taxas de estacionamento.

## 8. CONCLUSÕES

Observando a distribuição entre os modais de acesso de funcionários a aeroportos, tanto nacional quanto internacionalmente, nota-se ser necessário o desincentivo ao transporte individual, seja através de políticas internas ou investimentos em transporte público. No caso de aeroportos com grandes movimentações, o transporte de alta capacidade, como metrô, é o modo mais eficaz para resolver o problema de acesso, e, no caso de aeroportos com baixas movimentações, o investimento nas linhas de ônibus comum se mostra a melhor solução.

A questão do acesso torna-se ainda mais relevante, uma vez que se conecta diretamente com a mobilidade terrestre no entorno do aeroporto, determinante para evitar congestionamentos.

Através da metodologia proposta, foi possível caracterizar a divisão modal do Aeroporto de Viracopos, e tal modelo pode ser aplicado à aeroportos de características similares, onde não há ligação ferroviária com a cidade. As soluções de mais rápida implantação para o caso estudado seriam o aumento das tarifas de estacionamento e o incentivo ao compartilhamento de veículos, seguidas da melhoria do sistema de ônibus coletivo e aumento de oferta de ônibus fretado.

O Brasil não tem acompanhado a tendência dos países desenvolvidos e precisa se inserir no contexto internacional, onde a ampliação da capacidade dos aeroportos não é pensada isoladamente, mas como um conjunto de ações que envolvem o crescimento interno, melhorias e uma complexa rede de acesso terrestre, que pode incluir novas vias férreas, acessos rodoviários e políticas de transporte público.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Alves, B. B. (2005) *A importância da variabilidade do tempo de viagem no acesso terrestre a aeroportos: Estudo de caso do aeroporto internacional André Franco Montoro*. Dissertação de M.Sc. Escola Politécnica/USP, São Paulo, SP, Brasil.

Bonnet, C. (1980). *Access to airports, Proceedings of the Institute of Civil Engineers*, Sixth World Airports Conference. Thomas Telford, London.

Button, K.J., Verhoef, E.T. (1998) *Road Pricing, Traffic Congestion and the Environment*. Edward Elgar, Cheltenham.

Caves, R. E., Gosling, G. D. (1999) *Strategic Airport Planning*. Elsevier, Oxford.

Caves, R. E., Kazda, A. (2000) *Airport Design and Operations*. Pergamon, Oxford.

Coelho (2014). *Acesso Aeroportuário – Elementos básicos para uma análise*. Research Gate.

Coogan, M. A. (2008) *Ground Access to Major Airports by Public Transportation*. Airport Cooperative Research Program. Washington D.C.

De Neufville et al (2013) *Airport Systems: Planning, Design, and Management, Second Edition. Ground Access and Distribution, Chapter*. McGraw-Hill Professional.

Graham, A. (2001) *Managing Airports an International perspective*. Butterworth Heinemann, Oxford.

Humphreys, I., Ison, S. (2005) *Changing airport employee travel behaviour: the role of airport surface access strategies*. *Transport Policy* 12, p. 1-9.

Humphreys et al (2005) *UK airport surface access targets*. *Journal of Air Transport Management*. 11, p. 117-124.

Inter-American Agency for Cooperations and Development (IACD) (2006) *Os sistemas de transportes*. Grupo E – Aspectos organizacionais.

Matthews, P.J. (2000) *Airport parking levies fund alternatives to car*. *Parking Review*, p. 21–23.

Scheffler, E.N., De Vreede, H. (2000) *Dutch gain experience with employer TDM programs*. *TDM Review*, p. 12-24.

Thorpe, N., Hills, P., Jaensirisak, S. (2000) *Public attitudes to TDM measures: a comparative study*. *Transport Policy* **7**, p. 243–257.

Triola, Mário F. (1999) *Introdução à Estatística*. 7. ed. LTC. Rio de Janeiro.

Yin, Robert K. (2010) *Estudo de Caso: Planejamento e Métodos*. 4. ed. Bookman. Porto Alegre.

Ricardo Nasser Maschietto (nasser.ricardo@uol.com.br)
Maria Teresa Françoso (mteresa@fec.unicamp.br)
Carlos Alberto Bandeira Guimarães (cabguima@fec.unicamp.br)
Departamento de Geotecnia e Transportes, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas
Rua Saturnino de Brito, 224, Cidade Universitária Zeferino Vaz – Campinas, SP, Brasil

# CARACTERIZAÇÃO DOS PADRÕES DE VIAGENS DA COMUNIDADE ACADÊMICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE RORAIMA: CAMPUS PARICARANA

**Karine Jussara Sá da Costa Cruz**
**Felipe Alves Amancio**
**Luis Henrique Oliveira de Sousa**
**Francinelly Felix Cavalcante de Andrade**
**Jéssica Souza Cerquinho**
**Andréia Magalhães Oliveira**
Departamento de Engenharia Civil
Universidade Federal de Roraima

**RESUMO**
Na cidade de Boa Vista, capital do estado de Roraima, o campus paricarana da Universidade Federal de Roraima (UFRR) torna-se um pólo gerador de viagens (PGV) devido a dinâmica dos deslocamentos de veículos e pessoas. O campus paricarana é o campus central da UFRR. Em 2015 a sua comunidade acadêmica possuía cerca de 11.000 mil pessoas, composta por 966 servidores efetivos, dos quais 587 são professores e 379 técnicos administrativos e os prestadores de serviços. O objetivo da pesquisa é caracterizar o padrão de viagens diárias da comunidade acadêmica que se desloca até o campus paricarana na UFRR. Os principais fenômenos analisados nesta pesquisa foram o modo de transporte utilizado, o tempo de deslocamento e o perfil dos entrevistados. Conclui-se que o principal modo de transporte mais utilizado pelos entrevistados é o carro e que o perfil de renda dos entrevistados influencia diretamente o meio de transporte que os mesmos utilizam.

**ABSTRACT**
In the city Boa Vista, capital of the state of Roraima, the campus paricarana of the University Federal of Roraima (UFRR) becomes a travel generator pole (PGV) due to the dynamics of the vehicle and people displacements. The campus paricarana is the central campus of the UFRR. In 2015, its academic community had about 11.000 people, comprising 966 effective employees, of which 587 are professors and 379 administrative technicians and service providers. The objective of the research is to characterize the daily travel pattern of the academic community that travels to the campus paricaranaof the UFRR. The main phenomena analyzed in this research were the mode of transportation used, the time of displacement and profile of the interviewee. It is concluded that the main mode of transportation most used by the interviewees is the car and that the income profile of the interviewees directly influences the means of transportation they use.

## 1. INTRODUÇÃO

Os denominados pólos geradores de viagens (PGV) são os locais ou instalações de distintas naturezas que desenvolvem atividades de porte e escala, capazes de produzir um contingente significativo número de viagens (PORTUGAL E GOLDNER, 2003).

Segundo Paula *et al* (2014) as instituições de ensino superior (IES), são consideradas importantes pólos geradores de viagens e promovem um elevado número de viagens, oriundas do deslocamento realizado por alunos, professores e funcionários por meio de diferentes modos de transporte (motorizado e não motorizado).

A classificação tradicional de viagens primárias são referidas tradicionalmente às viagens de base domiciliar e com destino ou origem no pólo gerador de viagens (PGV), viagens desviadas e de passagem devem ser adaptadas para as instituições de ensino (SOUZA, 2007).

Na cidade de Boa Vista, capital do estado de Roraima, o campus paricarana da Universidade Federal de Roraima (UFRR) torna-se um importante PGV devido a geração de viagens provenientes dos deslocamentos de veículos e pessoas neste campus.

Por esse motivo são observados constantemente congestionamentos nas vias de acesso ao campus paricarana nos períodos de início e fim das aulas e jornada de trabalho dos técnicos e docentes, nos períodos da manhã e da tarde.

É cada vez mais perceptível a crescente demanda por vagas de estacionamento para automóveis e motos no campus paricarana. São constantes as reclamações por parte dos discentes e servidores referentes à baixa frequência de ônibus e o trajeto do ônibus ocorre apenas na via principal da UFRR, não contemplando diversos prédios e blocos de salas de aula, prejudicando assim inúmeras pessoas que utilizam os ônibus como meio de transporte.

Nesse sentido, esta pesquisa visa analisar e caracterizar o padrão de viagens do campus paricarana da UFRR em função do tipo de usuário, turno de funcionamento e curso de graduação oferecido e identificar os principais modos de transporte.

## 2. ACESSO AO CAMPUS PARICARANA DA UFRR

Fundada no ano de 1989, a Universidade Federal de Roraima (UFRR) é uma instituição pública de ensino superior, localizada na cidade de Boa Vista capital do Estado de Roraima, extremo Norte do Brasil.

A UFRR é composta por três campus universitários na capital Boa Vista são eles: Paricarana, Murupu e Caumé. O Campus Paricarana é o campus central da UFRR, onde funcionam a Reitoria e Pró-Reitorias, Biblioteca Central, Controle e Registro Acadêmicos totalizando 12 centros didáticos.

No Campus Paricarana funcionam o Instituto Insikiran de Formação Indígena, responsável por um dos projetos mais inovadores do País, o Núcleo de Educação a Distância (NEaD), Núcleo de Empreendedorismo (NEED) e Patentes e Registros (NIT), Restaurante e a Residência Universitária dentre os 13 núcleos e unidades de pesquisa registrados.

Em 2015 a comunidade acadêmica da UFRR possuía aproximadamente nove mil alunos matriculados nos cursos de ensino básico, técnico, de graduação e pós-graduação. O corpo de funcionários é formado por 966 servidores efetivos, dos quais 587 são professores e 379 técnicos administrativos e os prestadores de serviços, totalizando cerca de 11.000 mil pessoas.

Um campus universitário ao se caracterizar como um pólo gerador de viagens (PGV) tem que ser estudado: a sua área de influência, os tipos de usuários e a caracterização do padrão de viagens de cada um deles, como uma forma de definir estratégias adequadas para o tratamento de problemas ocasionados ao tráfego nas proximidades da UFRR.

No padrão de viagens são estudadas características qualitativas como tempos de deslocamentos, datas, frequência, motivo de viagem, origem, destino e modo de transporte (PARRA, 2006).

O acesso à UFRR pode ser realizado por duas avenidas (Av. Venezuela e Av. Ene Garcez) e ainda há uma entrada paralela na Av. Brigadeiro Eduardo Gomes, apenas para pedestres e ciclistas, conforme mostra a figura 1:




**Figura 1**: Localização do Campus Paricarana da UFRR
Fonte: Google maps(2015).

Quanto ao transporte público coletivo, são ofertadas a comunidade acadêmica três linhas de ônibus ao Campus Paricarana da UFRR tabela 1:

**Tabela 1**: Linhas e rotas dos ônibus que trafegam nas proximidades do Campus Paricarana-UFRR:

| LINHA | ROTA |
|---|---|
| Cruviana | Saindo do terminal trafega na Avenida Brigadeiro Eduardo Gomes, seguindo sentido bairro pela Avenida Princesa Isabel |
| Caranã | Saindo do terminal trafega na Avenida Brigadeiro Eduardo Gomes, seguindo sentido bairro Caranã. |
| Caranã-UFRR | Saindo do terminal trafega na Avenida Ene Garcez, passando no Aeroporto Internacional de Boa Vista e adentrando o Campus Paricanã e seguindo viagem para o bairro Caranã. |

A comunidade acadêmica também conta com os serviços do transporte alternativo táxi-lotação. A rota dos táxis-lotação ocorre pelas Av. Brigadeiro Eduardo Gomes e Avenida Venezuela, dessa forma, os deslocamentos são realizados apenas nos portões da UFRR, ocasionando grandes deslocamentos a pé até os prédios do campus paricarana. Os táxis-lotação por terem uma frota maior do que os ônibus, a frequência deles nas proximidades do campus paricarana é bem superior quando comparado aos ônibus. O ônibus tem a tarifa de R$ 3,10 e a tarifa do táxi-lotação R$ 4,00.

## 3. METODOLOGIA DA PESQUISA

### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Esta pesquisa de campo utilizou-se dos métodos quantitativo, descritivo-exploratório**.** De acordo com Gil (2010), a pesquisa descritiva é aquela que descreve as características de determinado grupo, tais como idade, sexo e nível de renda. Este é o tipo de pesquisa que tende é a mais utilizada por pesquisadores sociais, permitindo assim conhecer aspectos relevantes da população estudada.

Já o método quantitativo é caracterizado pelo emprego a quantificação, tanto na coleta quanto no tratamento das informações, utilizando-se de tratamentos estatísticos, desde as mais simples as mais complexas, objetivando resultados que evitem possíveis distorções de análise e interpretação, possibilitando uma maior margem de segurança (DIEL, 2004).

A pesquisa foi ainda de caráter exploratório-descritiva junto à comunidade acadêmica da UFRR. O caráter exploratório está relacionado à investigação bibliográfica, a fim de compreender o objeto estudado e contribuir para a elaboração de modelos e hipóteses (MATARR, 1999).

## 3.2 POPULAÇÃO E AMOSTRA

O questionário estruturado da pesquisa foi aplicado aos discentes, docentes, servidores, técnicos administrativos e prestadores de serviços do campus paricarana da Universidade Federal de Roraima-UFRR, conforme descritos na Tabela 2.

A amostra foi selecionada de forma aleatória dentro do campus da UFFRR, durante duas semanas e nos três períodos (manhã, tarde e noite), sendo entrevistadas pessoas de ambos os sexos e sem limite de idade, totalizando uma amostra de 575 pessoas.

**Tabela 2**: Amostra dos entrevistados no campus paricarana da UFRR.

| ENTREVISTADOS | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Centro Acadêmico | Discente | Docente | Técnico | Prest. Serv | Outros |
| CCT | 59 | 5 | 7 | 3 | 0 |
| CCH | 67 | 8 | 0 | 0 | 0 |
| CBIO | 26 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| CCLA | 30 | 2 | 0 | 0 | 1 |
| CEDUC | 53 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| Gestão Territorial Índigena /CALI | 74 | 3 | 0 | 0 | 0 |
| CADECON | 120 | 6 | 0 | 0 | 0 |
| REITORIA | 0 | 0 | 17 | 2 | 0 |
| IGEO | 18 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CCS | 43 | 3 | 0 | 0 | 0 |
| NUPEPA | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| INAN | 10 | 2 | 0 | 1 | 0 |
| Parcial | 511 | 32 | 24 | 7 | 1 |
| Total de entrevistados | 575 | | | | |

## 3.3 INSTRUMENTOS E PROCEDIMENTOS DE COLETA DE DADOS

O instrumento utilizado nesta pesquisa foi um modelo de questionário do tipo estruturado adaptado de Meira *et al*(2014).Na presente pesquisa, foram obtidos os seguintes dados:
1) Características do usuário (discente, docente, prestador de serviço, outros)
2) Centro Acadêmico/Núcleo Acadêmico que o usuário pertence
3) Perfil de renda
4) Meio de transporte que utiliza para chegar a UFRR
Horário de início da viagem, de chegada ao campus e horário previsto de saída;
5) Trajeto até a UFRR
6) Tempo de Viagem do percurso até a UFRR
Além destas perguntas, no questionário haviam duas perguntas (hipotéticas) sugerindo aos entrevistados possibilidades que auxiliem nas questões de mobilidade urbana sustentavél no campus paricarana:

7) Caso houvesse uma infraestrutura cicloviária (ciclovia/ciclofaixa) no percurso até a UFRR, se o usuário utilizaria a bicicleta como meio de transporte
8) Caso houvesse carona compartilhada, você utilizaria para chegar até a UFRR

Como procedimento prévio de coleta dos dados, primeiramente foi apresentado à proposta do trabalho e o objetivo da pesquisa aos entrevistados. Após sua decisão de participar da pesquisa, foi aplicado um questionário do tipo estruturado no modelo adaptado de Meira *et al*(2014).

Com os questionários devidamente aplicados, os mesmos foram tabulados e quantificados, por meio da ferramenta Microsoft Excel, transformando-os em gráficos e analisando os resultados.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados desta pesquisa apontaram os seguintes resultados:
O questionário foi respondido por discentes (89%), docentes (6%), técnicos (4%) e prestadores de serviços (1%). A participação foi maior por parte dos alunos, uma vez que os mesmos mostraram um maior interesse em participar da pesquisa, havendo poucas recusas dos mesmos em responder ao questionário. Já os técnicos e prestadores de serviços mostraram menos interesse em participar e contribuir com esta pesquisa.




**Figura 1**: Perfil dos entrevistados.

Em relação às respostas oferecidas pelos entrevistados no questionário referente ao meio de transporte que utiliza para se deslocar até o campus paricarana da UFRR, as porcentagens foram:

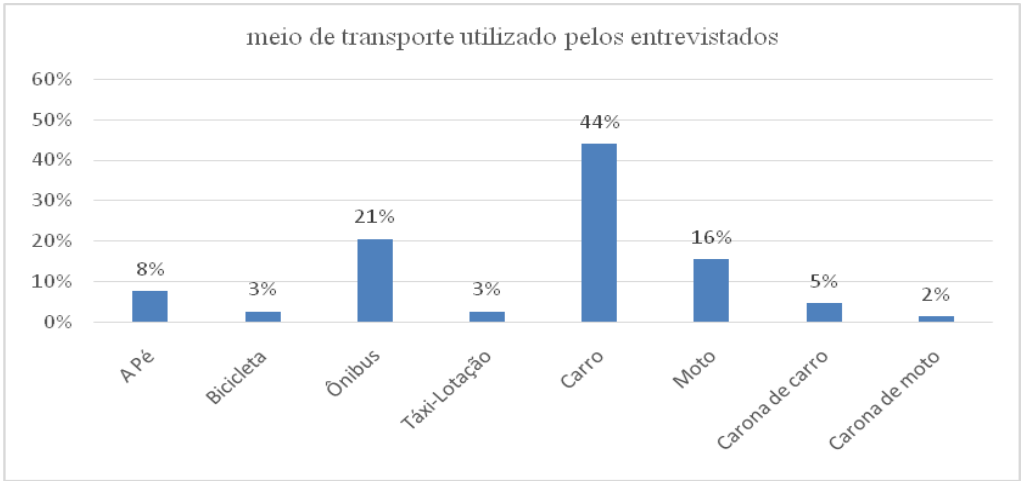



**Figura 2**: Divisão modal dos meios de transportes utilizados pelos entrevistados.

A maior porcentagem dos entrevistados utiliza o carro (44%) como meio de transporte. O segundo meio de transporte mais utilizado pelos entrevistados é o transporte público coletivo-ônibus (21%). Na terceira colocação fica o meio de transporte por meio de moto (15%) e em quarto lugar vem o meio de transporte a pé (8%). Já em quinto lugar fica as caronas por meio do carro (5%), em sexto lugar com 3% fica o meio de transporte por meio da bicicleta e carona por meio de moto ficou com (1%).

Quanto ao perfil da renda dos entrevistados, os resultados apresentados demonstram que os entrevistados com um perfil de renda maior (entre 2 e 8 salários mimos) utilizam o carro em seus deslocamentos até a UFRR. Os entrevistados que possuem renda menor igual a 1 salário mínimo costumam utilizar o transporte público coletivo- ônibus em seus deslocamentos até a UFRR.

Ao compararmos o perfil de renda do entrevistado *versus* meio de transporte, os resultados mostraram que as pessoas com o perfil de renda maior, dispõem de uma maior variedade de meios de transportes em seus deslocamentos (ônibus, táxi-lotação, carro, moto), enquanto as pessoas que tem renda até um salário mínimo dispõem de modais mais "baratos" por meio de deslocamentos a pé e de bicicleta, conforme mostra os dados da figura 3:

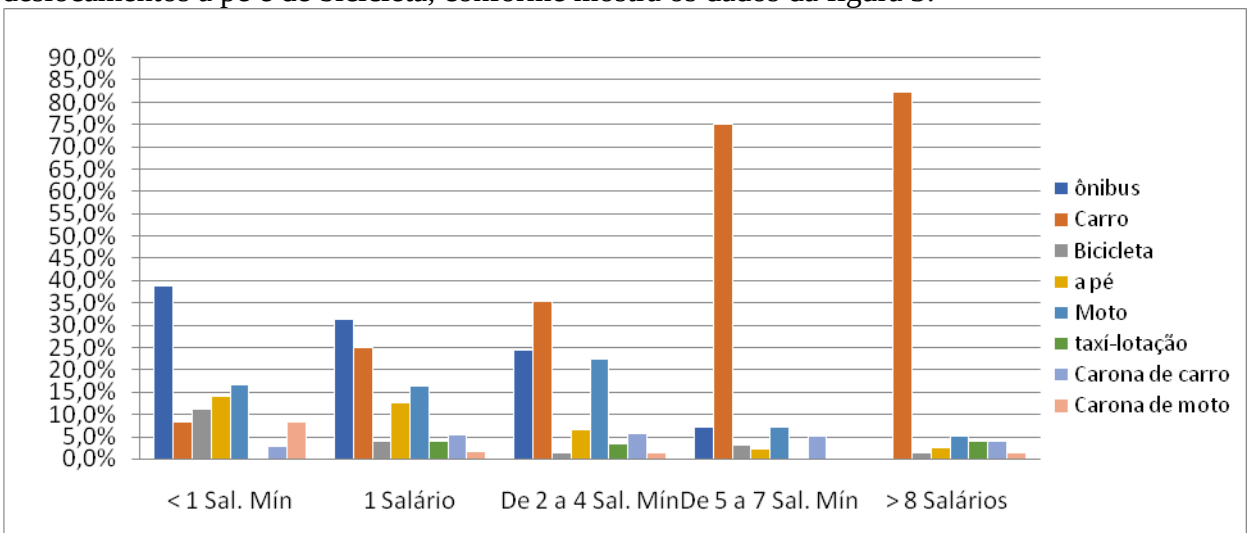



**Figura 3**: Perfil de renda *versus* meio de transporte.

O tempo de deslocamentos dos entrevistados até o campus paricarana-UFRR varia conforme o meio de transporte utilizado e a distância do percurso. Os entrevistados que utilizam transportes como carro, moto e táxi-lotação se deslocam em um espaço de tempo menor, variando entre 10 minutos e no máximo 20 minutos.

Em compensação os entrevistados que utilizam o transporte público coletivo (ônibus) demandam de um tempo maior para se deslocarem até a UFRR, variando entre 20 minutos e podendo chegar até 1 hora, o que evidencia problemas na frequência dos ônibus que fazem a linha/rota até o campus paricarana da UFRR.




**Figura 4**: Tempo de deslocamento *versus* meio de transporte.

Os entrevistados foram questionados com duas possibilidades (ainda hipotéticas) no campus paricarana referentes a ciclovia e a carona compartilhada (*carpool).* A ideia foi abordar esses dois temas (ciclovia e a carona compartilhada) como forma de incentivo a mobilidade urbana sustentável no campus paricarana.

Os resultados demonstraram que para 58,78% dos entrevistados a infraestrura cicloviária não é um fator para que os mesmos utilizem para se deslocarem até o campus paricarana. A carona compartilhada (*carpool*), apresentou cerca de 74,43%, demonstrando que há uma aprovação da ideia de compartilhamento de transporte para o deslocamento até o campus paricarana na UFRR.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Essa pesquisa revelou que:

- Em relação ao meio de transporte mais utilizado pelos entrevistados da UFRR, esta pesquisa mostrou que o carro é o principal meio de transporte, o que corrobora com outros estudos sobre PGV em instituições de ensino superior (IES).

- Em relação ao uso do transporte público coletivo através do ônibus foi observado que há um grande descontentamento por parte dos usuários pela frequência de ônibus e a quantidade de ônibus insuficientes nos horários de pico. Para que haja uma melhoria no serviço por meio do ônibus é importante divulgar a comunidade acadêmica os horários dos ônibus, diminuindo assim o tempo de espera nas paradas de ônibus.

- Em relação à infraestrutura cicloviária, os entrevistados expuseram que as questões referentes à falta de segurança no trânsito (acidentes) e ao clima, são fatores pelos quais os mesmos não utilizariam a bicicleta como meio de transporte para se deslocar até a UFRR, já a questão do clima, as temperaturas elevadas durante a maior parte dos meses do ano é devido o Estado de Roraima estar localizado acima da linha do Equador.

- Por outro lado, conforme a resposta a respeito da carona compartilhada existe uma boa predisposição para que essa ideia seja efetivada na rotina da comunidade acadêmica. De acordo com Tripda (2014) a plataforma online permite a divulgação das caronas ao redor do Brasil. Os aplicativos para celular e grupos através das redes sociais, também são ferramentas utilizadas para a divulgação do trajeto e horário das caronas, melhorando a mobilidade urbana.

Como sugestão para uma pesquisa futura a ser realizada seria um estudo de motivação dos entrevistados para a escolha do modo de transporte (ida/volta da UFRR), como forma de contribuir com ações que venham a estimular a diminuição de viagens realizadas por carros.

**AGRADECIMENTOS**

Agradecemos a colaboração dos alunos do grupo PET do curso de Engenharia Civil da UFRR, na coleta de dados para esta pesquisa e a todos aqueles que gentilmente foram entrevistados.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Diehl, A. A (2004) *Pesquisa em ciências sociais aplicadas: métodos e técnicas*. São Paulo: Editora Prentice Hall.

Ferraz, A.; Clóvis, C.P(1998) *Escritos sobre transporte, trânsito e urbanismo*.1. ed. Ribeirão Preto: São Francisco.

Gil, A.C (2010) *Como elaborar projetos de pesquisa*. 5. ed. São Paulo: Atlas, 184p.

Gomide, A.A. (2003) *Transporte urbano e inclusão social: elementos para políticas públicas*. Brasilia, IPEA. Texto para discursão nº. 960.

Kneib, E.C (2013) *Relatos de uma experiência na Região Metropolitana de Goiânia*. Fórum de Mobilidade Urbana: In Revista dos Transportes Públicos ANTP (Associação Nacional dos Transportes Públicos), Ano 35.

Mattar, F. N (1999) *Pesquisa de marketing*: metodologia, planejamento. 5 ed. São Paulo: Atlas.

Meira, L. H. ; Maia.; M. L. A. ; Andrade, M. O. ; Dourado, A. B. F (2014) *A influência da qualidade do transporte público na rotina acadêmica: o caso da Universidade Federal de Pernambuco*. In: XXVIII Congresso da Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes – ANPET, Curitiba. Panorama Nacional da Pesquisa e do Ensino em Transportes.

Oliveira, M. M (2005) *Como fazer projetos, relatórios, dissertações e teses*. 3.ed. Rio de Janeiro: Elsevier.

Parra, M. C (2006) *Gerenciamento da mobilidade em campi universitários: problemas. Dificuldades e possíveis soluções no caso ilha do fundão – UFRJ*. Dissertação Mestrado em Engenharia de Transportes, 120 p.

Paula, A. F. F. C., Sorratini, J. A. and Silva, T. P. (2014) *Padrão de viagens geradas por instituições de ensino superior privadas da cidade de Uberlândia*. JournalofTransportLiterature, vol. 8, n. 3, pp. 107-138.

Portugal, L. S. e Goldner, L. G. (2003) *Estudo de polos geradores de tráfego e de seus impactos nos sistemas viários e de transportes*. São Paulo: Editora Edgard Blücher.

Richardson, H. W (1978)*Economia urbana*. Tradução: Flávio Wanderley Lara. Rio de Janeiro: Interciência, 194p.

Tripda (2014*). Plataforma online gratuita criada para que indivíduos possam compartilhar caronas ao redor do Brasil.* Disponível em< https://www.tripda.com.br/>. Acessado em 01 de junho de 2017.

Vasconcellos, E.A (2005) *A cidade, o transporte e o trânsito.* São Paulo: Pró Livros.

Vieira, V. A (2002) *As tipologias, variações e características da pesquisa de marketing*. Revistada FAE, v. 5, n. 1, p.61-70, jan./abr.

---

Karine Jussara Sá da Costa Cruz: karine.jussara@ufrr.br
Felipe Alves Amancio: felipeaamancio@hotmail.com
Luis Henrique Oliveira de Sousa: lh.sousa@outlook.com
Francinelly Felix Cavalcante de Andrade:francinelly_ffcda@hotmail.com
Jéssica Souza Cerquinho: jessica_cerquinho@hotmail.com
Andréia Magalhães Oliveira: deia-@hotmail.com

# A MOBILIDADE EM CAMPI UNIVERSITÁRIOS: DESAFIOS E OPORTUNIDADES PARA O CAMPUS PAMPULHA DA UFMG

**Tereza Raquel Barros Campos**
**Júlia Baptistella Machado Dutra**
**Leise Kelli de Oliveira**
**Daniela Antunes Lessa**
Universidade Federal de Minas Gerais

**RESUMO**
A mobilidade é um grande desafio para as cidades, nos *campi* universitários esta realidade não é diferente. Este artigo apresenta uma avaliação dos problemas de mobilidade e propostas de soluções para o Campus Pampulha da UFMG (Belo Horizonte). A partir de dados coletados com os usuários do campus, analisou-se também a aceitabilidade em um sistema de bicicletas compartilhadas. O método dos intervalos sucessivos foi utilizado para priorizar os principais problemas e soluções. Os resultados indicam que os problemas mais relevantes para os entrevistados têm pouca relação com a infraestrutura de mobilidade urbana de Belo Horizonte e, portanto, são passíveis de soluções internas, podendo ser decididas e executadas exclusivamente pela Universidade.

**ABSTRACT**
Mobility is a great challenge for both cities and Universities *Campi*. This paper presents an evaluation of mobility related problems and proposes some solutions for the Campus Pampulha of UFMG (Belo Horizonte). It was also studied how campus' users would accept a bicycle sharing system. The method of successive intervals was used to identify the main problems and solutions on Campus. Results indicate that the most relevant problems for the interviewees have little relation with the urban mobility infrastructure for Belo Horizonte. Therefore, they can be solved by applying measures exclusively decided and executed by the University.

## 1. INTRODUÇÃO

Os municípios brasileiros enfrentam diversos problemas urbanos relacionados ao crescimento das cidades e a implantação de políticas urbanas isoladas, com impactos diretos na circulação de pessoas e mercadorias. As fragilidades das políticas públicas para o uso e ocupação do solo têm como consequência a implantação de empreendimentos urbanos que provocam reflexos na qualidade de vida da população (Domingues, 2008).

Com problemas semelhantes aos de uma cidade, os *campi* universitários são considerados Polos Geradores de Viagens (PGV) (Portugal, 2012; Goldner *et al*., 2012; Stein e Silva, 2014), com o desafio de reduzir a demanda por estacionamento e dependência do uso do veículo privado para redução dos impactos ambientais, a partir da implementação de estratégias para minimizar a dependência do carro e aumentar o uso de modos alternativos de transporte (Shannon *et al.*, 2006). Para tanto, entender os padrões de deslocamentos e motivações da escolha modal da população universitária é fundamental para propor soluções para melhorar a mobilidade no interior, e consequentemente, no entorno dos *campi*.

Considerando esse panorama, este artigo tem por objetivo caracterizar as viagens dos usuários do Campus Pampulha da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) em Belo Horizonte (MG); identificar os principais problemas de mobilidade; e priorizar as possíveis soluções sob a perspectiva do usuário. Importante ressaltar que este trabalho é continuidade da avaliação da mobilidade no Campus Pampulha da UFMG, inicialmente abordado por Lessa e Oliveira (2016). Este artigo evolui, apresentando a priorização de problemas e soluções para subsidiar o planejamento do transporte do Campus Pampulha.

## 2. A MOBILIDADE E CAMPI UNIVERSITÁRIOS

Os PGVs apresentam características específicas tanto em relação ao seu porte e ramo de atividade, que interferem na dimensão de sua área de influência e padrão de viagens, bem como no nível dos diversos impactos provocados pelos mesmos (Domingues, 2008). O padrão de viagens de um PGV, segundo Silveira (1991), corresponde às principais características qualitativas de uma viagem, como o dia da semana; o período do dia de maior número de viagens; e a distribuição das viagens por categoria de usuário, modo de transporte, origem, destino e motivos. Caipa e Portugal (2007) consideram que nos PGVs tem-se uma maior aplicabilidade dos princípios de gerenciamento da mobilidade, destacando a necessidade da obtenção de informações, visando a identificação de estratégias para o sucesso do gerenciamento.

Dessa forma, as pesquisas de mobilidade que têm como objeto de estudo *campi* universitários são cada vez mais importantes para compreender os hábitos dos usuários, os problemas relacionados, e como estes afetam o entorno imediato. Mesmo apresentando características particulares, os *campi* universitários estão inseridos no contexto socioeconômico e geográfico de uma cidade. As viagens com origem e destino em *campi* universitários, assim como viagens urbanas em geral, são influenciadas por fatores externos às suas fronteiras, como renda, tempo de viagem e conforto. Carvalho e Pereira (2012) afirmam que, no Brasil, a renda ainda é um fator determinante para a escolha do modo de transporte, uma vez que o transporte público não é a principal opção para os deslocamentos rotineiros.

Uma das principais questões que qualquer universidade deve considerar para a implantação de uma mobilidade sustentável é a forma como as viagens dentro e fora dos campi acontecem. A tendência de motorização em *campi* universitários reflete a realidade nas cidades onde estão inseridos. Sendo assim, o deslocamento diário por automóveis, com origem e destino aos campis, é um dos maiores impactos que uma instituição educacional pode impor ao meio ambiente (Balsas, 2002; Toor, 2003). Nesse sentido, o transporte é um problema que deve ser abordado sob a ótica da sustentabilidade pelos municípios brasileiros, com a universidade fornecendo o campo de testes para potenciais estratégias e soluções.

Este artigo discute a mobilidade em um campus universitário, sob a perspectiva da literatura nacional, para identificar os principais fatores que influenciam o padrão de deslocamento nas universidades brasileiras. A descrição apresentada a seguir indica que os estudos focam medidas de gerenciamento da mobilidade para o desestimulo do uso do automóvel. O transporte cicloviário tem destaque como solução sustentável em *campi* universitários. Ainda, a acessibilidade e a mobilidade são questões chaves para a eficácia de medidas de desestímulo ao uso do automóvel.

Figueiredo e Moreno (2004) avaliam a aplicação de medidas de gerenciamento de mobilidade na UFBA. Santos e Freitas (2005) exploram a aplicação de medidas gerenciamento de mobilidade para minimizar os impactos causados por instituições de ensino superior (IESs), citando exemplos internacionais que poderiam ser aplicados na realidade brasileira. Kuwahara *et al*. (2008) analisam o potencial da integração de estratégias de gerenciamento da mobilidade no Campus da UFAM. Ferreira e Balassiano (2012) apresentam uma revisão das experiências de gerenciamento de mobilidade em *campi* universitários e concluem existir especificidades em cada um. Os autores consideram importantes as particularidades como localização, característica dos deslocamentos e infraestrutura existente para a gestão da

mobilidade em IES. Goldner *et al*. (2012) analisam os problemas existentes e propõem medidas para mitigar problemas, como o investimento no transporte cicloviário, uso compartilhado do automóvel, melhoria do transporte público, construção de passagens cobertas entre os edifícios, investimento em edifício-garagem e transformação dos atuais estacionamentos em áreas de convivência. Complementarmente, Goldner *et al*. (2014) apresentam os resultados de pesquisa origem/destino com os usuários da UFSC, a partir de um diagnóstico das viagens inter/intra campus. Stein *et al.* (2012) investigam o impacto da implantação de uma proposta de acesso exclusivo para pedestre na USP-São Carlos.

Sanches (2013) identifica os padrões de viagens e o potencial de mudança nas decisões de deslocamento dos frequentadores do Campus da UFSCar. Os resultados indicam que melhorias no transporte público e implantação de ciclovia são aspectos essenciais em um plano de mobilidade para a UFSCar. Ferreira e Sanches (2013) avaliam o potencial e as restrições para implantação de um plano cicloviário no mesmo Campus, e os resultados indicaram que a existência de ciclovia e bicicletários, seguros e bem localizados, estimula o uso da bicicleta como modo de transporte. Guerreiro *et al.* (2013) avaliam o impacto da infraestrutura cicloviária sobre diferentes grupos de usuários na USP-São Carlos, cujos resultados beneficiam principalmente as viagens realizadas a pé, distantes até 400 m do campus. Tobias *et al*. (2013) assinalam as condições de calçadas, falta de iluminação, segurança e oferta de transporte interno como sendo os principais problemas de mobilidade no Campus Guamá, da UFPA.

Neris *et al.* (2014) investigam o nível de acessibilidade do Campus politécnico da UFPR e os resultados indicaram que uma entrada junto à estação do BRT facilitaria a acessibilidade dos usuários utilizando o transporte público. Pereira e Pereira (2014) analisam a mobilidade e os espaços de convivência do Campus Palmas da UFT, identificando os problemas de acessibilidade ao Campus e a inexistência de infraestrutura para modos não motorizados. Silveira (2014) analisa as condições de circulação e aponta as barreiras físicas para pessoas com mobilidade reduzida no Campus da Universidade de Santa Cruz do Sul. Cevada (2014) explora o potencial da bicicleta como modo de transporte não motorizado no Campus I da UFPB. Albino e Portugal (2015) observaram que a distância ciclável, o comprimento da viagem, a estrutura e a segurança das ciclovias, a topografia e o clima são os fatores que podem contribuir para potencializar a bicicleta como modo de viagem às universidades.

Goretti *et al.* (2015) verificam as condições de operação e compararam com os indicadores de qualidade do transporte público ofertado na UFJF. Sant'Anna *et al.* (2015) avaliam as condições de mobilidade e acessibilidade em IFES na Região da Baixada Fluminense. Alcântara *et al.* (2015) investigam as relações de centralidades e os modos de transporte urbano. Como estratégias para o Campus Samambaia da UFG, sugeriram o planejamento da rede urbana, , valorização do transporte público, priorização do ciclista e do pedestre e racionalização do uso do automóvel. Ortega *et al.* (2016) apresentam os hábitos de mobilidade dos usuários do Campus de Bauru da UNESP. Os resultados destacam a ausência do uso da bicicleta pela insuficiente infraestrutura; disposição de fornecer ou usufruir de carona; além da vontade de mudança dos hábitos de deslocamento atuais.

Dentro do contexto do Campus Pampulha UFMG, Schiavon e Barbosa (2012) avaliam a mobilidade cicloviária e medidas de moderação de tráfego. Os resultados indicaram que as medidas analisadas têm impacto positivo na mobilidade do Campus. Gazolla (2013) identifica

48 variáveis para inserção no Plano Diretor de Transportes do Campus UFMG, com destaque para arborização das vias, barreira natural nas edificações, controle e gestão dos estacionamentos, tarifa de transporte, demanda por transporte público, distâncias de caminhamento e tipo de pavimento e de travessia. Dias *et al*. (2014) propõem melhorias nas rotas para o ônibus interno. Por fim, Lessa e Oliveira (2016) caracterizam as viagens dos usuários do Campus Pampulha, em um estágio preliminar deste estudo.

Ao contrário do afirmado por Ferreira e Balassiano (2012), esta revisão bibliográfica indica que as questões de mobilidade nos *campi* universitários apresentam similaridades, com problemas passíveis de serem resolvidos por ações internas. Nos estudos analisados, as soluções de mobilidade não motorizada se mostraram recorrentes e com boa aceitabilidade nas cidades universitárias. Contudo, a inserção dos *campi* nos planos de mobilidade dos municípios e a integração das soluções não motorizadas aos outros meios de transportes usuais são fundamentais para a melhoria da mobilidade dos *campi* e entornos.

## 3. METODOLOGIA

O artigo utilizou como premissa dados de uma pesquisa origem-destino tendo como público alvo, os frequentadores do Campus Pampulha da UFMG. O questionário foi desenvolvido e aplicado pelos alunos de graduação do curso de Engenharia Civil da UFMG. Contendo 23 questões, ele foi dividido em sete seções:

- Respondentes: sexo, vínculo com a UFMG, idade, renda familiar e unidade mais frequentada;
- Viagem: horário de chegada e de saída, portaria de entrada e de saída, bairros de origem e de destino, tempo de viagem e frequência de viagens com destino campos;
- Modo de transporte: modo de transporte mais utilizados, local de estacionamento do veículo particular (se usuário), motivo do uso do modo de transporte e deslocamento entre as unidades do Campus;
- Ônibus interno: utilização do ônibus interno e avaliação da sua frequência;
- Avaliação dos problemas de mobilidade do Campus;
- Avaliação de soluções de mobilidade no Campus;
- Bicicletas: aceitação de um sistema de bicicletas compartilhada e pagamento desse sistema.

As questões referentes ao perfil dos respondentes, viagem, modo de transporte, ônibus interno e bicicleta foram analisados através de estatística descritiva. Para avaliação dos problemas e soluções de mobilidade no Campus, foi utilizada Escala Likert. Tais dados foram analisados estatisticamente e pelo Método dos Intervalos Sucessivos (MIS).

O MIS foi desenvolvido por Guilford e baseia-se em escalas psicométricas para a estimativa da opinião dos indivíduos (Escala Likert) (Providelo e Sanches, 2011). O método considera que o atributo relacionado à escolha dos indivíduos segue uma distribuição de probabilidade normal. Os valores das categorias podem ser estimados a partir das frequências com que as respostas em uma escala comparativa ocorrem, ou seja, as categorias observadas correspondem aos diferentes segmentos sob uma curva normal padrão. Assim, a aplicação do MIS permite demonstrar que a distância entre as categorias possui diferenças, sendo possível verificar a falta de exatidão na atribuição de valores para as categorias(1 a 5). É importante ressaltar que foi realizada uma normalização de forma a gerar uma escala com variação de 0 a 1, para cada atributo. Essa escala se baseia na frequência relativa de cada opinião respondida,

na distribuição normal de cada atributo e na relação entre os atributos. A partir da classificação dos resultados obtidos com essa escala, obtém-se a ordem de importância dos atributos analisados, sob a perspectiva dos respondentes. Cordeiro (2017) detalha o procedimento metodológico aplicado neste estudo, baseado em Providelo e Sanches (2011). Ademais, a correlação de Spearman foi calculada com o objetivo de verificar se os atributos estão associados e o grau de associação, a partir da resposta dos entrevistados.

## 4. RESULTADOS

A pesquisa foi realizada no mês abril de 2017, a partir do formulário *on-line* e da pesquisa de campo realizada no Campus Pampulha. A população universitária é composta por 56.066 pessoas, sendo 87% alunos, 5% professor e 8% técnicos e administrativos. A pesquisa for respondida por 1.266 pessoas, tendo nível de confiança de 95% e um erro amostral de 5%. Importante ressaltar que o maior percentual de respondentes foi de alunos (93%). O perfil dos respondentes está apresentado na Tabela 1, com destaque para respondentes do sexo feminino (60%), com idade entre 21 e 25 anos (48%), renda de 2 a 5 salários mínimos (39%), aluno de graduação (86%) e usuários do transporte público (44%). Na relação entre renda e medo de transporte, observa-se que o transporte individual é mais utilizado pelos respondentes com renda maior que cinco salários mínimos. Todas as unidades acadêmicas do Campus tiveram um mínimo de 50 respondentes, permitindo inferir que a amostra obtida reflete a população de alunos do Campus Pampulha.

**Tabela 1:** Perfil dos respondentes.

| Perfil | | Modo de Transporte | | | | | % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Ônibus Interno | Transporte Fretado | Individual | Não-motorizado | Transporte Público | |
| Sexo | Feminino | 8 | 22 | 274 | 77 | 361 | 60% |
| | Masculino | 5 | 12 | 206 | 78 | 177 | 39% |
| | Não informado | 0 | 0 | 1 | 0 | 7 | 1% |
| Idade | Até 17 anos | 0 | 2 | 1 | 2 | 9 | 1% |
| | 18 a 20 anos | 5 | 22 | 103 | 51 | 184 | 30% |
| | 21 a 25 anos | 7 | 7 | 257 | 77 | 237 | 48% |
| | 26 a 30 anos | 0 | 2 | 64 | 15 | 55 | 11% |
| | 31 a 40 anos | 1 | 1 | 31 | 7 | 33 | 6% |
| | 41 a 60 anos | 0 | 0 | 24 | 3 | 25 | 4% |
| | < 60 anos | 0 | 0 | 1 | 0 | 2 | 0% |
| Renda | Até 1 SM | 3 | 1 | 6 | 18 | 45 | 6% |
| | 2 a 5 SM | 6 | 16 | 113 | 79 | 267 | 39% |
| | 5 a 10 SM | 2 | 5 | 177 | 31 | 135 | 29% |
| | < 10 SM | 0 | 4 | 128 | 14 | 43 | 15% |
| | Não informado | 2 | 8 | 57 | 13 | 55 | 11% |
| Vínculo | Professor | 0 | 0 | 11 | 0 | 2 | 1% |
| | Funcionário | 0 | 0 | 18 | 1 | 33 | 4% |
| | Aluno de Pós-Graduação | 0 | 0 | 39 | 16 | 29 | 7% |
| | Aluno de graduação | 13 | 33 | 405 | 137 | 468 | 86% |
| | Outros | 0 | 1 | 8 | 1 | 13 | 2% |
| | **Percentual** | 1% | 3% | 39% | 13% | 44% | 100% |

Na Tabela 2 é apresentado o tempo de viagem dos respondentes. Na chegada ao Campus, o tempo médio de viagem para 38% dos respondentes é de 15 a 30 minutos, com predominância do transporte individual, não motorizado e interno. Similar tempo de viagem têm os usuários ao deixar o Campus. O tempo médio de chegada é de 39 minutos ($\sigma$ = 25 min; moda = 30

min; mediana = 30 min) e tempo médio viagem na saída é de 44 minutos (σ = 28 min; moda = 30 min; mediana = 40 min).

Esses resultados indicam consistência nos tempos médios, com destaque para os usuários do transporte público, com tempos superiores a 45 minutos. Os deslocamentos por modos não motorizados são condizentes com as origens dos respondentes, no entorno do Campus. Contudo, devido às grandes dimensões do Campus, o tempo de viagem é elevado (o tempo médio de viagem a pé, da portaria principal até a praça de serviço é de 10 minutos, por exemplo). A Figura 1 apresenta as linhas de desejo dos respondentes em relação a Belo Horizonte (esquerda) e Região Metropolitana (direita). Além de Belo Horizonte, Nova Lima, Betim, Contagem e Santa Luiza são as principais cidades da Região Metropolitana com atração de usuários, reforçando os dados obtidos na Tabela 2.

**Tabela 2:** Tempo médio de viagem, por modo de transporte.

| Direção | Tempo de viagem, em minutos | Modo de transporte | | | | | % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Ônibus Interno | Transporte Fretado | Transporte Individual | Transporte Não-motorizado | Transporte Público | |
| Chegada ao Campus | < 15 | 2 | 1 | 90 | 65 | 38 | 16% |
| | 15 a 30 | 10 | 3 | 253 | 73 | 124 | 38% |
| | 31 a 45 | 1 | 15 | 82 | 14 | 127 | 19% |
| | 46 a 60 | 0 | 7 | 45 | 2 | 148 | 16% |
| | > 60 | 0 | 8 | 11 | 1 | 108 | 10% |
| Saída do Campus | < 15 | 2 | 0 | 81 | 63 | 22 | 14% |
| | 15 a 30 | 10 | 8 | 217 | 72 | 102 | 33% |
| | 31 a 45 | 1 | 8 | 86 | 13 | 106 | 17% |
| | 46 a 60 | 0 | 7 | 67 | 6 | 162 | 20% |
| | > 60 | 0 | 11 | 29 | 1 | 148 | 15% |
| | **Percentual** | 1% | 3% | 39% | 13% | 44% | 100,00% |

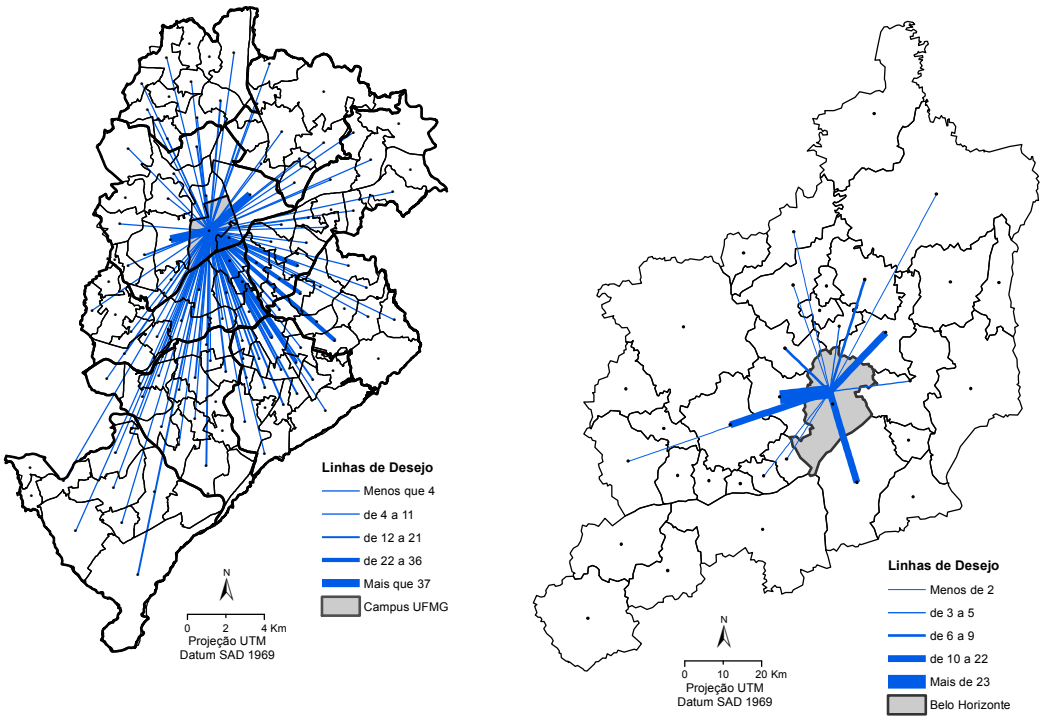



**Figura 1:** Linhas de desejo em relação a origem dos respondentes.

A Figura 2 apresenta a motivação do respondente na utilização do modo de transporte. Para os usuários do transporte interno, tempo (57%) e proximidade (50%) são os principais motivos para optarem por esse modo de transporte. Segurança foi citado por 80% dos usuários do transporte fretados, seguido por tempo (54%) e conforto (51%). Tempo (83%) e conforto (72%) são principais motivos para os usuários do transporte individual. A escolha do transporte não-motorizado tem como principal motivação a proximidade do campus (77%) e custo (54%). Custo é a principal motivação para 74% dos usuários do transporte público. O resultado da pesquisa converge com os resultados de Carvalho e Pereira (2012), uma vez que os usuários do transporte público, em sua maioria, apresentam renda de até 5 salários mínimos e motivação financeira para a escolha desse modo. Ainda, os usuários do transporte fretado e individual (transporte motorizado) têm como motivações tempo e conforto. Uma melhora no tempo de viagem e conforto no transporte público ou opções de rotas cicloviárias eficientes podem atrair esse público para modos mais sustentáveis de deslocamento.

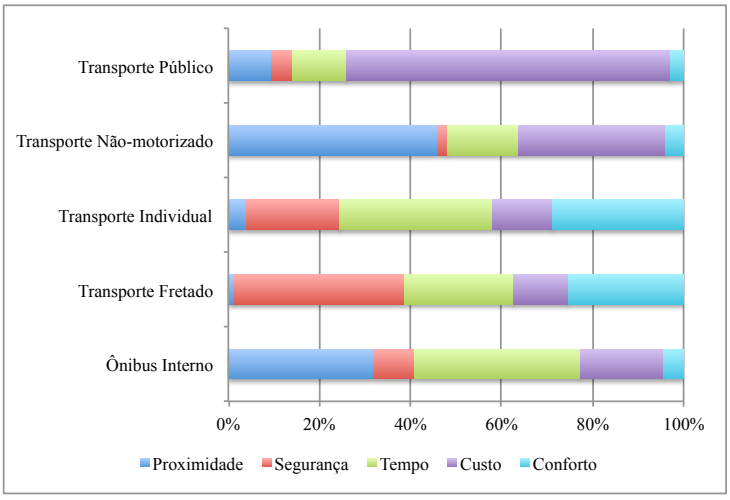



**Figura 2:** Motivação para o uso do modo de transporte

**Tabela 3:** Aceitabilidade do sistema de bicicletas compartilhadas, por modo de transporte.

| | | Modo de Transporte | | | | | % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Ônibus Interno | Fretado | Individual | Não-motorizado | Transporte Público | |
| Você usaria sistema compartilhado de bicicletas no campus Pampulha? | Sim | 11 | 23 | 218 | 103 | 326 | 54% |
| | Não | 1 | 4 | 133 | 18 | 92 | 20% |
| | Não sei | 2 | 8 | 145 | 37 | 144 | 27% |
| Qual valor mensal você aceitaria pagar? | R$ 0 | 1 | 2 | 40 | 20 | 61 | 10% |
| | Gratuito e pagamento após 30 min | 6 | 11 | 143 | 57 | 196 | 33% |
| | < R$10 | 5 | 7 | 89 | 34 | 114 | 20% |
| | R$11 - R$ 20 | 1 | 10 | 69 | 26 | 78 | 15% |
| | R$21 - R$ 30 | 0 | 1 | 22 | 3 | 21 | 4% |
| | Não usaria | 1 | 4 | 133 | 18 | 92 | 20% |

A aceitação de um sistema compartilhado de bicicletas é apresentada Tabela 3, indicando um elevado potencial para o uso do sistema e modo de transporte. A disponibilização de um sistema gratuito por 30 minutos obteve o maior percentual de respondentes (33%). Esses resultados reforçam que a disponibilização de um sistema de bicicletas compartilhadas tem

potencial de mudar os hábitos de deslocamentos dos usuários do Campus Pampulha.

A Tabela 4 apresenta a estatística das respostas aos problemas relacionados à mobilidade urbana e a priorização pelo método dos intervalos sucessivos. A moda permite identificar que a maioria dos respondentes não souberam opinar sobre os atributos "quantidade de linhas do ônibus interno", "lotação do ônibus interno", "deslocamento até o Campus utilizando bicicleta" e "frequência do ônibus interno no final de semana". Esse fato relaciona-se à não utilização do ônibus interno e/ou da bicicleta. Ademais, exceto para os atributos sinalização de orientação, infraestrutura da calçada e viária do Campus e segurança viária, os valores da moda e mediana, inferiores a 3, indicam que os respondentes avaliam como péssimo ou ruim os atributos relacionados aos problemas de mobilidade. A coluna MIS prioriza os atributos e mostra que "sinalização de orientação", "infraestrutura de calçada" e a "infraestrutura viária interna no Campus" foram os melhores classificados. Mesmo sendo pouco criticados, tais problemas são passíveis de soluções no âmbito interno, não necessitando de intervenções municipais. A "infraestrutura cicloviária", "frequência do ônibus interno", "infraestrutura para pessoas com mobilidade reduzida" e "deslocamento até o Campus utilizando bicicleta" são os piores problemas do Campus, de acordo com o método dos intervalos sucessivos. A infraestrutura cicloviária e para pessoas com mobilidade reduzida é praticamente inexistente no Campus. Poucos são os paraciclos e a situação das calçadas (apesar de bem avaliada) é um desafio para aqueles que têm mobilidade reduzida. O grande desafio para o deslocamento até o Campus utilizando bicicleta é transpor as grandes avenidas adjacentes sem infraestrutura para o ciclista. Por fim, em relação à frequência do ônibus interno, Dias *et al.* (2014) sugerem novas rotas para melhoria da sua frequência, incluindo os finais de semana.

**Tabela 4:** Estatísticas das respostas aos problemas relacionados à mobilidade e classificação pelo Método dos Intervalos Sucessivos (MIS).

| # | Atributo Problema | Média | σ | Moda | Mediana | 1° Quartil | 3° Quartil | MIS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Sinalização de orientação | 3,02 | 1,32 | 4 | 3 | 2 | 4 | 1,00 |
| 2 | Infraestrutura de calçada | 2,98 | 1,23 | 4 | 3 | 2 | 4 | 0,95 |
| 3 | Infraestrutura viária do Campus | 2,98 | 1,45 | 4 | 3 | 2 | 4 | 0,94 |
| 4 | Segurança Viária | 2,96 | 1,47 | 4 | 3 | 2 | 4 | 0,93 |
| 5 | Quantidade de linhas do ônibus interno | 2,92 | 1,61 | 0 | 2 | 0 | 4 | 0,89 |
| 6 | Infraestrutura dos pontos de ônibus | 2,89 | 1,26 | 2 | 3 | 2 | 4 | 0,86 |
| 7 | Linhas de ônibus municipais | 2,76 | 1,50 | 2 | 2 | 1 | 3 | 0,77 |
| 8 | Lotação do ônibus interno | 2,75 | 1,53 | 0 | 2 | 0 | 3 | 0,74 |
| 9 | Estacionamento de veículos | 2,68 | 1,46 | 2 | 2 | 1 | 3 | 0,73 |
| 10 | Segurança (Assalto) | 2,60 | 1,32 | 2 | 2 | 2 | 3 | 0,69 |
| 11 | Iluminação no campus | 2,45 | 1,13 | 2 | 2 | 2 | 3 | 0,52 |
| 12 | Tempo de espera do ônibus interno | 2,41 | 1,44 | 0 | 2 | 0 | 3 | 0,52 |
| 13 | Deslocamento até o campus utilizando a bicicleta | 2,21 | 1,34 | 0 | 1 | 0 | 2 | 0,32 |
| 14 | Infraestrutura para pessoas com mobilidade reduzida | 2,04 | 1,21 | 2 | 2 | 1 | 2 | 0,21 |
| 15 | Frequência do ônibus interno no fim de semana | 2,07 | 1,25 | 0 | 1 | 0 | 2 | 0,14 |
| 16 | Infraestrutura Cicloviária | 1,96 | 1,14 | 2 | 1 | 0 | 2 | 0,00 |

A correlação de Spearman foi calculada com o objetivo de identificar correlação entre os atributos, baseado na resposta dos entrevistados. Os resultados apresentados na Tabela 5 indicam que a lotação do ônibus (8) e o tempo de espera do ônibus (12) estão relacionados com o número de linhas do ônibus interno (5). Ainda, o tempo de espera pelo ônibus (12) está correlacionado com a lotação do ônibus (8). Não menos importante, a percepção dos que avaliam a infraestrutura cicloviária é a mesma em relação ao deslocamento até o Campus

utilizando a bicicleta.

**Tabela 5:** Correlação entre os atributos (nível de significância de 0,01).

| # | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 2 | 0,2 | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 3 | 0,2 | 0,17 | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | | - |
| 4 | 0,31 | 0,09 | 0,43 | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 5 | 0,07 | 0 | 0,17 | 0,13 | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 6 | 0,19 | 0,28 | 0,2 | 0,13 | 0,23 | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 7 | 0,13 | 0,074 | 0,28 | 0,17 | 0,24 | 0,23 | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 8 | 0,04 | 0,01 | 0,13 | 0,13 | 0,68 | 0,22 | 0,26 | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 9 | 0,15 | 0,06 | 0,22 | 0,19 | 0,04 | 0,05 | 0,1 | 0,04 | 1 | - | - | - | - | - | - | - |
| 10 | 0,25 | 0,12 | 0,19 | 0,41 | 0,12 | 0,16 | 0,14 | 0,09 | 0,08 | 1 | - | - | - | - | - | - |
| 11 | 0,19 | 0,19 | 0,18 | 0,2 | 0,09 | 0,23 | 0,13 | 0,06 | 0,03 | 0,31 | 1 | - | - | - | - | - |
| 12 | 0,16 | 0,02 | 0,12 | 0,09 | 0,68 | 0,23 | 0,22 | 0,61 | -0,02 | 0,11 | 0,13 | 1 | - | - | - | - |
| 13 | 0,04 | -0,04 | 0,18 | 0,1 | 0,25 | 0,02 | 0,19 | 0,26 | 0,28 | 0,01 | -0,01 | 0,25 | 1 | - | - | - |
| 14 | 0,13 | 0,11 | 0,22 | 0,17 | 0,22 | 0,21 | 0,21 | 0,24 | 0,16 | 0,15 | 0,16 | 0,25 | 0,26 | 1 | - | - |
| 15 | 0,02 | -0,01 | 0,14 | 0,09 | 0,44 | 0,08 | 0,23 | 0,45 | 0,09 | 0,04 | 0,02 | 0,45 | 0,46 | 0,23 | 1 | - |
| 16 | 0,1 | 0,03 | 0,21 | 0,2 | 0,25 | 0,09 | 0,21 | 0,23 | 0,24 | 0,11 | 0,1 | 0,2 | 0,47 | 0,35 | 0,36 | 1 |

A Tabela 6 apresenta as soluções investigadas neste estudo e priorizadas pelos respondentes. As melhores soluções são aquelas que os respondentes acreditam que trariam benefícios para a mobilidade do Campus.

**Tabela 6:** Estatísticas das respostas das soluções de mobilidade para o Campus Pampulha e classificação pelo método dos intervalos sucessivos (MIS).

| SOLUÇÕES | Média | σ | Moda | Mediana | 1° Quartil | 3° Quartil | MIS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Melhorar a iluminação no Campus | 4,41 | 0,79 | 5 | 5 | 4 | 5 | 1,00 |
| Melhorar a infraestrutura das calçadas | 4,27 | 0,84 | 5 | 4 | 4 | 5 | 0,93 |
| Melhorar a infraestrutura do transporte para bicicleta | 4,16 | 0,83 | 5 | 4 | 4 | 5 | 0,90 |
| Aumentar a frequência do ônibus interno | 4,13 | 0,85 | 4 | 4 | 4 | 5 | 0,88 |
| Criação de ciclovias/ciclofaixas | 4,17 | 0,87 | 5 | 4 | 4 | 5 | 0,87 |
| Aumentar o número de bicicletários | 4,06 | 0,83 | 4 | 4 | 3 | 5 | 0,87 |
| Ajustar a frequência do ônibus interno com o início e término das aulas | 4,13 | 0,86 | 4 | 4 | 4 | 5 | 0,86 |
| Melhorar a infraestrutura das vias internas | 4,10 | 0,89 | 4 | 4 | 4 | 5 | 0,84 |
| Melhorar a sinalização do Campus | 4,02 | 0,91 | 4 | 4 | 3 | 5 | 0,80 |
| Integração bicicleta MOVE em todos os horários | 3,93 | 0,93 | 4 | 4 | 3 | 5 | 0,76 |
| Utilizaria transporte público de ele fosse mais eficaz | 4,02 | 1,03 | 5 | 4 | 3 | 5 | 0,75 |
| Penalidade para o descumprimento da legislação de trânsito (multa e remoção do veículo)] | 3,88 | 1,13 | 5 | 4 | 3 | 5 | 0,65 |
| Criação de uma linha circular interna no Campus | 3,78 | 1,04 | 4 | 4 | 3 | 5 | 0,64 |
| Aumentar as vagas de estacionamento | 3,68 | 1,19 | 5 | 4 | 3 | 5 | 0,56 |
| Escalonamento para o começo das aulas | 3,50 | 1,06 | 3 | 3 | 3 | 4 | 0,51 |
| Sistema compartilhado de bicicleta | 3,32 | 1,37 | 4 | 4 | 2 | 4 | 0,38 |
| Rodízio de carro no Campus | 3,18 | 1,41 | 5 | 3 | 2 | 4 | 0,34 |
| Uso de Rotativo (Faixa Azul) no Campus | 2,36 | 1,29 | 1 | 2 | 1 | 3 | 0,00 |

As soluções com maior aceitabilidade são “melhorar a iluminação no Campus”, “melhorar a infraestrutura das calçadas” e “melhorar a infraestrutura do transporte para bicicleta”. Novamente, a UFMG tem autonomia para executar as melhorias priorizadas pelos respondentes. Reparos e melhorias nas calçadas e no sistema de iluminação dentro do Campus

não dependem de ações externas para serem executados. Ainda, soluções para "aumentar as vagas de estacionamento", "transporte público mais eficaz" e "criação de ciclovias/ciclofaixas" requerem intervenções do poder público municipal. Contudo, tais resultados indicam que uma melhoria significativa no transporte público e na infraestrutura para o transporte motorizado tem potencial de alterar a forma de deslocamento e dependência do automóvel.

A Tabela 7 apresenta a correlação de Spearman para as soluções apresentadas na Tabela 6. Os resultados permitem identificar que o atributo 2 (melhoria da infraestrutura de calçadas) tem correlação moderada com o atributo 8 (melhoria da infraestrutura das vias do Campus). Ainda, o atributo 3 (melhorar a infraestrutura para o transporte por bicicleta) possui correlação com a criação de ciclovias/ciclofaixas (5), aumento do número de bicicletários (6), melhoria da infraestrutura das vias internas ao Campus da UFMG (8), sinalização do Campus (9) e integração da bicicleta ao MOVE em todos os horários (10). Com o maior valor de correlação, o atributo 5 (criação de ciclovias) encontra-se correlacionada com o atributo 6 (aumento do número de bicicletários). Vale destacar que o atributo 14 (aumento das vagas de estacionamento) tem correlação negativa com os atributos 16 (sistema compartilhado de bicicleta), 17 (rodízio de veículos) e 18 (implantação de estacionamento rotativo).

**Tabela 7:** Correlação entre os atributos relacionadas às soluções de mobilidade (nível de significância de 0,01).

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 0,55 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 0,43 | 0,55 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 0,32 | 0,28 | 0,03 | 1 | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 0,3 | 0,34 | 0,65 | 0,3 | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | 0,28 | 0,32 | 0,61 | 0,3 | 0,69 | 1 | | | | | | | | | | | | |
| 7 | 0,27 | 0,22 | 0,26 | 0,58 | 0,26 | 0,3 | 1 | | | | | | | | | | | |
| 8 | 0,47 | 0,64 | 0,55 | 0,31 | 0,32 | 0,32 | 0,22 | 1 | | | | | | | | | | |
| 9 | 0,43 | 0,49 | 0,49 | 0,3 | 0,34 | 0,33 | 0,21 | 0,59 | 1 | | | | | | | | | |
| 10 | 0,32 | 0,32 | 0,54 | 0,27 | 0,47 | 0,47 | 0,27 | 0,32 | 0,35 | 1 | | | | | | | | |
| 11 | 0,25 | 0,2 | 0,31 | 0,21 | 0,27 | 0,25 | 0,16 | 0,23 | 0,24 | 0,25 | 1 | | | | | | | |
| 12 | 0,25 | 0,31 | 0,29 | 0,18 | 0,24 | 0,21 | 0,15 | 0,3 | 0,33 | 0,21 | 0,18 | 1 | | | | | | |
| 13 | 0,23 | 0,24 | 0,31 | 0,42 | 0,32 | 0,31 | 0,3 | 0,29 | 0,3 | 0,36 | 0,15 | 0,22 | 1 | | | | | |
| 14 | 0,08 | 0,09 | 0,04 | 0,21 | 0,04 | 0,13 | 0,13 | 0,25 | 0,17 | 0,08 | 0 | 0,07 | 0,21 | 1 | | | | |
| 15 | 0,19 | 0,16 | 0,18 | 0,18 | 0,19 | 0,17 | 0,21 | 0,22 | 0,23 | 0,27 | 0,09 | 0,17 | 0,32 | 0,31 | 1 | | | |
| 16 | 0,11 | 0,13 | 0,24 | 0,07 | 0,25 | 0,21 | 0,11 | 0,07 | 0,15 | 0,2 | 0,22 | 0,29 | 0,11 | (0,08) | 0,06 | 1 | | |
| 17 | 0,13 | 0,15 | 0,19 | 0,04 | 0,17 | 0,16 | 0,07 | 0,11 | 0,15 | 0,17 | 0,07 | 0,12 | 0,12 | (0,09) | 0,14 | (0,14) | 1 | |
| 18 | 0,02 | 0,07 | 0,06 | 0 | 0,06 | 0,21 | (0,02) | 0 | 0,08 | 0,06 | 0,03 | 0,1 | 0,1 | (0,17) | 0,04 | 0,05 | 0,46 | 1 |

Tais resultados indicam que, do ponto de vista dos respondentes, as soluções estão atreladas, não bastando apenas investir em soluções isoladas. Tanto problemas quanto soluções apresentam consistência nas respostas dos entrevistados, indicando que tais resultados podem subsidiar melhorias na administração da mobilidade do Campus.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo teve por objetivo relatar principais problemas de mobilidade e priorizar as soluções sob a perspectiva do usuário, em continuidade ao estudo de Lessa e Oliveira (2016). Os resultados deste artigo indicam que os principais problemas de mobilidade no Campus Pampulha são passíveis de soluções internas, que independem de ações municipais.

Os resultados indicam que o investimento em infraestrutura para o transporte não motorizado pode propiciar uma melhoria na mobilidade interna e refletir na melhoria da mobilidade do entorno. A tendência para aceitação da bicicleta como modo de transporte é um bom indicativo de que a mobilidade urbana sustentável tem oportunidades no ambiente

universitário e que deve ser considerada, tanto do ponto de vista da cidade, quanto do ponto de vista do Campus.

Mais do que apontar problemas e definir soluções, para o gerenciamento de medidas que visem a melhoria da qualidade dos deslocamentos no Campus, é necessário o desenvolvimento de Planos de Gerenciamento da Mobilidade que considerem especificidades locais. Sendo a Universidade um ambiente democrático, é preciso garantir o acesso pleno de toda a sociedade, de modo que isso não interfira negativamente no desempenho de suas funções, e assim, servir de modelo a outros espaços.

**Agradecimentos**
As autoras agradecem aos alunos da turma C, do primeiro semestre de 2017 da disciplina de Planejamento Regional e Urbano de Transportes, da UFMG que possibilitaram a obtenção dos dados utilizados neste estudo.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Albino, V. H. G. e Portugal, L. S. (2015) Fatores de influência no uso da bicicleta em viagens a universidades. *Anais do XIII Rio Transportes.* Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil, 10-20 agosto 2015.

Alcântara, M. N. P. A., Gonzaga, A. S. S. e Kneib, E. C. (2015) Deslocamentos e Mobilidade Urbana no Campus Campus Samambaia Goiânia – GO. *Revista UFG*, v. 15, n. 17, p. 27-47.

Balsas, C. (2002). Sustainable Transportation Planning on College Campuses. *Transport Policy*, 10, 45-49.

Caipa, M. P., Portugal, L. S. (2007). Estratégias de Gerenciamento da Mobilidade para um Campus Universitário: caso UFRJ. *Anais do XXI Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes – ANPET*. Rio de Janeiro, Brasil.

Carvalho, C. H. R., Pereira, R. H. M. (2012) *Gastos das famílias brasileiras com transporte urbano público e privado no Brasil*: Uma análise da POF 2003 e 2009. Texto para Discussão. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, Brasília.

Cevada, C. M. (2014*) Rota de Conversa*: territórios universitários e bicicleta. Estudo de Caso: Campus I da UFPB. Dissertação. Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Brasil.

Cordeiro, C. H. O. L. (2017) *Estudo exploratório da relação entre o perfil de motociclistas que transitam em Belo Horizonte e a ocorrência de acidentes*. Dissertação. UFMG, Belo Horizonte.

Dias, T. A. Oliveira, L. K. e Trindade, A. L. G. (2014) Avaliando a Mobilidade por Ônibus no Campus Pampulha da Universidade Federal de Minas Gerais. *Anais do XVIII CLATPU - Congreso Latino americano de Transporte Publico.* Fundacióne Latinoamericana de Transporte Público y Urbano, Rosário, Argentina, 20-24 outubro 2014.

Domingues, M. S. (2008). *Análise do padrão de viagens de instituições de ensino superior privadas*: um estudo de caso em Recife. Dissertação. UFPE, Recife.

Ferreira, A. F. e Balassiano, R. (2012) Gerenciamento da Mobilidade em Pólos Geradores de Tráfego: O Caso das Instituições de Ensino *Anais do XXVI Congresso Nacional de Ensino e Pesquisa em Transportes.* Universidade Federal de Santa Catarina, Joinvile, Brasil, 28 Outubro - 01 Novembro 2012.

Ferreira, M. A. C. e Sanches, S. P. (2013). Mobilidade cicloviária em Campus Universitário. *Anais do 19° Congresso Brasileiro de Transporte e Trânsito.* ANTP, Brasília, Brasil, 8-10 outubro 2013.

Figueiredo, W. C. e Moreno, J. P. (2004). Mobility Management at UFBA Campi. *Proceedings of 8th Conference on Mobility Management*. Grand Lyon, Lyon, França, 5-7 maio 2004.

Gazolla, D. A. (2013) Plano Diretor de Transportes de Campi Universitário: variáveis significativas por impactos cruzados. *Anais do 19° Congresso Brasileiro de Transporte e Trânsito.* ANTP, Brasília, Brasil, 8-10 outubro 2013.

Goldner, L. G., Beppler, F. e Prim, J. (2012) Análise da Mobilidade em um Campus Universitário. *Anais do 5° Congresso Luso Brasileiro para o Planejamento Urbano Regional Integrado Sustentável (PLURIS 2012).* Universidade de Brasília, Brasília (Brasil), 03-05 outubro 2012.

Goldner, L. G., Marcon, A. F., Izzi, A. e Giaretta, R. (2014) Diagnóstico da Mobilidade em um Campus Universitário: o Caso da UFSC- Trindade. *Anais do XVIII Congreso panamericano de Ingeniería del tránsito, transporte y logística***.** Universidade de Cantabria, Santander (Espanha), 11-13 junho 2014.

Goretti, C. L., Almeida, H. S. e Cantañon, J. A. B. (2015) Condições de Operação e Indicadores de Qualidade do Transporte Coletivo no Campus da UFJF. *Anais do XIII Rio Transportes.* Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil, 19-20 agosto 2015.

Guerreiro, T. C. M., Stein, P. P. e Silva, A. N. R. (2013) Potencial de uma Infraestrutura Cicloviária para Diferentes Usuários de um Pólo Gerador de Viagens: O caso de um *Campus* Universitário. *Anais do XXVII ANPET – Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Transporte***.** Universidade Federal do Pará, Belém, Brasil, 04-08 novembro 2013.

Kuwahara, N., Balassiano, R. e Santos, M. P. S. (2008) Alternativas de Gerenciamento da Mobilidade no Campus da UFAM. *Anais do XXII ANPET – Congresso de Ensino e Pesquisa em Transporte.* Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Brasil, 03-09 novembro 2008.

Lessa, D. A. e Oliveira, L. K. (2016). Discutindo a mobilidade em campus universitário: O caso da UFMG. *Anais do 7° Congresso Luso Brasileiro para o Planejamento Urbano Regional Integrado Sustentável (PLURIS 2016)*. Maceió (Brasil), 05-07 outubro 2016.

Neris, D. F., Bernardinis, M. A. P., Plaza, C. V. e Ferraz, A. C. P. (2014) Estratégias de Análise de Acessibilidade no Campus Politécnico da UFPR. *Anais do XXVIII ANPET – Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Transporte,* Curitiba.

Ortega, D. M., Fernández, A. M., Santos, A. L. L. e Bezerra, B. S. (2016) Pesquisa sobre a mobilidade urbana num campus universitário. *Anais do XXX Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Transporte*, Rio de Janeiro.

Pereira, A. P. B. e Pereira, O. C. M. (2014) A Mobilidade Urbana e os Espaços de Convivência no Campus Universitário de Palmas da UFT. *Anais do III Encontro Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo.* Universidade Prebisteriana Mackenzie, São Paulo, Brasil, 20-24 outubro 2014.

Portugal, L. S. (2012) *Polos Geradores de Viagens de Carga. Polos Geradores de Viagens Orientados a Qualidade de Vida e Ambiental: Modelos e Taxas de Geração de Viagens.* Interciência, Rio de Janeiro.

Providelo, J. K. e S. P. Sanches (2011) Roadway and traffic characteristics for bicycling. *Transportation*, v. 38, p. 765-777. DOI 10.1007/s11116-011-9353-x

Sanches, S. P. (2013) Mobilidade em Campus Universitário. *Anais do 19° Congresso Brasileiro de Transporte e Trânsito*. ANTP, Brasília, Brasil, 8-10 outubro 2013.

Sant'Anna, D. S., Roque, B. S., Concolato, C. O. F., Afonso, H. C. A. G. e Mello, J. A. V. B. (2015) Projetos de Mobilidade e Acessibilidade em Instituições Federais de Ensino Localizados nas Periferias da Região Metropolitana do Rio De Janeiro. *Anais do XIII Rio Transportes*. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil, 19-20 agosto 2015.

Santos, J. L. C. e Freitas, I. M. D. P. (2005). A Aplicabilidade de Medidas de Gerenciamento da Mobilidade aos PóLos Geradores de Tráfego: Um Estudo Direcionado a Estabelecimentos de Ensino Superior. *Anais do 1° Congresso Luso Brasileiro para o Planejamento Urbano Regional Integrado Sustentável (PLURIS 2005)*. Universidade de São Paulo, São Carlos (Brasil), 28-30 setembro 2005.

Schiavon, A. F. e Barbosa, H. M. (2012) Ciclovias para a Mobilidade em Campus: Um Estudo com Simulação de Tráfego. *Anais do XXVI ANPET – Congresso de Ensino e Pesquisa em Transporte***.** Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville, Brasil, 28 outubro - 01 novembro 2012.

Shannon, T., Giles-Corti, B., Pikora, T., Bulsara, M., Shilton, T. e Bull, F. (2006). Active commuting in a university setting: Assessing commuting habits and potential for modal change. *Transport Policy***,** 13, 240-253. doi:10.1016/j.tranpol.2005.11.002

Silveira, I. T. (1991) *Análise de Polos Geradores de Tráfego segundo a sua classificação, área de influência e padrão de viagens*. Dissertação. COOPE. UFRJ. Rio de Janeiro.

Silveira, J. (2014) *Condições de Mobilidade e Acessibilidade para Cadeirantes*: Estudo de Caso no Campus da Universidade de Santa Cruz Do Sul – Unisc. Trabalho de graduação. Universidade de Santa Cruz Do Sul.

Stein, P. P. e Silva, A. N. R. (2014) Influência de perfis e localizações dos usuários nas taxas de geração de viagens de estabelecimentos de ensino superior. *Journal of Transport Literature*, 8(3), 89-106.

Stein, P. P., Silva, A. N. R. e Silva Júnior, C. A. P. (2012) Impactos na Distância de Caminhada Decorrentes de Acessos Exclusivos para Pedestres em um Campus Universitário. *Paranoá – Cadernos de Arquitetura e Urbanismo*, 6, 113-121.

Tobias, M. S. G., Borges, A. M. e Brito, A. N. R. (2013) Desafios e Soluções Para Mobilidade em Campus Universitário: Um Estudo de Caso na UFPQ – Belém – PA. *Anais do XXVII ANPET – Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Transporte.* Universidade Federal do Pará, Belém, Brasil, 04-08 novembro 2013.

Toor, W. (2003). The road less traveled: Sustainable transportation for campuses. *Planning for Higher Education*, 31(3), 131-141.

# POTENCIAL DE TRANSFERÊNCIA DE UM ÍNDICE DE MOBILIDADE SUSTENTÁVEL PARA *CAMPUS* UNIVERSITÁRIO

**Francine Marvulle Tan**
**Antônio Nélson Rodrigues da Silva**
Universidade de São Paulo
Escola de Engenharia de São Carlos

**RESUMO**
O objetivo deste trabalho é avaliar o potencial de transferência de um índice de mobilidade sustentável para *campus* universitário. A pesquisa será conduzida em duas partes: aplicação do método de referência a um novo caso (*campus* da USP de Piracicaba) e avaliação da adequabilidade do método de referência a este novo contexto. A primeira parte do projeto se encontra em desenvolvimento e é composta por nove etapas. Destas, duas foram finalizadas, duas estão em andamento e cinco ainda não foram iniciadas. Uma das etapas consiste na mensuração dos indicadores e um resultado é apresentado ("*Adequação do modo de transporte*": 0,784). Na segunda parte da pesquisa pretende-se, por meio desta nova aplicação e de um método que será futuramente explorado e detalhado, em que será possível identificar pontos fortes, pontos fracos, oportunidades e desafios, confirmar (ou refutar) a afirmação de que o índice é aplicável em qualquer *campus*.

Francine Marvulle Tan (francine.tan@ usp.br)
Antônio Nélson Rodrigues da Silva (anelson@sc.usp.br)
Departamento de Engenharia de Transportes, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo
Av. Trabalhador São-Carlense, 400 – São Carlos, SP, Brasil

# CARACTERIZACIÓN Y MODELACIÓN DE VIAJES EN POLOS UNIVERSITARIOS, ARGENTINA. PATRÓN ESPECIAL DE VIAJES EN MOTOVEHÍCULOS

**Violeta Depiante**
**Patricia Maldonado**
**Jorge J. Galarraga**
Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
Universidad Nacional de Córdoba - Argentina

**RESUMEN**
El campus de la Universidad Nacional de La Rioja (UNLaR) es un polo de generación de viajes que presenta ciertas particularidades como una elevada participación de motovehículos en la distribución modal y la coexistencia de universidad y colegio secundario en el mismo predio. Se presenta una caracterización del patrón de viajes, evaluando el impacto que sus actividades producen sobre la generación y la distribución modal basados en encuestas y censos de tránsito. Empleando datos de generación de viajes de otras universidades argentinas se calibran modelos de generación para viajes diarios de personas en todos los modos, en forma conjunta y desagregada. El aporte específico consiste en la disponibilidad de tasas medias y un modelo de generación de viajes en motovehículos en polos educativos universitarios.

**ABSTRACT**
The National University of La Rioja (UNLaR) campus generates and attracts many trips. Its particularity is an extremely high participation of motorcycles in modal split and the coexistence of university and high school on the same site. This paper presents a characterization of the travel pattern in the UNLaR, evaluating through surveys and traffic studies the impact of its activities on trip generation. Using generation data from other universities in Argentine, generation models are calibrated for daily person trips in all modes, in a joint and disaggregated way. The specific contribution relies on trip generation rates and models for motorcycles.

## 1. INTRODUCCIÓN

Se conocen como Polos Generadores de Viajes (PGVs), los centros de gran porte donde se desarrollan actividades urbanas de intensidades significativas y atraen o producen una gran cantidad de viajes. Generan volúmenes de demanda de viajes causando un fuerte impacto sobre el sistema de transporte y la movilidad de las personas (Leighton, 2001). Estas concentraciones impactan tanto en el entorno inmediato como en la estructura urbana y en ciertos casos afectan la accesibilidad de toda una región (CET, 1983).

El parque de motovehículos en América Latina ha ido creciendo de manera acelerada (Rodriguez *et al*., 2015). Este crecimiento también ocurre en muchas ciudades argentinas. La ciudad de La Rioja, con una población de 180.219 habitantes (2010), se caracteriza por la dependencia del transporte individual. El motovehículo constituye el primer tipo de vehículo con un parque activo de 71 mil unidades. La ciudad concentra el 54,3% de la población de la provincia, pero en el caso de motovehículos, la proporción aumenta al 77,5%. La relación *auto/moto* de 0,85, confirma la dominancia del vehículo menor sobre el mayor, pudiendo afirmarse que 4 de cada 10 personas poseen una moto (Maldonado *et al*., 2015) constituyendo la ciudad en motodependiente (Van, 2013). Esta fuerte participación del transporte individual ya sea en automóvil o motovehículo, según las posibilidades de acceso y uso, genera (1) dificultades para consolidar una oferta de transporte público y (2) dudas sobre la sustentabilidad a largo plazo de un modelo de movilidad basado en el vehículo privado por los problemas asociados de congestión, estacionamiento y seguridad vial (Depiante *et al.*, 2016a, 2016b).

El campus de la Universidad Nacional de La Rioja (UNLaR) se encuentra al suroeste de la ciudad en un área de 24,3 has con una superficie cubierta de aproximadamente 69.000 $m^2$. Junto

con otros asentamientos concentra múltiples actividades configurando un nodo polifuncional de alcance urbano-regional de gran impacto en la estructura urbana (Maldonado *et al*, 2014). Como en la ciudad, en el polo la presencia de motovehículos es elevada y genera un PGVs con patrones de viajes diferenciados respecto a otras realidades.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

La metodología para el estudio del patrón de viajes de PGVs depende del tipo de establecimiento. Si el polo es educativo, depende del nivel de enseñanza ofrecido, del carácter público o privado, categoría de la institución, de su localización, del acceso al sistema de transporte, de la disponibilidad de infraestructura y del espacio de estacionamiento. Son escasos los antecedentes sobre generación de viajes en centros universitarios (ITE, 2012; Ferreira de Souza *et al.*, 2006; Portugal, 2012).

La más difundida referencia internacional en Argentina sobre generación de viajes es el *Trip Generation Handbook* (ITE, 2012). El Manual destaca que, en centros universitarios, la matrícula de alumnos parece ser una base más consistente para establecer tasas de generación que las superficies cubiertas o el número de espacios de estacionamiento. No existe en la bibliografía del ITE ninguna referencia a tasas de generación de viajes en motovehículos, ni a pie ni en transporte público. Las tasas se refieren solamente a autos.

Un estudio sobre trece instituciones de educación de nivel universitario realizado en la ciudad de Córdoba (Portugal, 2012) presenta viajes de personas y distribución modal en un día laborable en donde se consignan para cada institución los porcentajes de viajes en motovehículos, como así también en otros modos. No se diferencia si es conductor o pasajero del motovehículo. También coincide en que la variable relevante explicativa es el número de alumnos matriculados. Presenta en trabajos anteriores una diferenciación entre alumnos matriculados y efectivamente activos con los cuales la modelación es más ajustada (Galarraga *et al*., 2007; Herz *et al*., 2009).

## 3. METODOLOGIA

En base a recomendaciones citadas en las referencias en relación con la caracterización de viajes en polos educativos de características similares y al antecedente de estudios preliminares en el sitio (Maldonado *et al*., 2014, 2015), se decidió abordar el estudio en dos líneas de actuación. En primer lugar, a los fines de identificar las características de los viajes, estimar tasas y definir modelos de generación de viajes que reflejen la situación en el polo. Luego su impacto en la red aledaña a través del estudio del tránsito en la rotonda de ingreso. Según la bibliografía consultada *vg*. metodologías ITE (Jacques *et al*., 2009), experiencias foráneas (Portugal, 2012) y características particulares observadas en el PGVs UNLaR, se definió una metodología de abordaje para el estudio de peatones y tránsito vehicular en ingresos al campus universitario (Figuras 1 y 2).

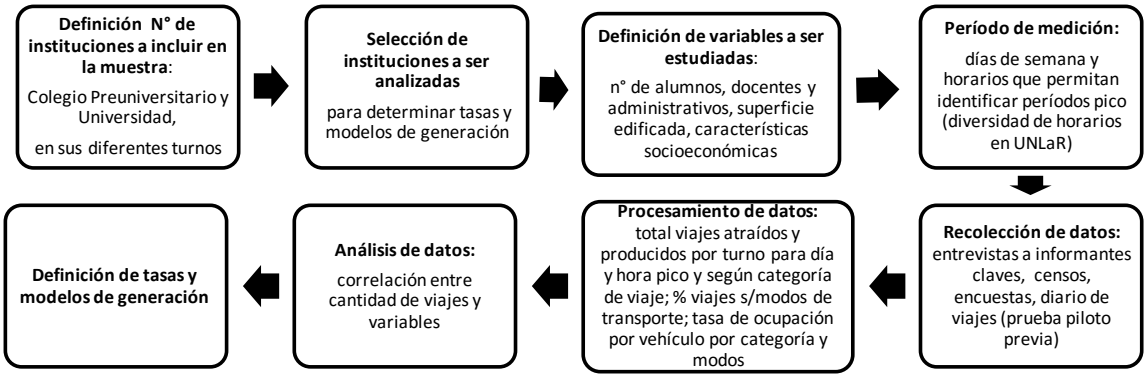



**Figura 1:** Esquema metodológico UNLaR Elaboración propia en base a ITE, Jacques *et al*.

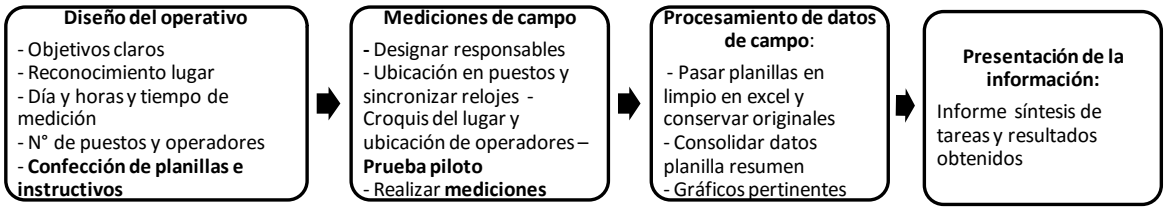



**Figura 2:** Metodología operativo relevamiento. Elaboración propia en base a experiencia UNC.

## 4. RELEVAMIENTO Y CARACTERIZACIÓN DE LOS VIAJES

El campus de la UNLaR es un predio cerrado con dos accesos habilitados (el principal enfrentado a una pequeña rotonda) en donde se realizaron censos de volumen y composición de tránsito (manuales y video filmaciones). Las mediciones se realizaron el viernes 12 de junio de 2015 en tres periodos de dos horas 7:30 a 9:30 hs, de 12:30 a 14:30 y de 18:00 a 20:00 hs, totalizando seis horas. Se realizaron tareas con objeto de obtener características sobre las personas (estudiante, docente u otro) y sobre el viaje (medio utilizado y alternativo, origen del viaje para personas que ingresan al polo o destino del viaje para los que egresan). Se incluyeron: *(a) censos peatonale*s: conteo visual de todas las personas que ingresan y egresan del campus, *(b) censo de volumen y composición vehicular:* conteo visual de los vehículos que entran y salen diferenciando según tipo (automóvil, moto, taxi, bicicleta, otro), así como la cantidad de personas por vehículo (grado de ocupación), *(c) encuestas* a personas que ingresan o egresan a pie, próximos a los puestos principales y a personas en inmediaciones a estacionamientos.

En forma complementaria, mediante el uso de un nuevo recurso tecnológico (dron), se efectuaron video filmaciones para la identificación de los movimientos existentes en la rotonda de ingreso a la UNLaR, Figura 3. Los vuelos fueron realizados el 25/09/2015 a las 8:19 y a las 13:55hs. y el 06/11/2015 a las 20:10hs. La ventaja de esta nueva tecnología es la recolección de datos en forma simultánea en todos los accesos a la rotonda, pudiendo realizar censo de volumen y composición en los accesos, tanto de ingresos como de egresos, movimientos de giro, volúmenes peatonales. Se pudieron determinar los orígenes y destinos a partir del seguimiento de cada vehículo en forma individual a lo largo de su recorrido por la rotonda desde su ingreso hasta su egreso por cada uno de los accesos. A su vez se obtuvieron los datos de tránsito sobre las calles. Estos registros permitieron realizar observaciones de características de la circulación vehicular y peatonal en la red vial (Maldonado *et al*., 2016) y validación de datos.



**Figura 3**. Fotograma en rotonda de ingreso UNLaR, 2015.

Todo el operativo de relevamiento permitió realizar una evaluación del patrón de viajes en UNLaR. Las Tablas 1 y 2 presentan los resultados de los censos de volumen y composición vehicular en los distintos períodos.

**Tabla 1:** Volumen vehicular y porcentajes vehiculares de ingresos y egresos al polo

| Período | Período | Total | % | Total | % | Total ingresos y egresos |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 07:30 | 8:30 | 913 | 61 | 590 | 39 | 1503 |
| 08:30 | 9:30 | 491 | 70 | 214 | 30 | 705 |
| 12:30 | 13:30 | 345 | 40 | 528 | 60 | 873 |
| 13:30 | 14:30 | 551 | 50 | 549 | 50 | 1100 |
| 18:00 | 19:00 | 524 | 48 | 562 | 52 | 1086 |
| 19:00 | 20:00 | 398 | 44 | 505 | 56 | 903 |
| Total | | 3222 | | 2948 | | 6170 |

Los datos de los censos vehiculares muestran que el pico de vehículos se produjo en el primer período de la mañana (2208). Existe un elevado porcentaje de motos en general superando incluso al de los autos en la última hora.

Los grados de ocupación promedio de automóviles y motos observados resultaron de 1.70 (total de la muestra 2608) para los autos y 1.40 (total de la muestra 2718) para motovehículos siendo de 1,60 para taxis, de 1,10 para bicicletas y 1,9 el resto (combis y otros).

**Tabla 2:** Participación vehicular por tipo de vehículo en ingresos y egresos (en porcentajes) y volumen total (en vehículos) por período

| Hora Inicio | Hora Fin | Autos | Motos | Taxi | Bici | Otro | Total vehículos |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7:30 | 8:30 | 59 | 32 | 7 | 1 | 1 | 1503 |
| 8:30 | 9:30 | 50 | 40 | 8 | 1 | 0 | 705 |
| 12:30 | 13:30 | 49 | 45 | 3 | 1 | 2 | 873 |
| 13:30 | 14:30 | 51 | 42 | 5 | 1 | 1 | 1100 |
| 18:00 | 19:00 | 50 | 43 | 3 | 3 | 1 | 1086 |
| 19:00 | 20:00 | 45 | 50 | 3 | 1 | 0 | 903 |
| Promedio | | 52 | 41 | 5 | 1 | 1 | 6170 |

En lo concerniente a movimiento de peatones, Tabla 3, el 56% del movimiento peatonal se realiza por la tarde entre las 18 y las 20:00hs.

**Tabla 3:** Volumen de ingresos y egresos y porcentajes totales de peatones

| Período Inicio | Período Fin | Total ingresos | Total egresos | Total peatones | Total egresos | Total peatones |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 07:30 | 8:30 | 540 | 54 | 594 | 2% | 11% |
| 08:30 | 9:30 | 382 | 160 | 542 | 14% | 10% |
| 12:30 | 13:30 | 221 | 488 | 709 | 19% | 13% |
| 13:30 | 14:30 | 329 | 198 | 527 | 8% | 10% |
| 18:00 | 19:00 | 824 | 837 | 1661 | 32% | 31% |
| 19:00 | 20:00 | 439 | 877 | 1316 | 34% | 25% |
| Total | | 2735 | 2614 | 5349 | 100% | 100% |

Con respecto a las encuestas, de 825 personas encuestadas que respondieron respecto de sus viajes de ingreso y egreso al polo, el 42% fueron hombres, el 77% estudiantes universitarios y el 12% estudiantes de secundaria (a los fines de una diferenciación del comportamiento de la demanda de viajes del polo educativo en este nivel, se considera que la cantidad encuestada fue relativamente escasa). En la partición modal, Tabla 4, se observa que el primer lugar lo ocupa la modalidad a pie (43,2%) que proviene, principalmente de barrios colindantes, le sigue el transporte público (28,5%). Por otra parte, Tabla 5, casi la mitad de las personas no disponen o no consideran otra alternativa para acceder a la Universidad. Es notable la dependencia del vehículo particular. Según las encuestas el 61% utiliza el ingreso al polo por la rotonda.

**Tabla 4:** Participación modal de viajes generados por el campus universitario según encuestas

| Auto | Moto | Pie | Ómnibus | Otro | Total viajes encuestados |
|---|---|---|---|---|---|
| 230 | 205 | 695 | 458 | 20 | 1608 |
| 14,3% | 12,7% | 43,2% | 28,5% | 1,2% | |

**Tabla 5**. Modos alternativos de viajes según encuestas

| Ninguno | Auto | Moto | Taxi | A Pie | Bici | Ómnibus | Total respuestas |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 373 | 86 | 76 | 7 | 73 | 18 | 164 | 797 |
| 46,8% | 10,8% | 9,5% | 0,9% | 9,2% | 2,3% | 20,6% | |

Las filmaciones obtenidas a partir de los vuelos del dron permitieron cuantificar movimientos de giro y composición del tránsito en la rotonda. La participación de los motovehículos en la corriente vehicular resultó del orden del 40%, Tabla 6. El volumen horario de los dos primeros períodos del orden de 2200 cada uno y de 2670 en el último. La Tabla 7 presenta volúmenes vehiculares de ingresos y egresos al polo en el acceso frente a la rotonda. El acceso Oeste de la rotonda corresponde al ingreso a la UNLaR desde la avenida aledaña Luis de la Fuente (acceso Norte). El pico sobre la avenida aledaña, a la noche, no coincide con el pico de ingreso/egreso al polo el cual se produce por la mañana.

**Tabla 6:** Composición vehicular agrupando todas las ramas de la rotonda, entradas y salidas.

| Hora de inicio | Período min | Autos y camionetas % | Motos % | Colectivos % | Bicis % | Combi % |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 08:19 | 10 | 56 | 39 | 3 | 1 | 1 |
| 13:55 | 14 | 53 | 43 | 3 | 0 | 1 |
| 20:10 | 14 | 55 | 41 | 3 | 0 | 0 |

**Tabla 7:** Volúmenes vehiculares de ingreso (egreso) por acceso y horario.

| Horarios | Acceso Este | Acceso Sur | Acceso Oeste | Acceso Norte |
|---|---|---|---|---|
| 08:19 | 84 (97) | 81 (98) | 36 (83) | 177 (100) |
| 13:55 | 116 (102) | 116 (188) | 71 (82) | 215 (168) |
| 20:10 | 130 (125) | 172 (164) | 60 (36) | 182 (219) |

## 5. TASAS Y MODELOS DE GENERACIÓN

Basados en los datos de instituciones argentinas de nivel universitario (Portugal, 2012), se incorporaron a los datos de universidades en la ciudad de Córdoba, los del polo universitario ubicado en la ciudad de La Rioja totalizando catorce instituciones en el estudio. Se ajustaron estadísticamente modelos de generación de viajes de personas por día en función de los alumnos matriculados activos. Se calibraron cinco tipos de modelos de viajes diarios: (1) para la totalidad de los viajes, considerando todas las modalidades en conjunto, (2) para los viajes en medios motorizados individuales, considerando las modalidades de auto conductor, taxi y motovehículos, (3) para los viajes en medios motorizados masivos, considerando la modalidad de ómnibus, (4) para los viajes en medios no motorizados, considerando las modalidades en bicicleta y a pie (5) para los viajes en medio motorizado considerando sólo motovehículos. Se considera viaje tanto al de entrada como al de salida del centro universitario, es decir que una persona al ir y volver genera dos viajes.

**Tabla 8:** Viajes diarios de personas (en cantidad), elección modal para un día laborable (en porcentaje) y alumnos activos (en cantidad).

| Nº | Establec | Viajes | AC | Bus | A pie | AA | Taxi | Moto | Bici | Activos |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | ARQCE | 4392 | 1,9 | 36,2 | 35,7 | 16,4 | 9,4 | 0,5 | 0 | 3431 |
| 2 | DEREC | 11376 | 5,4 | 45 | 33,8 | 12,9 | 2,1 | 0,8 | 0 | 9832 |
| 3 | ARQCU | 7212 | 5,4 | 36,3 | 31,7 | 11,3 | 15,4 | 0 | 0 | 5147 |
| 4 | AGRON | 3342 | 13,2 | 38 | 27,8 | 9 | 8,1 | 1,3 | 2,6 | 3158 |
| 5 | ECON | 26096 | 7,7 | 51 | 35,8 | 0,9 | 1,1 | 2,6 | 0,9 | 16610 |
| 6 | CEFyN | 5976 | 19 | 34,5 | 30,5 | 4,5 | 0,5 | 4,5 | 6,5 | 5823 |
| 7 | C. INF | 6720 | 3,7 | 53,4 | 33,3 | 6,8 | 0,9 | 0,5 | 1,4 | 5374 |
| 8 | C. QUIM | 3496 | 6,6 | 51,6 | 29,9 | 6,6 | 3,3 | 1,2 | 0,8 | 2970 |
| 9 | LENGUA | 5472 | 4,3 | 48,3 | 29,1 | 15,8 | 2,1 | 0 | 0,4 | 4705 |
| 10 | ODON | 5200 | 15,5 | 44,5 | 15,5 | 14 | 9,5 | 1 | 0 | 4289 |
| 11 | FAMAF | 3144 | 20,2 | 36,5 | 31,6 | 3,4 | 2,7 | 1,1 | 4,6 | 1382 |
| 12 | UTN | 18494 | 19,1 | 40,7 | 29,7 | 2,5 | 3,3 | 2,2 | 2,5 | 10503 |
| 13 | UCC | 9062 | 35,1 | 45,6 | 0 | 17,1 | 0,8 | 0,6 | 0,8 | 5200 |
| 14 | UNLaR[(a)] | 22500 | 9,2 | 28,5 | 43,2 | 5,1 | 0,8 | 12,7 | 0,4 | 18220 |

Fuente: Elaboración en base a Portugal (2012). Se incorpora (a), datos de elaboración propia.

Los datos consignados en la Tabla 8 corresponden a los de las ciudades de Córdoba y los de La Rioja. La elección modal varía de manera importante de acuerdo al centro universitario. En particular la gran diferencia con respecto al resto de viajes en automóvil y caminando en la UCC y la participación de motovehículos en la UNLaR. Las aplicaciones de los modelos de generación a estos casos ofrecen estimaciones muy alejadas de la realidad, subestimando los viajes en auto y sobreestimando los viajes caminando en el caso de la UCC y subestimando la

generación de viajes en motovehículos en la UNLaR. La expansión al día completo en UNLaR arrojó un total de 22500 viajes.

Se utilizaron dos variables de control para considerar las situaciones particulares de variabilidad en la distribución modal en el único establecimiento ubicado alejado del centro y la elevada presencia de motovehículos en la UNLaR. Se decidió calibrar tres tipos diferentes de modelos: (1) considerando una sola variable explicativa (matrícula activa), regresión simple; (2) considerando además otrra variable ficticia que contempla establecimientos alejados del centro, regresión múltiple y (3) considerando además de la matricula una variable ficticia que considera establecimientos con elevado porcentaje de motovehículos, regresión múltiple. Se ajustó un modelo considerando a todos los centros universitarios en una única categoría, con una única variable independiente ($X_1$), el número de estudiantes matriculados activos. Y los otros dos modelos con dos variables independientes: (1) el número de estudiantes matriculados activos ($X_1$) y (2) una variable ficticia ($X_2$) que contempla distancia al centro superior a 5 km y variable ficticia ($X_3$) que contempla porcentaje de motovehículos superior al 10%.

$$\textit{Modelo 1.}\ Y = a + bX_1$$
$$\textit{Modelo 2.}\quad Y = a + bX_1 + cX_2$$
$$\textit{Modelo 3:}\quad Y = a + bX_1 + cX_3$$

donde las variables son:
*Dependiente Y*: número de viajes diarios de personas
*Independiente* $X_1$: número de alumnos matriculados activos
*Independiente* $X_2$: nula si la distancia al centro es inferior a 5km, uno si es superior
*Independiente* $X_3$: nula si porcentaje motovehículos es inferior al 10%, uno si es mayor

### 5.1. Modelos para la totalidad de los viajes diarios

Se ajustó un tipo de modelo considerando a todos los centros universitarios en una única categoría, con una única variable independiente ($X_1$), número de estudiantes matriculados activos (*Modelo1*: $Y = a + bX_1$). La Tabla 9 resume los resultados obtenidos para los trece centros (Portugal, 2012) y para los catorce de este estudio. Puede advertirse que el modelo predice 1,6 viajes por día por cada alumno matriculado, debiendo deducir del total 1224 viajes, es decir que en promedio los alumnos no viajan todos los días. Para el caso de los 14 establecimientos educacionales de Córdoba y La Rioja el modelo predice 1,4 viajes por día para cada alumno activo, debiendo deducir del total 297 viajes, es decir que se obtiene un resultado similar que en el modelo de Córdoba.

**Tabla 9:** *Modelo 1* para viajes diarios por todas las modalidades

| Cantidad de instituciones | Coeficiente a | | Coeficiente b | | $R^2$ |
|---|---|---|---|---|---|
| | Valor | Estad. t | Valor | Estad t | |
| 13 | - 1224 | - 1,37 | 1,61 | 13,0 | 0,94 |
| 14 | -297,3 | -0,29 | 1,41 | 11,9 | 0,93 |

### 5.2. Modelos para los viajes diarios en medios motorizados individuales

Los medios motorizados individuales incluyen auto conductor, auto acompañante, taxi y motovehículos. Corresponde aquí señalar que en todos los casos el porcentaje de utilización de motos es relativamente pequeño excepto en el caso de UNLaR. El uso de taxis puede ser relevante para los establecimientos ubicados cercanos al centro de la ciudad, pero no llega al

uno por ciento en el caso del UNLaR. Los viajes en modos motorizados pueden luego convertirse en viajes de vehículos con base en los grados de ocupación media de los mismos o se pueden utilizar directamente los modelos propuestos para viajes vehiculares.

**Tabla 10:** *Modelo 1* para viajes diarios por medios motorizados individuales

| Cantidad de instituciones | Coeficiente a | | Coeficiente b | | $R^2$ |
|---|---|---|---|---|---|
| | Valor | Estad. t | Valor | Estad t | |
| 13 | 917 | 1,31 | 0,20 | 2,14 | 0,32 |
| 14 | 447 | 0,26 | 0,29 | 3,86 | 0,57 |

En este caso la incorporación del polo UNLaR permite una estimación más ajustada de viajes diarios por medios motorizados individuales por el Modelo 1 (Portugal, 2012), Tabla 10, sin la incorporación de la variable ficticia para considerar la distancia del centro al polo. La incorporación de la nueva institución mejora los parámetros de ajuste. No obstante, se consideró el modelo 2 con la variable $X_2$, Tabla 11, para una estimación más ajustada.

**Tabla 11:** *Modelo 2* para viajes diarios por medios motorizados individuales con dos variables explicativas ($X_1$ y $X_2$)

| Cantidad de instituciones | a | | b | | c | | $R^2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Valor | Estad t | Valor | Estad t | Valor | Estad t | |
| 13 con $X_2$ | 544,2 | 1,060 | 0,22 | 3,23 | 3173 | 3,24 | 0,68 |
| 14 con $X_2$ | 68,75 | 0,124 | 0,32 | 5,12 | 3143 | 2,71 | 0,76 |

Considerando el uso de dos variables explicativas del segundo modelo resulta un mejor ajuste obteniendo un mejor coeficiente de determinación $R^2$ y un estadístico t significativo para la variable ficticia. Este resultado se puede considerar previsible debido al mayor uso del vehículo individual en el caso de que el establecimiento se encuentre alejado del centro de la ciudad.

### 5.3. Modelos para los viajes diarios en medios motorizados masivos

Los medios motorizados masivos corresponden a ómnibus regulares de línea o servicios especiales al polo en el caso de los datos provistos en Portugal (2012). Al introducir el nuevo establecimiento el ajuste del modelo se ve modificado probablemente debido a la falta de uso del servicio dada la opción de elección en motovehículos que existe en la ciudad de La Rioja y la precariedad del mismo (Maldonado, 2016), Tabla 12.

**Tabla 12:** *Modelo 1* para viajes diarios por medios motorizados masivos

| Cantidad de instituciones | Coeficiente a | | Coeficiente b | | $R^2$ |
|---|---|---|---|---|---|
| | Valor | Estad t | Valor | Estad t | |
| 13 | -1024 | -1,98 | 0,80 | 11,47 | 0,93 |
| 14 | 176 | 0,19 | 0,55 | 5,44 | 0,73 |

Dado que se observa una disminución en el ajuste para el caso de incorporación de todos los establecimientos se incorpora la variable $X_3$ porque la elevada participación de motovehículos en la distribución modal es en desmedro del uso del transporte público según se mencionó. El modelo de dos variables explicativas (con $X_3$) resulta en un muy buen ajuste (no así $X_2$), Tabla 13, con un coeficiente de determinación similar al caso presentado en Portugal (2012).

**Tabla 13:** *Modelo 2 y 3* para viajes diarios por medios motorizados masivos

| Cantidad de instituciones | a | | b | | c | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Valor | Estad t | Valor | Estad t | Valor | Estad t | $R^2$ |
| 13 con $X_2$ | -1154 | -2,20 | 0,80 | 11,65 | 1107 | 1,11 | 0,93 |
| 14 con $X_2$ | 34,2 | 0,03 | 0,57 | 5,31 | 1181 | 0,60 | 0,74 |
| 14 con $X_3$ | -1024 | -1,98 | 0,80 | 11,47 | -7144 | -5,47 | 0,93 |

### 5.4. Modelos para los viajes diarios en medios no motorizados

Los medios no motorizados incluyen viajes peatonales y en bicicleta. Corresponde aquí señalar que casi en todos los casos el porcentaje de utilización de bicicleta es relativamente pequeño. El ajuste presenta una mejoría con la incorporación del nuevo establecimiento, Tabla 14.

**Tabla 14:** *Modelo 1* para viajes diarios no motorizados

| Cantidad de instituciones | Coeficiente a | | Coeficiente b | | $R^2$ |
|---|---|---|---|---|---|
| | Valor | Estad. t | Valor | Estad t | |
| 13 | 1135 | 2,29 | 0,60 | 9,01 | 0,89 |
| 14 | 1108 | 2,59 | 0,60 | 12,29 | 0,93 |

### 5.5. Tasas y Modelos para estimar viajes de automóviles

De la Tabla 8 puede advertirse que la participación porcentual de viajes de auto conductor y auto acompañante varía de modo notorio entre los centros considerados. Se asumió que los viajes en auto pueden estimarse razonablemente a través de los porcentajes de auto conductor y taxi, este supuesto es válido en la mayoría de los casos y estaría subestimando la generación donde la modalidad de llevar a alguien fuera importante (Herz *et al*., 2009). La Tabla 15 muestra la cantidad de alumnos activos, viajes diarios y viajes de automóvil en los catorce centros.

**Tabla 15:** Datos de establecimientos e índices de generación de viajes en automóvil

| Nº | Establec | Alumnos activos | Viajes diarios | Viajes en automóvil | Índice medio de generación |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | ARQCE | 3431 | 4392 | 496 | 0,14 |
| 2 | DEREC | 9832 | 11376 | 853 | 0,09 |
| 3 | ARQCU | 5147 | 7212 | 1500 | 0,29 |
| 4 | AGRON | 3158 | 3342 | 712 | 0,23 |
| 5 | ECON | 16610 | 26096 | 2296 | 0,14 |
| 6 | CEFyN | 5823 | 5976 | 1165 | 0,2 |
| 7 | C. INF | 5374 | 6720 | 309 | 0,06 |
| 8 | C. QUIM | 2970 | 3496 | 346 | 0,12 |
| 9 | LENGUA | 4705 | 5472 | 350 | 0,07 |
| 10 | ODON | 4289 | 5200 | 1300 | 0,3 |
| 11 | FAMAF | 1382 | 3144 | 720 | 0,52 |
| 12 | UTN | 10503 | 18494 | 4143 | 0,39 |
| 13 | UCC | 5200 | 9062 | 3253 | 0,63 |
| 14 | UNLaR[(a)] | 18220 | 22500 | 6075 | 0,33 |
| | Total | 96644 | 132482 | 23518 | 0,24 |

Fuente: Elaboración en base a Portugal (2012). Se incorpora (a), datos de elaboración propia.

La tasa media de generación de viajes en automóvil es de 0,24 viajes diarios por estudiante activo. La tasa media diaria de la UNLaR es de 0,33. La utilización de los 14 establecimientos mejora la estimación de viajes con una variable, también en el *Modelo 2*. Tablas 16 y 17.

**Tabla 16**: *Modelo 1* para viajes diarios de automóvil

| Modelo | Coeficiente a | | Coeficiente b | | $R^2$ |
|---|---|---|---|---|---|
| | Valor | Estad. t | Valor | Estad t | |
| 13 | 476 | 0,81 | 0,15 | 1,87 | 0,26 |
| 14 | 159 | 0,28 | 0,21 | 3,41 | 0,51 |

**Tabla 17:** *Modelo 2* para viajes diarios de automóviles, variables explicativas ($X_1$ y $X_2$)

| Cantidad de instituciones | a | | b | | c | | $R^2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Valor | Estad. t | Valor | Estad t | Valor | Estad t | |
| 13 con $X_2$ | 219 | 0,42 | 0,16 | 2,40 | 2193 | 2,25 | 0,53 |
| 14 con $X_2$ | -103 | -0,20 | 0,23 | 4,11 | 2173 | 2,09 | 0,66 |

### 5.6. Tasas y Modelos para estimar viajes de motovehículos

La tasa media de generación de viajes en motovehículos de la UNLaR es de 0,16 viajes por alumno matriculado activo mientras que el promedio de todos los centros es de 0,03. Corresponde aquí señalar que en todos los casos el porcentaje de utilización de motovehículos es muy inferior al 2,6% (superado sólo por dos centros con el 4,5% y con un valor para el caso de la UNLaR muy superior del 12,7%). El ajuste para el caso de los establecimientos reportados en Portugal (2012) donde la presencia de motovehículos es baja arroja un $R^2$ de 0,76 con una variable y no se modifica considerando la variable ficticia. Para los catorce establecimientos se utilizaron dos variables explicativas dada la participación de los motovehículos ($X_1$ y $X_3$). Tablas 18 y 19. El modelo agrega 908 viajes más en motovehículos a la estimación sólo en el caso de que el porcentaje de viajes en este modo fuera superior al 10% y la cantidad de alumnos matriculados activos también fuera elevada (más de 10000).

**Tabla 18**: *Modelo 1* para viajes diarios de motovehículos

| Modelo | Coeficiente a | | Coeficiente b | | $R^2$ |
|---|---|---|---|---|---|
| | Valor | Estad. t | Valor | Estad t | |
| 13 | -130 | -2,28 | 0,04 | 5,67 | 0,76 |
| 14 | -498 | -2,06 | 0,12 | 4,29 | 0,63 |

**Tabla 19**: *Modelo con variable ficticia* para viajes diarios de motovehículos

| Cantidad de instituciones | *a* | | *b* | | *c* | | $R^2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Valor | Estad. t | Valor | Estad t | Valor | Estad t | |
| 13 $X_2$ | -124 | -2,04 | 0,04 | 5,38 | -46,2 | -0,40 | 0,77 |
| 14$X_2$ | -498 | -1,87 | 0,12 | 4,05 | -69 | -0,13 | 0,63 |
| 14 $X_3$ | -442 | -2,29 | 0,09 | 3,77 | 908 | 2,7 | 0,78 |

### 5.7. Consideraciones sobre la bondad de ajuste de los modelos.

Mediante el estadístico *t de student* puede definirse si la estimación del correspondiente coeficiente es significativamente distinta de cero con un determinado intervalo de confianza. Para la cantidad de datos disponibles (13 o 14) y coeficientes calculados (2 o 3), con un intervalo

de confianza del 95% el valor *t límite* resulta del orden de 1,81 y para un intervalo de confianza del 90% el valor *t límite* resulta del orden de 1,37. Como consecuencia la obtención de valores de *t* menores a los citados, no permitirían afirmar, con esos intervalos de confianza, que los coeficientes fueran significativamente distintos de cero (y por lo tanto no contribuirían a explicar la variable dependiente).

En las Tablas 9, 10, 11 y 12, 13, 16, 17 y 19 se advierten valores *t* menores a los citados previamente. Con las excepciones de las Tabla 13 y 19, en todos los otros casos, corresponden a los términos independientes de algunos de los modelos. En las Tabla 13 y 19 además se registran para la variable ficticia $X_2$. Corresponde consignar que, en todos los casos los coeficientes de las variables $X_1$ y $X_3$ son significativamente diferentes de cero.

## 6. CONCLUSIONES

Se puede afirmar que la UNLaR presenta una demanda continua y sostenida y patrones de viajes diferenciados respecto de otras realidades por la elevada participación de motovehículos (40%) en el flujo vehicular. Del total de las encuestas un 43% correspondió al modo a pie, el automóvil y la moto prácticamente tuvieron igual peso (13%). Considerando la cantidad de peatones y de vehículos con su grado de ocupación promedio, el movimiento de personas es significativo, habiendo resultado la estimación de la cantidad de viajes diarios generados en el polo de 22500. Esto es lo suficientemente elocuente para poner de manifiesto la importancia que la UNLaR tiene en la región como polo generador de viajes.

En cuanto a la modelación de la generación de viajes la utilización de datos de otras universidades argentinas permitió, combinada con la de la UNLaR, contar con características de viajes a polos universitarios de más de 132.000 viajes diarios, aportando el PGVs UNLaR del orden de 16% del total. Esta base de datos ampliada permitió la formulación de modelos de generación de viajes diarios en medios motorizados individuales, motorizados masivos y no motorizados, de viajes totales y particularmente de viajes en motovehículos. La tasa media de generación de viajes diarios totales resulta de 1,38 viajes por alumno matriculado activo. Se comprueba que la variable explicativa es la matrícula de alumnos activos en el centro universitario como se reporta en el ITE y Portugal. Se recomienda la utilización de una variable ficticia para un mejor ajuste por diferencias notables en características o distribuciones modales de los establecimientos universitarios, tales como la lejanía del área central o la presencia de motovehículos. El modelo de generación de motovehículos resultó bien ajustado con la variable ficticia para incluir la presencia de motovehículos en una elevada proporción.

El trabajo contribuye a disponer de índices y modelos de generación de viajes en motovehículos dando el puntapié inicial para contemplar esta nueva realidad en el incremento de su uso en ciudades latinoamericanas. Se recomienda continuación en la línea de trabajo planteada dado que el mismo constituye el paso inicial para estudios de impacto que permiten contribuir a la planificación e implementación de políticas de gestión de la movilidad urbana sustentables.

**AGRADECIMIENTOS**

A estudiantes de la carrera de Ingeniería Civil, comunidad universitaria y Secretaría de Ciencia y Tecnología de UNLaR y al Programa Universidad y Transporte, Secretaria de Políticas Universitarias, Ministerio de Educación de la Nación.

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

CET. Companhia de Engenharia de Tráfego (1983) Pólos Geradores de Tráfego". Boletim Técnico 32, São Paulo, SP.

Depiante, V., Maldonado, P., Peña Pollastri, H. et al. (2016) Motovehículos y su Impacto en la Movilidad en la ciudad de La Rioja. Artículo en Revista Vial, N° 112, Edición especial Aniversario 20 años. ISSN 0329-1146. Distribución internacional.

Depiante, V.; Maldonado, P.; Peña Pollastri J., Cuello, J.; Macchi L., Mirabal, M.; Gómez, L.; García, J. (2016) Motovehículos y su Impacto en la Movilidad en la ciudad de La Rioja. En XVII Congreso Argentino de Vialidad y Tránsito. 24 a 28 de octubre de 2016 - Rosario

DNRPA Dirección Nacional Registro de Propiedad Automotor.

Herz, M.; Galarraga, J.; Pastor, G. (2009) Características de generación y distribución modal de viajes en centros educativos universitarios. XV CLATPU-Congreso Latinoamericano de Transporte Público y Urbano. Buenos Aires, Argentina.

Galarraga, J.; Herz, M.; Pastor, G. (2007) Centros universitarios como polos generadores de viajes. XIV Congreso Latinoamericano de Transporte Público y Urbano. Río de Janeiro, Brasil.

ITE – Institute of Transportation Engineers (2012) TRIP GENERATION, 9th Edition, Washington, D.C.

Jacques, M.A.P.; Bertazzo, A.; Galarraga, J.; Herz, M. (2010) Nova Abordagem para o estudo das viagens geradas nas instituições de ensino. Rev.Transportes. V18-Nº1- pg.76-86. Brasil.

Ferreira de Souza S. C., Prudencio Jacques M. A. (2006) Modelos para estimativa de viagens geradas por institucoes de ensino superior, XX ANPET, Brasilia,

Leighton Espejo, Claudia Paz (2001) Estimación de Tasas de Generación de Viajes para Actividades Comerciales en el AMC Área Metropolitana de Caracas. Propuesta metodológica [resumen en línea]. Trabajo de grado no publicado, Universidad Simón Bolivar Lima Perú. Disponible en: http://redpgv.coppe.ufrj.br/index.php/es/produccion/disertaciones-y-tesis/outros-anos/40-estimacion-de-tasas-de-generacion-de-viajes-para-actividades-comerciales-en-el-amc-portada/file [consulta: 28/04/2015]

Maldonado, P.; Galarraga, J.; Depiante, V.; Peña Pollastri, H.; Petrovic, H.; Alamo, F.; Gallardo, O. (2014) Estudios de tránsito y transporte. Experiencias de relevamiento de datos. Ciencia y Tecnología al Servicio de la Democracia: IX Jornadas de Ciencia y Tecnología. La Rioja: Eudelar. En prensa ISBN 978-987-1364-22-0

Maldonado, P., Peña Pollastri, P., Depiante, V., Gallardo, O., Peralta, C., Garella, E. (2015) Nodo polifuncional urbano regional. Caso UNLAR en la ciudad de La Rioja. III Jornadas Provinciales de Vinculación y Transferencia Científica y Tecnológica (en prensa).

Maldonado, P. (2016) Movilidad y seguridad en motovehículos. Nueva realidad, nuevos desafíos en políticas públicas en la ciudad de La Rioja. Informe Final Proyecto 31-65-088 Convocatoria 2014 - Expte. ME. 2514/14 - RSPU Nº 4537/2014. Ministerio de Educación, Secretaría de Políticas Universitarias, Programa Universidad y Transporte. Informe Final. Universidad Nacional de La Rioja.

Souza Bertazzo A. B. (2012) Estabelecimentos de Ensino. *In:* Portugal L. (*org.*) *Pólos Geradores de Viagens Orientados a Qualidade de Vida e Ambiental: Modelos y taxas de geração de viagens*. Rio de Janeiro, Brasil.

Portugal, L. S. (2012) *Pólos Geradores de Viagens Orientados a Qualidade de Vida e Ambiental: Modelos y taxas de geração de viagens.* Ed. Interciencia, Rio de Janeiro, Brasil

Provincia de La Rioja. Estadísticas de accidentes de la Policía de la Provincia de La Rioja.

Rodríguez, D., Santana, M., & Pardo, C. (2015) La motocicleta en América Latina: caracterización de su uso e impactos en la movilidad en cinco ciudades de la región. (Despacio, Ed.). Bogotá: CAF.

Van, N. T., Boltze, M., Tuan, V. (2013) Urban Accessibility in Motorcycle Dependent Cities – Case study in Ho Chi Minh City, Vietnam 13th WCTR, July 15-18, 2013 – Rio de Janeiro, Brazil.

Violeta Depiante (violeta.depiante@unc.edu.ar)
Patricia Maldonado (pamaldonado@unc.edu.ar)
Jorge Galarraga (jorge.galarraga@unc.edu.ar)
Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Universidad Nacional de Córdoba. Av. Vélez Sarsfield 1611, X5016GCA. Córdoba, Argentina.

# INDICADORES DE MOBILIDADE URBANA SUSTENTÁVEL: ESTUDO DE CASO PARA O CAMPUS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

**Sheila Elisângela Menini**
**Andressa Rosa Mesquita**
**Matheus Covelo Machado**
**Taciano Oliveira da Silva**
**Heraldo Nunes Pitanga**
**Afonso de Paula dos Santos**
Universidade Federal de Viçosa
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil

**RESUMO**
Considerando-se como área de estudo, o campus Viçosa da Universidade Federal de Viçosa - UFV, localizado em área contígua a cidade, que apresenta-se também como um lugar de conflitos entre pedestres, ciclistas, transportes individuais e transportes coletivos. As principais dificuldades que se apresentam são: o acesso ao Campus Viçosa devido a sua localização, que interfere diretamente na dinâmica da cidade e o tráfego de passagem com o intuito de diminuir os deslocamentos a algumas cidades circunvizinhas. Desta forma, este trabalho se justifica primeiramente, porque irá realizar um diagnóstico da situação atual do campus Viçosa da UFV no que diz respeito à mobilidade urbana. Em segundo lugar, porque irá criar uma metodologia capaz de calcular o Índice de Mobilidade Urbana Sustentável, baseado em importantes estudos já desenvolvidos nessa área do conhecimento, dando o enfoque para campus universitário a partir de levantamentos técnicos. A fim de elaborar uma metodologia capaz de avaliar as condições de mobilidade sustentável e auxiliar no planejamento de espaços físicos, essa pesquisa propõe a identificação dos aspectos relevantes que contribuem para a aplicação de modelos de mobilidade sustentável.

Sheila Elisângela Menini (sheila.menini@ifsudestemg.edu..br)
Andressa Rosa Mesquita (andressamesquitatp@hotmail.com)
Matheus Covelo Machado (matheus.covelo@gmail.com)
Taciano Oliveira da Silva (taciano.silva@ufv.br)
Heraldo Nunes Pitanga (heraldo.pitanga@ufv.br)
Afonso de Paula dos Santos (afonso.santos@ufv.br)
Programa de Pós-Graduação em Engenheira Civil, Universidade Federal de Viçosa
Av. Peter Henry Rolfs, s/n – Campus Universitário – Viçosa, MG, Brasil

# UM ESTUDO DE ESTRATÉGIAS PARA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA *CAR SHARING* NO CAMPUS CENTRAL DA UFRN

**Rafael Amorim V. de Moura**
**Rubens Eugênio B. Ramos**
Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Centro de Tecnologia – Departamento de Engenharia Civil

**RESUMO**
O aumento do número de matrículas na Universidade Federal do Rio Grande do Norte, aliada a cultura automobilística, gerou uma série de dificuldades à infraestrutura do Campus Central, como a falta de vagas de estacionamentos. Este trabalho objetivou avaliar a disposição dos universitários em adotar o compartilhamento de carros por meio de caronas e também estabelecer estratégias para implantação de um sistema *car sharing*. O modo de transporte utilizado, local de residência, gênero e aceitação ao sistema foram pesquisados através da aplicação de 501 questionários. Os principais resultados são: a disposição do estudante que utiliza automóvel para ir ao Campus em participar está associada principalmente à ajuda financeira, e o gênero é relevante para a proposta, pois as mulheres são mais restritivas em relação ao público que oferta as caronas. Com isso, propõe-se a implantação do sistema em duas fases por meio de benefícios aos futuros membros.

**ABSTRACT**
The increase on enrollment in the Federal University of Rio Grande do Norte, associated with automobile culture, has created a series of difficulties for the Central Campus infrastructure, such as lack of parking spaces. This study aimed to evaluate willingness of university students to share rides and also to establish strategies for the implementation of car sharing model. The transportation mode, place of residence, gender and acceptance of the system were surveyed with a sample of 501 students. The main findings are: the willingness of the student who uses the automobile to go to the Campus to participate is related to the financial aid, and gender is relevant to the proposal, since women are more restrictive in relation to the public of the rides. Finally, it is proposed to implement the system in two phases by means of benefits to future members.

## 1. INTRODUÇÃO

A Universidade do Rio Grande do Norte (UFRN) é atualmente o maior e o principal centro universitário do Estado, e conta com 113 cursos de graduação na modalidade presencial regular (PROGRAD, 2017). Segundo os dados apresentados pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP), o número de matrículas na graduação da UFRN aumentou nos últimos anos em um ritmo acelerado. Entre os anos de 2010 e 2015, o número de alunos matriculados passou de 22.253 para 26.611, o que representa um aumento percentual de 17.3%. Esse crescimento é ainda mais significativo quando se compara aos 17.174 estudantes regulamente matriculados em 2000, que resulta em um aumento de aproximadamente 52.0% até o período de 2015. No primeiro semestre de 2017, os relatórios quantitativos da Pró-Reitoria de Graduação (PROGRAD) apresentavam 26.771 alunos de graduação regulamente matriculados. Em relação ao número de funcionários (docentes e técnico-administrativos) registra-se um crescimento principalmente a partir do ano de 1998.

A exemplo das universidades internacionais, o Campus Central da UFRN, na cidade Natal, sofre diversas consequências da cultura automobilística universitária, como a alta demanda por novas vagas de estacionamento, os congestionamentos e as disputas por espaço físico entre os diversos modos de transporte (motos, carros e bicicletas). Programas de incentivo ao transporte coletivo são ferramentas de pouca aceitabilidade pelo estudante universitário potiguar que possui veículo particular, em decorrência da baixa qualidade do transporte público da cidade.

A meia passagem estudantil e a construção das ciclovias do Campus, apesar de importantes, não são suficientes para combater a cultura automobilística. Portanto, se torna necessário estudar e analisar uma nova medida não estrutural para a construção de uma cultura de mobilidade que incentive o transporte sustentável e o bem estar da comunidade acadêmica. Para isso, o compartilhamento de caronas (*Car Pool* ou *Car Sharing*) entre os estudantes é um provável programa para a redução do número de carros que chegam ao centro acadêmico, e reduziriam em boa parte os problemas em relação do espaço físico.

Desta maneira, este trabalho objetivou avaliar a disposição dos universitários do Centro de Tecnologia em adotar o compartilhamento de carros por meio de caronas e também estabelecer estratégias para implantação de um sistema *car sharing*.

## 2. *CAR POOL* E *CAR SHARING*

O carpool ou carona programada começou a ganhar espaço na década de 1970 em muitos países, e principalmente nos Estados Unidos, durante a crise do petróleo. Os primeiros sistemas eram compostos basicamente por pessoas que trabalhavam na mesma empresa e possuíam horários e rotas similares. Como ainda não havia tecnologias como os *smartphones*, as empresas forneciam quadros com os horários, os destinos e os nomes dos usuários do compartilhamento. As pessoas que não possuíam carros também poderiam participar se pagassem uma ajuda financeira pelo combustível. As empresas viam neste modelo de transporte, a solução viável para a redução da construção de edifícios garagens, e ofereciam descontos ou isenção no pagamento das diárias dos estacionamentos. Existem ainda relatos de esse sistema ter sido incentivado por políticas de planejamento de transportes através da isenção de pagamento de pedágios e a partir da implantação de faixas exclusivas aos veículos com mais de dois ocupantes (Ferraz e Torres, 2004).

Após duas décadas apagadas, o conceito foi revivido e ampliado apenas nos anos de 1990 com o nome de *car sharing*. Com o surgimento da tecnologia de geolocalização GPS e a popularização dos celulares anos depois, os especialistas das áreas de transportes começaram a desenvolver novos modelos para o sistema. Os primeiros sistemas eram baseados em estações fixas para aluguéis de carros, onde os usuários recolhiam o automóvel para realizar viagens regionais e o retornavam depois ao ponto de origem. As empresas que conduzem o aluguel de veículos existem até os dias atuais e são chamadas de locadoras de automóveis. Apesar de ter se popularizado no mundo inteiro, esse modelo inicial apresenta restrições referentes às cobranças de taxas extras (idade de risco, seguro, etc.) e à necessidade de um agendamento com antecedência. Nessa lógica, foi preciso criar novos modelos baseados em assinatura fracional, que permite o aluguel temporário com carona personalizada através de aplicativo de *smartphone* ou *website* (Fig. 1). Com isso, foi possível facilitar o uso do carro com estações flexíveis e preencher o automóvel com mais ocupantes. (Becker *et al.*, 2017).

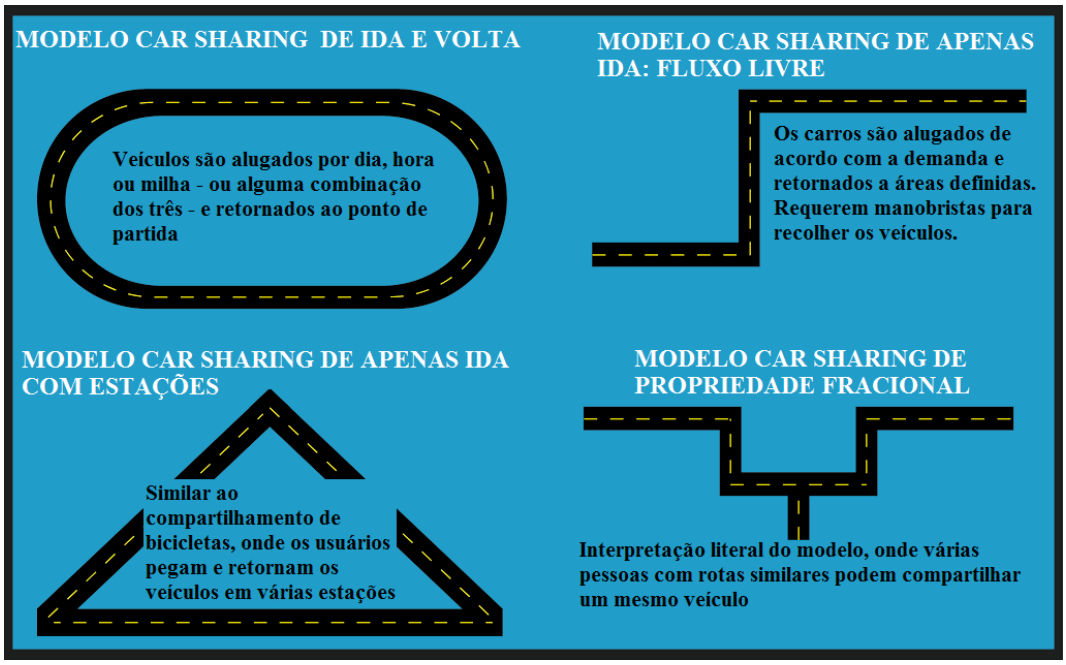



**Figura 1- Modelos de sistemas *car sharing*.**
Disponível em < http://economiadocompartilhamento.com.br/compartilhamento-de-veiculos-4-modelos-para-voce-se-livrar-do-carro-proprio/>. Acessado em Outubro de 2016. Adaptado pelo autor.

## 2.1. Perfil dos usuários do sistema

O sucesso de implantação de um sistema de *car sharing* depende basicamente do nível de atração e do comportamento do membro ou passageiro. O modelo de *car sharing* adotado também pode interferir diretamente na decisão dos usuários a participarem. Uma pesquisa foi realizada em Basileia, na Suíça, a partir de entrevistas com membros de dois tipos de modelos: o de ida com estações e o de ida com fluxo livre. Além dos membros, foi entrevistada uma parcela da população que detém carteiras de habilitação (não membros) para estabelecer o público com melhor perfil de aceitação ao sistema de compartilhamento (Becker, *et al*., 2017).

A comparação entre os membros de *car sharing* com pessoas que ainda não aderiram ao sistema é importante para estudar estratégias de atração. Dessa forma, Kopp *et al*. (2015) investigaram as principais diferenças de características entre grupos de membros e não membros do modelo Drivenow de fluxo livre, implantado na Alemanha. Os resultados apontam que os membros de *car sharing* geralmente utilizam múltiplos modos de transporte e estão mais abertos a aceitarem novos sistemas, enquanto os não membros são mais restritivos em utilizar outro modo que não seja aquele usual do seu dia-a-dia.

A disponibilidade e qualidade dos serviços dos outros modos de transportes também podem influenciar o comportamento e a decisão de participação no programa. Um estudo realizado na Holanda investigou os elementos atrativos aos potenciais usuários de um sistema de compartilhamento de veículos, e mostrou que a escolha do modo de transporte variou com o propósito e com a distância da viagem. Foi constatado ainda que o sistema poderia ser mais utilizado na realização de viagens de curta distância ou em viagens para fins recreativos (Kim *et al*., 2016).

Por outro lado, avaliar o perfil socioeconômico dos potenciais usuários de compartilhamento

de transporte individual é essencial para a sua eficiência e duração. Um estudo Irlandês avaliou, através de pesquisa exploratória com 2.500 entrevistados não membros, vários perfis de usuários de compartilhamento de veículos. Os perfis foram criados a partir de sistemas já implantados e os resultados foram comparados ao sistema GoCar, popular na Irlanda. Chegou-se a conclusão que os membros têm entre 25 e 49 anos, residem com poucas pessoas, são em sua maioria do sexo masculino, apresentam alto nível de escolaridade, são assalariados e não possuem veículo próprio (Rabbit e Ghosh, 2016).

Os estudos mencionados reportaram a maior presença do gênero masculino entre os membros devido principalmente a restrição das mulheres em torno da segurança, pois o compartilhamento de carro pode ser utilizado por qualquer pessoa que tenha acesso a um celular *smartphone*. Dos dois modelos avaliados na pesquisa de Basileia, na Suíça, o fluxo livre é aquele em que a diferença dos números de homens e mulheres possui uma dispersão maior que a diferença de sexo apresentada pelos entrevistados não membros, ou seja, o gênero interfere na decisão do compartilhamento neste modelo (Becker *et al*., 2017). Na pesquisa da Holanda, o fator gênero não foi relevante entre os entrevistados na decisão de participar do compartilhamento, mas apresentou uma disposição maior do gênero masculino em comprar um segundo carro para a casa (Kim *et al*., 2016).

Outro aspecto que deve ser levantando na avaliação de sistemas de compartilhamento de transporte individual é a média de idade dos membros ou dos potenciais usuários. Na Suíça, o modelo de fluxo livre é aquele que apresenta o maior número de jovens com mais da metade dos membros com menos de 36 anos. Considerando que a média de idade dos não membros girou em torno de 47 anos, este modelo talvez seja menos procurado para o ingresso de novos usuários do que o de estações (Becker *et al*., 2017). Já o estudo de caso da Holanda, concluiu que à medida que as pessoas envelhecem, elas tendem a ficarem menos interessadas em comprar um carro e se tornam assim potenciais usuários para as organizações de *car sharing* (Kim *et al*., 2016).

O grau de escolaridade também é um fator que pode potencializar a utilização dos serviços de *car sharing*. Na pesquisa da Suíça foi constatado que em ambos os modelos investigados havia em torno de 70% dos entrevistados com graduações no ensino superior, enquanto os não membros apresentava uma porcentagem discreta de 37% de graduados (Becker *et al*., 2017). Esses resultados são similares ao do estudo de caso realizado na Alemanha por Koppi *et al*. (2015), em que 70% dos membros do modelo de fluxo livre possuíam alto nível de escolaridade contra 41% da totalidade dos não membros. Na Holanda, o resultado em torno do grau de escolaridade confirmou que as pessoas com nível superior preferem aderir ao compartilhamento de carro ao invés de comprar o segundo carro para a família (Kim *et al*., 2016).

## 3. ESTUDO DE CASO

O Campus Central foi escolhido como objeto de estudo de implantação de um sistema de *car sharing* por determinar uma amostra representativa da cidade de Natal, detendo em torno de 26.771 estudantes de graduação regulares. O fato de possuir um público jovem semelhante e previsível, já que os estudantes apresentam similares níveis de escolaridade, caracteriza a análise e a validade dos resultados.

### 3.1. Metodologia

Após a definição do universo e da amostragem mínima da pesquisa, foram realizadas aplicações de questionários a 318 estudantes do Centro de Tecnologia e a 183 alunos da Escola de Tecnologia e Ciências, com intuito de detalhar as estratégias para um compartilhamento de veículos no Campus Central da UFRN. Este grupo de estudantes foi selecionado por representar os frequentadores do Campus que detém o maior número de proprietário de carros. O estudo foi voltado apenas aos alunos de graduação por possuírem faixa etária média entre 18 e 25 anos, pois é o público potencial para o desenvolvimento do trabalho, devido à facilidade de manuseio das tecnologias de *smartphone* pelos jovens. O modo de transporte utilizado, perguntas socioeconômicas e demais aspectos foram questionados para incorporar um usuário atrativo às estratégias propostas.

Os questionários aplicados ainda investigaram a decisão do estudante em oferecer e em pegar caronas em diversas situações condicionais, no qual o aluno poderia escolher múltiplas opções entre os seguintes itens: para/com ninguém, apenas para/com amigos, para/com qualquer colega do curso e para/com qualquer estudante da UFRN. Como foi apresentado no item 2.1, o comportamento do usuário que participa de um sistema de compartilhamento de transporte individual é um dos fatores determinantes para o seu sucesso e uso.

Os dados dos questionários foram processados, interpretados e cruzados no software estatístico *IBM SPSS*, que permite a produção de gráficos descritivos das diversas perguntas apresentadas. Um mapa também foi criado no software *Tableau* para a visualização da distribuição dos alunos através dos bairros da cidade de Natal. Como complemento ao estudo do comportamento do estudante, foram realizadas distribuições em qui-quadrado ($x^2$) entre a variável gênero e a resposta "para/com qualquer estudante da UFRN" em cada condição de carona, a fim de analisar se as mulheres são mais restritivas em oferecer e pegar caronas com qualquer universitário. O valor de relevância estatística foi o coeficiente de Pearson ($\rho < 0.05$).

### 3.2. Modo de transporte e distribuição espacial dos estudantes

As respostas dos modos de transportes utilizados mostram que a maioria dos alunos (92.24%) vai ao Campus Central através de carro e ônibus (Fig.2). Existem pequenas parcelas que frequentam a universidade a pé (4.96%), de bicicleta (0.83%), ou de moto (2.98%). Com relação à origem de deslocamento dos entrevistados, são apresentadas as respostas referentes aos principais municípios da região metropolitana da Grande Natal. A maioria percentual (72.7%) reside na capital enquanto a outra parcela se concentra nas cidades de Parnamirim e São Gonçalo do Amarante. Foram respondidos ainda cinquenta e quatro nomes de bairros diferentes dentre esses municípios. Os bairros com os maiores números de estudantes entrevistados foram: Candelária (9.2%), Capim Macio (8.0%), Lagoa Nova (11.4%), Nova Parnamirim (13.8%), Ponta Negra (5.0%) e Tirol (5.0%).

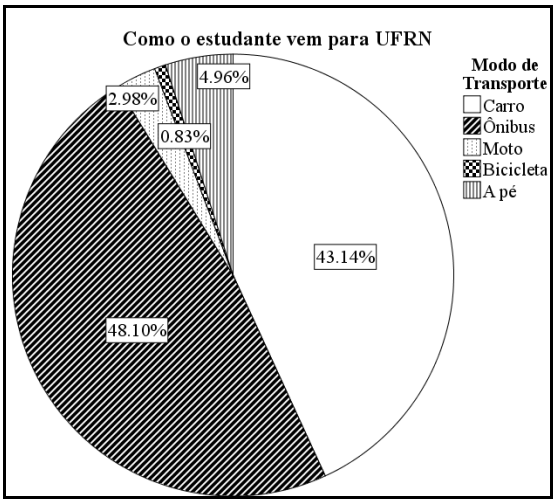



**Figura 2 - Modos de transporte utilizado pelos estudantes entrevistados.**

Na distribuição espacial dos entrevistados que vão de carro ao Campus, existe um corredor de concentração (região mais escura) na Zona Sul da região Metropolitana, entre os bairros de Tirol e Nova Parnamirim (Fig. 3a). O resultado é validado pelo mapa da taxa de motorização da cidade de Natal, que apresenta corredor semelhante na região mais clara (Fig. 3b). Os bairros que os estudantes residem apresentam posses de carros com valores entre 400 a 700 automóveis por 1000 habitantes, que podem projetar um cenário futurístico da cidade ao padrão europeu (teto de 600) em uma melhor hipótese ou ao americano (teto de 800) em um pior contexto. Essas projeções tendem a impactar negativamente a mobilidade do Campus Central, caso não seja realizada uma medida de interferência. Quase metade dos estudantes entrevistados utiliza automóvel e a tendência é que este número continue aumentando com a ascensão da renda familiar dos alunos.

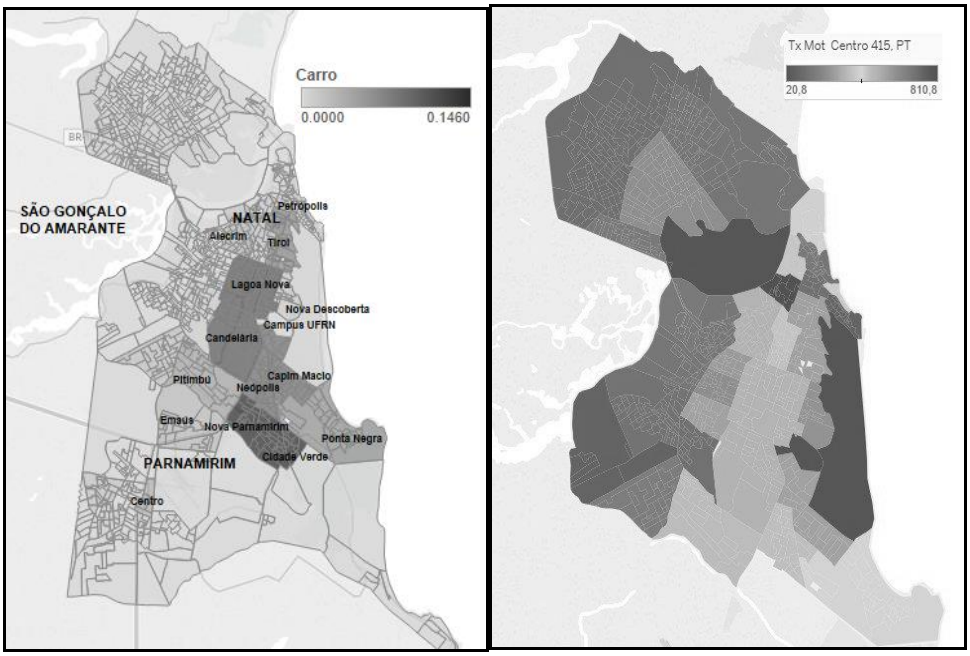



**Figura 3 - (a) Distribuição dos entrevistados usuários de carro; (b) Taxa de Motorização dos Bairros de Natal (Fonte: IBGE; DETRAN/RN, 2016)**

### 3.3. Aceitação ao sistema

Apesar de o *car sharing* ser uma temática bastante atual e ainda estar em processo de desenvolvimento no mundo, 68.1 % dos entrevistados afirmaram já terem ouvido falar sobre o modelo. Quando questionados se dariam carona para outros alunos da UFRN, 51.5% dos estudantes que vão de carro responderam que "sim", 43.8% responderam "talvez" e apenas 4.6% dos entrevistados disseram que não dariam. Esses resultados apontam a disposição dos estudantes em oferecer carona de forma positiva, julgando que aqueles que responderam "talvez" também sejam potenciais participantes para o sistema.

Ao serem questionados sobre a máxima quantidade de pessoas que dariam carona por viagem, 98% dos entrevistados responderam que ofereceriam para mais de duas pessoas (Fig. 4). Isto indica que o sistema de *car sharing* proposto determinaria uma taxa de ocupação média de pelo menos três passageiros por veículo, somando-se as duas pessoas que recebem carona com o motorista do carro. Além disso, a porcentagem expressiva de 31.85 % do total de estudantes daria carona para quatro pessoas, o que sugere um cenário de compartilhamento em que aproximadamente 1/3 dos carros estariam preenchidos com sua taxa de ocupação máxima (5 passageiros por veículo).

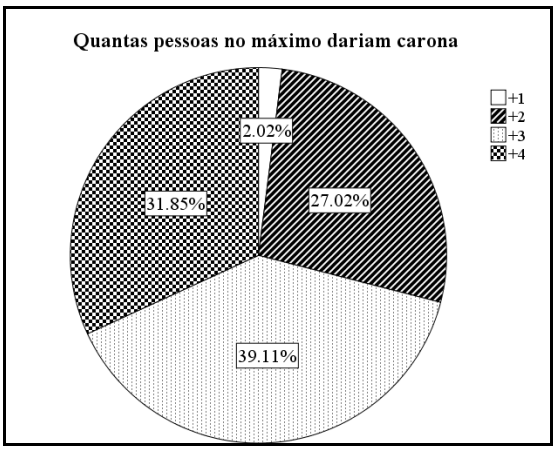



**Figura 4 - Quantidade máxima de pessoas para as quais os respondentes dariam carona.**

O compartilhamento de veículos visa não só o oferecimento de caronas pelos estudantes que possuem carro, mas também a redução da quantidade de veículos que chegam e estacionam no Campus. A situação universitária atual é composta pela presença de automóveis chegando à maioria das vezes com apenas um ocupante, nota a busca por vagas de estacionamento um problema diário. Portanto, os estudantes que possuem carros devem participar do compartilhamento de modo a também pegarem caronas. Aos serem questionados se pegariam caronas, 51.2% dos estudantes que vão de carro disseram que "sim", 43.8 % disseram "talvez" e apenas 5.0 % disseram que não aceitariam pegar caronas. Novamente, os dados apresentados garantem que mais da metade dos estudantes está disposta a utilizar o sistema de alguma forma (oferecendo ou pegando carona).

### 3.4. Fatores que afetariam o comportamento para o compartilhamento

A pesquisa exploratória mostrou que a maioria dos estudantes que chegam a UFRN está disposta a participar de um programa de compartilhamento de caronas. Os resultados apontam ainda que estudantes que oferecem a carona estão mais interessados na questão financeira, devido aos altos custos de manutenção e operação dos automóveis (Fig. 5). O alto preço da

gasolina induziria o estudante a oferecer carona caso recebesse ajudas diárias, semanais ou mensais ou caso fosse isento de pagar os estacionamentos do Campus. Em relação a pegar caronas, os entrevistados possuem uma atitude mais restritiva, pois preferem ir ao Campus nas condições financeiras apenas com estudantes do mesmo curso.

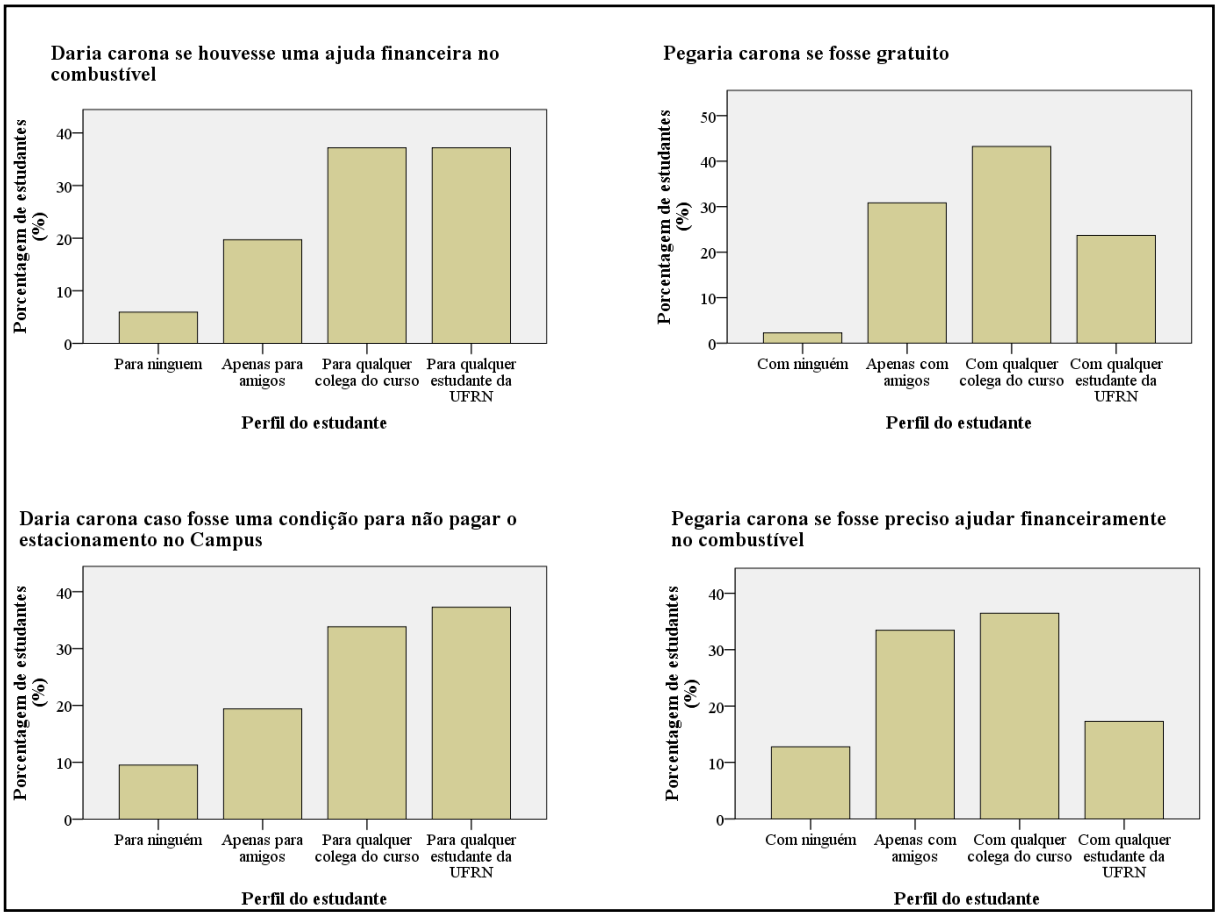



**Figura 5 - Condições financeiras que interferem na decisão do compartilhamento.**

### 3.5. Gênero

Além do comportamento de aceitação dos estudantes, um estudo sobre o gênero é de extrema importância para o desenvolvimento de um sistema de compartilhamento de carros. As pesquisas realizadas na Europa, em sistemas de *car sharing* já implantados, mostram que a maioria dos membros é do sexo masculino, pois as mulheres geralmente são mais receosas em relação à segurança. No presente estudo, evidenciou-se que 66.5% dos estudantes entrevistados eram do gênero masculino e 33.5% do gênero feminino. Tal achado corrobora o perfil predominantemente masculino dos cursos de Engenharia e Ciência e Tecnologia.

Quando questionadas se participariam do sistema apenas com pessoas do mesmo gênero, 73.4% das mulheres responderam que não. O resultado mostra que as estudantes não se importam em compartilhar caronas com pessoas do gênero oposto, desde que façam apenas com amigos ou colegas de curso. Houve diferença estatisticamente significante entre o gênero e quase todas as condições de decisão, segundo os resultados do teste de qui quadrado demonstrados na Tabela 1. Ou seja, as respostas "para/com qualquer estudante da UFRN" entre os homens e mulheres foram estatisticamente significantes, pois o gênero feminino obteve proporcionalmente menos respostas que os homens.

Dentre as condições demonstradas na Tabela 1, a única que não obteve diferença estatisticamente significativa foi aquela em que o estudante ofereceria carona caso colaborasse para a redução da quantidade de carros no Campus (p=0,062). Ou seja, tanto homens como mulheres ofereceriam caronas a qualquer universitário, independente de curso ou grau de amizade, de modo que o principal motivo do oferecimento fosse a redução do número de veículos que estacionam.

No caso da aceitação da carona para a mesma condição (colaborar na redução da quantidade de carros no Campus), a taxa de respostas das mulheres foi menor para "com qualquer universitário" e maior para "com apenas colegas do curso", quando comparada aos homens. Logo, os homens que vão de carro tendem a participar da proposta com qualquer universitário enquanto as mulheres são mais restritivas ao público que oferta a carona.

**Tabela 1 - Testes de Qui Quadrado entre gênero e resposta "para/com qualquer estudante da UFRN".**

| ***ESTUDANTE QUE VAI DE CARRO PARA UFRN*** | | |
|---|---|---|
| ***Daria carona se a condição ou motivo for...*** | ****p-valor*** | ***Há diferença estatística de gênero?*** |
| Caso haja uma ajuda financeira no combustível | 0,013 | Sim |
| Caso fosse uma condição para não pagar estacionamento no Campus | 0,034 | Sim |
| Para ajudar na redução da emissão de $CO_2$ | 0,034 | Sim |
| Para colaborar na redução da quantidade de carros no Campus | 0,062 | Não |
| Se não me tirar muito do caminho/rota para o Campus | 0,044 | Sim |
| ***Pegaria Carona se a condição ou motivo for...*** | | |
| Se for gratuito | 0,000 | Sim |
| Se for preciso ajudar financeiramente no combustível | 0,002 | Sim |
| Para ajudar um estudante a não pagar estacionamento no Campus | 0,000 | Sim |
| Para ajudar na redução da emissão de $CO_2$ | 0,016 | Sim |
| Para colaborar na redução da quantidade de carros no Campus | 0,001 | Sim |
| Apenas se pegar na minha casa | 0,012 | Sim |

## 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os serviços de transporte individual (*car sharing*) incorporam um artifício de compartilhar viagens em automóveis através de caronas ou aluguel de veículos a fim de reduzir o número de carros que trafegam nas ruas e também o número de vagas de estacionamento necessárias. Utilizar o Campus Central da UFRN como objeto de estudo é uma estratégia para projetar os 26.771 frequentadores regulares do universo da pesquisa para a cidade de Natal.

O público alvo da pesquisa foram jovens, devido ao maior acesso desta porção da população aos s*martphones* e às redes sociais. A universidade apresenta em sua maioria estudantes universitários de graduação com faixa etária média entre 17 e 25 anos, que estão conectados diariamente com as novas tecnologias. Logo, pode-se concluir que este seja um potencial local para o sucesso do sistema proposto. Todavia, deve-se ter cautela na extrapolação dos dados para todo o Campus, uma vez que a amostra selecionada para esta pesquisa correspondeu apenas a alunos do Centro de Tecnologia.

Uma limitação apresentada em relação à implantação do sistema é o fato que os potenciais ofertantes de caronas (estudantes que vão de carro) moram em bairros de regiões que

circundam o Campus (Candelária, Capim Macio, Lagoa Nova, Nova Parnamirim, Ponta Negra e Tirol). Esse aspecto talvez possa inviabilizar caronas aos estudantes que morem em regiões mais afastadas como bairros de São Gonçalo do Amarante e do centro de Parnamirim, geralmente usuários de transporte coletivo. Contudo, a iniciativa proposta aqui pode ser projetada para um futuro onde exista um cenário de aumento de renda e de posses de carros nos bairros mais afastados.

O sistema de compartilhamento de veículos para o Campus não visaria primeiramente fins lucrativos como uma empresa, mas sim melhorar a mobilidade dos estudantes e reduzir o uso de solo destinado a estacionamento. O melhor modelo proposto seria então o de propriedade fracional, já que os estudantes que vão de carro poderiam compartilhar caronas diárias na rota de suas residências para a universidade, passando em pontos estratégicos para pegar os alunos.

Por ultimo, é recomendável que um sistema de compartilhamento de caronas no Campus seja implantado em duas fases. Na fase inicial do sistema, as vagas localizadas próximas aos prédios do Campus seriam reservadas apenas aos estudantes que aderissem ao compartilhamento. Já na segunda fase de implantação, o sistema de compartilhamento funcionaria em conjunto com a cobrança de tarifa em todos os estacionamentos e com a isenção desta aos membros do *car sharing*. Essa medida garantiria que os estudantes que compartilham caronas estacionem gratuitamente e também induziria os motoristas indecisos a aderirem o novo sistema. Além disso, os estudantes teriam acesso a um sistema de *car sharing* gratuito sem a necessidade de fornecer uma ajuda financeira no combustível.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Becker, H.; F. Ciari e K. W. (2017) Comparing car-sharing schemes in Switzerland: User groups and usage patterns. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, v. 97, p. 17-29.

Brown, J.; D. B. Hess e D. Shoup (2001) Unlimited access. *Transportation*, v. 28, n. 3, p. 233-267.

Castro, S. (2015) *Graduação na UFRN aumenta demanda e se expande para o interior do RN***.** 2015. Disponível em: <http://portalnoar.com/graduacao-na-ufrn-aumenta-demanda-e-se-expande-para-o-interior-rn/>. Acesso em: 10 out. 2016.

Dargay, J.; D. Gately e M. Sommer (2007) Vehicle ownership and income growth, worldwide: 1960-2030. *The Energy Journal*, p. 143-170.

Ferraz, A. C. P.; I. G. E. Torres (2004) *Transporte público urbano* (2ª ed.). RiMa Editora, São Carlos, SP.

Galhardi, E.; P. Pacini e I. V. Neves (2007) Conduzindo o progresso: a história do transporte e os 20 Anos da NTU. *NTU*, Brasília.

Grava, S. (2002). *Urban transportation systems: Choices for communities* (1ª ed.). McGraw-Hill Education. New York, NY, USA.

Kim, J.; S. Rasouli e H. Timmermans (2017) Satisfaction and uncertainty in car-sharing decisions: An integration of hybrid choice and random regret-based models. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, v. 95, p. 13-33.

Kopp, J.; R. Gerike e K. Axhausen (2015) Do sharing people behave differently? An empirical evaluation of the distinctive mobility patterns of free-floating car-sharing members. *Transportation*, v. 42, n. 3, p. 449-469.

Lores, R.J. (2013) Cultura do carro nos EUA vive marcha a ré. *Folha de São Paulo***.** Washington, p. 0-1. Disponível em: <http://www1.folha.uol.com.br/mundo/2013/07/1314585-cultura-do-carro-nos-eua-vive-marcha-a-re.shtml>. Acesso em: 02 jun. 2017.

Madeiro, C. (2015) Ativistas pintam carros em protesto por estacionamento em ciclovia em Natal. *Uol***.** Maceió, p. 0-1. 21. Disponível em: <https://noticias.uol.com.br/cotidiano/ultimas-noticias/2015/10/21/ativistas-pintam-carros-em-protesto-por-estacionamento-em-ciclovia-em-natal.htm>. Acesso em: 05 out. 2016.

Menezes, F. Z. (2016). Uber e Lyft querem substituir transporte público. *Gazeta do Povo***.** Paraná, p. 0-1. Disponível em: <http://www.gazetadopovo.com.br/vida-e-cidadania/futuro-das-cidades/uber-e-lyft-querem-substituir-transporte-publico-bl0l0wq7w93a48myotoy6tkye>. Acesso em: 15 out. 2016.

Miller, J. H. (2001) Transportation on college and university campuses: A synthesis of transit practice (Transit Cooperative Research Program Synthesis. No. 39. *Washington, DC: Transportation Research Board*,

Moura, R. A. V. (2017) Um estudo de estratégia e impacto do compartilhamento de carros na mobilidade do Campus Central da UFRN. 92f. *Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil)*, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

Neto, O. L. (2001) *Transportes no Brasil: história e reflexões*. GEIPOT, Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes, Ministério dos Transportes.

Nijland, H.; J. V. Meerkerk (2017) Mobility and environmental impacts of car sharing in the Netherlands. *Environmental Innovation and Societal Transitions*.

Nuworsoo, C. K. (2005) Discounting transit passes. *City and Regional Planning*, p. 19.

Pline, J. L. (1992.). *Traffic engineering handbook* (4ª ed.). Prentice Hall, NJ, USA.

Rabbitt, N.; B. Ghosh (2016) Economic and environmental impacts of organised Car Sharing Services: A case study of Ireland. *Research in Transportation Economics*, v. 57, p. 3-12.

Silva, Y. (2017) Acidentes com motos deixam 24 feridos por dia no RN. *Tribuna do Norte***.** Natal, p. 0-1. Disponível em: <http://www.tribunadonorte.com.br/noticia/acidentes-com-motos-deixam-24-feridos-dia/373405>. Acesso em: 27 maio 2017.

Stiel, W. C. (2001) *Ônibus: uma história do transporte coletivo e do desenvolvimento urbano no Brasil*. ANTP Cultural.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE (2007) *Plano diretor do campus central da UFRN*. Natal. Disponível em < https://infra.ufrn.br/docs/PD_Campus_UFRN.pdf>. Acessado em:26 mar. 2017.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE (2017) *PROGRAD***.** Disponível em: < http://www.prograd.ufrn.br/>. Acesso em: 17 maio 2017.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE (2017) *Sobre a UFRN***.** Disponível em: <http://www.ufrn.br/institucional/sobre-a-ufrn>. Acesso em: 17 maio 2017

Vuchic, V.R. (2007) *Urban transit systems and technology*. John Wiley & Sons.

Williams, M. E.; K. L. Petrait (‘993) U-Pass: A model transportation management program that works. *Transportation Research Record*, v. 1404, p. 73.

Rafael Amorim V. de Moura (rafaelvianamoura@gmail.com)
UFRN - Centro de Tecnologia - Av. Senador Salgado Filho, 3000 - Lagoa Nova CEP 59078-970 - Natal/RN
Rubens Eugênio B. Ramos (rubensramos@gmail.com)
UFRN - Centro de Tecnologia - Av. Senador Salgado Filho, 3000- Lagoa Nova CEP 59078-970 - Natal/RN

# AVALIAÇÃO DO NÍVEL DE RESILIÊNCIA DE SISTEMAS DE TRANSPORTES

**Camila Maestrelli Leobons**
**Vânia Barcellos Gouvêa Campos**
**Renata Albergaria de Mello Bandeira**
Instituto Militar de Engenharia

**RESUMO**
O sistema de transportes é fundamental para a atividade diária da cidade e qualquer redução na sua performance pode comprometer diversos setores desde a qualidade de vida da população até a economia em efeito dominó. Dessa forma, diante das diversas ameaças ao seu funcionamento, medidas de resiliência são ferramentas úteis para avaliar e prever o impacto de perturbações, assim como para analisar estratégias para reduzir este impacto por meio de ações de antecipação, mitigação e recuperação. Diante dessa preocupação de lidar com incertezas e desafios de perturbações aos sistemas de transportes, a dissertação tem como objetivo definir um conjunto de indicadores para medir o nível de resiliência em sistemas de transportes que auxiliará na identificação de regiões críticas.

Camila Maestrelli Leobons (camila@maestrelli.org)
Vânia Barcellos Gouvêa Campos (vaniabgcampos@gmail.com)
Renata Albergaria de Mello Bandeira (re.albergaria@gmail.com)
Seção de Fortificação e Construção, Pós-Graduação em Engenharia de Transportes
Instituto Militar de Engenharia
Praça General Tibúrcio, 80, Praia Vermelha, Rio de Janeiro – RJ

# UMA ESTRATÉGIA PARA AVALIAÇÃO DA RESILIÊNCIA NA MOBILIDADE URBANA

**Marcel Carlos da Mata Martins**
**Antônio Nélson Rodrigues da Silva**
Universidade de São Paulo
Escola de Engenharia de São Carlos

**RESUMO**
O objetivo deste estudo é desenvolver uma estratégia de avaliação da resiliência da mobilidade urbana, baseada na suposição de que modos motorizados não estariam disponíveis. Portanto, apenas os modos a pé e bicicleta foram considerados para este exercício teórico. As viagens foram inicialmente classificadas em dois grupos, de acordo com sua adaptabilidade ou transformabilidade, sendo as do primeiro grupo consideradas resilientes. Uma terceira categoria teve que ser introduzida para representar outro conjunto de viagens resilientes. Estas são as viagens excepcionais, isto é, viagens a pé ou de bicicleta que são mais longas do que as Distâncias Máximas Possíveis (DMP) definidas para avaliação da resiliência. O cenário mais pessimista (0 km) mostrou uma resiliência de 40,4%, e a resiliência máxima (100%) foi atingida com 11 km. Foi possível então, ajustar uma curva teórica para representar a variação da resiliência. Os resultados também revelaram um padrão para cada segmento de resiliência devido à forma da cidade.

**ABSTRACT**
This study aims at the development of a strategy, which is based on the assumption that motorized modes would not be available, for evaluating the resilience of urban mobility. Therefore, only walking and cycling were considered as urban transport modes for the purpose of this theoretical exercise. The trips were initially classified in two groups, according to their adaptability or transformability. Those in the first group are considered resilient trips, but a third category had to be created to represent another set of resilient trips. These are the exceptional trips, i.e. walking or cycling trips that are longer than the Maximum Possible Distances (MPD) defined for the evaluation of resilience. The worst scenario (0 km) presented 40.4% of resilience, while the maximum resilience (100%) was achieved in 11 km. It was possible then, to adjust a theoretical function to represent the variation of the resilience. The results also showed a pattern for each segment of resilience due to differences in the urban form.

## 1. INTRODUÇÃO

O papel dos combustíveis fósseis no setor de transportes é crucial (Fernandes et al., 2015) e crescente, especialmente em países em desenvolvimento (Schwanen, 2016). Hubbert (1949) levantou a questão para o chamado “pico do petróleo”, onde a oferta de combustível pode chegar a um ponto máximo e então cair por definitivo, causando preocupação nos setores dependentes do petróleo, entre eles o de transportes.

O espraiamento urbano também é fator agravante na vulnerabilidade dos transportes. Sua expansão de baixa densidade aumenta as distâncias, causando maior dependência de veículos motorizados. Esse fenômeno tem como consequência o aumento no consumo energético (Newman & Kenworthy, 2011; Saunders & Rodrigues da Silva, 2009; Rodrigues da Silva et al., 2007), ou seja, maior demanda por combustíveis fósseis. O efeito disso é a substituição de modos alternativos de viagem, como a pé e bicicleta, por modos motorizados, até mesmo em curtas distâncias. Tudo isso torna as regiões urbanas ainda menos resilientes frente a algum evento que limite a oferta de combustíveis. Dessa forma, este trabalho visa elaborar uma estratégia para avaliação da resiliência na mobilidade urbana. Foca-se na restrição ao transporte motorizado. Assim, assume-se hipoteticamente que as viagens poderiam ser feitas apenas a pé ou de bicicleta.

Este trabalho está constituído de 5 itens, com o primeiro sendo esta introdução. O segundo item trata de uma revisão de temas que englobam a resiliência na mobilidade. O terceiro item contém a metodologia utilizada para medir o nível de resiliência. O quarto item apresenta e discute os resultados da pesquisa. Por fim, o quinto item lista as principais conclusões tiradas do trabalho, seguido da lista de referências citadas.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

Este item aborda quatro aspectos. O primeiro é a crescente demanda por combustíveis fósseis no setor de transportes. O segundo trata do fenômeno do espraiamento e sua influência na dependência por veículos motorizados. O terceiro aspecto é a substituição, em viagens de curta distância, de caminhadas e das bicicletas pelo transporte motorizado. Por fim, o quarto aspecto enquadra o termo Resiliência na Mobilidade de Fernandes et al. (2015) para definir a análise feita neste trabalho. É feita também uma revisão de trabalhos relacionados ao tema.

Os combustíveis fósseis têm papel primordial no fornecimento de energia no setor de transportes. Cinquenta e sete por cento da energia consumida no setor é advinda do petróleo, enquanto outros 3% vem do gás natural (Fernandes et al., 2015). Embora estudos mostrem a redução do uso do automóvel em países desenvolvidos (Newman & Kenworthy, 2011), o modo motorizado vem em crescente demanda em países em desenvolvimento (Schwanen, 2016). Hubbert (1949) foi o primeiro a apontar a diminuição da oferta de combustíveis fósseis. Dantas et al. (2010), seguindo o trabalho de Hubbert, denominaram o "pico do petróleo" como o ano em que a oferta de combustível atinge seu patamar máximo, e então, decai sem possibilidade de recuperação. Fatores como a flexibilidade e liberdade pessoal incorporadas ao automóvel, bem como o fatoda indústria do petróleo ainda ser extremamente lucrativa, torna improvável que a demanda por veículo movidos a combustíveis fósseis diminua nos próximos anos.

O espraiamento urbano pode ser considerado outro fator que incentiva o uso de veículos motorizados. Denominado por Brunner (2013) como fenômeno de expansão além dos limites urbanos, o espraiamento pode causar altos níveis de segregação e dependência do automóvel. Essas expansões de baixa densidade provocam aumento nas distâncias de viagens, justificando ainda mais o uso de veículos motorizados. Em seu estudo nas regiões de Yorkshire and the Humber, Lovelave & Philips (2013) apontaram para o fato de que 1/3 das viagens realizadas diariamente ultrapassavam os 10 km, enquanto consumiam 3/4 do total energético da região. Alguns autores (Shim et al., 2006; Dantas et al., 2010; Buehler et al., 2011; Hamidi & Ewing, 2015) oferecem soluções para o fenômeno. O uso misto do solo, assim como políticas de descentralização são apontadas como estratégias de combate ao espraiamento (Buehler et al., 2011 e Zhang & Kockelman, 2014).

Inversamente proporcional ao aumento no transporte motorizado, é a diminuição de modos ativos, especialmente em viagens de curta distância. Como foi mostrado por Hydén et al. (1999), a média de viagens realizadas a pé na Europa não ultrapassa 1 pessoa/dia, com distância máxima de 1 km. As viagens de bicicleta, por sua vez, têm em média 2,5 pessoa/dia, limitadas a 5 km. Outros autores (Yang & Diez-Roux, 2012; Larsen et al., 2010 e Oliveira et al., 2016) também apontam a limitação das distâncias por modo a pé em 1 km, e por bicicleta, em até 3 km. Todavia, na adoção de valores para simulações, alguns autores expandem essa distância. Dantas et al. (2010), por exemplo, no seu trabalho de avaliação de risco ao transporte diante de redução na oferta de combustível, adotam 2 km para o modo a pé e 15 km

para bicicleta. Já Philips (2014) assume 8 km, valor recomendado pelo governo britânico, como limite para as viagens diárias de bicicleta.

Além do próprio veículo motorizado, outros fatores também contribuem para a diminuição dos modos ativos em viagens de curta distância. Hydén et al. (1999) listaram o valor social (do veículo), a saúde, a estética do ambiente, o conforto do caminho, a mobilidade e a segurança como fatores para a escolha de modos ativos. Relevo, clima, idade e distância entre origem e destino também foram apontados como importantes fatores de influência por outros autores (Bohannon, 1997; Moudon et al., 2006; Horning et al., 2007; McCormack et al., 2008; Philips, 2014 e Fernandes et al., 2015).

Com base nas condições de provável escassez/diminuição de oferta de combustíveis e dependência do transporte motorizado, é inserido o conceito de resiliência. Dentre as definições encontradas (Folke et al., 2010; Walker & Cooper, 2011; Schwanen, 2016), entende-se a resiliência como a capacidade de adaptação diante de uma situação de risco a um sistema. Em relação à resiliência relacionada a combustíveis fósseis, alguns trabalhos merecem menção. Exner et al. (2016) avaliam a "resiliência comunitária" pós-pico do petróleo de municípios da Áustria como moderada, onde regiões de maior atividade rural são mais resilientes, pois conseguem manter a distribuição de alimentos para a comunidade.

Dantas et al. (2010), mesmo sem utilizar o termo "resiliência", avaliam o risco ao transporte e no planejamento urbano para o caso de uma diminuição na oferta de combustível. Em seu trabalho, eles dividem as viagens em três níveis, a depender da sua essencialidade:

- *Opcionais*: viagens que podem ser eliminadas sem prejuízo ao bem-estar;
- *Necessárias*: viagens que eliminadas, causam prejuízo social e econômico;
- *Essenciais*: viagens que pessoas teriam dificuldade em eliminar, uma vez que isto causaria danos à saúde, à economia, e limitaçãoao acesso a necessidades básicas.

O mesmo é feito com o nível de impacto:

- *Baixo Impacto*: a disparidade de fornecimento não restringe viagens;
- *Médio Impacto*: viagens *opcionais* são eliminadas;
- *Alto Impacto*: viagens *necessárias* são eliminadas;
- *Impacto Muito Alto*: viagens *essenciais* são eliminadas.

Seus resultados mostraram que a região de Christchurch, no ano de 2041 teria maior possibilidade de mudança do modo motorizado para os modos a pé e bicicleta, caso adotasse uma estrutura mais concentrada. Rendal et al. (2011) também usaram essa mesma região para introduzir o conceito de *Active Mode Accessibility* (AMA), ou seja, a proporção de atividades que podem ser feitas através de modos ativos. Os autores mostraram que todas as atividades da região poderiam ser realizadas por modo a pé, bicicleta ou por transporte público.

Philips (2014) utiliza o termo "resiliência evolucionária" ao aplicar micro simulação para avaliar o potencial de caminhada e uso de bicicleta para viagens diárias diante de uma crise de combustíveis na Inglaterra. Ele indica que somente 44% das viagens poderiam ser efetuadas nessa situação.

Durante a pesquisa por trabalhos envolvendo o tema da resiliência no transporte urbano, notou-se que a quantidade de material existente ainda não é expressiva, especialmente ao tratar da escassez de combustível. Os trabalhos encontrados também estão focados em regiões de países desenvolvidos, onde a expansão urbana ocorreu de forma distinta de países em desenvolvimento, como por exemplo, o Brasil.

Dessa forma, a fim de somar ao debate da resiliência relacionada a combustíveis fósseis, este trabalho desenvolve e aplica uma metodologia de avaliação da resiliência em uma cidade brasileira. O termo "resiliência na mobilidade" (Fernandes et al., 2015) aqui adotado pode ser entendido como o potencial de persistir e se adaptar diante de um risco à mobilidade urbana. O foco desse trabalho é na restrição aos veículos motorizados, seja por escassez de combustível ou pela diminuição da oferta. A resiliência é segmentada de acordo com Folke et al. (2010): *persistência*, *adaptabilidade*, *transformabilidade*. A *persistência* define o uso do mesmo modo antes e depois da restrição, sem prejuízo ao bem-estar do indivíduo. A *adaptabilidade* indica a mudança de modo de transporte para que a viagem permaneça acontecendo. Por fim, a *transformabilidade* se insere onde nenhum dos outros segmentos são possíveis, ou seja, existe considerável impacto social e econômico nesse segmento.

## 3. METODOLOGIA

Este item apresenta uma proposta para avaliação da resiliência na mobilidade urbana. O primeiro tópico aborda as Distâncias Máximas Possíveis e a forma de medição de distâncias entre zonas de tráfego. O segundo tópico explica a segmentação que será usada para as viagens, baseada em Folke et al. (2010). Quanto aos tipos de viagens analisados, essa definição foi feita a partir do trabalho de Dantas et al. (2010), discutido no item 2. As viagens escolhidas foram as consideradas *necessárias* e *essenciais*, com nível de impacto *alto* e *muito alto*, respectivamente.

### 3.1. Distâncias Máximas Possíveis

A metodologia parte da suposição de que é possível o indivíduo percorrer certas distâncias apenas caminhando ou de bicicleta. As chamadas Distâncias Máximas Possíveis (DMPs) são valores que tem como objetivo limitar - teoricamente - o uso do transporte ativo na cidade. Assim, ao estabelecer uma DMP para o modo a pé e outra para o modo bicicleta, supõe-se que não é possível percorrer distâncias maiores por estes modos. A única condição ao estipular as DMPs, é que o modo a pé deverá ter uma distância menor ou igual ao modo bicicleta, nunca maior. Após estabelecer os valores das DMPs a pé e de bicicleta para cada cenário, são delimitados os tipos de viagens a serem usados na pesquisa. Em seguida, são medidas as distâncias entre os centroides de todas as zonas de tráfego entre si, através de um Sistema de Informações Geográficas (SIG) (Figura 1).

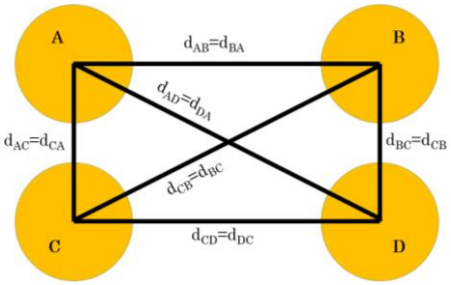



**Figura 1**. Distância entre centroides de zonas hipotéticas.

Com as distâncias entre as zonas de tráfego em mãos, estas são comparadas com os valores das DMPs. Supondo X e Y para as DMPs a pé e de bicicleta, respectivamente, seguem as seguintes condições:

- Se $d \leq X$, o trajeto entre as zonas pode ser feito a pé ou de bicicleta;
- Se $X < d \leq Y$, a distância é muito longa para ser feita a pé, mas pode ser feita de bicicleta;
- Se $d > Y$, a distância entre as zonas é demasiadamente extensa para ser percorrida diariamente sem o uso de veículo motorizado. Caso haja restrição, a viagem é afetada.

As DMPs adotadas irão variar de acordo com os cenários que serão apresentados. Cenários mais pessimistas terão DMPs de menor valor, enquanto cenários mais otimistas terão DMPs com valores maiores.

As viagens intrazonais, devido a sua curta distância, serão representadas de forma pontual, pelo centroide da zona. Assim, terão suas distâncias consideradas iguais a zero ($d_{AA} = d_{BB} = d_{CC} = d_{DD} = 0$), podendo ser feitas a pé ou de bicicleta.Viagens entre diferentes zonas terão a mesma distância, independente do sentido. Por exemplo, uma viagem da zona A à B terá a mesma extensão da viagem de B à A ($d_{AB} = d_{BA}$).

### 3.2. Segmentação da resiliência

Estabelecidas as distâncias que podem ser feitas a pé e de bicicleta, somente de bicicleta e somente por veículo motorizado, torna-se necessário caracterizar as viagens da Pesquisa de Origem e Destino de acordo com os segmentos da resiliência de Folke et al. (2010): *persistência*, *adaptabilidade*, ou *transformabilidade*.

É importante lembrar que as DMPs são adotadas sem levar em consideração idade dos indivíduos ou relevo do terreno, por exemplo. São, porém, valores que procuram englobar o maior número de pessoas dentro de seus limites. Logo, é possível que pessoas percorram, por modos ativos, distâncias acima das estabelecidas como DMP para modo a pé e bicicleta. Para esse tipo de viagem, foi criada uma nova segmentação: a *excepcionalidade*. As viagens *excepcionais*, juntamente com as *persistentes* e as *adaptáveis*, serão consideradas resilientes. O nível de resiliência será dado pelo número de viagem desses três segmentos, e de acordo com a Tabela 1. As viagens *transformáveis* representarão o nível de vulnerabilidade do sistema, o qual terá uma escala inversamente proporcional à da resiliência.

**Tabela 1**: Nível de resiliência na mobilidade.

| Nível de Resiliência | Muito Baixa | Baixa | Média | Alta | Muito Alta |
|---|---|---|---|---|---|
| Viagens resilientes (%) | 0 - 20,0 | 20,1- 40,0 | 40,1- 60,0 | 60,1- 80,0 | 80,1 - 100 |

O nível de resiliência na mobilidade irá variar de acordo com o cenário trabalhado. Com isso, será possível analisar a variação da resiliência de acordo com a variação das DMPs. Essa análise também será realizada para cada segmento desta resiliência, observando-se as viagens que as representam. Espera-se também, com os diversos níveis de resiliência, elaborar uma representação confiável desta variação. Este mesmo tipo de averiguação será feita em cada zona de tráfego da cidade, individualmente.

## 4. RESULTADOS

O estudo de caso deste trabalho foi na cidade de São Carlos-SP. Os dados utilizados foram da pesquisa de Origem e Destino e dos diários de viagens dos anos de 2007/08. O levantamento usou viagens em todos os horários do dia, excluindo viagens com motivo de lazer, pois este não foi considerado um tipo de viagem *necessária* ou *essencial*. No total, 6821 viagens foram consideradas. Viagens por veículos motorizados foram divididas em duas subcategorias: ônibus e automóvel, com 1445 e 2871, respectivamente. O modo a pé teve 2883 viagens, e o modo bicicleta, 222.

Uma vez considerados os centroides das 41 zonas de tráfego da cidade, foi obtida a matriz de distância em linha reta entre estes. As distâncias entre os centroides, medidas em linha reta, foram multiplicadas por um "fator de rota" ou "fator de circuito", para se aproximarem da distância real entre os centroides numa malha viária predominantemente ortogonal. Dos diversos trabalhos analisados (Dill et al., 2004; Ballou et al., 2002 e Gonçalves et al., 2014) decidiu-se utilizar um fator de aumento de 30%, como recomendado por Novaes (1989) para regiões urbanas. As viagens intrazonais foram consideradas de distância zero mesmo em zonas de grandes proporções, como as zonas 10 e 31, pois sua população encontra-se em áreas menores e mais concentradas das zonas. A produção de viagens por zona pode ser vista na Figura 2. As maiores distâncias estão listadas na Tabela 2.

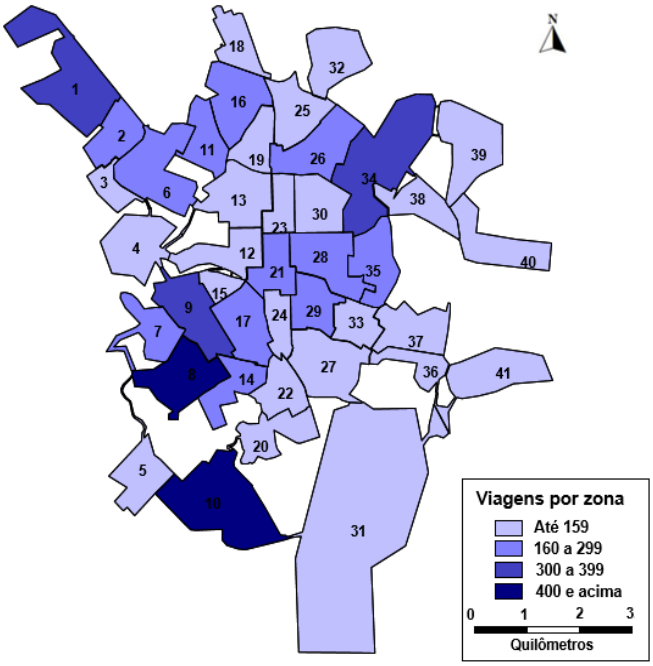



**Figura 2.** Viagens produzidas por zonas de tráfego, São Carlos-SP, considerando uma amostra de 6821 viagens.

**Tabela 2.** Maiores distâncias entre centroides das zonas.

| Distâncias em linha reta (m) | Distâncias em linha reta majoradas em 30% (m) | Zonas de O\D | |
|---|---|---|---|
| 9286 | 12071 | 1 | 31 |
| 9191 | 11948 | 1 | 41 |
| 9060 | 11777 | 18 | 31 |
| 8675 | 11277 | 5 | 39 |
| 8505 | 11056 | 31 | 32 |
| 8466 | 11006 | 5 | 32 |
| 8426 | 10954 | 2 | 31 |
| 8420 | 10946 | 2 | 41 |
| 8322 | 10819 | 10 | 32 |
| 8311 | 10804 | 10 | 18 |

### 4.1. Adoção das Distâncias Máximas Possíveis

Ao adotar os valores para as DMPs, é preciso levar em conta que pessoas podem percorrer distâncias bem maiores ou bem menores por modos ativos, seja por questão de idade, condição física, problemas de saúde, relevo da cidade, entre outros fatores. Assim, para observar melhor a variação da resiliência na cidade, as DMPs variaram da distância mínima (0 km), até onde o valor da resiliência era 100% (DMP de bicicleta = 11 km), a cada 500 m. O valor máximo para a DMP a pé foi de 4 km, logo, quando a DMP de bicicleta assumia este valor, a DMP a pé variava 5 vezes (2 a 4 km), até que a DMP de bicicleta mudasse novamente, como pode ser visto na Tabela 3. No total, 89 cenários foram criados e avaliados.

**Tabela 3.** Valor da resiliência por cenário.

| Cenário | DMP (km) | | Resiliência (%) | Cenários | DMP (km) | | Resiliência (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | A pé | Bicicleta | | | A pé | Bicicleta | |
| **1** | 0 | 0 | 40,4 | **85** | 2 | 11 | 100 |
| **2** | 0,5 | 0,5 | 40,4 | **86** | 2,5 | 11 | 100 |
| **3** | 1 | 1 | 41,5 | **87** | 3 | 11 | 100 |
| **4** | 1,5 | 1,5 | 47,0 | **88** | 3,5 | 11 | 100 |
| **...** | ... | ... | ... | **89** | 4 | 11 | 100 |

### 4.2. Segmentação das viagens por nível de resiliência

As viagens consideradas *persistentes* foram aquelas realizadas por modo a pé e bicicleta dentro dos limites das DMPs. Uma vez ocorrendo a restrição aos veículos motorizados, essas viagens continuariam sendo feitas sem problemas. As viagens *adaptáveis* são as feitas por modo motorizado dentro dos limites das DMPs, podendo migrar para um modo ativo após a restrição. As viagens *transformáveis* também são realizadas por modo motorizado, porém além das DMPs. Assim, quando ocorre a restrição, essas viagens são afetadas. Por fim, as viagens *excepcionais* englobam aquelas feitas por modo ativo acima dos limites das DMPs, e não são afetadas após a restrição. O cenário mais pessimista (0 km) mostrou uma resiliência de 40,4%, considerado um nível de resiliência médio, conforme a Tabela 1. Esse valor representa todas as viagens intrazonais (18,2%) e excepcionais (22,2%). O cenário onde a resiliência foi máxima (100%), apresentou uma DMP para o modo bicicleta de 11 km.

O que se notou com a variação dos cenários foi que o valor da resiliência é somente modificado quando a DMP para o modo bicicleta muda. A DMP para o modo a pé varia apenas os valores *excepcionais* e *persistentes* entre si. Como ambos os segmentos estão contidos no total da resiliência, a migração das viagens de um segmento ao outro não altera o valor final desta. Quanto à DMP para o modo bicicleta, esta modifica todos os segmentos, e

com isso, altera o valor da resiliência. Com essas informações, foi possível plotar um gráfico de variação da resiliência em função da DMP de bicicleta, que pode ser vista na Figura 3.

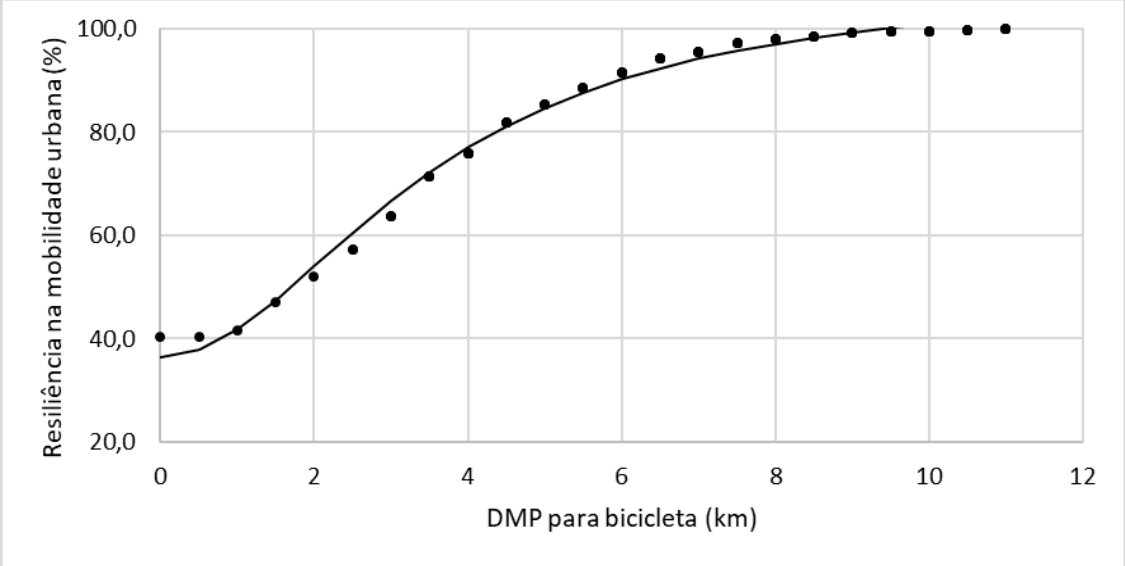



**Figura 3.** Valor da resiliência na mobilidade por cenário e DMP de bicicleta.

Com os pontos calculados, é possível inclusive ajustaros dados a umacurva teórica (obviamente de difícil interpretação como um fenômeno físico) para representar a variação da resiliência na mobilidade urbana na cidade de São Carlos (Equação 1).

$$\text{Res} = \frac{(-17830 + DMPbic)}{(245{,}7 + 19{,}5 * DMPbic^2)} + 109 \qquad (1)$$

Onde:

· Res = Valor da resiliência (%)
· DMPbic= Valor da DMP para o modo bicicleta (km)

A *adaptabilidade* e a *transformabilidade* também se modificam apenas com a variação da DMP de bicicleta, todavia, a *excepcionalidade* e a *persistência* têm ambas as DMPs como variáveis independentes, necessitando de um gráfico tridimensional para serem plotadas.

Analisando cada segmento de viagem individualmente, notou-se que estes seguiram certo padrão. As viagens *persistentes*, por exemplo, variaram de 14,5%, no pior caso, a 34,9% no melhor caso. Como era esperado, a maioria dessas viagens foram intrazonais, com poucas delas sendo feitas entre zonas diferentes e vizinhas, ou seja, em curtas distâncias. As viagens *adaptáveis* variaram de 3,7% no pior caso a 63,3% no caso mais otimista. Seu padrão de viagem foi radial, ou seja, as viagens partiam de zonas afastadas em direção ao centro da cidade, em especial a zona central 21. Os 89 cenários foram divididos em 3 blocos e a Figura 4 apresenta os dois cenários intermediários das viagens *adaptáveis*. Quanto às viagens *transformáveis*, estas variaram de 59,6% no cenário mais pessimista ao esperado 0% no melhor cenário. Conforme os cenários avançam e as DMPs aumentam, essas viagens começam a assumir um padrão diametral. As viagens *excepcionais* não apresentaram nenhum padrão visível.

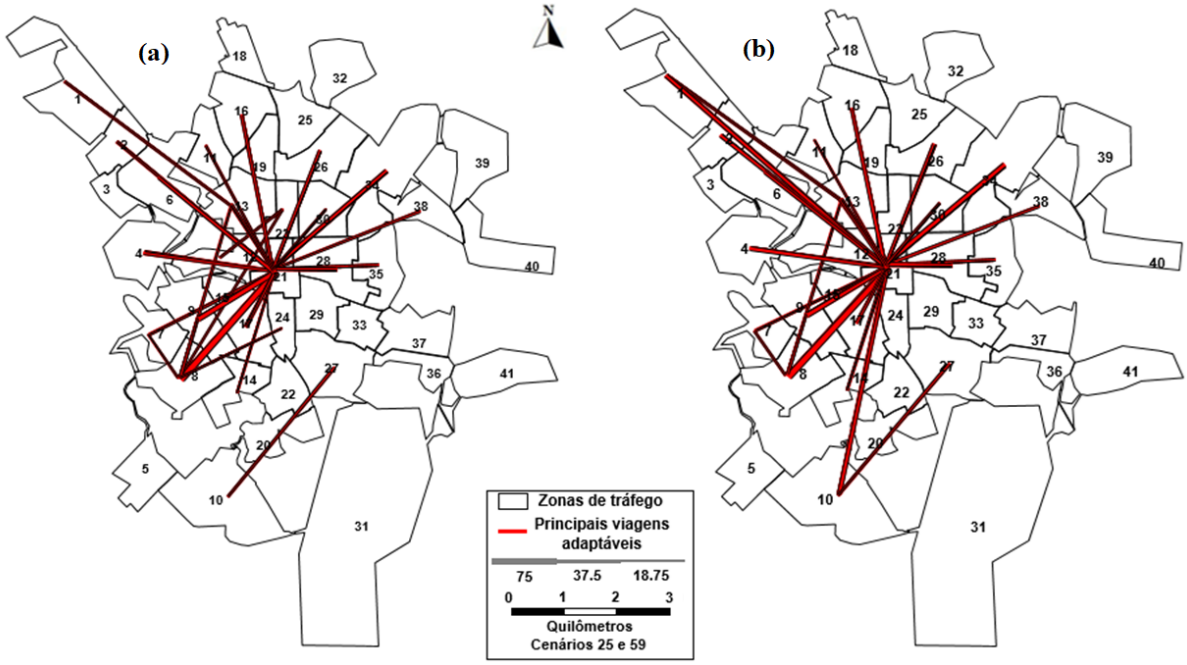



**Figura 4.** Principais viagens adaptáveis: (a) cenário 25 (DMP a pé = 2 km e DMP de bicicleta = 5 km) e (b) cenário 59 (DMP a pé = 4 km e DMP de bicicleta = 11 km).

Analisando a resiliência por zona, notou-se que no cenário 1, 21 das 41 zonas de tráfego tinham níveis de resiliência baixo ou muito baixo, 17 zonas obtiveram resiliência média, e apenas 3 tiveram nível alto ou muito alto (entre elas, a zona 41, com apenas 1 viagem). No cenário mais otimista, o 89, todas as zonas tiveram níveis de resiliência alto ou muito alto. Essa mudança pode ser vista na Figura 5, onde viagens consideradas *transformáveis* e *excepcionais* no cenário 25 migram para segmentos de *persistência* e *adaptabilidade* no cenário 59.

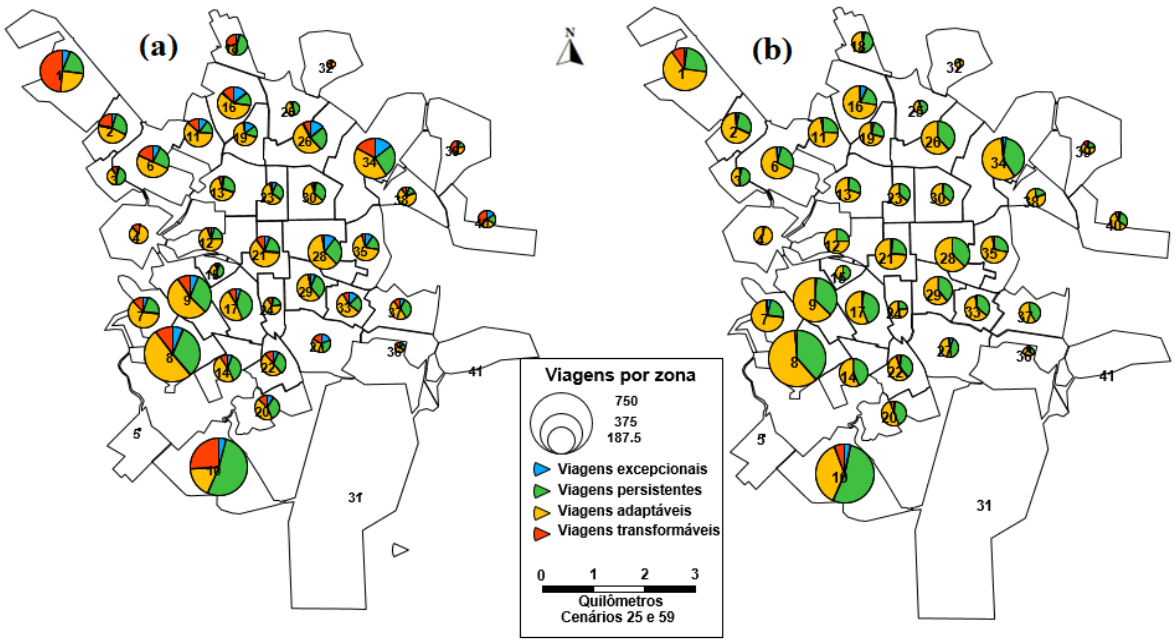



**Figura 5.** Distribuição da resiliência por zona: (a) cenário 25 (DMP a pé = 2 km e DMP de bicicleta = 5 km) e (b) cenário 59 à direita (DMP a pé = 4 km e DMP de bicicleta = 11 km).

## 5. CONCLUSÃO

O trabalho apresentado teve como objetivo a elaboração de uma estratégia para avaliar a resiliência na mobilidade urbana, com estudo de caso na cidade de São Carlos - SP. O estudo foi focado nas restrições de veículos motorizados, assim, apenas os modos a pé e bicicleta estariam disponíveis. As viagens trabalhadas na pesquisa foram as consideradas *necessárias* e *essenciais*, com níveis de impacto *alto* e *muito alto*, respectivamente, com base em Dantas et al. (2010). Além da Pesquisa de Origem e Destino e das distâncias entre os centroides das zonas de tráfego da cidade, também foi necessária a adoção de valores para as Distâncias Máximas Possíveis (DMPs) para os modos a pé e bicicleta.

A divisão das viagens foi baseada em Folke et al. (2010): *persistentes* e *adaptáveis* (resilientes) e *transformáveis* (vulneráveis). Uma nova segmentação precisou ser criada para este trabalho: a *excepcionalidade*, que engloba viagens por modo a pé ou bicicleta além dos limites das DMPs. As viagens *excepcionais* foram somadas às viagens resilientes.

O valor da resiliência varia conforme as DMPs adotadas. Estas distâncias têm como propósito limitar a uso dos modos a pé e bicicleta, viagens acima das DMPs poderiam ser realizadas apenas por modos motorizados. Este trabalho apresentou 89 cenários com DMPs variando a cada 500 metros. Para o cenário mais pessimista teve 0 km para as DMPs, ou seja, apenas viagens intrazonais e *excepcionais* poderiam ser realizadas por modos ativos. O cenário mais otimista foi onde a resiliência atingiu o seu máximo (100%), 11 km para o modo bicicleta e 4 km para o modo a pé.O cenário mais pessimista apresentou uma resiliência de 40,4%, com 18,2% de viagens intrazonais e 22,2% de viagens *excepcionais*.Descobriu-se que a variação da resiliência depende apenas da mudança da DMP para o modo bicicleta. Assim, foi possível plotar os pontos em um gráfico e até mesmo ajustar os dados a um modelo teórico.

Os resultados também revelaram um padrão de resiliência devido a forma da cidade. Viagens persistentes apresentaram um padrão pontual (intrazonal) e viagens adaptáveis um padrão radial. As viagens transformáveis mostraram um padrão mais diametral conforme o aumento das DMPs. A análise por zona mostrou que, conforme os cenários tornam-se mais otimistas, viagens excepcionais migram para persistentes, e as transformáveis, para adaptáveis. O cenário mais pessimista teve um total de 21 zonas de resiliência baixa ou muito baixa, e apenas 3 com nível alto ou muito alto.

A grande quantidade de viagens *adaptáveis* em todos os cenários do trabalho (63,3% no caso mais otimista) levanta a questão da razão pela qual tais viagens não são realizadas por modos ativos. Assim, é recomendado para estudos futuros, a análise dos fatores que influenciamna escolha do modo de transporte, sobretudo em cidades brasileiras.

**Agradecimentos**
Os autores agradecem à Capes (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) e à Universidade de São Paulo, pelo apoio para a realização da pesquisa.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Ballou, R. H.; H. Rahardja e N. Sakai (2002) Selected country circuity factors for road travel distance estimation. *Transportation Research*, Part A, n. 36, p. 843-848.

Bohannon, R.W. (1997) Comfortable and maximum walking speed of adults aged 20-79 years: reference values and determinants. *Age and Ageing*, v. 26, p. 15-19.

Brunner, A. (2013) The effects of urban sprawl on daily life: Smart growth implementation of Atlantic Stations. *Transportation Research Board 92nd Annual Meeting*. Washington, DC.

Buehler, R.;J.Pucher; D. Merom e A. Bauman (2011) Active travel in Germany and the U.S. Contributions of daily walking and cycling to physical activity. *American Journal of Preventive Medicine*, v. 41, n. 3, p. 241-250.

Dantas, A.;S. Page eS. Krumdieck (2010) Urban form and long-term fuel supply decline: A method to investigate the peak oil risks to essential activities. *Transportation Research, Part A*, n. 44, p. 306-322.Disponívelem:<http://dx.doi.org/10.1016/j.tra.2010.02.002>.

Dill, J. (2004) Measuring connectivity for bicycling and walking. *Transportation Research Board 82nd Annual Meeting*. Washington, DC.

Exner, A.; E. Politti; E. Schriefl; S. Erker; R. Stangl; S. Baud; H. Warmuth; J. Matzenberger; L. Kranzl; R. Paulesich; M. Windhaber; S. Supper e G. Stöglehner (2016) Measuring regional resilience towards fossil fuel supply constraints. Adaptability and vulnerability in socio-ecological transformations: The case of Austria. *Energy Police*, v. 91, p. 128-137.

Fernandes, V. A.; R. Rothfuss; V. Hochschild; W. R da Silva e M. P. S. Santos (2015) Resiliência da mobilidade urbana: Uma proposta conceitual. *Anais do XXIX Congresso Nacional de Pesquisa em Transporte da ANPET*. Ouro Preto, MG, Brasil, p. 2759-2770.

Folke, C.; S. R. Carpender;B. Walker; M.Scheffer; T. Chapin e J. Rochström (2010) Resilience thinking: integrating resilience, adaptability and transformability. *Ecology & Society*, v. 15, n. 4. Disponível em: <https://www.ecologyandsociety.org/vol15/iss4/art20/>.

Gonçalves, D. N. S.; C. M. Gonçalves; T. F. Assis; M. A. Silva (2014) Analisys of the difference between the Euclidean distance and the actual road distance in Brazil. *Transportation Research Procedia*, n. 3, p. 876-885.

Hamidi, S. e R. Ewing (2015) Is sprawl affordable for Americans? Exploring the association between sprawl and housing + transportationaffordability. *Transportation Research Board 94th Annual Meeting*, Washington, DC.

Horning, J.; A. El-Geneidy e K. J. Krizek (2007) Perceptions of walking distance to neighbourhood retail and other public services. *Transportation Research at McGill*. School of Urban Planning, Faculty of Engineering at McGill University. Montreal, Canada.

Hubbert, M. K. (1949) Energy from Fossil Fuels. *Science, New Series*,v. 109, n. 2823, p. 103-109.

Hydén, C.; A. Nilsson e R. Risser (1999) How to enhance walking and cycling instead of shorter car trips and to make these modes safer.*Department of Traffic Planning and Engineering*, University of Lund, Sweden & FACTUM Chaloupka, Praschl&Risser OHG. Vienna, Austria.

Larsen, J.; El-Geneidy, A. e Yasmin, F. (2010) Beyond the quarter mile: Re-examining travel distances by active transportation. *Canadian Journal of Urban Research*: *Canadian Planning and Policy (supplement)*, v. 19, n. 1, p. 70-88.

Lovelace, R. e Philips, I. (2014) The "oil vulnerability" of commuter patterns: A case study from Yorkshire and the Humber, UK. *Geoforum*, v.51, p. 169-182. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.geoforum.2013.11.005>.

McCormack G. R.; E. Cerin; E. Leslie; L. Du Toit e N. Owen (2008) Objective versus perceived walking distances to destinations. *Environment and Behavior*, v. 40, n. 3.

Moudon, A. V.; C. Lee; A. D. Cheadle; G. Cheza; D. Johnson; T. L. Schmid; R. D. Weathers e L. Lin (2006) Operational definitions of walkable neighbourhood: theoretical and empirical insights. *Journal of Physical Activity and Health*, v. 3, n. 1, p. 99-117.

Newman, P. e J. Kenworthy (2011) 'Peak Car Use': Understanding the demise of automobile dependence. *World Transport Policy and Practice*,v. 17, n. 2, p. 31-42.

Novaes, A. G. (1989) *Sistemas logísticos: Transporte, armazenagem e distribuição física de produtos*. Editora Edgard Blücher, São Paulo - SP, Brasil.

Oliveira, A.;F.Tan eA. N.Rodrigues da Silva (2016) *Adequação do modo de transporte: um indicador de mobilidade sustentável em campus universitário*. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, Brasil.

Philips, I. (2014) *The potential role of walking and cycling to increase resilience of transport systems to future external shocks*. Tese (Doutorado). University of Leeds Institute for Transport Studies. Leeds, UK.

Rendall, S.; S. Page; F. Reitsma; E. Van Houten e S. Krumdieck (2011) Quantifying transport energy resilience: Active mode accessibility. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, n. 2242, p. 72-80. Transportation Research Board of the National Academies. Washington, D.C., EUA. Disponívelem: <doi: 10.3141/2242-09>.

Rodrigues da Silva, A. N.;G. C. F. Costa e N. C. M. Brondino (2007) Urban sprawl and energy use for transportation in the largest Brazilian cities. *Energy for Sustainable Development*, v. 11, n. 3, p. 44-50.

Saunders, M. J.eA. N.Rodrigues da Silva(2009) Reducing urban transport energy dependence: A new urban development framework and GIS-based tool. *International Journal of Sustainable Transportation*, v. 3, n. 2, p. 71-87. Disponívelem:<doi: 10.1080/15568310701648037>.

Schwanen, T. (2016) Rethinking resilience as capacity to endure. *City*, v. 20, n. 1, p. 152-160.

Shim, G. E.;S. M. Rhee;K. H. Ahn eS. B. Chung (2006). The relationship between the characteristics of transportation energy consumption and urban form. *The Annals of Regional Science*, v. 40, n. 2, p. 351-367.

Walker J. e M. Cooper (2011) Genealogies of resilience: From systems ecology to the political economy of crisis adaptation. *Security Dialogue*, v. 42, n. 2, p. 143-160.

Yang, Y. eA. V. Diez-Roux (2012) Walking distance by trip purpose and population subgroups. *American Journal of Preventive Medicine*, v. 43, n. 1, p. 11-19. Disponível em: <doi:10.1016/j.amepre.2012.03.015>.

Zhang, W. eK. M. Kockelman (2014) Urban sprawl, job decentralization, and congestion: the welfare effects of congestion tolls and urban growth boundaries. *Transportation Research Board 93rd Annual Meeting*. Washington, DC.

Marcel Carlos da Mata Martins (mcm-mata@usp.br)
Antônio Nélson Rodrigues da Silva (anelson@sc.usp.br)
Departamento de Engenharia de Transportes, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo
Av. Trabalhador São-carlense, 400 - São Carlos, SP, Brasil

# UMA AVALIAÇÃO DA RESILIÊNCIA NA MOBILIDADE EM MACEIÓ - AL

**Marcel Carlos da Mata Martins**
**Antônio Nélson Rodrigues da Silva**
Universidade de São Paulo
Escola de Engenharia de São Carlos

**RESUMO**
O objetivo da pesquisa é desenvolver uma estratégia de avaliação da resiliência da mobilidade urbana. A abordagem é baseada na suposição de que modos motorizados eventualmente não estariam disponíveis. Portanto, apenas os modos a pé e bicicleta são considerados para este exercício teórico. As viagens são inicialmente classificadas em dois grupos, de acordo com sua adaptabilidade ou transformabilidade, sendo as do primeiro grupo consideradas resilientes. Uma terceira categoria teve que ser introduzida, no entanto, para representar outro conjunto de viagens resilientes. Estas são as viagens excepcionais, isto é, viagens a pé ou de bicicleta que são mais longas do que as Distâncias Máximas Possíveis (DMP) definidas para avaliação da resiliência. Além disso, os tipos de viagens escolhidas para a pesquisa são aquelas consideradas necessárias e essenciais, devido ao seu nível de impacto alto e muito alto, respectivamente.

Marcel Carlos da Mata Martins (mcm-mata@usp.br)
Antônio Nélson Rodrigues da Silva (anelson@sc.usp.br)
Departamento de Engenharia de Transportes, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo
Av. Trabalhador São-carlense, 400 - São Carlos, SP, Brasil

# PROPPOSTA DO MÉTODO PARA INSTRUMENTALIZAÇÃO DA PARTICIPAÇÃO POPULAR EFETIVA NA ELABORAÇÃO DOS PLANOS DE MOBILIDADE URBANA NO BRASIL

**Adilson Fernandes Indi**
**Pastor Willy Gonzales Taco**
Universidade de Brasília - UnB
Programa de Pós-Graduação em Transportes - PPGT

**RESUMO**
A participação popular é a base estruturante da Política Nacional de Mobilidade Urbana instituído pela Lei n° 12.597, de 21 de março de 2012. Considerando a importância desse processo no contexto do planejamento, este trabalho objetiva propor um método que possibilite a instrumentalização efetiva da participação popular na elaboração dos planos de mobilidade urbana nos municípios, regiões metropolitanas, Distrito Feferal e cidades de relevância turísticas e culturais. A presente pesquisa é de base exploratória, com levantamento e análise crítica de bibliografias para construção de uma epistemologia de planejamento pautada na inclusão social, no empoderamento, na colaboração, na *accountability* e na equidade de diferentes segmentos da sociedade. A proposta deve ser validada por meio da aplicação do método delfos. Este método visa por meio da formação de paineis de especialistas a obtenção de contribuições para análise de tendências e decisões em diferentes áreas do conhecimento.

Adilson Fernandes Indi (indiadi58@hotmail.com)
Pastor Willy Gonzales Taco (pwgtaco@gmail.com)
Programa de Pós-Graduação em Transportes da Universidade de Brasília
Campus Universitário Darcy Ribeiro, Asa Norte, Brasília-DF, CEP: 70910-900

# ESTUDO DO ÍNDICE DE MOBILIDADE URBANA SUSTENTÁVEL - IMUS PARA A CIDADE DO RECIFE

**Débora Regina dos Santos Silva**
Universidade Federal de Pernambuco
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil

**RESUMO**
Em atendimento à Política Nacional de Mobilidade Urbana (Lei Federal nº. 12.587/2012), visando incentivar modelos de cidades sustentáveis, a cidade do Recife vem elaborando o seu Plano de Mobilidade Urbana - PMU desde o ano de 2008. Dispondo-se a coadjuvar a elaboração do plano, diagnosticar as deficiências do quadro organizacional da cidade e sugerir melhorias para tal, este trabalho se propôs a calcular o Índice de Mobilidade Urbana Sustentável - IMUS para a cidade do Recife. A metodologia consistiu no cálculo do referido índice, e mostrou que a cidade apresenta falhas no domínio de investimento nos modos não motorizados de transporte, de aspectos políticos e sociais. Portanto, concluiu-se que se faz necessário ampliar a rede cicloviária, aumentar a conectividade de suas rotas e criar mais estacionamentos públicos, articulado às ações para reduzir o tráfego motorizado. Ademais, fazem-se necessárias intervenções de conscientização ao poder público e privado, para investirem em modelos de mobilidade sustentável de modo integrado.

**ABSTRACT**
Intending to accomplish sustainable city models, the city of Recife has been developing its Urban Mobility Plan (UMP) since 2008, encouraged by the National Urban Mobility Policy (Federal Law n°. 12,587 / 2012). While assisting the elaboration of the plan and suggesting possible improvements, this paper proposed to calculate the Index of Sustainable Urban Mobility (I-SUM) for the city of Recife, highlighting the importance of diagnosing the deficiencies of the city's organizational structure. Proceeded the methodologic calculations, both political and social aspects, considering additional failures in terms of investment in non-motorized modes of transport were reported. Therefore, it is necessary to expand the cycle network, increase the connectivity of its routes and create more public bicycle racks, associated with articulated actions to reduce motorized traffic. In addition, awareness-raising interventions ought to be direct to both public and private interests, investing in models of sustainable mobility in an integrated way.

## 1. INTRODUÇÃO

O intenso e heterogêneo processo da industrialização induziu a criação de novas demandas de trabalho, e, por conseguinte, novas e mais articuladas estruturas urbanas habitacionais e de transportes. Contudo, algumas nações, em dissintonia com outras, se anteciparam em promover medidas de controle na modificação da paisagem urbana, que se alinhassem com as condições sociais e econômicas locais, especialmente em períodos pós-guerra. Alguns exemplos dessas medidas de controle são: facilitação de créditos e impostos para habitação em zonas periféricas - efeito *doughtnut* (Cidades de Tóquio e Londres, século XX); políticas governamentais com rigoroso controle sobre os modos de transporte público urbanos, como realizado na Cidade de Copenhagen com o *Finger plan* no século XX (CEVERO, 1998) e mais recentemente, com a elaboração de planos de mobilidade e de transporte.

No Brasil, em atendimento à Política Nacional de Mobilidade Urbana (Lei Federal nº. 12.587/2012), um dos eixos estruturadores da Política Nacional de Desenvolvimento Urbano, o Ministério das Cidades e a Secretaria Nacional de Transporte e da Mobilidade Urbana – SeMob foram instituídos de incentivar políticas de mobilidade urbana sustentável, através da imposição de metas e diretrizes a serem abarcadas pelos municípios. Desde 2012, exige-se das cidades inseridas nas condições expressas no regulamento do Estatuto da Cidade (Lei Federal n° 10.257/2001), que elaborem seu Plano de Mobilidade Urbana – PMU. Os planos devem adotar medidas de priorização dos modos de transporte não motorizados e públicos,

por meio de financiamento de recursos orçamentários da União (BRASIL, 2015).

Segundo dados do Ministério das Cidades, nas pesquisas realizadas nos anos de 2015 e 2016, a fim de se averiguar a elaboração dos planos, foram enviados ofícios a 3.341 municípios, dos 5.569 existentes em território nacional. A investigação confirmou que apenas 171 respondentes revelavam possuir PMU. Destes, a maioria encontram-se na região Sul e Sudeste do país (INCT, 2016).

O estímulo à elaboração dos PMU's surgiu da necessidade de se aplicar os princípios da Mobilidade Urbana Sustentável, sendo este um modelo coordenado de ações que visa priorizar os modos não motorizados de transporte e público coletivo e reduzir a presença dos automóveis nas vias. Contudo, na visão de Delgado (2006), é preciso ainda articular as bases acadêmicas e institucionais, criar técnicas de marketing e desenvolver estudos preliminares que permitam melhor conhecer as dinâmicas urbanas das cidades.

Neste sentido, a metodologia proposta por Costa (2008) dispõe-se a coadjuvar as metas estratégicas impostas pelo Ministério das Cidades, por meio do diagnóstico de mobilidade das cidades, calculado pelo Índice de Mobilidade Urbana Sustentável – IMUS. A inserção desta ferramenta de mensurabilidade da mobilidade urbana permite não só caracterizar o quadro organizacional de mobilidade das cidades, como também identifica falhas e sugere melhorias nos planos de estruturação urbana, como apontam Macedo, Abdala e Sorratini (2013).

À luz do estudo apresentado por Costa (2008), este trabalho objetiva calcular o IMUS da cidade do Recife. A proposta de elaboração deste estudo é justificada pelas premissas acima abordadas e pela necessidade de se propor uma ferramenta essencial de suporte à elaboração do PMU da cidade estudada, que ainda se encontra em fase de elaboração. As variáveis necessárias à aplicação da metodologia do indicador de mobilidade, bem como os conceitos e características pertinentes ao seu cálculo serão discutidas nas seções a seguir.

Este trabalho está estruturado em oito seções. Na primeira seção, a Introdução, encontra-se a discussão preliminar dos assuntos que foram abordados ao longo do desenvolvimento da pesquisa e a importância de se estudar o tema. Na segunda seção, a Caracterização do Município, encontra-se a síntese geral das características do município de Recife, fazendo o olhar para a mobilidade urbana. Na terceira seção, é onde se conceitua e se caracteriza a Mobilidade Urbana Sustentável, fundamentação teórica e metodológica do trabalho. Na quarta seção é onde se realiza a definição do método a ser aplicado para estudar a mobilidade da cidade do Recife. A quinta seção é reservada para a metodologia da pesquisa, onde se explica os pormenores do cálculo do índice analisado, bem como suas fórmulas e significados. A sexta seção é reservada para os Resultados e Discussão do trabalho, debruça-se sobre as respostas à aplicação do método e suas interpretações. A sétima seção diz respeito às Considerações Finais, e destina-se a expor as devidas conclusões do estudo dirigido na cidade em referência. E por fim, em seguida encontram-se as Referências, ou seja, as fontes de informação de suporte à pesquisa.

## 2. CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO

Fundada em 12 de março de 1537, a cidade de Recife, capital do estado de Pernambuco, é a nona cidade mais populosa do país segundo dados do censo demográfico de 2010 realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (IBGE, 2010). Ainda segundo o

referido órgão, possui uma área territorial de 218,4 km², uma população estimada de 1.625.583 habitantes e um Índice de Desenvolvimento Humano Municipal – IDHM de 0,772.

O Índice de Bem-Estar Urbano – IBEU, calculado pelo Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia – INCT, para a cidade do Recife, revelou que a capital pernambucana se encontra na 15ª posição em termos de qualidade de oferta nos serviços de mobilidade urbana, condições ambientais, condições habitacionais, infraestrutura e serviços coletivos urbanos. Em relação às demais capitais nordestinas, as cidades de Aracaju (7ª), João Pessoa (13ª) e Fortaleza (14ª) obtiveram melhores índices que a cidade em questão, considerado, segundo o órgão que conduziu a pesquisa, um ranking médio (INCT, 2016).

Quanto à análise do parâmetro da mobilidade urbana (IBEU), apesar de o índice ter se revelado relativamente alto – 0,776 de uma escala de 0 a 1 – as pesquisas mostram que apesar da diversidade de modos de transporte presentes na cidade e nos recentes investimentos em infraestrutura viária, a cidade não trabalha para democratizar o espaço. Abordagens a respeito desta colocação serão discutidas a seguir.

**2.1 O cenário da mobilidade em Recife**

A caracterização da mobilidade da cidade do Recife se faz sob o olhar da representatividade dos modos de transporte públicos, privados e não motorizados, conforme se discute a seguir.

Diariamente a população recifense usuária do transporte público realiza movimentos pendulares, nesta jornada, é comum se defrontar com ônibus transportando passageiros além de sua capacidade. Uma alternativa já adotada em resposta a essa questão é a proposição do aumento das frotas ou aumento da capacidade do ônibus (articulados). De acordo com o Grande Recife Consórcio de Transporte, empresa responsável pela gestão do Sistema de Transporte Público de Passageiros da RMR, são 214 ônibus articulados operando desde 2013 em toda rede de malha viária (GRANDE RECIFE CONSÓRCIO DE TRANSPORTE, 2013). Apesar disso, apresenta se comparada às demais regiões metropolitanas do Brasil, más condições de bem-estar urbano (MORAES; LIMA; SILVA, 2015).

A realidade dos deslocamentos da cidade do Recife, no entanto, confirma que uma boa parte da população que faz o uso do transporte privado. Entre os anos de 1990, 2000 e 2015 a quantidade total de veículos trafegando na RMR, quintuplicou, alcançando a faixa de mais de 1 milhão de automóveis circulando diariamente (ibid). Ademais, segundo uma pesquisa realizada pelo programa de Gestão das Infraestruturas Urbanas da Universidade Federal de Pernambuco-UFPE no ano de 2012, a taxa de ocupação média dos veículos em Recife era de 1,22 ocupantes/veículo, considerada indesejável à ocupação das vias.

Uma medida adotada com vistas a melhorar a mobilidade urbana dos eixos Norte-Sul e Leste-Oeste da Região Metropolitana, foi a implantação dos corredores do *Bus Rapid Transit* – BRT. Inaugurados no ano de 2014, motivados pela necessidade de se prover infraestrutura moderna de transportes apropriada para as cidades-sede da Copa do Mundo FIFA 2014. O sistema apresentou moderada melhoria na mobilidade da cidade, porém, devido ao inacabamento das obras, aos constantes relatos de insegurança nas estações e a falta de monitoramento dos órgãos de trânsito para assegurar as características operacionais do sistema, a eficiência do modelo tem sido vigorosamente afetada. De acordo com o arquiteto e idealizador do BRT, Jaime Lerner, o sistema recifense não cumprira com as características

essenciais ao devido funcionamento do sistema, por apresentar intervalos superiores a 10 minutos e transitar em tráfego misto (JORNAL DO COMMERCIO, 2017).

Visando ainda incentivar os deslocamentos de modos não motorizados na cidade, em 2013 foi inaugurado o programa BikePE, sistema de bicicletas compartilhadas. A iniciativa foi motivada pela necessidade de criar opções sustentáveis de locomoção a curtas distâncias. Entretanto, apesar dos registros de utilização do sistema no mês de março de 2013, terem alcançado a faixa de 900/viagens por dia, se comparado percentualmente ao número de deslocamentos realizados pelos modos públicos de transporte (metrô e ônibus) este número encontra-se próximo a 0,1%, excluindo-se dessa amostra os veículos privados (ALBUQUERQUE; FARIAS, 2015).

**2.2. Plano de Mobilidade da cidade do Recife**

O plano foi iniciado a ser elaborado no ano de 2008 pelo Instituto da Cidade Pelópidas Silveira – ICPS, porém, ainda em fase de andamento, tem procurado atender às condições impostas pela Lei Federal n°. 12.587/2012 (BRASIL, 2012), a Política Nacional de Mobilidade Urbana. De acordo com o documento de referência, estabeleceu-se que os municípios com mais de 20.000 habitantes devem possuir até o prazo máximo de 6 anos a partir da data de divulgação da lei, plano de mobilidade urbana compatível com o plano diretor.

Segundo o ICPS, os documentos de referência para concepção do plano são: o Plano Diretor de Desenvolvimento do Município (2008); o Plano Diretor de Transporte e Mobilidade do Recife (2011) e o Plano Diretor Cicloviário da Região Metropolitana do Recife (2014). No que diz respeito ao diagnóstico de mobilidade, o instituto tem desenvolvido eventos participativos em vários momentos ao longo da cidade, visando estimular a presença ativa da sociedade na elaboração do plano, através de audiências públicas, workshops etc (Vide Tabela 1).

**Tabela 1:** Ações realizadas pelo ICPS para elaborar o Plano de Mobilidade do Recife

| Parâmetros | Ações | | |
|---|---|---|---|
| | Reuniões Setoriais | Eventos Técnicos | Oficinas participativas |
| Ano de Início | 2016 | 2015 | 2016 |
| Quantidade realizada | 11 | 5 | 18 |
| Quantidade aberta ao público | 2 | 4 | Todas |
| Número total de participantes | 77 | 416 | 1.192 |

Além dos eventos participativos, o ICPS também promoveu uma pesquisa de Origem/Destino. Sucintamente, a pesquisa registrou que o modo principal de transporte utilizado para as finalidades trabalho (50,25%) e educação (44,54%), é o ônibus. Ademais, a opção pelo transporte motorizado, em relação ao não motorizado, se mostra superior para todas as faixas de renda analisadas, sendo os modos individuais (a pé, bicicleta, moto e carro) os de maior representatividade (entre 70% a 95%) para todas as faixas de renda (ICPS, 2016).

Contudo, ainda de acordo com o cronograma de realização das atividades de pesquisa, faltam

8 pesquisas a serem realizadas para concretizar o diagnóstico de mobilidade da cidade. Entre elas, a pesquisa de estacionamento, pesquisa de velocidade, pesquisa de contagem volumétrica de pedestres, ciclistas e veículos motorizados etc. Vale ressaltar que o prazo máximo para finalização do plano foi prorrogado para o ano de 2019, e, é possível que o plano enfrente futuras dificuldades para ser entregue, dado o curto período de realização das pesquisas remanescentes, uma vez que a única pesquisa concluída até o presente momento foi a de Origem/Destino, realizada via internet e divulgada através dos mais diversos veículos de informação.

A respeito do Plano Diretor de Mobilidade e Transportes, embora seja considerado material de referência, percebe-se que por questões políticas controversas, ainda não foi incorporado no plano de mobilidade da cidade. Em entrevista ao deputado Carlos Bezerra, o mesmo relatou que a escassez de profissionais capacitados para realizar o estudo, aliado às dificuldades de captação financeira da atual gestão se mostram como principais motivos para o atraso na realização das tarefas designadas pelo plano de mobilidade (DIÁRIO DE PERNAMBUCO, 2015).

Os princípios os quais o plano deve estar fundamentado, haja vista a necessidade de se cumprir as determinações legais da Política Nacional de Mobilidade Urbana, serão discutidos na seção a seguir.

## 3. MOBILIDADE URBANA SUSTENTÁVEL: CONCEITOS E CARACTERIZAÇÃO

A mobilidade urbana sustentável consiste na mudança de paradigma da maneira de examinar os problemas de deslocamento de uma cidade, tradicionalmente, feitos sob a concepção de "previsão e provisão". Surgiu da preocupação em mitigar os efeitos da mobilidade insatisfatória de grandes centros urbanos, tais como: altos índices de poluição do ar (emissões de gases poluentes); poluição visual (congestionamentos); prejuízos econômicos (perda de produtividade pelos atrasos no trânsito) etc. (COSTA, 2008).

Em suma, as opções sustentáveis de mobilidade em transportes segundo Costa, Macedo e Silva (2008) devem contemplar: promoção de igualdade de satisfação entre as pessoas, empresas e o ecossistema; escolhas viáveis e eficientes financeiramente e que colaboram para o desenvolvimento econômico regional; redução ao mínimo possível das emissões de poluentes, respeitando a capacidade natural do Planeta Terra de renovação de recursos.

Na seção a seguir, discute-se uma abordagem de aplicação matemática dos conceitos e fundamentos supracitados.

## 4. O ÍNDICE DE MOBILIDADE URBANA SUSTENTÁVEL (IMUS)

O Índice de Mobilidade Urbana Sustentável – IMUS é um valor calculado baseado no Método Multicritério para Apoio à Decisão, Construtivista – MCDA-C, que foi obtido do estudo da tese de doutorado de Marcela Costa (2008). Em sua pesquisa foi proposto um índice que analisasse a situação de mobilidade urbana baseado em 9 domínios, são eles: acessibilidade; aspectos ambientais; aspectos sociais; aspectos políticos; infraestrutura; modos não-motorizados; planejamento integrado; tráfego e circulação urbana e sistemas de transporte urbano. Dentre os domínios, foram inseridos ainda 37 temas, associados a 87 outros indicadores (alguns quantitativos e outros qualitativos), que destacam aspectos quanto a qualidade de vida e distribuição dos serviços urbanos que afetam direta ou indiretamente a

mobilidade das cidades (Vide Figura 1):

| IMUS | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| DOMÍNIO | PESO | DIMENSÕES S | E | A | TEMA | PESO | ID | INDICADOR | PESO |
| ACESSIBILIDADE | 0,108 | 0,38 | 0,36 | 0,26 | Acessibilidade aos sistemas de transportes | 0,29 | 1.1.1 | Acessibilidade ao transporte público | 0,33 |
| | | | | | | | 1.1.2 | Transporte público para pessoas com necessidades especiais | 0,33 |
| | | | | | | | 1.1.3 | Despesas com transporte | 0,33 |
| | | 0,40 | 0,32 | 0,27 | Acessibilidade universal | 0,28 | 1.2.1 | Travessias adaptadas a pessoas com necessidades especiais | 0,20 |
| | | | | | | | 1.2.2 | Acessibilidade a espaços abertos | 0,20 |
| | | | | | | | 1.2.3 | Vagas de estacionamento para pessoas com necessidades especiais | 0,20 |
| | | | | | | | 1.2.4 | Acessibilidade a edifícios públicos | 0,20 |
| | | | | | | | 1.2.5 | Acessibilidade aos serviços essenciais | 0,20 |
| | | 0,38 | 0,30 | 0,32 | Barreiras físicas | 0,22 | 1.3.1 | Fragmentação urbana | 1,00 |
| | | 0,48 | 0,28 | 0,27 | Legislação para pessoas com necessidades | 0,21 | 1.4.1 | Ações para acessibilidade universal | 1,00 |
| ASPECTOS AMBIENTAIS | 0,113 | 0,29 | 0,28 | 0,43 | Controle dos impactos no meio ambiente | 0,52 | 2.1.1 | Emissões de CO | 0,25 |
| | | | | | | | 2.1.2 | Emissões de $CO_2$ | 0,25 |
| | | | | | | | 2.1.3 | População exposta ao ruído de tráfego | 0,25 |
| | | | | | | | 2.1.4 | Estudos de Impacto Ambiental | 0,25 |
| | | 0,28 | 0,32 | 0,42 | Recursos naturais | 0,48 | 2.2.1 | Consumo de combustível | 0,50 |
| | | | | | | | 2.2.2 | Uso de energia limpa e combustíveis alternativos | 0,50 |
| ASPECTOS SOCIAIS | 0,108 | 0,40 | 0,31 | 0,29 | Apoio ao cidadão | 0,21 | 3.1.1 | Informação disponível ao cidadão | 1,00 |
| | | 0,45 | 0,30 | 0,25 | Inclusão social | 0,20 | 3.2.1 | Equidade vertical (renda) | 1,00 |
| | | 0,39 | 0,30 | 0,31 | Educação e cidadania | 0,19 | 3.3.1 | Educação para o desenvolvimento sustentável | 1,00 |
| | | 0,41 | 0,27 | 0,32 | Participação popular | 0,19 | 3.4.1 | Participação na tomada de decisão | 1,00 |
| | | 0,35 | 0,30 | 0,35 | Qualidade de vida | 0,21 | 3.5.1 | Qualidade de Vida | 1,00 |
| ASPECTOS POLÍTICOS | 0,113 | 0,33 | 0,34 | 0,32 | Integração de ações políticas | 0,34 | 4.1.1 | Integração entre níveis de governo | 0,50 |
| | | | | | | | 4.1.2 | Parcerias público/privadas | 0,50 |
| | | 0,33 | 0,40 | 0,27 | Captação e gerenciamento de recursos | 0,33 | 4.2.1 | Captação de recursos | 0,25 |
| | | | | | | | 4.2.2 | Investimentos em sistemas de transportes | 0,25 |
| | | | | | | | 4.2.3 | Distribuição dos recursos (público x privado) | 0,25 |
| | | | | | | | 4.2.4 | Distribuição dos recursos (motorizados x não-motorizados) | 0,25 |
| | | 0,34 | 0,33 | 0,32 | Política de mobilidade urbana | 0,33 | 4.3.1 | Política de mobilidade urbana | 1,00 |
| INFRA-ESTRUTURA | 0,120 | 0,28 | 0,41 | 0,31 | Provisão e manutenção da infra-estrutura de transportes | 0,46 | 5.1.1 | Densidade da rede viária | 0,25 |
| | | | | | | | 5.1.2 | Vias pavimentadas | 0,25 |
| | | | | | | | 5.1.3 | Despesas com manutenção da infra-estrutura de transportes | 0,25 |
| | | | | | | | 5.1.4 | Sinalização viária | 0,25 |
| | | 0,33 | 0,35 | 0,33 | Distribuição da infra-estrutura de transportes | 0,54 | 5.2.1 | Vias para transporte coletivo | 1,00 |
| MODOS NÃO-MOTORIZADOS | 0,110 | 0,32 | 0,29 | 0,39 | Transporte cicloviário | 0,31 | 6.1.1 | Extensão e conectividade de ciclovias | 0,33 |
| | | | | | | | 6.1.2 | Frota de bicicletas | 0,33 |
| | | | | | | | 6.1.3 | Estacionamento para bicicletas | 0,33 |
| | | 0,31 | 0,29 | 0,39 | Deslocamentos a pé | 0,34 | 6.2.1 | Vias para pedestres | 0,50 |
| | | | | | | | 6.2.2 | Vias com calçadas | 0,50 |
| | | 0,28 | 0,32 | 0,40 | Redução de viagens | 0,35 | 6.3.1 | Distância de viagem | 0,25 |
| | | | | | | | 6.3.2 | Tempo de viagem | 0,25 |
| | | | | | | | 6.3.3 | Número de viagens | 0,25 |
| | | | | | | | 6.3.4 | Ações para redução do tráfego motorizado | 0,25 |
| PLANEJAMENTO INTEGRADO | 0,108 | 0,31 | 0,37 | 0,32 | Capacitação de gestores | 0,12 | 7.1.1 | Nível de formação de técnicos e gestores | 0,50 |
| | | | | | | | 7.1.2 | Capacitação de técnicos e gestores | 0,50 |
| | | 0,35 | 0,30 | 0,35 | Áreas centrais e de interesse histórico | 0,11 | 7.2.1 | Vitalidade do centro | 1,00 |
| | | 0,31 | 0,34 | 0,35 | Integração regional | 0,12 | 7.3.1 | Consórcios intermunicipais | 1,00 |
| | | 0,36 | 0,32 | 0,31 | Transparência do processo de planejamento | 0,12 | 7.4.1 | Transparência e responsabilidade | 1,00 |
| | | 0,31 | 0,32 | 0,36 | Planejamento e controle do uso e ocupação do solo | 0,14 | 7.5.1 | Vazios urbanos | 0,20 |
| | | | | | | | 7.5.2 | Crescimento urbano | 0,20 |
| | | | | | | | 7.5.3 | Densidade populacional urbana | 0,20 |
| | | | | | | | 7.5.4 | Índice de uso misto | 0,20 |
| | | | | | | | 7.5.5 | Ocupações irregulares | 0,20 |
| | | 0,32 | 0,35 | 0,33 | Planejamento estratégico e integrado | 0,14 | 7.6.1 | Planejamento urbano, ambiental e de transportes integrado | 0,50 |
| | | | | | | | 7.6.2 | Efetivação e continuidade das ações | 0,50 |
| | | 0,31 | 0,39 | 0,30 | Planejamento da infra-estrutura urbana e urbanos | 0,13 | 7.7.1 | Parques e áreas verdes | 0,33 |
| | | | | | | | 7.7.2 | Equipamentos urbanos (escolas) | 0,33 |
| | | | | | | | 7.7.3 | Equipamentos urbanos (hospitais) | 0,33 |
| | | 0,31 | 0,35 | 0,35 | Plano Diretor e legislação urbanística | 0,12 | 7.8.1 | Plano Diretor | 0,33 |
| | | | | | | | 8.8.2 | Legislação urbanística | 0,33 |
| | | | | | | | 7.8.3 | Cumprimento da legislação urbanística | 0,33 |
| TRAFEGO E CIRCULAÇÃO URBANA | 0,107 | 0,37 | 0,38 | 0,26 | Acidentes de trânsito | 0,21 | 8.1.1 | Acidentes de trânsito | 0,33 |
| | | | | | | | 8.1.2 | Acidentes com pedestres e ciclistas | 0,33 |
| | | | | | | | 8.1.3 | Prevenção de acidentes | 0,33 |
| | | 0,38 | 0,31 | 0,30 | Educação para o trânsito | 0,19 | 8.2.1 | Educação para o trânsito | 1,00 |
| | | 0,29 | 0,35 | 0,36 | Fluidez e circulação | 0,19 | 8.3.1 | Congestionamento | 0,50 |
| | | | | | | | 8.3.2 | Velocidade média de tráfego | 0,50 |
| | | 0,34 | 0,33 | 0,33 | Operação e fiscalização de trânsito | 0,20 | 8.4.1 | Violação das leis de trânsito | 1,00 |
| | | 0,32 | 0,31 | 0,36 | Transporte individual | 0,21 | 8.5.1 | Índice de motorização | 0,50 |
| | | | | | | | 8.5.2 | Taxa de ocupação dos veículos | 0,50 |
| SISTEMAS DE TRANSPORTE URBANO | 0,112 | 0,30 | 0,33 | 0,37 | Disponibilidade e qualidade do transporte público | 0,23 | 9.1.1 | Extensão da rede de transporte público | 0,13 |
| | | | | | | | 9.1.2 | Freqüência de atendimento do transporte público | 0,13 |
| | | | | | | | 9.1.3 | Pontualidade | 0,13 |
| | | | | | | | 9.1.4 | Velocidade média do transporte público | 0,13 |
| | | | | | | | 9.1.5 | Idade média da frota de transporte público | 0,13 |
| | | | | | | | 9.1.6 | Índice de passageiros por quilômetro | 0,13 |
| | | | | | | | 9.1.7 | Passageiros transportados anualmente | 0,13 |
| | | | | | | | 9.1.8 | Satisfação do usuário com o serviço de transporte público | 0,13 |
| | | 0,31 | 0,34 | 0,34 | Diversificação modal | 0,18 | 9.2.1 | Diversidade de modos de transporte | 0,33 |
| | | | | | | | 9.2.2 | Transporte público x transporte privado | 0,33 |
| | | | | | | | 9.2.3 | Modos motorizados x modos não-motorizados | 0,33 |
| | | 0,34 | 0,35 | 0,31 | Regulação e fiscalização do transporte público | 0,18 | 9.3.1 | Contratos e licitações | 0,50 |
| | | | | | | | 9.3.2 | Transporte clandestino | 0,50 |
| | | 0,37 | 0,33 | 0,30 | Integração do transporte público | 0,22 | 9.4.1 | Terminais intermodais | 0,50 |
| | | | | | | | 9.4.2 | Integração do transporte público | 0,50 |
| | | 0,38 | 0,37 | 0,25 | Política tarifária | 0,19 | 9.5.1 | Descontos e gratuidades | 0,33 |
| | | | | | | | 9.5.2 | Tarifas de transportes | 0,33 |
| | | | | | | | 9.5.3 | Subsídios públicos | 0,33 |

**Figura 1:** Critérios para o cálculo do IMUS (Costa,2008)

A respeito da aplicação do método, bem como suas fórmulas e significado das variáveis incluídas na planilha de cálculo, ver na seção seguinte de metodologia.

## 5. METODOLOGIA

A metodologia desta pesquisa se baseou na proposta de Costa (2008) e foi aplicada para a cidade de Recife. O IMUS é calculado utilizando para cada indicador exposto na Figura 1, um peso obtido mediante consultas com técnicos e especialistas das áreas de mobilidade e dinâmica das cidades, através de eventos técnicos e afins (ibid). O resultado final do IMUS é um valor que se encontra dentro do intervalo de 0 a 1, onde, quão mais próximo de 1 este número for, melhores são as condições de mobilidade da cidade estudada. Para o cálculo da planilha do IMUS, uma vez coletados os dados e traduzidos para compatibilizar os *scores* dos indicadores, o resultado da aplicação do método será expresso na forma de quatro diferentes indicadores. São eles: um índice global, resultado da análise geral dos indicadores, e de três índices setoriais das dimensões ambiental, social e econômica, resultado da análise específica de cada indicador pertencente a um tema e sua dimensão.

As fórmulas propostas por Costa (2008) para obter esses valores se encontram expressas nas Equações 1 e 2:

$$\text{IMUSg} = \sum_{i=1}^{n} wi^{D}.\ wi^{T}.wi^{I}.xi \qquad (1)$$

Onde: IMUSg: Índice de Mobilidade Urbana Sustentável global
n: número de indicadores (varia de 1 a 87)
i: o indicador a ser analisado
$wi^{D}$: peso do domínio a qual o indicador i pertence
$wi^{T}$: peso do tema o qual o indicador i pertence
$wi^{I}$: peso do indicador i
$xi$: valor normalizado (corrigido) para o indicador i

$$\text{IMUSsj} = \sum_{i=1}^{n} wi^{SD_j}.wi^{D}.\ wi^{T}.wi^{I}.xi \qquad (2)$$

Onde: IMUSsj: Índice setorial para a dimensão sj(ambiental, social ou econômica);
$SD_j$ : Peso da dimensão sj dentro do Tema a qual o indicador i pertence;
$wi^{D}.\ wi^{T}.wi^{I}.xi$: mesmas considerações da equação 01

Este método consegue fornecer os quatro índices finais mesmo na ausência de um dos indicadores. Considerando a inexistência de informações ou eventuais dificuldades de coleta de dados e tempo de realização da pesquisa, neste caso, a soma final dos pesos será redistribuída de forma a não prejudicar o resultado final do cálculo do IMUS, que, para a cidade de Recife, será discutido na seção a seguir.

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os índices calculados para a cidade de Recife revelaram-se ser muito próximo dos calculados para a cidade de São Carlos, estudo de caso de Costa (2008), vide Tabela 2, apesar dos critérios disponibilidade dos dados, prazo de realização das pesquisas e até as próprias condições demográficas e sociais entre as cidades serem diferentes. Sendo assim, elas apresentaram IMUS globais próximos de 0,500, e, portanto, de mediana mobilidade sustentável.

**Tabela 2:** Comparação dos IMUS's entre Recife e São Carlos

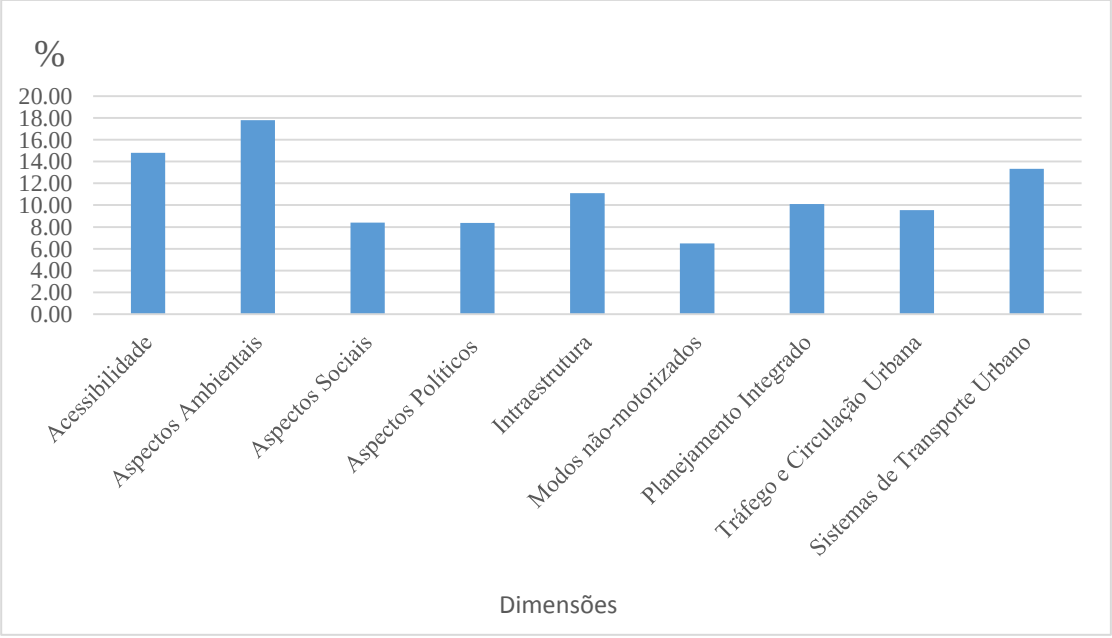
| IMUS | Cidade | |
|---|---|---|
| | São Carlos | Recife |
| IMUS global | 0,587 | 0,534 |
| IMUS econômico | 0,193 | 0,176 |
| IMUS ambiental | 0,19 | 0,18 |
| IMUS social | 0,196 | 0,178 |

Quanto à disponibilidade de dados para realização do cálculo, a maior parte das informações foi obtida a curto e médio prazo, considerando que as fontes foram extraídas diretamente dos portais de acesso à informação. As fontes mais pesquisas para coleta de dados foram o IBGE, Companhia de Trânsito e Transporte Urbano do Recife – CTTU, Prefeitura do Recife, Grande Recife Consórcio de Transporte, Secretaria de Saúde, Secretaria de Educação, Departamento Estadual de Trânsito de Pernambuco - Detran, Associação Metropolitana de Ciclistas do Grande Recife – Ameciclo, Empresa de Manutenção e Limpeza Urbana – Emlurb e Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos – NTU.

Todavia, alguns dados não foram obtidos mediante consulta aos órgãos supracitados. Neste caso, foram feitas pesquisas nas bases acadêmicas em busca de informações relevantes ao cálculo dos indicadores. Também foram consultados especialistas das áreas de transportes e urbanismo na cidade, na ausência de parâmetros para estimar os indicadores qualitativos. Ao todo, foram contabilizados 79 indicadores, apresentando um aproveitamento de 91% em relação ao total.

A contribuição percentual de cada domínio no cálculo do IMUS global encontra-se indicado no Gráfico 1:

**Gráfico 1:** Contribuição percentual de cada domínio ao IMUSg



Observa-se mediante análise do gráfico acima que os domínios que mais contribuíram positivamente ao IMUSg, foram acessibilidade (14,79%); aspectos ambientais (17,79%) e sistemas de transporte urbano (13,34%). Diante disto, fazem-se necessárias as seguintes colocações:

- Acessibilidade: para este domínio, verificou-se que a porcentagem de acessibilidade para a população em geral ao transporte público foi de 53% e o número de transportes públicos com os devidos equipamentos de acesso às pessoas com necessidades especiais de 63,2%, percentuais maiores que a metade, e, portanto, considerados minimamente agradáveis. Ademais, o número de vagas públicas de estacionamento destinadas às pessoas com necessidades especiais foi de 130, ou 5% do total destinado ao público geral (CTTU, 2016), considerado maior que o determinado pelo Estatuto da Pessoa com Deficiência (Lei Federal n°. 13.146/2015), igual a 2%, o que logo, contribuiu positivamente ao domínio.
- Aspectos Ambientais: a respeito das emissões de $CO_2$, foi estimado que o consumo de combustível por habitante na cidade de Recife foi de 167 litros/habitante, apenas calculado para os veículos motorizados individuais, considerado um parâmetro baixo de acordo com a tabela de referência normativa de Costa (2008), onde supõe-se até 750 litros/habitante ou mais. Ademais, quanto ao indicador qualitativo de estudos de impactos ambientais, a cidade recebeu nota máxima (1,00) por apresentar estudo de impacto ambiental e de impacto de vizinhança para projetos de transportes com medidas mitigadoras. Portanto, conclui-se que ambos aspectos contribuíram positivamente para a análise deste domínio.
- Sistemas de Transporte Urbano: representa o domínio com o maior número de indicadores (igualado com o domínio Planejamento Integrado). Este domínio apresentou muitos indicadores com resultados positivos, tais quais: Terminais Intermodais, dos 24 terminais do Sistema Estrutural Integrado da cidade de Recife, 19 possuem integração com pelo menos dois outros modos de transporte, além do ônibus comum, sendo o BRT e o metrô esses modos. Outro indicador que refletira positivamente no IMUSg, foi a idade da frota de ônibus. Segundo a Grande Recife Consórcio de Transportes, a idade média da frota de ônibus é 4,75 anos, normalizado com nota máxima (1,00), onde se considera até 5 anos aceitável na visão de Costa (2008).

Em contrapartida, os domínios que agregaram contribuições mais baixas foram os modos não motorizados (6,5%), os aspectos políticos (8,37%) e aspectos sociais (8,41%). Face ao ocorrido, depreende-se que:

- Modos não motorizados: este domínio obteve todos os indicadores abaixo da metade normalizada (0,5 ou 50%). Apresentou como indicador mais alto, o tempo de viagem e obteve *score* mínimo (0,00) para a categoria "frota de bicicletas por 100 habitantes", por ser considerado menor que 15/100 habitantes, além de também ter obtido nota mínima no indicador estacionamento para bicicletas em terminais urbanos. Todas essas constatações refletem na incipiente política de estímulo ao uso de modos não motorizados na cidade em referência, onde poucos são os deslocamentos realizados por meio de bicicletas ou a pé.
- Aspectos políticos: neste domínio, o indicador parceria público/privada, obteve nota mínima (0,00) por não haver na cidade projetos de transporte e mobilidade urbana com participação público/privada. Também foi constatado que há disparidades nos investimentos públicos voltados para os modos motorizados e não motorizados, e, portanto, isto influenciou negativamente no cálculo do indicador. Além disso, todos os

demais indicadores versavam sobre o nível de participação do poder público e setor privado na coordenação dos recursos para investir-se em mobilidade e transportes, esses, mostraram que há pouca sintonia entre as partes e isso, portanto, refletira negativamente também no cálculo do IMUSg.

- Aspectos sociais: os preponderantes indicadores que rebaixaram esta dimensão foram a qualidade de vida dos habitantes (0,40) e a participação administrativa na tomada de decisão (0,33). Este, por ter incentivado o desenvolvimento urbano apenas na etapa (ainda incompleta) de elaboração do plano de mobilidade, e, àquele, face a desigualdade social, insegurança e insatisfação geral da população com a cidade como local para se viver.

Em continuação, a seção seguinte se desenvolve no tocante às conclusões ou considerações finais a respeito do desenvolvimento da pesquisa.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O IMUS é um indicador que agrega desde fatores de emissão de gases poluentes ao meio ambiente, até o nível de formação e capacitação dos técnicos e gestores da cidade para diagnosticar a mobilidade. Desde modo, o referido indicador se propõe a fazer uma análise panorâmica da problemática dos deslocamentos da cidade, fazendo o olhar interseccional das dimensões social, ambiental e econômica nas cidades, em sintonia com políticas públicas democráticas (MACHADO, 2010; COSTA, 2008).

Para a cidade do Recife, constatou-se que a mobilidade urbana se encontra especialmente deficitária na dimensão dos modos não-motorizados, apesar dos recentes incentivos à adoção das rotas cicláveis, com o sistema de bicicletas compartilhadas BikePE e as ciclofaixas operacionais funcionado nos finais de semana e feriados. O sistema não possui extensão viária equiparável com os demais modos de transporte motorizados, nem tampouco significativa infraestrutura de estacionamento em locais públicos e privados. Apesar do constante na Lei Municipal n°. 17.694/2011, que versa sobre o incentivo ao sistema cicloviário no município do Recife, o indicador mostrou que há fraquezas na promoção do sistema. Portanto, faz-se necessário ampliar sua rede viária, aumentar a conectividade das rotas, criar mais estacionamentos públicos, especialmente em terminais de ônibus e em prédios públicos e articular ações para reduzir o tráfego motorizado individual, promovendo assim, a redistribuição do espaço, e não sua modificação física (antagonismo do modelo “previsão e provisão”).

A respeito dos fatores políticos, verificou-se que há baixa participação integrada entre o poder público e setor privado nos investimentos em mobilidade na cidade, reflexo da acomodação em priorizar o transporte individual, que a cada dia a mais se torna mais presente no perímetro urbano, causando prejuízos econômicos e de saúde às pessoas. Quanto a isto, fazem-se necessárias intervenções de conscientização aos gestores públicos e empresários para investirem em modelos de mobilidade sustentável, como o próprio sistema cicloviário e medidas que favoreçam a caminhabilidade da cidade. Ao fazer isto, direto ou indiretamente, estas ações afetariam a dimensão social, também apontada pelo indicador, pois melhoraria a qualidade de vida e a participação administrativa na tomada de decisão à elaboração do plano de mobilidade da cidade do Recife.

Por fim, sugere-se que para pesquisas futuras sejam incorporadas à análise dos sistemas de transporte urbano, indicadores como a relação de passageiros por modo de transporte público

coletivo (metrô, ônibus comum, BRT) em horários de pico, uma vez que esta variável influencia na satisfação do usuário com o transporte público e na mobilidade em si. Ademais, sugere-se que os dados não encontrados para o cálculo dos indicadores como a porcentagem da população exposta ao ruído e de área urbana destinada ao uso do solo misto por legislação urbanística (não explicitado no Plano Diretor da cidade) possam ser pesquisados ou mesmo apurados para garantir melhor precisão no cálculo do IMUS.

**REFERÊNCIAS**

ALBUQUERQUE, I; FARIAS, A. As contribuições dos projetos Porto Leve e Bike PE para o uso da bicicleta pública como meio de transporte na Região Metropolitana do Recife. In: XI Congresso Nacional de Excelência em Gestão. Rio de Janeiro, RJ. 2015.

BALASSIANO, R. et al. Gerenciamento da Mobilidade: Experiências em Bogotá, Londres e Alternativas Pós-Modernas. In: 2º Congresso Luso Brasileiro para o Planejamento Urbano Regional Integrado Sustentável. Portugal - Braga, 2006.

BRASIL. Ministério das Cidades. Caderno de Referência para Elaboração de Plano de Mobilidade Urbana. Brasília, 2015. 238 p.

CERVERO, R. Transit Metropolis: A global inquiry. Washington DC: Island Press. 1998.

COSTA, M. S. Um índice de mobilidade urbana sustentável. 2008. 274 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Transportes), Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes, Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, SP. 2008.

COSTA, M; MACEDO, M; SILVA, A. Multiple views of sustainable urban mobility: The case of Brazil. Transport Policy. São Paulo, v.15, n.6, p.350-360, 2008.

DELGADO, J. Implementação de Planos de Mobilidade em centros de ensino: bases metodológicas. In: WCCSETE'2006, Congresso Mundial de Educação em Engenharia, Tecnologia e Ciência da Computação, Santos, São Paulo, 2006.

DIÁRIO DE PERNAMBUCO. Recife chega em 2015 sem concluir o seu plano de mobilidade urbana. O prazo termina em abril. Recife, 27 de fevereiro de 2015. Disponível em: <http://blogs.diariodepernambuco.com.br/mobilidadeurbana/2015/02/planos-de- mobilidade-urbana-prazo-termina-em-abril/>. Acesso em 06 de julho de 2017.

GRANDE RECIFE CONSÓRCIO DE TRANSPORTES. Governo lança licitação das linhas de ônibus e abre mão do ICMS para financiar gestão do sistema. Recife, 16 de janeiro de 2013. Disponível em: http://www.granderecife.pe.gov.br/web/grande-recife/exibir_noticia?groupId=1726912&articleId=2912015&templateId=1731187 > Acesso em 6 de setembro de 2017.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2008). Cidades: Censo Demográfico - 2010. IBGE, Rio de Janeiro. 2010.

INCT Instituto Nacional de Ciências e Tecnologia. O Bem-Estar Urbano dos municípios brasileiros — IBEU Municipal. Rio de Janeiro, 29 de setembro de 2016. Disponível em: <http://observatoriodasmetropoles.net/index.php?option=com_k2&view=item&id=1745%3A%C3%ADndice-de-bem-estar-urbano-dos-munic%C3%ADpios-brasileiros-%E2%80%94-ibeu-municipal&Itemid=164&lang=pt>. Acesso em 7 de julho de 2017.

MACEDO, M; ABDALA, I; SORRATINI, J. Aplicação do Índice de Mobilidade Sustentável (IMUS) no diagnóstico das condições de mobilidade em Goiânia. In: Anais do XXVII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, ANPET. Belém, 2013.

MACHADO, L. Índice de Mobilidade Sustentável para avaliar a qualidade de vida urbana. Estudo de caso: Região Metropolitana de Porto Alegre – RMPA. 2010. 173p. Dissertação de mestrado – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2010.

MORAES, F. M; LIMA, I. B; SILVA, D. L. G. Desenvolvimento sustentável e mobilidade: alternativas para o desenvolvimento da mobilidade da Região Metropolitana do Recife. DESAFIOS: Revista Interdisciplinar da Universidade Federal do Tocantins –V. 2 –n. 01. p. 127-147, Tocantins. Jul./dez. de 2015.

SOARES, R. BRT pernambucano não é BRT, diz Jaime Lerner, o criador do Bus Rapid Transit. Sistema Jornal do Comércio. Recife, 22 de maio, 2017. Disponível em: <http://jc.ne10.uol.com.br/blogs/deolhonotransito/2015/05/22/brt-pernambucano- nao-e- brt-diz-jaime-lerner-o-criador-do-bus-rapid-transit/> Acesso em 04 de junho de 2017.

UFPE. Universidade Federal de Pernambuco. 2015. Disponível em: <https://www.ufpe.br/agencia/clipping/index.php?option=com_content&view=article&id=22576:motoristas-sairiam-sem-carros&catid=563&Itemid=237>. Acesso em 04 de junho de 2017.

Débora Regina dos Santos Silva (debora_reg@yahoo.com)
Pós-Graduação em Transporte e Gestão das Infraestruturas Urbanas, Departamento de Engenharia Civil.
Universidade Federal de Pernambuco
Rua Acadêmico Hélio Ramos, S/N Cidade Universitária CEP 50740-530 – Recife, PE, Brasil.

# VIAS URBANAS E TRANSPORTES NÃO MOTORIZADOS: O EFEITO BARREIRA E OS DESAFIOS NA BUSCA DA MOBILIDADE URBANA SUSTENTÁVEL.

**Maíra Mesquita Maciorowski**
**João Carlos Souza**
Universidade Federal de Santa Catarina
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial

**RESUMO**
Objetiva-se por meio deste estudo propor ações que possam minimizar os efeitos danosos que vias urbanas de grande circulação podem causar sobre os deslocamentos realizados através de modos de transporte não motorizados, especialmente os danos referentes ao Efeito Barreira, com vistas à melhoria da qualidade do ambiente urbano. Para fins de embasamento teórico, o estudo faz uma pesquisa literária referencial sobre os conceitos e soluções em mobilidade urbana sustentável, transportes não motorizados e os conceitos e consequências relativas ao Efeito Barreira, a fim de identificar as principais variáveis e indicadores referentes aos temas. Como resultados preliminares da revisão bibliográfica realizada, percebeu-se a grande relevância do tema e a forte necessidade de aprofundamento de estudos frente à escassez de trabalhos encontrados na literatura. A partir do estudo destas revisões, foi possível elaborar um método de pesquisa, baseado na aplicação de questionários junto à população da área diretamente atingida pelo Efeito Barreira, dividido em duas etapas: i) identificação dos fatores que geram o Efeito Barreira, elaborado segundo as recomendações propostas por Likert e utilização do Método dos Intervalos Sucessivos e; ii) aplicação da técnica de preferência declarada, cuja contribuição visa propor soluções em mobilidade sustentável voltada ao transporte não motorizado a fim de minimizar as consequências do Efeito Barreira.

Maíra Mesquita Maciorowski (maira.maciorowski@gmail.com)
João Carlos Souza (joao.carlos@ufsc.br)
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Departamento de Arquitetura.
Caixa Postal 476 - Cep 88040900 - Trindade, Florianópolis/SC - Brasil

# TAXAS DE GERAÇÃO DE VIAGENS PARA POSTOS DE COMBUSTÍVEIS

**Lenise Grando Goldner**
**Mayara Orlandi Silva**
Universidade Federal de Santa Catarina
Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil

**RESUMO**
Os postos de combustíveis ou postos revendedores de combustíveis (PRC) são empreendimentos de grande porte que provocam mudanças no tráfego de seu entorno, à medida que potencializam a geração de viagens de consumidores atraídos pelos diferentes serviços oferecidos. Este trabalho apresenta uma pesquisa realizada em treze postos de combustíveis na cidade de Florianópolis/SC, seis localizados no centro da cidade e outros sete em importantes praias. Foram realizadas contagens volumétricas de tráfego nos principais acessos aos postos, no período de 16 horas. Da análise dos resultados das contagens, foram elaboradas as taxas de geração de viagens para cada empreendimento. Com base na bibliografia disponível, realizou-se a comparação das taxas propostas na pesquisa com os modelos existentes. Espera-se, com este trabalho, contribuir para estudos mais abrangentes da geração de viagens em postos de combustíveis, oferecendo aos planejadores de transporte importante ferramenta para avaliação de impacto deste tipo de empreendimento.

**ABSTRACT**
Fuel stations or fuel retailers (FR) are large enterprises that provoke changes in their surrounding traffic, and increase the generation of trips by consumers who are attracted by the different services offered. This work presents a study realized in thirteen fuel stations in the city of Florianópolis, six of which are located downtown, and the remaining seven near important beaches. Traffic volume counts were performed around the main points of access to these fuel stations over a period of sixteen hours. Trip generation rates for each of the enterprises were drawn from the results analysis. Based on available bibliography, the rates proposed in the study were compared to existing models. The aim of this work is to contribute to broader studies on fuel station trip generation, and to offer transport planners important tools for evaluating the impact of this type of enterprise.

## 1. INTRODUÇÃO

Os postos de combustíveis ou postos revendedores de combustíveis (PRC), como denomina a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – ANP, órgão regulador da atividade, estão presentes em diferentes locais, desde centros urbanos até localidades remotas. São caracterizados como Polos Geradores de Viagens – PGV, que quando localizados sem planejamento influenciam negativamente o sistema de mobilidade urbana, à medida que potencializam a geração de viagens e causam impactos em diversos âmbitos no entorno do empreendimento.

Os autores Datta e Guzek (1992) determinaram que a implantação de postos de combustíveis resulta em mudanças significativas nas características do fluxo de veículos no entorno das edificações. Nos EUA há procedimentos específicos para conceder a aprovação de tais empreendimentos. Os órgãos de análise realizam a avaliação de impacto sobre o sistema viário e de transportes com base em legislação específica.

Algumas das medidas a favor da mobilidade urbana já encontram amparo na legislação brasileira. Além do Plano Diretor, as cidades possuem outras ferramentas jurídicas, tais como a lei de Usos e Ocupação do Solo, Lei de Perímetro Urbano, Lei de Parcelamento do Solo, Código de Obras, Código de Posturas e o Código de Trânsito Brasileiro que estabelece em seu artigo 93 que nenhum projeto de edificação que possa transformar-se em um polo atrativo de trânsito poderá ser aprovado sem prévia anuência do órgão ou entidade responsável.

Entretanto, no Brasil os impactos produzidos por este PGV não são quantificados devido a falta de taxas e modelos de geração de viagens. Desta forma os órgãos responsáveis pela análise e aprovação não dispõe de ferramentas suficientes para a identificação das viagens geradas por esses empreendimentos.

O Institute of Transportation Engineers (ITE), em sua publicação *Trip Generation*, apresenta procedimentos para a determinação das taxas e modelos de geração de viagens para muitos empreendimentos. Porém, deve-se considerar que tais procedimentos, bem como as respectivas taxas, foram desenvolvidos para o padrão norte-americano. Nesse sentido, trabalhos que considerem as condições brasileiras podem gerar taxas de geração de viagens com maior credibilidade para uso no Brasil.

Este artigo tem como objetivo apresentar uma pesquisa realizada em postos de combustíveis, de modo a obter as taxas de geração de viagens para este tipo de empreendimento. O estudo foi realizado em uma amostra de postos de combustíveis localizados na cidade de Florianópolis/SC. Espera-se que este trabalho possa auxiliar os gestores a estabelecer um processo específico de análise e identificação de seus impactos no sistema viário e de transportes, dentro da realidade de cidades brasileiras.

## 2. POSTOS DE COMBUSTÍVEIS COMO PGVS

### 2.1. Institute of Transportation Engineers - ITE (2012)

Dentre os estudos mais importantes na bibliografia internacional, sobre taxas e modelos de geração de viagens para postos de combustíveis, encontra-se a publicação do ITE denominada *Trip Generation* em suas várias edições (1991, 1997, 2001, 2003, 2008 e 2012). Os tipos de postos apresentados nesta publicação são: postos sem loja de conveniência, postos com loja de conveniência e postos com loja de conveniência e lavação.

Desta publicação retiraram-se apenas algumas taxas diárias e horárias, destacadas a seguir, com intuito de se comparar em ordem de grandeza os valores americanos com a realidade brasileira.

**Tabela 1:** Taxas de geração de viagens para postos de abastecimento com conveniência e lavação – ITE (2012)

| Categoria | Uso do Solo | Nº. de Estudos | Unidade ou variável Explicativa (x) | Taxa média viagens geradas por unidade de tempo (intervalo) |
|---|---|---|---|---|
| Postos de Combustíveis | Com loja de conveniência e lavação | 10 | Nº de bombas | 152,84/dia (97,20 – 250,88) |
| | | 22 | Nº de bombas | 11,93/hora pico da via (7 – 9h) (4,33 – 29,00) |
| | | 30 | Nº de bombas | 13,94/hora pico da via (16 – 18h) (7,00 – 29,63) |
| | | 20 | Nº de bombas | 13,45/hora pico da manhã (6,08 – 29,00) |
| | | 22 | Nº de bombas | 14,64/hora pico da tarde (7,00 – 26,71) |
| | | 5 | Nº de bombas | 20,21/hora pico sábado (10,42 – 32,71) |

As variáveis consideradas para a determinação das taxas foram: número de bombas, área bruta construída e volume de tráfego na hora de pico (manha e tarde) da via adjacente. A

variável estimada representa o número de viagens horárias na hora de pico (manhã e tarde) do empreendimento, na hora de pico (manhã e tarde) da via adjacente.

**Tabela 2:** Taxas de geração de viagens para postos de abastecimento com loja de conveniência – ITE (2012)

| Categoria | Uso do Solo | Nº. de Estudos | Unidade ou variável Explicativa (x) | Taxa média viagens geradas por unidade de tempo (intervalo) |
|---|---|---|---|---|
| Postos de Combustíveis | Com loja de conveniência | 11 | Nº de bombas | 162,78/dia (90,67 – 299,50) |
| | | 36 | Nº de bombas | 10,16/hora pico da via (7 – 9h) (3,50 – 33,40) |
| | | 38 | Nº de bombas | 13,38/hora pico da via (16 – 18h) (4,25 – 57,80) |
| | | 35 | Nº de bombas | 10,56/hora pico da manhã (3,50 – 33,40) |
| | | 37 | Nº de bombas | 13,57/hora pico da tarde (4,25 – 57,80) |
| | | 29 | 1.000 pés² área bruta construída | 79,30/hora pico da via (7 – 9h) (25,00 – 276,60) |
| | | 32 | 1.000 pés² área bruta construída | 97,08/hora pico da via (16 – 18h) (27,86 – 451,28) |
| | | 28 | 1.000 pés² área bruta construída | 78,06/hora pico da manhã (25,00 – 276,60) |
| | | 30 | 1.000 pés² área bruta construída | 97,14/hora pico da tarde (27,86 – 451,28) |
| | | 8 | Tráfego hora pico na via (manhã) | 0,04/hora pico da via (7 – 9h) (0,01 – 0,12) |
| | | 9 | Tráfego hora pico na via (tarde) | 0,04/hora pico da via (16 – 18h) (0,01 – 0,10) |

### 2.2. Tipton e Tipton Jr. (1990)

Tipton e Tipton Jr (1990) estudaram 10 lojas de conveniência com bombas de gasolina na Flórida, EUA. Além da determinação de taxas de geração de viagens, o estudo incluiu a realização de entrevistas nas conveniências, com o objetivo de obter informações relativas as viagens primárias (número e duração média), viagens desviadas e de passagem.

Os autores determinaram as taxas de geração de viagens de forma independente para cada loja de conveniência, em função de 1.000 pés quadrados de área bruta construída para o período diário, pico da manhã (via) e pico da tarde (via). Os resultados obtidos foram utilizados para documentar as características de transportes para lojas de conveniência com bombas de gasolina.

Os valores propostos na pesquisa foram então comparados com as taxas de geração de viagens obtidas pelo ITE para lojas de conveniência, em sua quarta edição, sem bombas de gasolina. Conforme a Tabela 3, a taxa média de geração de viagens obtida neste estudo (846,06) para as lojas com bombas de gasolina é ligeiramente inferior à taxa de geração de viagens diárias para as lojas de conveniência, sem bombas de gasolina, documentadas pelo ITE (887,056).

**Tabela 3:** Taxas de geração de viagens para lojas de conveniência - Tipton e Tipton Jr. (1990)

| Local | Operação (horas) | Área Bruta (pés²) | Bombas | Tráfego médio diário[a] | % Viagens diárias pico da tarde[a] | Geração de viagens diárias | | Geração de viagens hora-pico manhã | | Geração de viagens hora-pico da tarde | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Estudo[b] | ITE[c] | Estudo[b] | ITE[c] | Estudo[b] | ITE[c] |
| 1 | 24 | 2640 | 4 | 1838 | 7,5 | 696,21 | 887,056 | 41,29 | 67,611 | 50,38 | 71,125 |
| 2 | 24 | 2585 | 4 | 2382 | 6,8 | 921,47 | 887,056 | 57,64 | 67,611 | 58,03 | 71,125 |
| 3 | 24 | 2585 | 4 | 2804 | 8,7 | 1084,72 | 887,056 | 62,67 | 67,611 | 80,46 | 71,125 |
| 4 | 24 | 2585 | 4 | 2558 | 6,0 | 989,56 | 887,056 | 72,73 | 67,611 | 60,74 | 71,125 |
| 5 | 18 | 2612 | 4 | 2261 | 7,9 | 865,62 | 887,056 | 55,90 | 67,611 | 58,58 | 71,125 |
| 6 | 24 | 2650 | 4 | 2146 | 5,9 | 809,81 | 887,056 | 36,60 | 67,611 | 45,66 | 71,125 |
| 7 | 24 | 2650 | 4 | 2763 | 7,3 | 1042,64 | 887,056 | 47,92 | 67,611 | 77,74 | 71,125 |
| 8 | 18 | 2400 | 4 | 1624 | 6,6 | 676,67 | 887,056 | 37,50 | 67,611 | 50,42 | 71,125 |
| 9 | 20 | 2400 | 4 | 1847 | 8,4 | 769,58 | 887,056 | 48,75 | 67,611 | 58,33 | 71,125 |
| 10 | 24 | 2560 | 4 | 1481 | 4,7 | 578,52 | 887,056 | 32,03 | 67,611 | 31,25 | 71,125 |
| Média | | 2566 | 4 | 2171 | 7,0 | 846,06 | 887,056 | 49,31 | 67,611 | 57,16 | 71,125 |

a Conveniências com bombas de gasolina
b Por 1.000 pés² (Conveniências com bombas de gasolina)
c Por 1.000 pés² (Conveniências sem bombas de gasolina)

### 2.3. Lutrell (1991)

O autor apresentou um estudo de geração de viagens para dezoito lojas de conveniência com bombas de gasolina na Flórida, EUA, em função da variável número de bombas e área bruta do empreendimento. A fim de atribuir taxas de viagens para ambas as variáveis, as viagens foram definidas como abastecimento, conveniência, ou viagem combinada (abastecimento mais conveniência).

Os dados foram coletados apenas durante o horário de pico da tarde por duas razões: a hora de pico da tarde (16hs00 ás 18hs00) foi considerada o período crítico para as operações da via e período utilizado para análise de impacto local. A Tabela 4 apresenta a taxa média de geração de viagens para os empreendimentos pesquisados.

**Tabela 4:** Taxas média de geração de viagens na hora pico da tarde - Lutrell (1991)

| | **Taxas de viagens** | |
|---|---|---|
| **Parâmetros** | **Viagens/bomba** | **Viagens/ pés²** |
| Geração de Viagens Média (18 locais) | 7,28 | 46,1 |

### 2.4. Datta e Gusek (1992)

Datta e Guzek (1992) realizaram uma pesquisa em seis postos de combustíveis com lojas de conveniência na cidade de Michigan, EUA. Segundo os autores a combinação de tais atividades produz diferentes características de geração de viagens. Dos estabelecimentos estudados um deles oferece também os serviços de lavação de veículos.

No estudo foram determinadas as taxas de geração de viagens em função da variável explicativa número de bombas, para períodos de 12 horas, pico da manhã e pico da tarde, conforme mostra a Tabela 5.

**Tabela 5:** Taxa de viagens para o estudo e média do número de viagens por bomba - Datta e Guzek (1992)

| Local de estudo | | | Viagens diárias (12hs) | | Viagens hora pico da manhã | | Viagens hora pico da tarde | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nº | Descrição | Nº de bombas | Nº | Taxa (viagens /bomba) | Nº | Taxa (viagens/ bomba) | Nº | Taxa (viagens /bomba) |
| 1 | Woodward Ave. & 14 mile Rd. | 8 | 644 | 80,5 | 52 | 6,5 | 91 | 11,4 |
| 2 | Cooley Lake & Williams Lake Rd. | 12 | 1123 | 93,6 | 103 | 8,6 | 116 | 9,7 |
| 3 | Grand River Ave. & Okemos Rd. | 12 | 473 | 39,4 | 15 | 1,3 | 65 | 5,4 |
| 4 | Grand River Ave. & Schaefer Rd. | 10 | 1216 | 121,6 | 85 | 8,5 | 124 | 12,4 |
| 5 | Lake Lansing Rd. & Kerry St. | 8 | 1267 | 158,4 | 101 | 12,6 | 148 | 12,3 |
| 6 | Grand River Ave. & Haggerly Rd.* | 12 | 1899 | 158,3 | 144 | 12,0 | 183 | 15,3 |
| | MÉDIA | | | 108,60 | | 8,25 | | 11,08 |
| | *Posto de combustível com conveniência e lavação | | | | | | | |

Os autores comparam os resultados da pesquisa com a 3ª e 5ª edição do ITE. O período de pico de tráfego encontrado no estudo registrou taxas de viagem semelhante aos informados na 3ª Edição enquanto as taxas médias dos 6 postos se mostraram inferiores às taxas da 5ª edição.

### 2.5. Kawamura (1993)

Um estudo abrangente de tráfego, circulação e estacionamento foi realizado por Kawamura (1993), que incluiu pesquisas em trinta estações de serviço em áreas chave de mercado nos Estados Unidos, incluindo a região Nordeste, a região do Atlântico, Florida, e sul da Califórnia. Na Tabela 6 são apresentadas as taxas de geração de viagens, conforme o número de posições de abastecimento, em 24 horas de observação.

**Tabela 6:** Geração de Viagens Diárias para Postos de Gasolina e Estações de Serviços - Kawamura (1993)

| Tipo de Estação | Nº de posições de abastecimento | Viagens – 24hs | Taxa de viagens diárias |
|---|---|---|---|
| Somente posto de gasolina | 8,00 | 1190 | 148,776 |
| Somente estação de serviço | 9,00 | 1926 | 227,658 |
| Posto de gasolina com conveniência | 12,80 | 1943 | 150,780 |
| Estação de serviços com conveniência | 11,60 | 1727 | 164,131 |
| Posto de gasolina com conveniência e lavação | 12,71 | 1980 | 153,992 |
| Estação de serviço com mercado e lavação | 13,50 | 1385 | 103,659 |
| Média de todos os postos de gasolina | 12,38 | 1905 | 152,355 |
| Média de todas as estações de serviços | 11,82 | 1639 | 153,692 |
| ITE | 5,50 | 732 | 133,000 |

O ITE faz referência específica às estações de serviço como edificações "localizadas em interseções ou autoestrada" incluíndo "instalações de manutenção, reparo e abastecimento de veículos motorizados". Apenas em sua 5ª edição o ITE inclui "estação de serviço com lojas de conveniência, posto de serviço com lojas de conveniência e lavação de veículos, e lojas de conveniência com bombas de gasolina".

Segundo o autor, o termo "bomba" não é definido no manual do ITE, assim como sua utilização como variável independente. Em seus estudos, Kawamura (1993) sugere utilizar "posições de abastecimento" como variável independente, uma vez que tal terminologia descreve melhor o número de veículos que podem ser servidos em um dado tempo.

**2.6. Datta, Datta e Nannapaneni (1998)**

Datta, Datta e Nannapaneni (1998) estudaram a combinação de postos de combustíveis, lojas de conveniência e restaurantes do tipo fast food localizados próximo a rodovias, na cidade de Michigan. A pesquisa utilizou treze empreendimentos localizados em vias arteriais com significativo volume de tráfego de passagem, além de fornecer acesso às rodovias. A análise dos dados de campo incluíram o desenvolvimento da média e o desvio padrão das taxas de viagens com base na área bruta construída. A média e o desvio padrão das taxas durante os três períodos são:

Média de viagens na hora de pico da manhã = 43 por 1.000 de área bruta (1)
Desvio padrão = 24,99

Média de viagens na hora de pico do meio-dia = 49,75 por 1.000 de área bruta (2)
Desvio padrão = 23,37

Média de viagens na hora de pico da tarde = 56,2 por 1.000 de área bruta (3)
Desvio padrão = 26,9

Além das taxas, os autores determinaram modelos de geração de viagens utilizando a análise de regressão múltipla, com as variáveis dependentes: número de viagens por hora pico da manhã, número de viagens no entrepico, número de viagens por hora pico da tarde e variáveis independentes: número de posições de abastecimento, área do empreendimento (fast food), número de assentos disponíveis no fast food e área bruta construída.

**2.7. Johnson e Hammond (2001)**

Johnson e Hammond (2001) realizaram um estudo em vinte e oito lojas de conveniências no EUA. Os locais de estudo foram selecionados a fim de auxiliar a identificação das características de geração de viagem de lojas de conveniência em um novo estilo de empreendimento.

O objetivo da pesquisa foi determinar se as características de geração de viagens de lojas de conveniência são diferentes das lojas de conveniência mais antigas com bombas de gasolina contida no Uso do Solo, Código 853, do ITE. Um segundo objetivo foi desenvolver um banco de dados das características de geração de viagem e preparar as taxas ou equações que podem ser utilizadas para uma futura previsão da geração de viagens para lojas de conveniência semelhantes.

A metologia consistiu na realização de contagens veículares nos períodos de pico da manhã e tarde nas vias adjacentes (07h00 ás 10h00 e 15h00 ás 18h00) em um dia típico ao longo do ano, entre terça e quinta-feira, durante uma semana de trabalho. Com base nos dados obtidos das vinte e oito lojas de conveniência foi calculada a taxa média de geração de viagens, conforme apresenta a Tabela 7.

**Tabela 7:** Taxa média de viagens - Johnson e Hammond (2001)

| Postos | Nº de posições de abastecimento | Área construída | Viagens | | Taxas (1.000 pés²) | | Taxas (posições de abastecimento) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Hora pico da manhã | Hora pico da tarde | Manhã | Tarde | Manhã | Tarde |
| Média | 15 | 5070 | 268 | 243 | 53,07 | 48,03 | 18,27 | 16,58 |

Como resultados os autores encontraram taxas de geração de viagens diferentes das taxas determinadas pelo ITE, em sua 6ª edição, para lojas de conveniência com bombas de gasolina. Ressalta-se que os valores encontrados para as taxas horárias foram significativamente maiores que as calculadas pelo ITE.

### 2.8. Mahmoudi (2012)

Mahmoudi (2012) realizou uma pesquisa em oito empreendimentos em Maryland e três em Nova Jersey que investigou as características de geração de viagens em uma cadeia de lojas de conveniência com postos de gasolina.

O estudo foi conduzido para determinar se a geração de viagens desta categoria era diferente dos resultados contidos no *Trip Generation*, 8ª edição – ITE. Os empreendimentos incluídos neste estudo são lojas de conveniência com tamanho médio (de 4676 a 5771 pés²) e um número maior de postos de abastecimento de veículos do que os constantes no relatório do ITE. A Tabela 8 apresenta as taxas médias ponderadas e os resultados da análise estatística para a hora pico da manhã e hora pico da tarde.

**Tabela 8:** Taxas média ponderada de geração de viagens e análise estatística para os lugares estudados - Mahmoudi (2012)

| Variáveis | Taxa média ponderada | | Faixa de taxas | | Desvio padrão estatístico | | Desvio padrão médio ponderado | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Manhã | Tarde | Manhã | Tarde | Manhã | Tarde | Manhã | Tarde |
| Posições de abast. | 35,86 | 30,88 | 24,88 - 48,92 | 18,63 - 44,83 | 7,62 | 7,75 | 7,64 | 7,78 |
| Área (pés²) | 101,22 | 87,17 | 70,91 - 161,04 | 63,73 - 124,47 | 24,49 | 19,78 | 24,48 | 19,79 |

| Variáveis | Coeficientes | | t-estatística | | Erro padrão | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Manhã | Tarde | Manhã | Tarde | Manhã | Tarde |
| Posições de abast. | 16,850 | 2,413 | 1,24 | 0,21 | 13,539 | 11,683 |
| Área (pés²) | 0,007 | 0,005 | 0,10 | 0,09 | 0,076 | 0,061 |

A geração de viagens dos locais de estudo foi significativamente maior do que o uso do solo incluso no relatório de geração de viagem do ITE, o que sugere a necessidade de considerar um novo código de uso do solo no relatório.

## 3. MÉTODO DA PESQUISA

### 3.1. Área de estudo

A pesquisa foi efetuada em uma amostra de treze postos de combustíveis localizados em Florianópolis/SC. Devido às flutuações da demanda na área de estudo, que possui um perfil de turismo de verão, foram estudados seis postos situados na área central de Florianópolis e sete nas principais praias.

### 3.2. Levantamento de dados

*3.2.1. Determinação do período da pesquisa*

Para a determinação do período da pesquisa foram realizadas seis entrevistas com os gerentes dos postos de combustíveis, três localizados na praia e três no centro, onde foi possível levantar os meses e dias de maior movimento e meses e dias típicos. Além das entrevistas, foram obtidos os relatórios gerenciais contendo os volumes de abastecimento de um posto praia e um posto centro, dos anos de 2014 e 2015.

Após cálculo de indicador, que relacionou o volume mensal com o volume médio do ano correspondente, foram determinados os meses de movimento típico e de maior movimento. Considerando os dados de 2014 e 2015, que confirmam o mês típico e de maior movimento extraídos nas entrevistas realizadas com a administração, foram desenvolvidas as pesquisas de campo durante os meses de outubro e janeiro, nos postos centro e praia, respectivamente.

*3.2.2. Entrevista com a administração dos postos*

Foram aplicados questionários à administração, com perguntas relativas aos serviços oferecidos no posto de combustível, número de bombas, número de posições de abastecimento, área da edificação, preço do combustível e volumes de abastecimento. A Tabela 9 apresenta as principais características dos postos pesquisados.

**Tabela 9:** Características dos postos de combustíveis da pesquisa

| Posto | Localização | Serviços oferecidos | | | | Nº de Bombas (unid) | Posições de abastecimento (unid) | Nº de bicos (unid) | Área Construída (m²) | Preço do combustível (R$) | Volume diário abastecimento (litros) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | A | C | L | T | | | | Total | Gasolina | |
| A | Centro | x | x | - | x | 4 | 8 | 8 | 635,00 | 3,690 | 7500,00 |
| B | Centro | x | x | - | x | 3 | 6 | 14 | 517,00 | 3,690 | 7000,00 |
| C | Centro | x | x | - | - | 5 | 10 | 20 | 570,00 | 3,400 | 12000,00 |
| D | Centro | x | x | - | x | 3 | 6 | 16 | 530,00 | 3,699 | 6000,00 |
| E | Centro | x | x | - | - | 2 | 4 | 14 | 374,00 | 3,679 | 6000,00 |
| F | Centro | x | x | x | x | 2 | 4 | 16 | 484,00 | 3,699 | 6000,00 |
| G | Praia | x | x | x | x | 4 | 8 | 20 | 866,93 | 3,996 | 10000,00 |
| H | Praia | x | x | - | x | 4 | 8 | 10 | 630,00 | 3,996 | 8000,00 |
| I | Praia | x | x | - | x | 4 | 8 | 18 | 600,00 | 3,996 | 8000,00 |
| J | Praia | x | x | x | x | 4 | 8 | 18 | 745,00 | 3,996 | 7500,00 |
| K | Praia | x | x | x | x | 3 | 6 | 18 | 460,76 | 3,999 | 6000,00 |
| L | Praia | x | x | x | x | 3 | 6 | 18 | 445,00 | 4,099 | 10000,00 |
| M | Praia | x | x | x | x | 3 | 6 | 18 | 803,00 | 3,969 | 7500,00 |

A – abastecimento; C – conveniência, L – lavação e T – troca de óleo

*3.2.3. Contagens volumétricas de tráfego*

As contagens foram realizadas das 06h00 às 22h00 horas, em intervalos de 15 minutos, num período de 16 horas anotando-se a placa dos veículos entrando e saindo dos postos de combustíveis. Nos postos do centro, o levantamento dos fluxos foi realizado no mês de outubro, num único dia da semana, uma quarta-feira. Já nos postos de combustíveis da praia os levantamentos foram realizados no mês de janeiro, aos domingos.

## 4. TAXAS DE GERAÇÃO DE VIAGENS PARA POSTOS DE COMBUSTÍVEIS

### 4.1. Taxas de geração de viagens obtidas na pesquisa

As taxas de geração de viagens aos postos centro e praia foram determinadas relacionando-se o fluxo de entrada e saída com variáveis conhecidas, como o número de posições de abastecimento, número de bombas e área total construída do empreendimento (dividida por 100 m²).

As Tabelas 10 e 11 apresentam as taxas diárias de geração de viagens para os postos centro e praia.

**Tabela 10:** Taxas diárias de geração de viagens – Postos Centro

| Postos Centro | Viagens | | | Taxa de Geração de Viagens | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Posições de abastecimento | | | Bombas | | | Área Construída (100 m² AC) | | |
| | Entra | Sai | Total | Entra | Sai | Total | Entra | Sai | Total | Entra | Sai | Total |
| A | 836 | 835 | 1.671 | 104,50 | 104,38 | 208,88 | 209,00 | 208,75 | 417,75 | 131,65 | 131,50 | 263,15 |
| B | 574 | 572 | 1.146 | 95,67 | 95,33 | 191,00 | 191,33 | 190,67 | 382,00 | 111,03 | 110,64 | 221,66 |
| C | 1.702 | 1.701 | 3.403 | 170,20 | 170,10 | 340,30 | 340,40 | 340,20 | 680,60 | 298,60 | 298,42 | 597,02 |
| D | 728 | 728 | 1.456 | 121,33 | 121,33 | 242,67 | 242,67 | 242,67 | 485,33 | 137,36 | 137,36 | 274,72 |
| E | 454 | 454 | 908 | 113,50 | 113,50 | 227,00 | 227,00 | 227,00 | 454,00 | 121,39 | 121,39 | 242,78 |
| F | 656 | 654 | 1.310 | 164,00 | 163,50 | 327,50 | 328,00 | 327,00 | 655,00 | 135,54 | 135,12 | 270,66 |
| Média | | | | 128,20 | 128,02 | 256,22 | 256,40 | 256,05 | 512,45 | 155,93 | 155,74 | 311,66 |

**Tabela 11:** Taxas diárias de geração de viagens – Postos Praia

| Postos Praia | Viagens | | | Taxa de Geração de Viagens | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Posições de abastecimento | | | Bombas | | | Área Construída (100 m² AC) | | |
| | Entra | Sai | Total | Entra | Sai | Total | Entra | Sai | Total | Entra | Sai | Total |
| G | 1.835 | 1.834 | 3.669 | 229,38 | 229,25 | 458,63 | 458,75 | 458,50 | 917,25 | 211,67 | 211,55 | 423,22 |
| H | 911 | 911 | 1.822 | 113,88 | 113,88 | 227,75 | 227,75 | 227,75 | 455,50 | 144,60 | 144,60 | 289,21 |
| I | 993 | 992 | 1.985 | 124,13 | 124,00 | 248,13 | 248,25 | 248,00 | 496,25 | 165,50 | 165,33 | 330,83 |
| J | 1.081 | 1.080 | 2.161 | 135,13 | 135,00 | 270,13 | 270,25 | 270,00 | 540,25 | 145,10 | 144,97 | 290,07 |
| K | 493 | 493 | 986 | 82,17 | 82,17 | 164,33 | 164,33 | 164,33 | 328,67 | 107,00 | 107,00 | 213,99 |
| L | 831 | 830 | 1.661 | 138,50 | 138,33 | 276,83 | 277,00 | 276,67 | 553,67 | 186,74 | 186,52 | 373,26 |
| M | 1.041 | 1.039 | 2.080 | 173,50 | 173,17 | 346,67 | 347,00 | 346,33 | 693,33 | 129,64 | 129,39 | 259,03 |
| Média | | | | 142,38 | 142,26 | 284,64 | 284,76 | 284,51 | 569,27 | 155,75 | 155,62 | 311,37 |

Observa-se que o comportamento das taxas diárias de geração de viagens é semelhante entre os treze postos pesquisados. A média de viagens aos postos praia foi levemente superior aos postos localizados no centro.

Para o cálculo das taxas de geração de viagens para o pico da manhã e pico da tarde da via, apresentadas nas Tabelas 12 e 13, foram adotados os períodos das 7h00 às 8h00 e das 18h00 às 19h00 respectivamente, conforme observação no local.

**Tabela 12:** Taxas de geração de viagens na hora pico da via – Postos Centro

| Postos Centro | Viagens | | Taxa de Geração de Viagens | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Posições de abastecimento | | Bombas | | Área Construída (100 m² AC) | |
| | Manhã | Tarde | Manhã | Tarde | Manhã | Tarde | Manhã | Tarde |
| A | 128 | 129 | 16,00 | 16,13 | 32,00 | 32,25 | 20,16 | 20,31 |
| B | 85 | 94 | 14,17 | 15,67 | 28,33 | 31,33 | 16,44 | 18,18 |
| C | 252 | 290 | 25,20 | 29,00 | 50,40 | 58,00 | 44,21 | 50,88 |
| D | 84 | 162 | 14,00 | 27,00 | 28,00 | 54,00 | 15,85 | 30,57 |
| E | 53 | 86 | 13,25 | 21,50 | 26,50 | 43,00 | 14,17 | 22,99 |
| F | 53 | 109 | 13,25 | 27,25 | 26,50 | 54,50 | 10,95 | 22,52 |
| Média | | | 15,98 | 22,76 | 31,96 | 45,51 | 20,30 | 27,58 |

**Tabela 13:** Taxas de geração de viagens na hora pico da via – Postos Praia

| Postos Praia | Viagens | | Taxa de Geração de Viagens | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Posições de abastecimento | | Bombas | | Área Construída (100 m² AC) | |
| | Manhã | Tarde | Manhã | Tarde | Manhã | Tarde | Manhã | Tarde |
| G | 157 | 200 | 19,63 | 25,00 | 39,25 | 50,00 | 18,11 | 23,07 |
| H | 69 | 109 | 8,63 | 13,63 | 17,25 | 27,25 | 10,95 | 17,30 |
| I | 53 | 159 | 6,63 | 19,88 | 13,25 | 39,75 | 8,83 | 26,50 |
| J | 45 | 155 | 5,63 | 19,38 | 11,25 | 38,75 | 6,04 | 20,81 |
| K | 0 | 65 | 0,00 | 10,83 | 0,00 | 21,67 | 0,00 | 14,11 |
| L | 0 | 132 | 0,00 | 22,00 | 0,00 | 44,00 | 0,00 | 29,66 |
| M | 76 | 133 | 12,67 | 22,17 | 25,33 | 44,33 | 9,46 | 16,56 |
| Média | | | 7,60 | 18,98 | 15,19 | 37,96 | 7,63 | 21,14 |

Os volumes de tráfego obtidos na contagem volumétrica classificada em intervalos de 15 minutos agrupados em períodos de 1 hora, indicaram a hora-pico a ser utilizada para a determinação das taxas de viagens, conforme as Tabelas 14 e 15.

**Tabela 14:** Taxas de geração de viagens na hora pico do empreendimento – Postos Centro

| Postos Centro | Viagens | | Taxa de Geração de Viagens | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Posições de abastecimento | | Bombas | | Área Construída (100 m² AC) | |
| | Manhã | Tarde | Manhã | Tarde | Manhã | Tarde | Manhã | Tarde |
| A | 128 | 129 | 16,00 | 16,13 | 32,00 | 32,25 | 20,16 | 20,31 |
| B | 137 | 103 | 22,83 | 17,17 | 45,67 | 34,33 | 26,50 | 19,92 |
| C | 153 | 166 | 15,30 | 16,60 | 30,60 | 33,20 | 26,84 | 29,12 |
| D | 84 | 162 | 14,00 | 27,00 | 28,00 | 54,00 | 15,85 | 30,57 |
| E | 64 | 86 | 16,00 | 21,50 | 32,00 | 43,00 | 17,11 | 22,99 |
| F | 91 | 109 | 22,75 | 27,25 | 45,50 | 54,50 | 18,80 | 22,52 |
| Média | | | 17,81 | 20,94 | 35,63 | 41,88 | 20,88 | 24,24 |

**Tabela 15:** Taxas de geração de viagens na hora pico do empreendimento – Postos Praia

| Postos Praia | Viagens | | Taxa de Geração de Viagens | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Posições de abastecimento | | Bombas | | Área Construída (100 m² AC) | |
| | Manhã | Tarde | Manhã | Tarde | Manhã | Tarde | Manhã | Tarde |
| G | 157 | 200 | 19,63 | 25,00 | 39,25 | 50,00 | 18,11 | 23,07 |
| H | 69 | 109 | 8,63 | 13,63 | 17,25 | 27,25 | 10,95 | 17,30 |
| I | 53 | 159 | 6,63 | 19,88 | 13,25 | 39,75 | 8,83 | 26,50 |
| J | 45 | 155 | 5,63 | 19,38 | 11,25 | 38,75 | 6,04 | 20,81 |
| K | 93 | 95 | 15,50 | 15,83 | 31,00 | 31,67 | 20,18 | 20,62 |
| L | 133 | 186 | 22,17 | 31,00 | 44,33 | 62,00 | 29,89 | 41,80 |
| M | 76 | 133 | 12,67 | 22,17 | 25,33 | 44,33 | 9,46 | 16,56 |
| Média | | | 12,98 | 20,98 | 25,95 | 41,96 | 14,78 | 23,81 |

Os horários de pico da manhã dos postos localizados no centro correspondem aos períodos de 7h00 e 09h00 e 11h00 e 12h00. O pico da tarde ficou concentrado no período das 17h00 e 19h00. Os horários de pico da manhã dos postos localizados na praia correspondem aos períodos de 10h00 e 12h00 enquanto o pico da tarde das 14h00 e 15h00 e 21h e 22h00.

### 4.2. Comparação de taxas médias de geração de viagens

Para fins comparativos, algumas taxas médias de geração de viagens obtidas na pesquisa e as desenvolvidas por outros autores são apresentadas na Tabela 16.

**Tabela 16:** Taxa média de viagens obtida na pesquisa x Taxa média de viagens de estudos americanos

| Variável Explic. (x) | Unid de tempo | Taxa média de viagens geradas a postos de combustíveis | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Postos centro | Postos praia | ITE (2012) | Tipton e Tipton Jr. (1990) | Lutrell (1991) | Data e Gusek (1992) | Kawa mura (1993) | Datta, Datta e Nannapeni (1998) | Johnson e Hammond (2001) | Mahmouid (2012) |
| Nº de bombas | 1 | 521,45 | 569,27 | 162,78 | - | - | 108,60 | - | - | - | - |
| | 2 | 31,96 | 15,19 | - | - | - | 8,25 | - | - | - | - |
| | 3 | 45,51 | 37,96 | - | - | 7,28 | 11,08 | - | - | - | - |
| Posição abastec. | 1 | 256,22 | 284,64 | - | - | - | - | 133,00 | - | - | - |
| | 2 | 15,98 | 7,60 | - | - | - | - | - | - | 18,27 | 35,86 |
| | 3 | 22,76 | 18,98 | - | - | - | - | - | - | 16,58 | 30,88 |
| Área const. | 1 | 311,66 | 311,37 | - | 846,06 | - | - | - | - | - | - |
| | 2 | 20,30 | 7,63 | 79,30 | 49,31 | - | - | 43,00 | 53,07 | - | 101,22 |
| | 3 | 27,58 | 21,14 | 97,08 | 57,16 | 46,10 | - | - | 56,20 | 48,03 | 87,17 |

1 - dia; 2 - hora pico da via (manhã); 3 - hora pico da via (tarde)

Observa-se que as taxas médias diárias obtidas na pesquisa são superiores às determinadas pelo ITE (2012) e Data e Gusek (1992) na ordem de 220% e 380% (postos praia) e 250% e 424% (postos centro) para a variável número de bombas. O mesmo ocorre com as taxas médias diárias obtidas e as dimensionadas por Kawamura (1993), cujos valores são 92,65% (posto centro) e 114,02% (posto praia) maiores que os valores calculados pelo autor, para a variável posição de abastecimento.

Para a variável área construída, as taxas médias diárias determinadas por Tipton e Tipton Jr. (1990) se mostraram 171% superiores ao da pesquisa.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O que se apresenta neste estudo são os resultados de uma pesquisa realizada em treze polos geradores de viagens do tipo postos de combustíveis. Foram elaboradas taxas de geração de viagens para cada empreendimento, seis localizados no centro e sete nas principais praias de Florianópolis/SC. As taxas foram calculadas em função das variáveis: número de bombas, posições de abastecimento e área construída. Considerando-se os resultados obtidos, ao se agrupar os dados relativos à geração de viagens nos treze postos pesquisados, nota-se que o comportamento é semelhante para cada posto, principalmente quanto às taxas diárias propostas.

Da comparação dos modelos aqui produzidos com os trabalhos americanos, verificou-se que os postos de combustíveis, objetos desta coleta, produziram taxas superiores aos modelos existentes, quando calculadas em função da variável número de bombas e posições de abastecimento, exceto as taxas determinadas em função da variável área construída que apresentou resultados inferiores aos padrões americanos.

Estudos relacionados a postos de combustíveis como polos geradores de viagens são inexistentes na literatura brasileira, mesmo em nível internacional verifica-se que novas pesquisas necessitam ser realizadas. O Institute of Transportation Engineers - ITE ainda é a melhor referência de estudos de geração de viagens e a mais atual. Os demais estudos mostram a influência exercida pelos trabalhos do ITE na produção de pesquisas sobre o tema.

Os levantamentos realizados nesta pesquisa e seus resultados representam o embrião ao estudo desse tipo de empreendimento no Brasil. Estudos mais abrangentes são necessários. Neste artigo, primeira etapa da pesquisa, foram elaboradas apenas as taxas de geração de viagens. Na segunda etapa, ora em andamento, serão determinados os modelos de geração de viagens, utilizando-se técnicas de regressão linear simples e múltipla, além de identificados os padrões de viagens e área de influência, de forma a melhor explicar a geração de viagens a postos de combustíveis.

Espera-se que o estudo realizado em Florianópolis represente um estímulo aos pesquisadores do país, para que outras realidades sejam analisadas, com proposição de modelos adequados a realidade brasileira, sendo úteis para a ampliação e o fortalecimento das pesquisas desenvolvidas pela Rede Ibero-Americana de Estudos em Polos Geradores de Viagens.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Datta, T. K. e P. A. Guzek (1992) Trip generation characteristics at gasoline service stations. *ITE Journal*, Washington, v. 62, n. 7, p. 41-43.

Datta, T. K.; S. Datta e P. Nannapaneni (1998) Trip-Generation Models for Multiuse Highway Commercial Developments. *ITE Journal*, n. 2, p. 24-30.

Johnson, K. L. e M. I. Hammond (2001) Trip-Generation Characteristics for Convenience Stores. *ITE Journal*, n. 8, p. 28-30.

ITE – Institute of Transportation Engineers (2012) *Trip Generation* (9th Edition), Washington, USA.

Kahamura, J. H. (1993) Service Station Trip Generation. *ITE Journal*, 1993, n. 3, p. 23-28.

Lutrell, G. (1991) Trip Generation Studies of Gas/Convenience Stores. *ITE Journal*, v. 61, n. 1, p. 34-37.

Mahmoudi, J. P. E. (2012) Trip Generation Characteristics of Super Convenience Market–Gasoline Pump Stores. *ITE Journal*, n. 6, p. 16-21.

Tipton, W. e W. J. Tipton (1990) Transportation characteristics of convenience stores with gas pumps. *ITE Journal*, v. 60, n. 6, p. 39-41.

Mayara Orlandi Silva (mayaraorlandieng@gmail.com.br)
Lenise Grando Goldner (lenisegg@yahoo.com.br)
Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina
Rua João Pio Duarte Silva s/n. – Florianópolis, SC, Brasil

# SHOPPING CENTER COMO ATRATIVO DE CONDOMÍNIOS VERTICAIS E AS INFLUÊNCIAS NO TRÁFEGO VIÁRIO

**Maximillian Nascimento da Costa**
**Jussara Socorro Cury Maciel**
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas

**RESUMO**
É comum a existência de *Shopping Centers* nas grandes cidades, principalmente em áreas mais populosas, onde a oferta de consumidores é mais atrativa. Porém o oposto também pode acontecer, a implantação de um Polo Gerador de Viagens (PGV) atraindo o adensamento urbano. Este trabalho tem como principal objetivo realizar uma análise no tráfego viário local provocado pelo aumento expressivo de construções de condomínios residenciais verticais após a inauguração de um *Shopping Center* no bairro Ponta Negra em Manaus, através de revisão bibliográfica e pesquisa de campo, considerando os condomínios residenciais verticais, inaugurados recentemente, englobados na área de influência deste Polo Gerador de Viagens e realizar uma estimativa de contribuição veicular ao tráfego viário local por um empreendimento em fase final de construção, onde serão implantados mais dois condomínios verticais. Com isso, tornar-se de fácil visualização dados técnicos como o Fator Horário de Pico e o Nível de Serviço para a via local e corroborar para a proposição de estratégias de ordenamento ao trânsito local no horário de pico matinal em decorrência das viagens provocadas, principalmente, por origens/destinos escolar e/ou de trabalho.

**ABSTRACT**
Shopping malls in large cities are common, especially in more populated areas, where the consumer offer is more attractive. However, the opposite can also happen, the implementation of a Trip Generator Hub (TGH) attracting urban density. This work has as main objective to analyze the local road traffic caused by the expressive increase of vertical residential condominium buildings after the inauguration of a Shopping Center in the Ponta Negra neighborhood in Manaus, through bibliographical review and field research, considering the residential condominiums vertical, recently inaugurated, encompassed in the area of influence of this Trip Generator Hub and make an estimate of vehicular contribution to the local road traffic for a project in the final phase of construction, where two more vertical condominiums will be implemented. In this way, technical data such as the Peak Time Factor and the Service Level for the local route can be easily viewed and corroborated for the proposition of local traffic planning strategies in the morning peak hours because of the trips caused, mainly, by school and / or work origins / destinations.

## 1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, Manaus passou por um processo de crescimento demográfico e migratório, principalmente entre as décadas de 70 e 90, com a consolidação da Zona Franca de Manaus, havendo impactos diretos no sistema viário existente. A população da cidade mais que dobrou nesse período, passando de 473.548 para 1.011.403 habitantes, levando a urbanização aos limites territoriais e, assim desenvolvendo as Zonas Norte e Oeste. Desta última década em diante, mais precisamente até 2015 a população dobrou novamente, passando para 2.020.311 habitantes (MANAUSTRANS, 2015), fazendo com que o sistema viário ficasse cada vez mais saturado, principalmente o eixo Norte-Sul.

Acompanhando essas mudanças, o comportamento e a preferência da população em relação à mobilidade e a distância das respectivas rotas de origem-destino, nota-se a convergência às atividades centralizadas nas próprias Zonas Urbanas, evitando e/ou diminuindo as viagens até a Zona Central de Negócio (ZCN), provocando o surgimento dos *Shopping Centers* como Polos Geradores de Viagens (PGV's).

De forma simplificada, os Polos Geradores de Viagens (PGV's) são definidos como equipamentos potenciais geradores de impactos nos sistemas viários e de transportes

(congestionamentos, acidentes e naturais repercussões no ambiente) como também no desenvolvimento socioeconômico e na qualidade de vida da população (REDPGV, 2017).

Em 2012, após a implantação e inauguração do Shopping Ponta Negra, no bairro Ponta Negra – Zona Oeste de Manaus, tendo mais de 1.600 vagas de estacionamento e gerando 2.500 postos de emprego, aliado à uma elevada oferta de imóveis em forma de condomínios horizontais e verticais com estrutura de lazer completo nos solos urbanos valorizados de Manaus (Martins, 2008), provocaram um adensamento de dez condomínios verticais no entorno do *Shopping Center*, mudando significativamente o trânsito local que é composto de apenas uma via principal (Avenida Coronel Teixeira) de ligação aos demais bairros e ao centro da cidade.

Em matéria publicada no jornal Diário do Amazonas, Henrique Saunier, repórter do portal @d24am.com, afirma que o Bairro Ponta Negra é uma das áreas mais cobiçadas para investimentos imobiliários e o superintendente do Shopping Ponta Negra, Rodrigo Vitali, afirma que a região deverá ter um crescimento de 50% que era de aproximadamente 200 mil habitantes a época da inauguração, dados que podem ser confirmados pelo Plano de Mobilidade Urbana de Manaus/2015, com projeção até 2035.

Segundo Portugal e Goldner (2003), os Polos Geradores de Viagens (PGV's) são "empreendimentos de distintas naturezas que têm em comum o desenvolvimento de atividades em um porte e escala capazes de gerar um contingente significativo de viagens", assim pode-se enquadrar, tanto o *Shopping Center* em questão quanto os condomínios verticais como PGV's.

Segundo Kneib *et al.* (2010), a formação e consolidação de PGV's e, consequentemente, subcentros urbanos (policentralidade), podem gerar dois comportamentos em relação à mobilidade viária: positiva ou negativa, dependendo da infraestrutura de transporte coletivo e incentivo aos modos não motorizados.

A implantação e operação de um empreendimento como *Shopping Center* atribui características de centralidade à área e atrai um grande número de pessoas, gerando um determinado número de viagens. Altera os padrões de uso e ocupação do solo, atraindo novas atividades e novas construções. Assim, o aumento de demanda por áreas na proximidade provoca uma valorização dos terrenos, atraindo mais atividades, mais construções, e consequentemente um número adicional de viagens, formando um processo cíclico (Kneib, 2004).

Para Grigolon e Silva (2006), a ocupação dos lotes no entorno do PGV seriam os empreendimentos mais novos, cujos lotes teriam sido retidos para valorização imobiliária pois, à medida que se afastam do Polo, a "idade" dos imóveis comerciais cresce devido à influência de empreendimentos já existentes nas vizinhanças tendo como consequência de menores valores dos imóveis, fazendo com que a ocupação desses lotes valorizados propicie impactos diretos para os sistemas de transporte.

Dessa maneira, este trabalho tem por finalidade estudar de forma quantitativa o impacto viário, na única e principal avenida que liga o bairro Ponta Negra ao centro de Manaus, em decorrência dos novos condomínios verticais e realizar uma estimativa de contribuição

veicular na via local de um determinado empreendimento imobiliário com dois condomínios (complexo residencial Reserva Inglesa), que está em construção e previsto para ser entregue em 2017.

## 2. METODOLOGIA

Após pesquisa e revisão bibliográfica, onde foi possível entender as definições e conceitos sobre Polos Geradores de Viagens e saturação viária, e a realização de três pesquisas de campo para coletas de dados, sendo necessárias e oportuna para analisar o comportamento de ocupação do solo no entorno de PGV do tipo *Shopping Center*, e os demais PGV's do tipo residencial (em vermelho), conforme demonstra a Figura 1, promovendo uma visualização clara e identificação dos fenômenos de forma antecipada e objetiva.

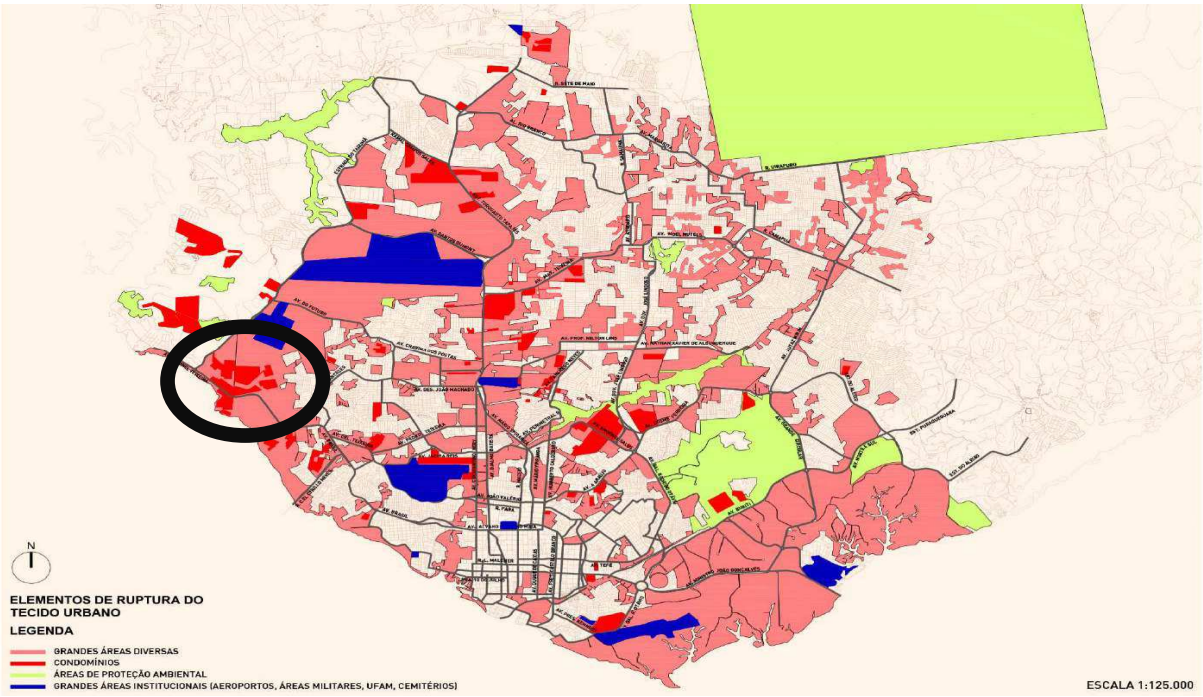



Figura 1 - Elementos de Ruptura do tecido urbano

A primeira pesquisa de campo foi na forma de entrevista junto às incorporadoras dos empreendimentos imobiliários, no entorno do Shopping Ponta Negra, para determinar o número de unidades domiciliares existentes que seriam oferecidos ao mercado (caso do empreendimento em construção - Reserva Inglesa) e os já ocupados (demais condomínios verticais - objetos do estudo) para que fosse possível obter uma estimativa de contribuição veicular na Avenida Coronel Teixeira (principal e única via de acesso aos demais bairros e centro da cidade), no bairro Ponta Negra na cidade de Manaus.

Em uma segunda fase, uma nova pesquisa de campo foi realizada para realizar uma contagem veicular na Avenida Coronel Teixeira, no trecho que compreende os acessos aos condomínios verticais, construídos e à concluir, para determinar o volume de tráfego viário e a hora de pico matinal utilizando os métodos de contagem com utilização de filmagens realizadas em pontos estratégicos, onde não possuíam semáforos, desvios ou possibilidades de duplicações veiculares, facilitando a visualização dos deslocamentos veiculares de forma direcional, conforme preconizadas no Manual de Estudos de Tráfego (DNIT, 2006).

Na terceira pesquisa de campo, porém simultaneamente com a segunda e com as mesmas técnicas de filmagem, uma nova contagem foi realizada para determinar os quantitativos de viagens geradas no período matinal (saídas considerando como origem/destino: o trabalho e a escola), de forma a analisar os quantitativos e percentuais que cada condomínio vertical contribui para o aumento de veículos na via em estudo.

Com os dados extraídos das pesquisas de campo, foi possível definir o Fator Horário de Pico (FHP) para avaliar a intensidade de trânsito existente e, posteriormente, verificar, por estimativa, o acréscimo veicular provocado pelos condomínios em construção, comparando com a capacidade da via e os níveis de serviço, utilizando como parâmetros o *Highway Capacity Manual* - HCM para vias Classe II (DNIT, 2006).

## 3. ANÁLISE DOS RESULTADOS

### 3.1 Delimitação da área de influência

Reafirmando o trabalho de Grigolon e Silva (2006), em análise espacial no entorno do PGV (Shopping Ponta Negra), anteriores à divulgação de sua instalação, haviam diversos lotes em valorização, sem qualquer construção. Porém, com a concretização do Polo Gerador de Viagem inaugurado, e até mesmo durante as obras de implantação, consolidaram-se 08 empreendimentos imobiliários verticais nas adjacências do "polo de influência", sendo um dele, o Reserva Inglesa, com 02 condomínios residenciais verticais que se encontram em construção.

Para a construção da Tabela 1, foi necessário buscar informações utilizando os meios eletrônicos e de comunicação disponíveis, além de realizar entrevistas pessoalmente através de formulário elaborado de forma simples e autoexplicativo, expondo o interesse da pesquisa para fins científicos e na colaboração em soluções alternativas para os prováveis problemas vindouros.

**Tabela 1: Empreendimentos residenciais verticais construídos por influência do PGV**

| Referência Figura 1 | Empreendimento | Incorporadora / Construtora | Inauguração | Unidades |
|---|---|---|---|---|
| A | Reserva Inglesa (Liverpool) | Capital Rossi | Em construção | 360 |
| B | Reserva Inglesa (London) | Capital Rossi | Em construção | 288 |
| C | Parque Ponta Negra (Reserva das Praias) | Direcional S.A. | 2015 | 680 |
| D | Parque Ponta Negra (Reserva das Águas) | Direcional S.A. | 2016 | 120 |
| E | River Side Ponta Negra | PDG | 2017 | 336 |
| F | Life Ponta Negra | Capital Rossi | 2014 | 288 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| G | Gran Vista Ponta Negra | Direcional S.A. | 2013 | 340 |
| H | Turim Premium | Premium Engenharia | 2011 | 416 |
| I | Weekend Club Ponta Negra | Direcional S.A. | 2012 | 900 |
| J | View Club & Home | PDG | 2014 | 300 |
| TOTAL | | | | 4.028 |

Fonte: Coletado nas Incorporadoras - 2017

A Tabela 1 indica que, com a divulgação da implantação do Shopping Ponta Negra, as Incorporadoras/Construtoras, visando à possibilidade do efeito "polo de influência" (Martins, 2008) e valorização imobiliária do entorno, injetaram grandes recursos na localidade para tentar atender/atrair as classes média e alta de Manaus.

Os empreendimentos em estudo foram distinguidos das demais construções existentes no bairro, inauguradas posteriormente à inauguração do PGV do tipo *Shopping Center*, por terem sido caracterizadas como uma área de influência primária (Portugal e Goldner, 2003), ou seja, de qualquer ponto dessa área, considera-se que o futuro usuário atinja o *Shopping Center* entre 5 e 10 minutos realizando viagem por automóvel, dependendo das condições apresentadas pelo tráfego e do acesso da região.

Para melhor visualização dos Polos Geradores de Viagens (condomínios residenciais verticais) construídas dentro da área de influência de outro Polo Gerador de Viagens (Shopping Center), posteriormente a inauguração do segundo, foi utilizado imagens em terceira dimensão do *software* livre *Google Earth*, conforme Figura 2.

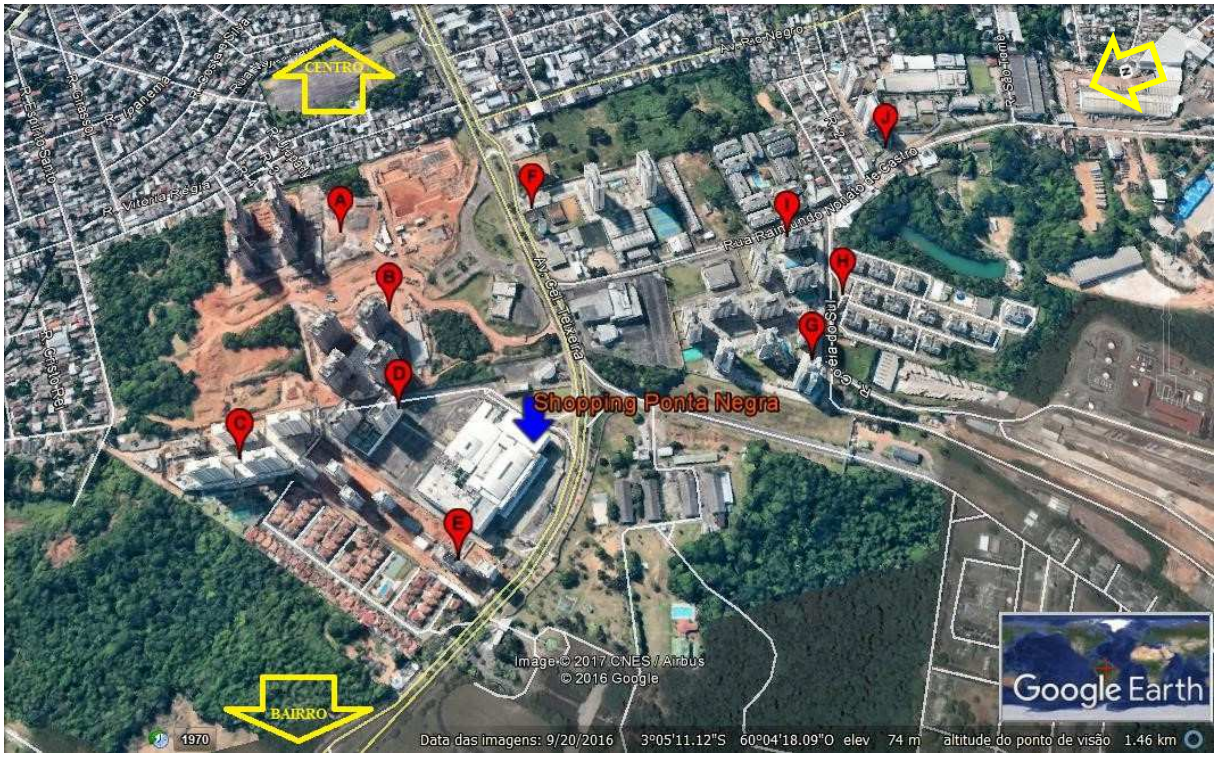


Figura 2 - Condomínios verticais enquadrados na área de influência primária do PGV

### 3.2 Determinação do Fator Horário de Pico (FHP)

Segundo o conceito do Manual de Estudos de Tráfego (DNIT, 2006), o Fator Horário de Pico é o volume da hora de pico do período de tempo considerado, dividido pelo quádruplo do volume do período de quinze minutos da Hora de Pico com maior fluxo de tráfego, representada pela fórmula:

$$FHP = \frac{Vhp}{4V15max} \quad (1)$$

onde:
FHP = fator horário de pico
Vhp = volume da hora de pico
V15max = volume do período de quinze minutos com maior fluxo de tráfego dentro da hora de pico

Assim, para verificar a hora de pico matinal no trecho delimitado foi realizada uma contagem veicular com início às 06h15min e término às 08h15min, contabilizando a cada 15 minutos, utilizando câmeras posicionadas nos dois retornos e acessos da Avenida Coronel Teixeira do trecho compreendidos na área de influência e durante a semana (quarta-feira), tomando o cuidado de escolher uma semana onde não tivesse feriados e em período escolar, de forma a obter dados consistentes e dentro da realidade do cotidiano dos moradores de Manaus, gerando a Tabela 2.

**Tabela 2: Contagem veicular para determinação do FHP**

| HORA | SENTIDO CENTRO (3 faixas) | SENTIDO BAIRRO (3 faixas) |
|---|---|---|
| 06:15 - 06:30 | 598 | 269 |

| | | |
|---|---|---|
| 06:30 - 06:45 | 834 | 452 |
| 06:45 - 07:00 | 951 | 586 |
| 07:00 - 07:15 | 1.027 | 591 |
| 07:15 - 07:30 | 1.187 | 693 |
| 07:30 - 07:45 | 890 | 519 |
| 07:45 - 08:00 | 794 | 617 |
| 08:00 - 08:15 | 768 | 503 |
| Volume da Hora de Pico | 4.055 | 2.389 |

Fonte: Coletados *in loco* pelo autor - 2017

O horário escolhido foi proposital de forma que o FHP matinal não sofresse influência de viagens geradas pelo *Shopping Center*, pois o interesse é analisar o impacto viário provocado pelos condomínios surgidos posteriormente ao PGV citado.

Constatando assim, que o horário de pico, no período matinal (período escolar), ficou compreendido de 06:45 h às 07:45 h, ficando bem próximo do horário de pico indicado por Portugal e Goldner (2003), e o tendo o volume da hora pico com 4.055 veículos no sentido centro e 2.389 veículos no sentido bairro. Já o FHP teve como resultado o valor de 0,854, que é considerado normal para áreas urbanas, já que os valores nessas áreas geralmente situam-se entre 0,80 e 0,98. Porém, valores acima de 0,95 são indicativos de grande volume de tráfego, podendo ter, inclusive, restrições de capacidade durante o horário de pico (DNIT, 2006).

### 3.3 Viagens geradas pelos condomínios verticais

Para determinar a contribuição veicular dos condomínios verticais em estudo, durante o mesmo período de coleta de dados na Avenida Coronel Teixeira, foram registradas as saídas de veículos motorizados com destino ao acesso à via analisada, conforme Tabela 3.

**Tabela 3: Contribuição veicular por empreendimento**

| Horário/ intervalo | Parque Ponta Negra | River Side Ponta Negra | Life Ponta Negra | Gran Vista Ponta Negra | Turim Premium | Weekend Club Ponta Negra | View Club & Home | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 06:15 à 06:30 | 11 | 2 | 9 | 12 | 17 | 38 | 6 | 95 |
| 06:30 à 06:45 | 17 | 4 | 15 | 15 | 33 | 54 | 11 | 149 |
| 06:45 à 07:00 | 23 | 5 | 18 | 22 | 43 | 72 | 13 | 196 |
| 07:00 à | 29 | 4 | 13 | 24 | 34 | 87 | 12 | 203 |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 07:15 | | | | | | | | |
| 07:15 à 07:30 | 34 | 5 | 16 | 29 | 32 | 79 | 15 | 210 |
| 07:30 à 07:45 | 19 | 2 | 14 | 19 | 31 | 62 | 17 | 164 |
| 07:45 à 08:00 | 19 | 2 | 11 | 23 | 35 | 69 | 7 | 166 |
| 08:00 à 08:15 | 14 | 1 | 11 | 18 | 29 | 54 | 5 | 132 |
| Total | 166 | 25 | 107 | 162 | 254 | 515 | 86 | 1.315 |
| Volume da Hora de Pico | 105 | 16 | 61 | 94 | 140 | 300 | 57 | 773 |

Fonte: Coletados *in loco* pelo autor - 2017

No horário de pico (06:45 à 07:45) um total de 773 veículos dos 4.055 do volume da hora de pico foi somente dos condomínios residenciais verticais construídos após a implantação do Shopping Center instalado no Bairro Ponta Negra, perfazendo uma contribuição de 23,55 % para o acréscimo no tráfego local.

Por meio dos dados expostos nas Tabelas 1 e 3 foi possível montar o Gráfico 1, que expõe a taxa de contribuição por empreendimento.

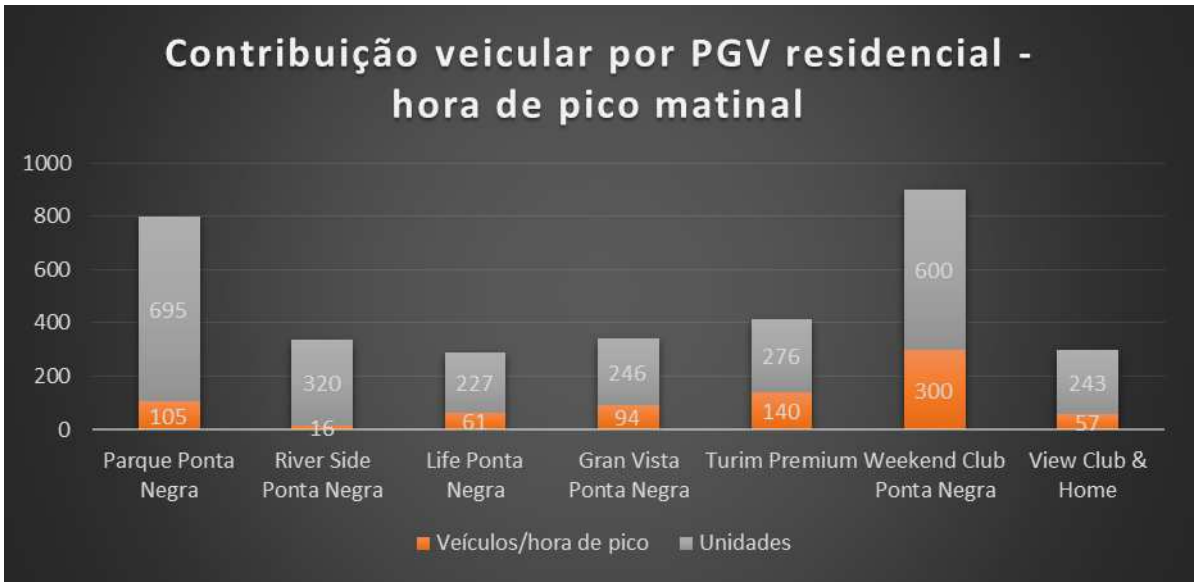



Gráfico 1. Contribuição veicular por PGV do tipo residencial vertical

Possibilitando, assim, o cálculo das taxas de geração de viagens veiculares para cada empreendimento, realizando uma razão entre o número de unidades ofertadas e a contribuição veicular durante o horário de pico. Por fim obtendo uma média ponderada para a área de influência do PGV estudado, conforme a Tabela 4.

**Tabela 4: Taxas de geração de viagens veiculares**

| Empreendimentos | Parque Ponta Negra | River Side Ponta Negra | Life Ponta Negra | Gran Vista Ponta Negra | Turim Premium | Weekend Club Ponta Negra | View Club & Home | Média ponderada |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Taxas de geração de viagens | 0,13 | 0,05 | 0,21 | 0,28 | 0,34 | 0,33 | 0,19 | 0,22 |

Fonte: cálculos do autor - 2017

### 3.4 Estimativas de quantidade de viagens pelo complexo residencial Reserva Inglesa

Como observado na Tabela 1, o empreendimento Reserva Inglesa é composto por dois condomínios e possui um total de 648 unidades, sendo um empreendimento importante a ser considerado, pois se encontra dentro da área de influência do PGV primário (*Shopping Center*) e com grande possibilidade de contribuição veicular. Infelizmente não foi possível saber quantas unidades já foram comercializadas, pois assim seria possível realizar uma estimativa mais próxima da realidade e definir um FHP futuro após a conclusão da construção.

Tomando como fonte o trabalho de Portugal e Goldner (2003) e o quadro de Taxas de Geração de Viagens – Via do Polo Gerador, conforme Figura 3, foi possível estimar a quantidade de viagens a serem geradas por um tipo de polo gerador de viagens específico (REDPGV).

| Cód ITE | Tipo de Uso do Solo | Unidade | Taxas de Geração de Viagens – Via do Pólo Gerador | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Diária | | | Horária – Tarde | | | Horária – Manhã | | |
| | | | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| 10 | Terminal Marítimo | Camarotes(1)/Acres(2) | 171,52 | 11,93 | | | | | | | |
| 21 | Aeroporto Comercial (viagens longas, gdes aviões) | Empregados(1)/Vôos(2)/Aeronaves(3) | 13,40 | 104,73 | 122,21 | 1,00 | 6,96 | 8,20 | 1,21 | 8,17 | 9,24 |
| 22 | Aeroporto Aviação Geral (privado) | Empregados(1)/Vôos(2)/Aeronaves (3) | 21,45 | 2,59 | 6,61 | 1,96 | 0,33 | 0,62 | 1,54 | 0,27 | 0,62 |
| 120 | Indústria Pesada Geral | Empregados(1)/GFA(2)/Acres (3) | 0,82 | 1,50 | 6,75 | 0,40 | 0,68 | 4,22 | 0,40 | | 6,41 |
| 230 | Condomínio Residencial | Unidade Res.(1) /Pessoas(2)/Veículos(3) | 5,86 | 2,50 | 3,33 | 0,54 | 0,24 | 0,31 | 0,44 | 0,19 | 0,25 |
| 310 | Hotel | Quartos(1)/Empregados(2) | 8,70 | 14,34 | | 0,76 | 0,90 | | 0,65 | 0,79 | |
| 550 | Universidade | Empregados(1)/Estudantes(2) | 9,13 | 2,37 | | 0,91 | 0,24 | | 0,78 | 0,20 | |
| 610 | Hospital | Empregados(1)/GFA(2) /Leitos(3) | 5,17 | 16,78 | 11,77 | 0,46 | 1,42 | 1,36 | 0,35 | 1,20 | 1,18 |
| 630 | Clínica | Empregados(1)/Médicos(2) | | | | 1,31 | 4,43 | | | | |
| 750 | Parque de Escritório | Empregados(1)/GFA(2) /Acres(3) | 3,50 | 11,42 | 195,11 | | | | | | |
| 814 | Shopping Center Peq. (até 9000m²) | Empregados(1)/ABL(2) | 22,36 | 40,67 | | | 4,93 | | 6,41 | | |
| 820 | Shopping Center | ABL(1) | Variável | | | | | | | | |
| 850 | Supermercados | ABL(1) | | | | 12,39 | | | 11,06 | | |

Figura 3 – Taxas de Geração de Viagens – Via do Polo Gerador

Com base no exposto, considerando as unidades do empreendimento em construção e a taxa para condomínio residencial, chegou-se na estimativa representada pela Tabela 5.

**Tabela 5. Estimativa de geração de viagens no horário de pico (manhã)**

| Condomínio | Nº unidades (1) | Taxa para Condomínio Residencial (230) | Viagens geradas |
|---|---|---|---|
| Liverpool | 360 | 0,44 | 159 |
| London | 288 | | 127 |
| Total | | | 286 |

Analisando essa estimativa, o volume veicular passaria para 4.341, durante horário de pico, contribuindo para um aumento de 7 % no volume existente, o que corroboraria para uma aproximação acentuada da capacidade máxima da via, que é de 5.100 carros de passeio por hora para vias Classe II (HCM *apud* DNIT, 2006), o que definiria a via com Nível de Serviço do tipo D e para o tipo E, se considerarmos os demais empreendimentos com todas as unidades ocupadas.

## 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Antes da implantação do Shopping Ponta Negra no bairro Ponta Negra, em Manaus, o volume veicular era de 3.282 na Avenida Coronel Teixeira, tendo como Nível de Serviço do tipo do C para conforto de trafegabilidade e capacidade da via durante o horário de pico - manhã.

Com a divulgação, construção e inauguração do PGV do tipo *Shopping Center*, e concomitantemente, o adensamento de construções de condomínios residenciais do tipo vertical, o volume veicular passou para 4.055 (aumento de 23%), podendo chegar a 30% se considerarmos a geração de viagens produzidas pelo complexo residencial Reserva Inglesa, que está em fase final de construção.

Outro fator a considerar é que alguns dos PGV do tipo residencial, já inaugurados, apresentaram uma baixa taxa de geração de viagens, como o Parque Ponta Negra (0,13) e o River Side Ponta Negra (0,05), inaugurados, respectivamente em 2016 e 2017, ou seja, muito recente. O que pode indicar a existência de diversas unidades não ocupadas, já que o país passou recentemente por um período difícil na economia, principalmente no mercado imobiliário.

De tal forma que, caso realmente sejam esses motivos da baixa taxa de geração de viagens supracitados, ao longo do tempo, essas mesmas taxas subirão e causará maior impacto negativo para a Avenida Coronel Teixeira.

Quanto à Taxa de Geração de Viagens por hora de pico referenciada pela tabela do ITE (Figura 3), com média de 0,44 para condomínios residenciais, utilizando como parâmetro, as unidades disponíveis, fica evidente que essa taxa será o dobro da encontrada nesta pesquisa de campo (0,22), visto que essa taxa tende a aumentar quando mais unidades forem sendo ocupadas naqueles empreendimentos lançados recentemente.

É possível observar que o volume de veículos na área de influência do Shopping Ponta Negra aumentou de forma expressiva nos últimos cinco anos e que, através da pesquisa de campo, foi possível identificar que a capacidade da via em estudo está próxima do seu limite, assim como o Fator Horário de Pico tem aumentado, e aumentará ainda mais após a inauguração do complexo residencial Reserva Inglesa, onde os transtornos como congestionamentos serão inevitáveis.

Por isso, este estudo pode ser aproveitado para proposições de medidas mitigadoras, ou até mesmo, para soluções práticas e consistentes aos efeitos negativos do adensamento urbano com relação ao trânsito local, tais como melhorias no transporte público, inclusão e incentivo de novos modais, investimentos em infraestrutura, ampliação da malha viária, entre outras, visto que tais análises tempestivas podem contribuir para decisões futuras.

**Agradecimentos**
Os autores agradecem ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (IFAM) pelos programas internos de incentivo aos alunos, proporcionando apoio e motivando à pesquisa. Agradecem à Coordenação do Curso de Engenharia Civil, assim como a todos os professores, pelo apoio prestado à pesquisa e aos colegas alunos que debateram e encorajaram pela busca dos resultados obtidos.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Cybis, H. B.; Lindau, L. A.; Araújo, D. R. C. (1999) *Avaliando o impacto atual e futuro de um pólo gerador de tráfego na dimensão de uma rede viária abrangente*. Revista Transportes, v. 7, n. 1, p. 64-85.

DENATRAN. *Manual de procedimentos para o tratamento de polos geradores de tráfego*. Brasília: Denatran/FGV, 2001. 81f.

DNIT. *Manual de estudos de Tráfego*. Rio de Janeiro: DNIT/IPR, 2006. 384f.

Grigolon, A. B. (2007) *Impactos dos padrões de crescimento espacial e de transportes no entorno de pólos geradores de viagens.* Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Planejamento e Operação de Sistema de Transporte da Universidade de São Carlos. São Carlos.

Grieco, E. P.; Portugal, L. S. (2010) *Taxas de geração de viagens em condomínios residenciais em Niterói – estudo de caso*. Revista Transportes, v. XVIII, n. 1, p. 86-94.

ITE (2012). *Institite of Transportation Engineers. Trip Generation Handbook.* Washington, DC, EUA.

Kneib, E. C. (2004) *Caracterização de empreendimentos geradores de viagens: contribuição conceitual à análise de seus impactos no uso, ocupação e valorização do solo urbano*. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Transportes da Universidade de Brasília. Brasília.

Kneib, E. C.; Silva, P. C. M; Portugal, L. S. (2010) *Impactos decorrentes da implantação de pólos geradores de viagens na estrutura espacial das cidades*. Revista Transportes, v. XVIII, n. 1, p. 27-35.

MANAUSTRANS. *Plano de mobilidade de Manaus* – PlanMobManaus. Manaus: ManausTrans, 2015. Vol. 1, 312f.

Martins, M. J. F. (2008) *Análise do mercado imobiliário em Manaus.* Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional da Universidade Federal do Amazonas. Manaus.

Portugal, L. S.; GOLDNER, L. G. *Estudo de polos geradores de tráfego e de seus impactos nos sistemas viários e de transportes*. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 2003.

REDPGV – *Rede Íbero-Americana de estudo em polos geradores de viagens.* Disponível em: <http://redpgv.coppe.ufrj.br/.>. Acesso em: 20 de Abril de 2017.

Torquato, T. L. L; Junior, A. A. R. (2014) *Modelos de geração de viagens para condomínios residenciais horizontais*. Revista Transportes, v. 22, n. 1, p. 56-64.

TRB (2010). *Highway Capacity Manual. Transportation Research Board.* Whashington, DC, EUA.

Maximillian Nascimento da Costa (maxncosta@gmail.com)
Jussara Socorro Cury Maciel (jussara@ifam.edu.br)
Departamento de Infraestrutura, Graduação em Engenharia Civil
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas
Av. Sete de Setembro, 1975 – Centro, Manaus-AM, 69020-120, Brasil.

# ESTUDO DO IMPACTO DE UM EMPREENDIMENTO DE USO MISTO NO TRÁFEGO DE UMA ÁREA URBANA

**Diogo de Medeiros Gouveia**
**Pablo Brilhante de Sousa**
Universidade Federal da Paraíba, Brasil

**RESUMO**
A meta deste trabalho é propor um procedimento para quantificar e simular as viagens produzidas e atraídas surgidas pela implantação de um empreendimento caracterizado como edifício de uso misto na cidade de João Pessoa-PB que, por sua vez, pode ser utilizado como ferramenta auxiliar aos planejadores na avaliação dos impactos deste empreendimento em uma área urbana. Para tanto, foi elaborado um procedimento que consistiu, inicialmente, da obtenção dos dados necessários à pesquisa que incluem a definição do local a ser estudado, bem como o levantamento das características físicas e operacionais, tais como: vias no entorno do edifício, número de faixas de tráfego, largura das faixas de tráfego, baias para pontos de ônibus, semáforos e respectivos planos e, por fim, contagens volumétricas em pontos estratégicos. Em seguida, foi realizado um experimento a partir da simulação de tráfego de cenários atual e futuro, após implantação do empreendimento. Através dos resultados da simulação dos cenários, foi possível perceber o impacto no tráfego no entorno do empreendimento com base no aumento do número de viagens, a partir da implantação do PGT, e das variáveis *"Tempo de atraso"* e *"Espera total"*, e concluiu-se que a meta foi alcançada.

**ABSTRACT**
The main purpose of this work is to propose a procedure to quantify and simulate generated and attracted trips caused by the implementation of an enterprise characterized as mixed use building in João Pessoa. This procedure could be used as a tool to assist planners in the evaluation of impacts caused by that enterprise in an urban area. Thus, it was elaborated an procedure which initially consisted of achievement of necessary data to the research which includes study´s area definition and physical and operational characterization such as roads around the building, number of lanes, width lanes, bus bay, traffic lights and their cycle length, and finally vehicle counts on strategic points. On following, it was performed an experiment based on current and future scenarios of traffic simulation after the enterprise's implementation. It was able to realize the impact on the enterprise's around traffic based on the increase in number of trips due to the enterprise's implementation and on the increase in delay time and total waiting. Therefore, the aim was achieved.

## 1. INTRODUÇÃO

O aumento significativo do número de veículos em circulação sem o devido planejamento urbano e de transporte, junto com o forte desenvolvimento de grandes cidades dos países, vêm resultando em uma série de problemas quanto à segurança e fluidez do tráfego. Atualmente, os congestionamentos de veículos são frequentes na maioria das grandes cidades brasileiras. Isso provoca, sem dúvida, grandes prejuízos à população usuária do sistema viário e do transporte coletivo, resultando em aumento nos tempos de viagem, maior conflito entre veículos e pedestres, e consequentemente aumentando a probabilidade de acidentes. Além disso, ocorre um aumento do consumo de combustível, da emissão de poluentes e das poluições visual e sonora (Ary, 2002).

Toda essa problemática existente tende a piorar com a implantação de novos empreendimentos de grande porte, que tendem a causar impactos no entorno do sistema viário existente em que, na maioria das vezes, não foi planejado para suportar uma nova grande demanda de viagens atraídas por esses empreendimentos. Esses empreendimentos, conhecidos como polos geradores de viagem (PGV's), ou polos geradores de tráfego (PGT's), são caracterizados por gerarem e atraírem um grande número de viagens devido às atividades neles desenvolvidas.

Desta forma, existe uma grande importância no estudo do impacto no tráfego de empreendimentos diversos, inclusive com uso de microsimulações do sistema viário e de trânsito, dentro do contexto urbano, devido aos aspectos negativos que possam surgir para a sociedade.

## 2. META E ETAPAS DO TRABALHO

A meta deste trabalho foi propor um procedimento para quantificar e simular as viagens produzidas e atraídas surgidas pela implantação de um empreendimento caracterizado como edifício de uso misto na cidade de João Pessoa-PB que, por sua vez, pode ser utilizado como ferramenta auxiliar aos órgãos gestores na avaliação dos impactos destes empreendimentos em uma área urbana. Para tanto, faz-se necessário:

(i) Definir como área de estudo o local, munido de sistema viário e de trânsito reconhecidamente importante para a cidade de João Pessoa-PB, que possua implantação prevista de edifício de uso misto;

(ii) Quantificar a demanda atual de veículos que utilizam o sistema viário no entorno do empreendimento a ser construído;

(iii) Construir e/ou aplicar um modelo de geração de viagens para quantificar o incremento na demanda veicular causado pela implantação do edifício de uso misto;

(iv) Simular o tráfego no sistema viário no entorno do empreendimento, através de software específico, considerando os cenários atual (item ii) e futuro (item iii). Far-se-á aumento da demanda veicular, em cenário futuro, considerando também o aumento da frota baseado em estatística do DETRAN/PB – Departamento Estadual de Trânsito da Paraíba;

(v) Através de resultados, determinar o impacto no sistema viário e de tráfego causado pela implantação do empreendimento;

(vi) Avaliar se o procedimento pode ser utilizado como técnica para auxiliar gestores na necessidade de adoção de medidas mitigadoras em decorrência da implantação de edifício de uso misto.

## 3. SÍNTESE DO MÉTODO ELABORADO

Com base na hipótese de que é possível identificar, quantificar e simular as viagens produzidas e atraídas por um empreendimento de uso misto, foi proposto o método a seguir visando testar e verificar esta hipótese.

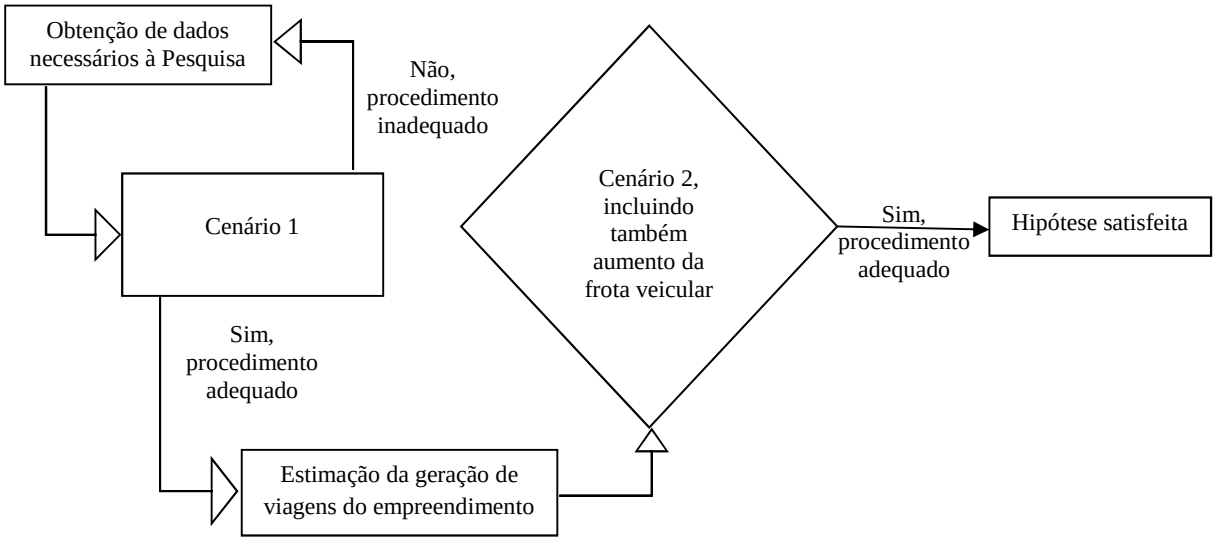



**Figura 1:** Fluxograma sintetizado do método elaborado

A obtenção dos dados necessários incluem a pesquisa bibliográfica, a definição do local a ser estudado, bem como o levantamento das características físicas e operacionais, tais como: vias a serem consideradas no entorno, número de faixas de tráfego, largura das faixas de tráfego, baias para pontos de ônibus, semáforos e respectivos planos de ciclo semafóricos e, por fim, contagens volumétricas em pontos estratégicos. Desta forma, foi simulado o primeiro cenário:

- Cenário 1: Simulação do tráfego, em software específico, da situação atual e confrontação com a situação real do tráfego no entorno. Em caso de representatividade adequada, passa-se à construção do Cenário 2;
- Cenário 2: Caracteriza-se pela simulação do cenário 1, acrescido do aumento de frota veicular da cidade, baseado em dados estatísticos, e da demanda veicular gerada pela implantação do edifício de uso misto. Neste caso, a hipótese pode ser considerada verdadeira até que seja possível confrontar com dados reais a serem obtidos após conclusão da construção do empreendimento.

## 4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Os polos geradores de tráfego são empreendimentos de grande porte que atraem ou produzem grande número de viagens, causando reflexos negativos na circulação viária em seu entorno imediato e, em certos casos, prejudicando a acessibilidade de toda a região, além de agravar as condições de segurança de veículos e de pedestres (DENATRAN, 2001).

De forma similar, para Grando (1986), PGTs são aqueles empreendimentos que, mediante a oferta de bens e serviços, geram ou atraem um grande número de viagens, consequentemente, causam reflexos na circulação de tráfego no seu entorno, tanto em termos de acessibilidade e fluidez, muitas vezes com repercussões em toda uma região, quanto em termos da segurança de veículos e pedestres.

A previsão da demanda gerada pelo empreendimento é fundamental tanto para estabelecer a sua viabilidade financeira e dimensionar suas instalações, quanto para definir as necessidades de espaço viário e de serviços de transportes, que são imprescindíveis para os deslocamentos e as novas viagens que surgirão.

Assim, a etapa de geração de viagens, que é a previsão do número de pessoas ou veículos que serão atraídos a determinado empreendimento, por unidade de tempo (hora, dia ou mês), pode ser considerado como a parte mais importante de um estudo de impacto de qualquer polo gerador de tráfego.

A produção de viagens depende do tamanho e da natureza do empreendimento, como também das características socioeconômicas e da infraestrutura das áreas de influência e adjacentes ao PGT (Portugal e Goldner, 2003).

Segundo Portugal e Goldner (2003), para dimensionar a produção de viagens, contemplam-se diferentes dimensões conforme mostrado esquematicamente na Figura 2.

Quanto à dimensão espacial, pode ser influenciado pelo padrão socioeconômico e demográfico do entorno do empreendimento. Já a área de influência está relacionada com o alcance e a distribuição espacial das origens e destinos das viagens geradas pelo novo estabelecimento.

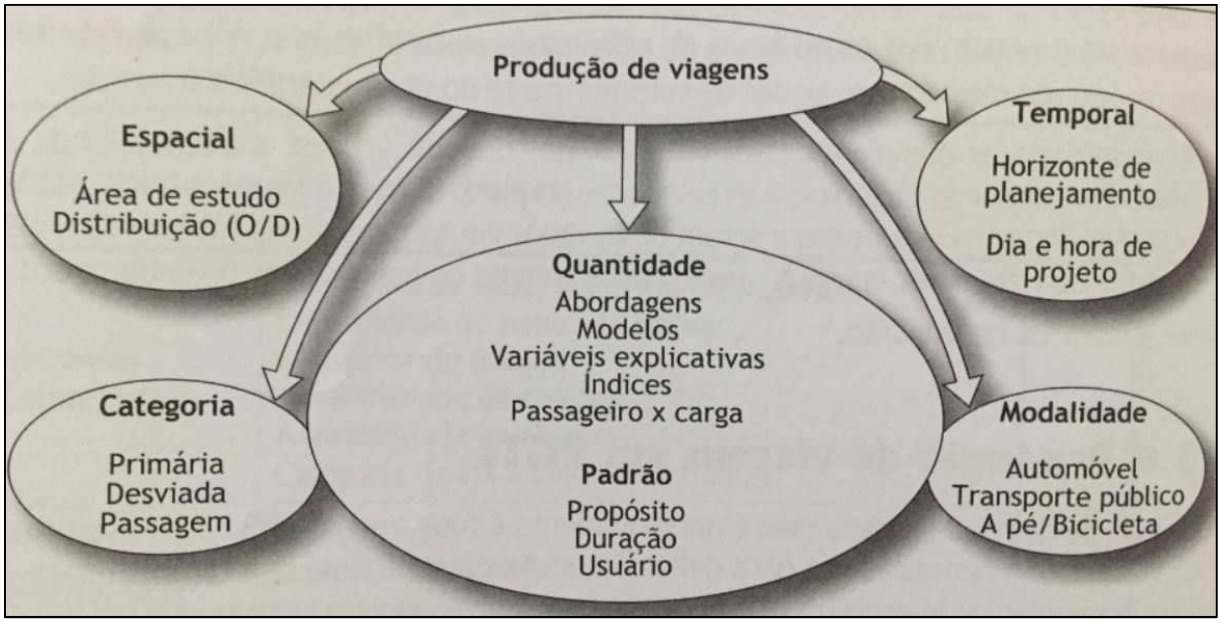



**Figura 2:** Dimensões de produção de viagens por um PGT.
Fonte: Portugal e Goldner (2003).

Em relação à dimensão temporal, o tempo de permanência do usuário no empreendimento pode definir o número de vagas de estacionamentos necessárias para atender a demanda, juntamente com a estimativa de volume de veículos nos horários de pico. A definição do horizonte de planejamento terá como referência estudos de impactos no tráfego e na previsão da demanda.

Outro fator que influencia na geração de viagens é a dimensão da categoria das viagens. As viagens podem ser classificadas em diferentes categorias conforme os critérios adotados. De acordo com Portugal e Goldner (2003), as viagens podem ser divididas em primárias, desviadas e de passagem.

As viagens primárias são aquelas com o objetivo específico de ir ao empreendimento, ou seja, o próprio estabelecimento é a razão da viagem. Assim, essas viagens são acrescidas ao sistema viário devido a implantação do empreendimento. Já as viagens desviadas são aquelas que já aconteciam em vias do entorno e que exigem um desvio para outra via, com objetivo de chegar ao local. As de passagem são viagens já existentes no sistema viário, que têm o empreendimento como parada intermediária no caminho entre a origem e o destino principal, sem desvio da rota.

A estimativa da quantidade de viagens geradas pelo novo empreendimento pode ser feita de várias formas como, por exemplo, através de taxas de geração de viagens em empreendimentos semelhantes na área para o mesmo período de projeto, utilizando taxas de geração de viagem de uma área similar, obtendo taxas de geração de viagem de publicações de estudos científicos, dentre outros. Ressalta-se que, devem ser consideradas as diferentes modalidades de transporte em estudos de impacto no tráfego causados pelos PGT's.

Existem vários métodos de avaliação dos impactos causados por polos geradores de tráfego no sistema viário e de transportes. Um dos mais utilizados é o do *Institute of Transportation Engineers* (ITE, 1991) desenvolvida para PGTs em geral, com dois enfoques principais:

- previsão do tráfego não local;
- previsão do tráfego gerado pelo PGT ( tráfego local).

O tráfego não local é definido como aquele fluxo de passagem que atravessa a área de estudo e não tem origem ou destino na mesma, assim como, o tráfego gerado por outros empreendimentos da área de estudo, com origem ou destino nessa área. A projeção desse tráfego pode ser feito por três métodos:

a) Método de Agregação ou *"Build-up"*: utiliza-se para áreas com crescimento moderado, quando os projetos tem horizonte de 10 anos ou menos. O método consiste em estimar o horário de pico a ser gerado pelo empreendimento;
b) Método do uso da área ou subárea do plano de transportes: trata-se de utilizar resultados dos estudos de planejamento de transportes para grandes projetos ou de impactos regionais;
c) Método da taxa de crescimento: utiliza-se em pequenos projetos que serão construídos em um ou dois anos e quando as taxas dos cincos anos passados forem estáveis.

Já o tráfego local, que tem origem e destino na área de estudo do PGT, tem a geração de viagens calculada a partir das taxas e equações presentes no livro *"Trip Generation Handbook"* (ITE, 2001), que as fornece para diferentes usos do solo. Além disso, deve-se:

- observar características locais e peculiares de cada caso;
- escolher adequadamente os horários de pico e variações horárias e sazonais;
- não utilizar dados muito antigos para previsões;
- observar a escolha do modo e as categorias de viagens.

Por fim, a estimativa da distribuição de viagens pode ser feito por três métodos: método por analogia, em que pode ser usado um empreendimento similar existente nas proximidades; modelos de distribuição, neste caso o gravitacional é bastante utilizado; e de dados circunvizinhos, em que a origem e a distribuição de destinos podem ser desenvolvidas quando uma base de dados socioeconômicos e demográficos detalhados por zona está disponível para o ano de estudo. Quanto à alocação do tráfego, essa pode ser feita manualmente ou pela aplicação de modelos computacionais.

A Companhia de Engenharia de Tráfego de São Paulo desenvolve, já há algumas décadas, metodologias de avaliação de impacto de PGT no sistema viário e de trânsito. A seguir, destacam-se as equações do modelo de geração de viagens para prédios de escritórios (CET, 2000):

$$V = \frac{AC}{16} \qquad \text{Para ACC} <= 10.800\text{m}^2 \qquad (1)$$

$$V = 257{,}5 + 0.0387AC \qquad \text{Para } 10.800\text{m}^2 < \text{ACC} < 28.800\text{m}^2 \qquad (2)$$

$$V = \frac{AC}{22} \qquad \text{Para ACC} >= 28.800\text{m}^2 \qquad (3)$$

Onde:
V= viagens por dia;
ACC = área construída computável em metros quadrados.
Para calcular o número de automóveis atraídos, deve-se aplicar o percentual relativo à divisão modal conforme a Tabela 1. A divisão modal está de acordo com o nível de acessibilidade do local do prédio, que pode ter três níveis de acessibilidade:

I) Área de alta acessibilidade: escritórios localizados em áreas com acesso via metrô e sistema significativo sobre pneus;
II) Área de média acessibilidade: escritórios localizados em áreas com acesso significativo sobre pneus;
III) Área de baixa acessibilidade: escritórios localizados em áreas que não apresentam acesso significativo sobre pneus.

**Tabela 1:** Divisão modal de viagens por níveis de acessibilidade da região

| DIVISÃO MODAL DE VIAGENS % | | | |
|---|---|---|---|
| NÍVEL DE ACESSIBILIDADE | AUTOMÓVEIS | COLETIVO | OUTROS |
| Alta e Média | 28 | 66 | 6 |
| Baixa | 61 | 36 | 3 |

Outros = Carona, a pé e táxi
Fonte: CET-SP, 2000.

Para dimensionar o fluxo de automóveis que carregará as vias de acesso ao edifício, deve-se aplicar o fator de pico da Tabela 2 ao número total de automóveis atraídos.

**Tabela 2:** Fator de pico de autos

| PERÍODO | HORÁRIO | FATOR DE PICO % |
|---|---|---|
| ½ hora | 8:30 – 9:00 | 43 |
| 1 hora | 8:00 – 9:00 | 70 |

Fonte: CET-SP (2000).

O dimensionamento da quantidade de vagas de estacionamento necessárias para os automóveis será a soma da quantidade de vagas para a população fixa com a quantidade de vagas para a população variável do prédio de uso misto.

Em relação à área de influência, essa é traçada em função da distância a ser considerada. Obtido o contorno da área de influência, definem-se as vias de acesso. Assim, a alocação do volume gerado é feita para cada rota de acesso ao edifício e, com esse volume somado ao tráfego existente, obtém-se o volume do tráfego resultante. Por fim, a análise de impacto é feita em três níveis: impacto na área do entorno; impacto nas vias do entorno; impacto na área.

Neste artigo, foi utilizada a metodologia da CET/SP, de 2000, para quantificar o incremento na demanda veicular causado pela implantação do edifício de uso misto. Pretende-se, em trabalhos futuros, desenvolver um procedimento para estimar as viagens geradas por PGT's considerando as peculiaridades locais.

## 5. DADOS

Como uma das etapas do trabalho é definir como área de estudo o local, que reconhecidamente esteja em vias importantes para a cidade de João Pessoa-PB, e que possua implantação prevista de edifício de uso misto, foi definido o empreendimento (comercial e escritórios), localizado na zona sul da cidade de João Pessoa, na Avenida Empresário João Rodrigues Alves, principal ligação de diversos bairros da zona do sul ao centro da cidade e à BR-230. O local, em construção com estimativa de entrega em 2019, será composto por: 32

lojas comerciais, entre térreo e primeiro pavimento, sendo estas exclusivas para locação; 174 salas; duas salas corporativas; e cinco praças de alimentação. O empreendimento terá 22.000 m² de área total, 650 m² de coberta, e 9400 m² de garagem. O estacionamento oferecerá 374 vagas de garagem (localizado nos três pavimentos subsolos e térreo), que terá acesso pela unicamente pela Avenida Empresário João Rodrigues Alves.

### 5.1. Contagens Volumétricas

As contagens volumétricas foram feitas manualmente, com posicionamento de observadores de acordo com a Figura 3, anotando-se em formulário específico a quantidade de veículos. Estes veículos foram agrupados em seis categorias segundo o Manual de Estudos de Tráfego (DNIT, 2006): carro, moto, caminhão 2C, caminhão 3C, ônibus 2C e ônibus 3C.

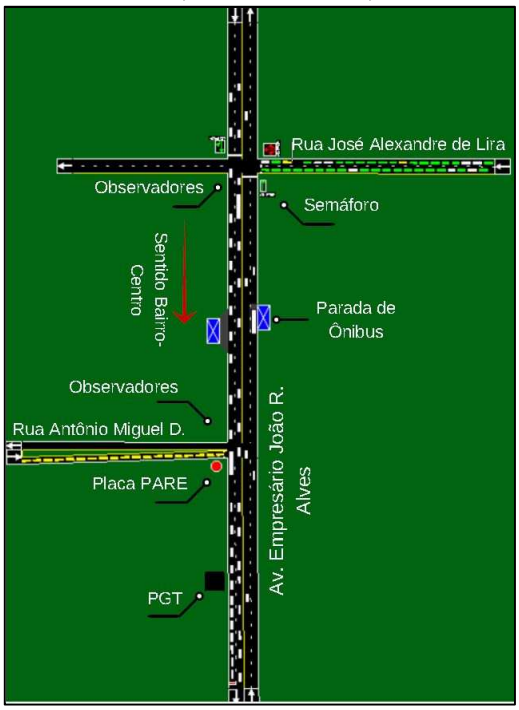



**Figura 3:** Malha viária no entorno do PGT e posicionamento de observadores.

As contagens foram realizadas em quatro intervalos de 15 minutos, totalizando uma hora, em dia útil, não considerando segunda-feira e sexta-feira, por serem dias nos quais muitas pessoas saem ou chegam à cidade, causando assim, interferências na realidade do tráfego. As Tabelas 3, 4 e 5 apresentam o resultado da contagem no horário de pico da manhã das 7:30 às 8:30hs.

**Tabela 3:** Contagem de veículos da Rua José Alexandre de Lira

| Horário | Virando à Esquerda | | | Seguindo em frente | | | Virando à Direita | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Carros | Moto | Caminhão 2C | Carros | Moto | Ônibus 2C | Carros | Moto | Caminhão 2C |
| 7:30-7:45 | 161 | 49 | 4 | 28 | 11 | 0 | 4 | 0 | 0 |
| 7:45-8:00 | 154 | 68 | 1 | 29 | 7 | 2 | 7 | 1 | 1 |
| 8:00-8:15 | 120 | 35 | 0 | 25 | 5 | 1 | 8 | 4 | 1 |
| 8:15-8:30 | 124 | 26 | 1 | 26 | 12 | 1 | 10 | 4 | 1 |

**Tabela 4:** Contagem de veículos da Avenida Empresário João Rodrigues Alves

| Horário | Seguindo em frente | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Carros | Moto | Ônibus 2C | Ônibus 3C | Caminhão 2C | Caminhão 3C |
| 7:30-7:45 | 403 | 175 | 9 | 4 | 2 | 1 |
| 7:45-8:00 | 426 | 153 | 9 | 6 | 1 | 2 |
| 8:00-8:15 | 281 | 126 | 8 | 3 | 1 | 1 |
| 8:15-8:30 | 313 | 132 | 7 | 3 | 3 | 1 |

**Tabela 5:** Contagem de veículos da Rua Antônio Miguel Duarte

| Horário | Entrada na Av. Empresário J. R. Alves | | | Saída da Av. Empresário J. R. Alves |
|---|---|---|---|---|
| | Carros | Moto | Caminhão 2C | Carros |
| 7:30-7:45 | 195 | 50 | 1 | 4 |
| 7:45-8:00 | 200 | 39 | 1 | 5 |
| 8:00-8:15 | 195 | 44 | 0 | 10 |
| 8:15-8:30 | 182 | 35 | 0 | 8 |

A contagem, realizada no período da manhã, representa o movimento de bairros da zona sul da cidade de João Pessoa-PB em direção aos bairros centrais e à BR-230, em que se concentram diversas atividades relacionadas ao motivo “trabalho”. Desta forma, em virtude do movimento no sentido Centro-Bairro na Av. Empresário João Rodrigues Alves ser pequeno no horário e, aparentemente, sem influenciar no acesso ao PGT, optou-se em não realizar a contagem neste sentido devido à dificuldade de pessoal e financeira para realizá-la.

## 6. EXPERIMENTO

O experimento foi baseado na construção de 02 (dois) cenários, a saber: o Cenário 1 através da simulação com as contagens volumétricas atuais e confrontação com a situação real do tráfego no entorno do empreendimento. Em caso de representatividade adequada, passa-se à construção do Cenário 2, que seria a simulação do cenário 1, acrescido do aumento de frota veicular da cidade, baseado em dados estatísticos, e da demanda veicular gerada pela implantação do edifício de uso misto.

Para o cenário 1, além das contagens volumétricas, foram levantadas informações sobre número e largura de faixas de tráfego, movimentos veiculares permitidos, pontos de ônibus, tempos de ciclo semafóricos e sinalizações verticais e horizontais. A contabilização foi feita em unidades de carros de passeio baseada na Tabela 6.

**Tabela 6:** Equivalência em carros de passeio

| Carros | Ônibus | Caminhão | Moto |
|---|---|---|---|
| 1 | 1,5 | 1,5 | 1 |

Fonte: DNIT, 2006.

Desta forma, após todas estas informações, foi construída a malha viária do entorno do empreendimento e simulado através do software TSIS (*Traffic Software Integrated Simulation*), disponibilizado em intercâmbio estudantil na *University of Wisconsin Milwaukee*, nos Estados Unidos, em 2015. Segundo Moreira (2005), é um software integrado que engloba:

a) TRAFED – módulo para editoração gráfica das redes viárias e todas as suas características físicas e operacionais;

b) TRANSLATOR – codificador dos arquivos gráficos em arquivos de entrada do CORSIM;
c) CORSIM – simulação dos dados fornecidos;
d) TextEditor – visualização do relatório com os resultados das simulações;
e) TRAFVU – animação da simulação para permitir a análise detalhada.

O TSIS é um software microsimulador de tráfego para sistemas semafóricos, vias expressas, ou vias expressas combinadas com sistemas semafóricos. A versão TSIS 5.1 foi utilizada neste estudo.

A Figura 4 apresenta a malha viária construída e composta por um trecho Rua Empresário João Rodrigues Alves, que compreende os *links* 3-5, 5-6 e 6-4, um *link* 7-6 da Rua Antônio Miguel Duarte e um trecho da Rua José Alexandre de Lira que compreende ao *link* 2-5. Há também uma *impedância*, com duração média de 10 segundos e na frequência média de 300 vezes em uma hora, identificada na figura no *link* 6-4, atribuída devido à restrição de fluidez de tráfego causado por curva acentuada à direita e rotatória localizada a seguir após a distância de aproximadamente 120 metros.

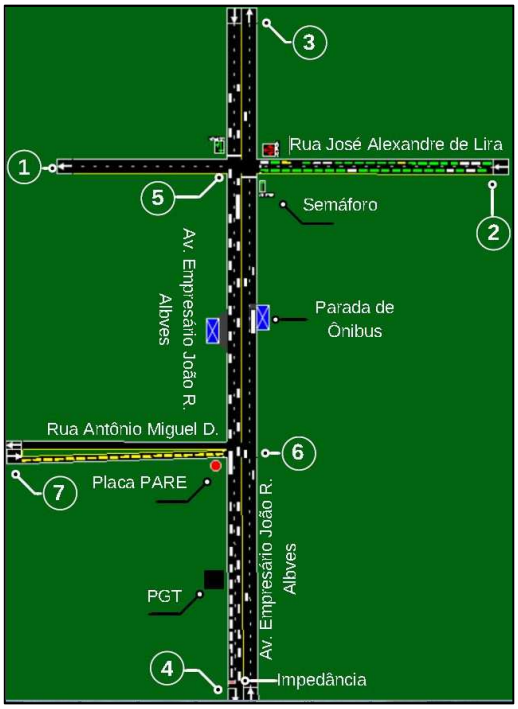



**Figura 4:** Malha viária no entorno do PGT com identificação de *links* e *impedância*.

Para o Cenário 2, além das informações necessárias para simular o Cenário 1, foram obtidas a demanda veicular do empreendimento através da Metodologia da CET-SP (2000). Neste caso, as taxas de atração de viagens resultantes de atividades desenvolvidas em escritórios podem ser expressas em função da Área Construída Computável (ACC). A ACC do empreendimento em estudo é de aproximadamente 12.000 m², assim deve-se usar a Equação (2), pois a área segue o intervalo de 10800 m²<AC<28800 m². Assim, o prédio em estudo atrairá aproximadamente 720 viagens por dia. Para calcular o número de veículos atraídos no dia, deve-se aplicar o percentual relativo à divisão modal conforme a Tabela 1. Como o empreendimento está localizado em uma área de média acessibilidade, deve-se aplicar o percentual de 28% para obter o número de automóveis e 66% para obter número de coletivos

que, no caso em estudo, são os ônibus. Foram estimados 202 automóveis por dia e 476 ônibus por dia. Já para calcular o fluxo de carros no pico horário da manhã, foi utilizado o fator de pico de 50% ao número total de carros atraídos no dia. Vale ressaltar que, neste caso, foi feito uma adaptação dos autores à metodologia da CET/SP, que estabelece que deveria ser utilizado fator de pico de 70%. Acredita-se que o uso de 50% representa maior fidelidade ao local de estudo, em que as viagens estariam mais distribuídas temporalmente do que se fosse atribuído o valor sugerido pela CET/SP.

O percentual de aumento da frota de veículos, segundo o DETRAN-PB entre os anos de 2013 e 2014, foi de aproximadamente 6%. Este percentual foi o número mais recente disponibilizado pelo órgão e representa todas as categorias de veículos automotores registrados nos respectivos anos.

Assim, para o Cenário 2, em caso de representatividade da simulação do Cenário 1, considera-se a demanda veicular atual, de tráfego de passagem, acrescida do aumento da frota veicular da cidade entre anos consecutivos e da demanda futura do PGT.

Vale salientar que, para o Cenário 2, o aumento percentual de 6% da frota veicular foi considerado apenas nos dados coletados para realização do Cenário 1, ou seja, no tráfego de passagem. Desta forma, evita-se que a demanda futura do PGT seja majorada pelo aumento percentual da frota.

## 7. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Inicialmente, através da construção e simulação do Cenário 1, foi confrontado o resultado do software utilizado com a experiência comumente vivida no entorno da área em análise. A princípio, foi feita apenas a comparação visual já que o programa possui boa interface gráfica. Ressalta-se que as áreas de acúmulo, presentes na simulação, foram comparadas com dados reais e, a priori, representaram adequadamente o cenário atual. Assim, considerou-se o procedimento adequado e foi iniciado a construção do Cenário 2.

A Tabela 7 mostra o resultado das simulações, quanto ao tempo de atraso e espera total, nos trechos das vias consideradas na malha viária para ambos cenários.

A variável *"tempo de atraso"* foi obtida a partir da diferença do tempo total de viagem e do tempo em movimento, para cada veículo, no *link* em análise. Para cada *link*, somam-se as diferenças e divide-se pelo número de veículos que percorreram o segmento, obtendo assim, a variável em segundos por veículo. Vale ressaltar que a variável "tempo de atraso" foi fornecida pelo software de simulação de tráfego utilizado.

Já a variável *"espera total"* foi obtida a partir do tempo de atraso multiplicado pelo número de veículos no *link* em análise. Este cálculo foi feito pelos autores e colocada na unidade de tempo "horas" na Tabela 7.

Ressalta-se que os trechos 3-5, 5-6 e 6-4, da Av. Empresário João Rodrigues Alves, o trecho 2-5 da Rua José Alexandre de Lira, e o trecho 7-6 da Rua Antônio Miguel Duarte, apresentam congestionamentos em ambos cenários e representam a rota para acesso ao empreendimento em estudo.

É possível visualizar que, no Cenário 2, haverá o aumento do Tempo de atraso (segundos/veículo) da Av. Empresário João Rodrigues Alves em 56,24%, da Rua José Alexandre de Lira em 7,44%, e da Rua Antônio Miguel Duarte em 6,69%. Já a espera total de veículos será de 4,51 horas, 0,81 horas e 0,39 horas nas vias Empresário João Rodrigues Alves, José Alexandre de Lira e Antônio Miguel Duarte, respectivamente.

**Tabela 7:** Simulação dos cenários e respectivas diferenças, nas variáveis Tempo de atraso e Espera total, para todos os trechos da malha viária do entorno do PGT

| Descrição | Trechos | Tempo de atraso (seg/veículo) | | Espera total (horas) | | Diferença do Tempo de atraso (seg/veículo) | Diferença do Tempo de atraso (%) | Diferença da Espera total (horas) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1º cenário | 2º cenário | 1º cenário | 2º cenário | Entre 1º e 2 º cenário | Entre 1º e 2 º cenário | Entre 1º e 2 º cenário |
| Av. Empresário João R. Alves | 3-5 | 13,4 | 14,3 | 7,77 | 8,99 | 0,9 | 6,72 | 1,22 |
| | 5-6 | 6,4 | 9 | 4,64 | 6,92 | 2,6 | 40,63 | 2,28 |
| | 6-4 | 9 | 9,8 | 6,71 | 7,72 | 0,8 | 8,89 | 1,01 |
| R. José A. de lira | 2-5 | 178,7 | 192 | 34,50 | 35,31 | 13,3 | 7,44 | 0,81 |
| R. Antônio M. Duarte | 7-6 | 591,7 | 631,3 | 16,27 | 16,66 | 39,6 | 6,69 | 0,39 |
| TOTAL | | | | | | 57,2 | 70,37 | 5,71 |

Contudo, a confrontação com a realidade simulada no Cenário 2 somente será possível após conclusão e pleno funcionamento do edifício de uso misto. Vale ressaltar que, simulações em tempo real, através de protótipos veiculares que mensurariam o tempo médio de viagem e respectivos atrasos em trechos da rede viária, por exemplo, trariam maior confiabilidade a corroborar com a hipótese de que a técnica de simulação representa satisfatoriamente a situação local. Tais estudos poderiam ser objeto de pesquisas futuras.

É possível perceber que, de fato, em função da implantação do PGT e do aumento natural da frota veicular entre os anos, há o impacto no tráfego causado pelo crescimento do número de viagens na malha viária, o que colaborou para aumentos significativos do tempo de atraso e da espera total no entorno da área do PGT. Desta forma, medidas mitigadoras em decorrência da implantação do empreendimento podem ser tomadas, tais como deslocar parte do tráfego de passagem para vias adjacentes paralelas e o incentivo de uso de transporte não motorizado.

## 8. CONCLUSÕES

A necessidade das cidades brasileiras promoverem, cada vez mais, o uso racional dos sistemas viário e de trânsito, torna de grande valia a realização de estudos que sirvam para subsidiar os gestores públicos acerca do conhecimento da demanda atual e futura, a partir da implantação de empreendimentos de diversos usos, nas margens de vias urbanas de grande movimento.

Desta forma, como atingiu-se a meta e as etapas propostas, visto que foram quantificadas e simuladas as viagens produzidas e atraídas surgidas pela implantação de um empreendimento caracterizado como edifício de uso misto e que, por sua vez, pode ser utilizado como ferramenta auxiliar aos órgãos gestores na avaliação dos impactos destes empreendimentos, conclui-se que o procedimento foi adequado para simular os cenários sugeridos. Ressalta-se que há necessidade de aprimoramento na confrontação das simulações com a realidade e que, tal estudo, poderá ser foco de pesquisas futuras.

**Agradecimentos**
À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudos concedida.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Ary, M. B. (2002). *Análise da Demanda e Viagens Atraídas por Shopping Centers em Fortaleza*. Dissertação de Mestrado. Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes. 109f. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE.

CET-SP (2000). *Boletim Técnino Nº 36 Polos Geradores de Tráfego II*. CET-SP - Companhia de Engenharia de Tráfego de São Paulo. São Paulo, SP.

DENATRAN (2001). *Manual de Procedimentos para o Tratamento de Polos Geradores de Tráfego*. DENATRAN - Departamento Nacional de Trânsito. Brasília, Ministério da Justiça, DF.

DETRAN-PB (2015). *Evolução da Frota em 11 anos*. DETRAN-PB - Departamento Estadual de Trânsito da Paraíba. João Pessoa, PB.

DNIT (2006). *Manual de Estudos de Tráfego*. DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Rio de Janeiro, RJ.

Grando, L. (1986). *A interferência dos Pólos Geradores de Tráfego no Sistema Viário: Análise e Contribuição Metodológica para Shopping Centers*. Dissertação de Mestrado. PET/COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ.

ITE (1991). *Traffic access and impacts studies for site development*: *A Recommended Practice*. 52p. ITE - Institute of Transportation Engineers. Washington, DC.

ITE (2001). *Trip generation Handbook: An ITE Recommended Practice*. 150p. ITE - Institute of Transportation Engineers. Washington, DC.

Moreira, R. B. (2005). *Uma Contribuição para Avaliação do Modelo "CORSIM" em Simulações de Tráfego Urbano no Rio de Janeiro*. Dissertação de Mestrado. COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ.

Portugal, L. S.; Goldner, L. G. (2003). *Estudo de Polos Geradores de Tráfego e de seus Impactos nos Sistemas Viários e de Transporte*. Ed. Edgar Blucher, São Paulo.

# MOBILIDADE URBANA NOS PROJETOS URBANÍSTICOS DE REGULARIZAÇÃO FUNDIÁRIA

**Karoline Cunha Blanco**
**Maria do Carmo de Lima Bezerra**
Universidade de Brasília
Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo

**RESUMO**
Mobilidade urbana é tratada na maioria das pesquisas acadêmicas e programas governamentais como um tema de gestão dos transportes públicos. O que é necessário, mas não suficiente para seu alcance uma vez que a eficiência do transporte depende da configuração urbana. Se o tema é desafiador para toda a cidade o que dizer para as áreas de regularização fundiária, onde o foco predominante é o direito a moradia. A pesquisa objetiva estabelecer um conjunto de elementos configuracionais que permeiam essa interface para subsidiar soluções, no que se refere à mobilidade, tanto internamente aos assentamentos, quanto com a conexão com a cidade. Como método, se parte das características espaciais facilitadoras da mobilidade, identificando elementos configuracionais que as constituem para aplicar em estudo empírico utilizado os projetos de regularização e obter como resultado um quadro de análise a ser adotado para avaliar o grau de mobilidade alcançado.

**ABSTRACT**
Urban mobility is addressed in most academic research and government programs as a subject of public transport management. What is needed, but not sufficient for its reach since the efficiency of transportation depends on the urban setting. If the theme is challenging for the whole city what to say to the land regularization areas, where the predominant focus is the right to housing. The research aims to establish a set of configurational elements that permeate this interface to subsidize solutions, regarding mobility, both internally to the settlements, as well as the connection with the city. As a method, it is part of the spatial characteristics facilitating mobility, identifying configurational elements that constitute them to apply in empirical study used the regularization projects and to obtain as a result a framework of analysis to be adopted to evaluate the degree of mobility reached.

## 1. INTRODUÇÃO

A ocupação desordenada dos espaços públicos gera vários problemas urbanos em especial relativos à infraestrutura e mobilidade urbana, que posteriormente os projetos de regularização fundiária, em obediência ao Estatuto da Cidade, buscam ordenar de forma a garantir o atendimento às necessidades da população fazendo valer o princípio constitucional do direito a moradia. Assim, a principal abordagem desses projetos é relacionada a fixação de moradia deixando em segundo plano outros aspectos de fundamental importância no desenvolvimento das cidades, como é o caso da mobilidade urbana.

A discussão aqui se refere a como articular essas duas demandas na consecução de uma cidade socialmente justa, mas com qualidade espacial para seus moradores. Nesse sentido, é necessário que esses projetos se atenham a outras características da estrutura urbana além da moradia e um desses elementos que deve ser observado é a mobilidade urbana.

A estrutura espacial atribuída a uma cidade é constituída pela localização de áreas, com determinadas atividades que são conhecidas como uso do solo, interligadas por sistemas de circulação. Faz-se necessária uma integração entre os usos do solo e os sistemas de circulação com seus diversos modos de transporte, para que o projeto da cidade seja considerado detentor da qualidade da mobilidade.

O que se verifica hoje é que mesmo nos projetos de regularização considerados bem-sucedidos as pessoas continuam segregadas. A mobilidade é o que garante a integração física

e social da população à cidade legal e daria consequência aos objetivos da regularização fundiária. A infraestrutura de saneamento, sistema viário e titulação não garantem a integração de fato ao conjunto da cidade.

A principal motivação para o desenvolvimento do estudo é a premissa de que a manutenção da integração do espaço urbano, seja dentro do assentamento ou interligando-o ao restante da cidade, é possível por meio da aplicação de soluções de projeto urbanístico das características facilitadoras da mobilidade que são conhecidas dos recentes estudos como Rueda (2002), Jacobs (2000) e Rogers e Gumuchdijan (2001) sobre o tema e que, hoje, estão mais afetas a diretrizes urbanísticas.

O desafio é a identificação dos elementos configuracionais que constituem essas diretrizes urbanísticas que podem ser considerados facilitadores da mobilidade urbana. É possível avaliar como os projetos de regularização fundiária estão sendo desenvolvidos no que se refere a mobilidade e dessa forma identificar soluções para que a mobilidade assuma seu papel em estabelecer conexões visando reduzir as segregações atribuídas as ocupações irregulares.

Os questionamentos decorrentes são: Como o tema mobilidade urbana é tratado no desenvolvimento dos projetos urbanísticos de regularização fundiária? Colocada essa questão resta identificar quais aspectos relacionados a mobilidade devem ser considerados num projeto urbanístico de regularização e como elas ocorrem na prática, ou seja, quais os elementos da configuração urbana que facilitam a mobilidade nas diferentes escalas da cidade? Quais elementos espaciais da mobilidade urbana deverão ser priorizados nos projetos urbanísticos de regularização fundiária?

Uma vez identificados os elementos e diretrizes essenciais para se conferir mobilidade urbana nos espaços para os quais são desenvolvidos projetos urbanísticos de regularização fundiária se contará com: (i) subsídios para uma revisão sobre inserção da mobilidade na legislação de regularização fundiária e (ii) um conjunto de elementos que conferem mobilidade a os projetos possibilitando a realização de projetos mais harmônicos e efetivos, que contribuam para o melhor funcionamento das cidades.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Como ponto de partida na constituição da interface entre as temáticas se procurou identificar as ações que se refere a dimensão urbanística da regularização fundiária bem como as características do espaço urbano facilitadoras da mobilidade. Para tal, tanto a base conceitual como legal foi revisada.

### 2.1. Regularização fundiária

A regularização fundiária era um dispositivo legal muito antes de ser inserida como um dos principais instrumentos do Estatuto da Cidade, porém apresentava um entendimento que se voltava mais para a questão jurídica relacionada ao direito de propriedade. Anteriormente a promulgação do Estatuto da Cidade houve a consolidação de práticas urbanas e de políticas públicas que demonstraram a necessidade de ampliação do conceito para da conta de atender a problemática instalada nas cidades brasileiras. Foi então forjado um novo conceito para o termo abraçando soluções de natureza de jurídica, mas também, de ordenamento territorial, ambiental e apoio social as comunidades, esse conjunto de ações é que trata o instrumento de

regularização do Estatuto. (Alfonsin, 2006; Fernandes, 2006).

Nesse sentido, a regularização fundiária deve ser muito mais do que a titulação de terras, deve abranger todas essas dimensões além de garantir a interação entre a cidade legal e cidade ilegal.

Fernandes (2006) argumenta que o Estatuto da Cidade consolida um novo quadro jurídico, abrindo outras possibilidades para a ação do poder público, através de políticas sociais. A regularização fundiária compreende um processo multidisciplinar e abrangente no qual o Projeto de Regularização é o principal instrumento técnico responsável pela integração dos diferentes aspectos que devem ser comtemplados. Cabe ao Projeto de Regularização atingir todas as dimensões da regularização fundiária de forma abrangente e adequada, considerando a perspectiva de ZEIS que confere particularidades as exigências urbanísticas e de parcelamento do solo usuais.

Os desafios enfrentados pela regularização fundiária surgem em suas quatro dimensões: social, ambiental, econômica e urbanística. Caracterizar as dimensões da regularização fundiária para verificar sua articulação com os fatores que facilitam a mobilidade urbana se torna essencial no sentido de fundamentar a presente pesquisa. Segundo Chaer (2017) essas dimensões se traduzem da seguinte forma:

*2.1.1. Dimensão urbanística*
Esta dimensão se refere essencialmente a estruturação do espaço urbano. Trata da necessidade de adequação de elementos físicos (ruas, lotes, água, esgoto, energia, dentre outros) à área ocupada. Esta dimensão abrange intervenções e melhorias de infraestrutura, serviços, equipamentos e unidades habitacionais.

*2.1.2. Dimensão ambiental*
A dimensão ambiental visa responder a outro princípio constitucional que é do ambiente saudável e se refere na prática a adequação às fragilidades do meio, atendendo à legislação ambiental, e a manutenção do equilíbrio natural da área, minimizando a pressão sobre os recursos naturais.

Um dos principais entraves relacionados à regularização de ocupações é a dualidade entre qual direito deve prevalecer, o direito a moradia ou o direito ao meio ambiente equilibrado. Essa dificuldade ocorre principalmente quando as ocupações ocorrem em áreas de proteção ambiental em que, no caso da opção por remoção da população e preservação do recurso natural, o direito a moradia deverá ser exercido em outra localidade através de processo de reassentamento.

*2.1.3. Dimensão social*
A dimensão social da regularização fundiária caracteriza por permear todas as demais dimensões e o processo como um todo. Visa enfrentar um dos maiores problemas da regularização fundiária que é o da segregação social e econômica da população que vive nesses assentamentos.

*2.1.4 Dimensão jurídica*
A dimensão jurídica está relacionada a questão fundiária da terra, trata da titularidade ou

posse. Neste caso são os procedimentos que se aplicam a legalização da gleba ocupada irregularmente, possibilitando o registro do loteamento e dos imóveis.

Após a definição das quatro dimensões da regularização fundiária e com base no objetivo deste estudo em "*avaliar projetos urbanísticos de regularização fundiária quanto a elementos configuracionais que contribuam para a mobilidade urbana*", conclui-se que a dimensão urbanística deverá ser o foco para o desenvolvimento da análise uma vez que é a dimensão que se refere essencialmente as questões da estruturação do espaço urbano, ou seja, de elementos configuracionais que trata o próximo tópico com vistas a integração dos temas.

**2.2. Mobilidade urbana**

São várias as definições para mobilidade urbana, a apresentada pela base leal (Política Nacional de Mobilidade Urbana – Lei Nº 12.586/2012) se restringe em apresentar a mobilidade urbana como a "*condição em que se realizam os deslocamentos de pessoas e cargas no espaço urbano*". Sendo assim, admite-se que a conceituação sintetizada pelo Ministério das Cidades, com base nos estudos de Vasconcelos (1996) é a que possui um significado mais expressivo:

> "A mobilidade é um atributo associado às pessoas e aos bens; corresponde às diferentes respostas dadas por indivíduos e agentes econômicos às suas necessidades de deslocamento, consideradas as dimensões do espaço urbano e a complexidade das atividades nele desenvolvidas" (Ministério das Cidades, 2004, p. 13)

A mobilidade é, assim, uma atividade meio que torna possível o desempenho de outras atividades como moradia, trabalho, estudo, lazer e compras. A mobilidade é apresentada por Boareto (2003) como sendo a função pública que se destina a garantir a acessibilidade para todos, o que implica na obediência de normas e prioridades que atendam as diferentes demandas de deslocamento. O seu entendimento não pode ser reduzido ao simples número de viagens que uma pessoa consegue realizar em um determinado período, mas deve considerar a capacidade de se fazer as viagens necessárias para a realização de seus direitos básicos de cidadão, com o menor gasto de energia possível e menor impacto ao meio-ambiente.

Gentil (2015) realizou amplo levantamento bibliográfico na busca das variáveis que caracterizavam a forma urbana compacta e que são recorrentes nos trabalhos de diversos autores. O estudo evidenciou que a forma urbana compacta apresenta maiores vantagem para a mobilidade urbana e teve como resultado a definição de características da forma urbana que podem influenciar na mobilidade urbana: densidade, uso do solo, continuidade e conectividade.

*2.2.1. Densidade*

As altas densidades possibilitam o uso mais eficiente do solo e garantem o melhor aproveitamento dos recursos públicos, porém é necessário que se estabeleça os níveis de densidade aceitáveis já que áreas urbanas muito densas podem resultar em ineficiência econômica, social e ambiental. Litman (2012) define o fator densidade como aquele que se refere ao número de residências, pessoas ou empregos por unidade de área.

*2.2.2. Uso do solo*

As características de uso do solo urbano também influenciam na geração de viagens

motorizadas e, consequentemente, na promoção da mobilidade como um todo. O uso misto do solo seria a associação de diferentes funções em um mesmo espaço o que proporciona condições de aproximação entre diferentes locais de origem e destino. Ou seja, proporciona a redução das distâncias médias que serão percorridas. (Costa, 2007).

*2.2.3. Continuidade*

A continuidade é medida pela quantidade de ocupações de forma não descontínua da superfície útil. Quanto maior a ocupação dos espaços intersticiais da área urbana, maior o grau de continuidade. (Costa, 2007). Na busca da continuidade procura-se limitar o processo de expansão, preenchendo os espaços vazios e requalificando espaços degradados.

*2.2.4. Conectividade*

O desenho urbano dos espaços pode contribui para possibilitar deslocamentos a pé ou por meios não motorizados podendo auxiliar na redução de viagens de automóvel, principalmente se permitir integração entre os diferentes modos de transportes e as atividades que ocorrem no espaço da cidade. A conectividade diz respeito ao tratamento de ruas, calçadas, acesso, ciclovias etc.

Gentil (2015) define as características do desenho urbano como o indicador que mede o grau de conexão entre pontos de interesses como residências, estacionamentos e comércio. Trata-se da interligação de ruas, calçadas e ciclovias, de modo a possibilitar a realização de deslocamentos não-motorizados.

Colocadas as lógicas estruturantes das duas temáticas, regularização fundiária e mobilidade, conclui-se que o tratamento da dimensão urbanística deve remeter a projetos de regularização que considerem em sua solução as características apontadas por Gentil. Entretanto, para que isso não fique apenas no plano das intenções se faz necessário definir elementos de desenho urbano e parâmetros urbanísticos que traduzam os atributos referidos. Esse é exatamente a contribuição que se pretende na pesquisa.

## 3. DESENVOLVIMENTO: ANÁLISE E RESULTADOS

Considerando os fatores elencados como facilitadores da mobilidade urbana verifica-se que tanto a densidade quando os usos dizem respeito a parâmetros urbanísticos a serem definidos para a Zona Especial de Interesse Social – ZEIS - que precede a elaboração do Projeto de Regularização. Já os fatores continuidade e conectividade se expressam por meio de elementos de Projeto Urbanísticos, ou seja, dizem respeito a decisões de projeto. Todos aos quatro fatores facilitadores da mobilidade estão incluídos na dimensão urbanística da regularização.

Observou-se, ainda, que quando se trata de densidade e usos do solo há associação ao planejamento urbano, ou seja, o tipo de orientação para criar um espaço urbano mais favorável a mobilidade cabe ao Plano Diretor ou a normas urbanísticas especificas para uso e ocupação do solo de áreas da cidade como no caso de Projetos de regularização fundiária. Estes dois elementos são definidos por parâmetros urbanísticos, são obtidos por meio de diretrizes da legislação urbanística que influenciam a configuração urbana e são refletidos na mobilidade urbana. Já os fatores conectividade e continuidade estão voltados para as definições de desenho urbano, ou seja, as tomadas de decisões de projeto, não encontrando rebatimento na legislação urbanística de forma direta, mas afetos as correntes urbanísticas ou

decisões de cada projetista. No plano da continuidade mais afeta a correntes urbanísticas como no caso do modernismo que possui como orientação a descontinuidade espacial como forma de alcance da fluidez da cidade e a conectividade que esta afeta ao cuidado com a qualidade do espaço urbano voltado ao pedestre.

Considerando essas diferenças de natureza dos fatores, o detalhamento de cada um se prende a formas distintas, ou seja, um grupo a parâmetros urbanísticos e outro a elementos de desenho. Nesse sentido, foi elaborado um quadro síntese que pode ser utilizado para análise dos projetos de regularização e outros projetos de ordenamento espacial da cidade. A grande particularidade dos projetos de regularização diz respeito aos indicadores que se pode estabelecer para cada parâmetro urbanístico, pois enquanto para cidade legal existe uma base legal e técnica que norteia sua definição, no caso dos assentamentos irregulares esses indicadores devem ser mediados pela ocupação já existente.

No caso da pesquisa, o que norteou a definição dos parâmetros urbanísticos para densidade e uso do solo foi a escala de avaliação desenvolvidas por Costa (2008) para os Índices de Mobilidade Urbana Sustentável – IMUS onde conta um valor ideal para propiciar a mobilidade.
No que se refere aos elementos de projeto urbano utilizou-se como referência os estudos desenvolvidos por Mello (2016) que tratou da conectividade estudando análise de percepção urbana com base em Cullen (1971), Lynch (1980) e Gehl (1936).

O método de ponderação do peso de cada um dos elementos e parâmetros dentro de cada uma das características utilizou-se a referência método de ponderação do IMUS: os fatores receberam o mesmo peso de qualificação e, dessa forma, o resultado da pontuação obtida dentro de cada um dos elementos foi dividido pela quantidade de itens existentes sobre o fator de forma a se manter a proporção. Ao final, a pontuação relativa aos quatro fatores foi somada e dividida por quatro, de forma a se obter número a ser expresso em porcentagem referente ao nível de alcance que a estruturação espacial proposta pelo projeto de regularização possui em relação a facilitação da mobilidade.

A seguir é possível verificar parâmetros com seus indicadores e os elementos configuracionais descritores das características de continuidade e conectividade.

| QUADRO ANALITICO DE MOBILIDADE URBANA EM ÁREA DE REGULARIZAÇÃO FUNDIÁRIA | | | | |
|---|---|---|---|---|
| DENSIDADE | Densidade Populacional Urbana | | | PONTUAÇÃO FATOR |
| | Pontuação | Valores de Referência<br>Densidade Populacional Urbana | Pontuação Diretriz | |
| | 1,00 | Alta densidade - acima de 200 habitantes/ha | | |
| | 0,50 | Média densidade - acima de 100 hab/ha até 200 habitantes/ha | | |
| | 0,00 | Baixa densidade - abaixo de 100 habitantes/ha | | |
| | Área Mínima dos Lotes | | | |
| | Pontuação | Valores de Referência<br>Área mínima dos lotes | Pontuação Diretriz | |
| | 1,00 | Lotes conforme legislação – acima de 125m2 | | |
| | 0,50 | Lotes com padrão aceitável para ZEIS – entre 75m² e 125m² | | |
| | 0,00 | Lotes pequenos – abaixo de 75m² | | |
| | Coeficiente de Aproveitamento | | | 0 |
| | Pontuação | Valores de Referência<br>Coeficiente de Aproveitamento | Pontuação Diretriz | |
| | 1,00 | C.A entre 2,1 e 4,0 | | |
| | 0,50 | C.A entre 0,9 e 2,0 | | |
| | 0,00 | C.A entre 0,1 e 0,8 | | |
| USO DO SOLO | Percentual de áreas públicas | | | PONTUAÇÃO FATOR |
| | Pontuação | Valores de Referência<br>Percentual de áreas públicas | Pontuação Diretriz | |
| | 1,00 | Alta – Acima de 25% | | |
| | 0,50 | Média - Entre 15% e 25% | | |
| | 0,00 | Baixa - Até 15% | | |
| | Distribuição de usos e atividades | | | |
| | Pontuação | Valores de Referência<br>Percentual de área onde é permitido ou incentivado o uso misto do solo. | Pontuação Diretriz | 0 |
| | 1,00 | Acima de 30% de uso misto | | |
| | 0,50 | Até 30% de uso misto | | |
| | 0,00 | A legislação urbanística não permite o uso misto do solo, determinado zonas de uso exclusivamente residencial, comercial, industrial ou institucional. | | |
| CONTINUIDADE | Espaços Residuais | | | PONTUAÇÃO FATOR |
| | Pontuação | Valores de Referência<br>Percentual de área urbana vazia | Pontuação Elemento | |
| | 1,00 | Até 10% da área | | |
| | 0,50 | Acima de 10% até 30% da área | | |
| | 0,00 | Acima de 30% da área | | |
| | Limites Urbanos | | | |
| | Pontuação | Valores de Referência<br>Percentual de área que se apresenta como barreira ou costura | Pontuação Elemento | 0 |
| | 1,00 | Acima de 50% da área do perímetro se desenvolve como costura gerando conexões com as áreas urbanas próximas | | |
| | 0,50 | Apresenta, no máximo, 50% da área do perímetro como barreiras e, pelo menos, 30% das áreas restantes como costuras. | | |
| | 0,00 | Acima de 70% da área do perímetro se apresenta como barreira impedindo conexões com o restante da cidade. | | |
| CONECTIVIDADE | Passeios | | | PONTUAÇÃO FATOR |
| | Pontuação | Valores de Referência<br>Passeios – pavimentação, sinalização, clareza de trajetos, conexão | Pontuação Elemento | |
| | 1,00 | Grande maioria com boa conservação, manutenção e utilização | | |
| | 0,50 | A maior parte se encontra em boa situação, porém necessita de melhorias. | | |
| | 0,00 | Não possui ou encontram-se, em sua maioria, em estado ruim | | |
| | Ciclovias | | | |
| | Pontuação | Valores de Referência<br>Ciclovias – pavimentação, sinalização, clareza de trajetos, conexão | Pontuação Elemento | |
| | 1,00 | Grande maioria com boa conservação, manutenção e utilização | | |
| | 0,50 | A maior parte se encontra em boa situação, porém necessita de melhorias. | | |
| | 0,00 | Não possui ou encontram-se, em sua maioria, em estado ruim | | |
| | Barreiras | | | |
| | Pontuação | Valores de Referência<br>Barreiras – função como guia de fluxo (condução a travessias | Pontuação Elemento | |
| | 1,00 | Grande maioria com boa conservação, manutenção e utilização | | |
| | 0,50 | A maior parte se encontra em boa situação, porém necessita de melhorias. | | |
| | 0,00 | Não possui ou encontram-se, em sua maioria, em estado ruim | | |
| | Acessos | | | 0 |
| | Pontuação | Valores de Referência<br>Acessos – nivelamento adequado e sinalização | Pontuação Elemento | |
| | 1,00 | Grande maioria com boa conservação, manutenção e utilização | | |
| | 0,50 | A maior parte se encontra em boa situação, porém necessita de melhorias. | | |
| | 0,00 | Não possui ou encontram-se, em sua maioria, em estado ruim | | |
| | Mobiliário Urbano | | | |
| | Pontuação | Valores de Referência<br>Mobiliário Urbano – Estado de conservação | Pontuação Elemento | |
| | 1,00 | Grande maioria com boa conservação, manutenção e utilização | | |
| | 0,50 | A maior parte se encontra em boa situação, porém necessita de melhorias. | | |
| | 0,00 | Não possui ou encontram-se, em sua maioria, em estado ruim | | |

| | |
|---|---|
| PONTUAÇÃO MOBILIDADE | 0 |
| Porcentagem de mobilidade | 0% |

**Figura 1** - Quadro analítico de Mobilidade Urbana em áreas de regularização

Fonte: Autoras (2017).

## 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O quadro analítico elaborado tem como objetivo analisar como ocorrem os projetos de regularização fundiária e, a partir dos resultados obtidos, colaborar no desenvolvimento dos próximos projetos e até mesmo na melhoria dos já implantados numa tentativa de gerar mobilidade urbana efetiva nas áreas de regularização e contribuindo para a integração com a cidade legal.

Durante a elaboração desse mosaico que sintetiza aspectos relativos a mobilidade e a lógica dos projetos urbanísticos que conferem a cidade suas características espaciais, foi possível perceber as dificuldades de orientações normativas e técnicas para definição de parâmetros urbanísticos como de elementos configuracionais, o que leva a um grau de empirismo que resulta em grande dificuldade de que temas como a mobilidade, e muitos outros que garantem a qualidade das cidades, avançarem para além do discurso, sendo suas discussões intuitivas e marcadas por visões ideologizadas.

A maioria dos Planos Diretores não se dedicam a definir as diferenças dos parâmetros relativos as ocupações urbanas gerais e as que devem ser aplicadas as ZEIS, apenas indicando que as áreas de interesse social não se enquadram nos parâmetros gerais.

De resto, não existe uma discussão sobre mobilidade quando se fala em regularização fundiária o que na maioria das vezes fica restrito a uma exigência de existir transporte público coletivo servindo a área. A pesquisa procura contribuir e focar nessa lacuna.

Como próximo passo a ser desenvolvido para a validação do modelo proposto, o quadro analítico deverá ser aplicado em áreas destinadas a regularização fundiária buscando identificar possíveis lacunas bem como afirmar a aplicabilidade e efetividade do estudo.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ALFONSIN, B. (2006) O significado do Estatuto da Cidade para os processos de regularização fundiária no Brasil. *In:* ROLNIK, R. et. al. *Curso a distância em regularização fundiária de assentamentos informais urbanos*. Belo Horizonte: PUC Minas virtual.

BOARETO, R. (2003) A mobilidade urbana sustentável. *In: Revista dos transportes públicos*, n° 100. São Paulo: ANTP.

BRASIL. (2001) *O Estatuto da Cidade. Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001*. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 11. jul.

BRASIL. (2012) *Lei n. 12.587, de 3 de janeiro de 2012.* Institui as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana. [Internet] Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12587.htm> [Acessado em outubro de 2016].

CHAER, T. M. S. (2016) *O papel dos indicadores na avaliação de programas federais:* o caso da regularização fundiária urbana. 2016. 243 f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília, UnB, Brasília.

COSTA, N. M. S. M. da. (2007) *Mobilidade e Transporte em Áreas Urbanas.* Tese de Doutorado - Faculdade de Geografia de Lisboa. Universidade de Lisboa.

COSTA, M. da S. (2008) *Um Índice de Mobilidade Urbana Sustentável*. Tese de Doutorado. Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo.

CULLEN, G. (1971) *Paisagem Urbana*. Lisboa: Edições 70 LDA.

FERNANDES, Edésio. (2006) *Perspectivas para a renovação das politicas de legalização de favelas no Brasil*. In: ROLNIK, Raquel et. al. Curso à distância em regularização fundiária de assentamentos informais urbanos. Belo Horizonte: PUC Minas Virtual.

GEHL, J. (1936) *Cidades para pessoas.* (1ed.) São Paulo: Perspectiva.

GENTIL, C. (2015) A *contribuição dos elementos da forma urbana na construção da mobilidade sustentável*. 2015. 172 f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - Programa de pós-graduação da Faculdade

de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília, UnB, Brasília.
JACOBS, J. (2000) *Morte e Vida de Grandes Cidades*. (1. ed.) São Paulo: Editora WMF, Martins Fontes.
LITMAN, T. (2012) *Land Use Impacts on Transport* - How Land Use Factors Affect Travel Behavior. 2012. [Internet] Disponível em: <http://www.vtpi.org/landtravel.pdf>. [Acessado em agosto de 2016]
LYNCH, K. (1980) A *imagem da cidade*. São Paulo: Livraria Martins Fontes.
MELLO, M. A. de. (2016) *A escala do pedestre de Brasília.* 2016. 51 f. Ensaio Teórico (Graduação em Arquitetura e Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília, UnB, Brasília.
MINISTÉRIO DAS CIDADES. (2004) *Caderno MCidades:* Política Nacional de Mobilidade Urbana Sustentável. Ministério das Cidades, Brasília.
ROGERS, R. e GUMUCHDJIAM, P. (2001) *Cidades para um pequeno planeta*. 1ed. Barcelona: Ed. Gustavo Gilli.
RUEDA, S. (2002) *Modelos de Ordenacion Del Território Más Sostenibles*. [Internet] Disponível em:< http://habitat.aq.upm.es/boletin/n32/asrue.html#3> [Acessado em julho de 2016].
VASCONCELLOS, E. A. (1996) *Transporte Urbano, Espaço e Equidade.* FAPESP, São Paulo.

Karoline Cunha Blanco (blanco.karoline@gmail.com)
Maria do Carmo de Lima Bezerra (mdclbezerra@gmail.com)
Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de BrasíliaUnB
Campus Universitário Darcy Ribeiro - Brasília, DF, Brasil

# ANÁLISE DA RELAÇÃO ENTRE O USO DO SOLO E A MOVIMENTAÇÃO DE PEDESTRES POR MEIO DA ABORDAGEM MULTIAGENTE

**Carlos Eduardo Teixeira Neves**
**Fabiana Serra de Arruda**
Universidade de Brasília
Programa de Pós-Graduação em Transportes

**RESUMO**
Essa pesquisa objetiva analisar a relação existente entre uso e ocupação do solo e os deslocamentos dos pedestres por meio de sistemas multiagentes. A metodologia adotada consiste na revisão bibliográfica sobre as características de uso e ocupação do solo já estudadas em outras pesquisas e sobre modelos multiagentes de pedestres existentes, no levantamento de dados em Brasília-DF e na elaboração de modelo de simulação no software MATSim. Por fim, espera-se que o trabalho permita uma análise quantitativa de como as características urbanas atuam no processo decisório dos pedestres.

Carlos Eduardo Teixeira Neves (carlos_etn@outlook.com)
Fabiana Serra de Arruda (farruda@unb.br)
Programa de Pós-Graduação em Transportes, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília
Campus Universitário Darcy Ribeiro - Asa Norte, Brasília, DF, Brasil

# CALIBRAÇÃO E VALIDAÇÃO DE MODELOS INTEGRADOS DOS TRANSPORTES E USO DO SOLO COM BIG DATA DO TRANSPORTE PÚBLICO E TRÁFEGO VIÁRIO

**Francelino Franco Leite de Matos Sousa**
**Carlos Felipe Grangeiro Loureiro**
Departamento de Engenharia de Transportes
Universidade Federal do Ceará

**RESUMO**
O planejamento urbano integrado requer a modelagem das relações dos subsistemas urbanos. Nesta pesquisa de tese, cujo objetivo é desenvolver uma proposta metodológica de calibração e validação do Tranus utilizando bases do tipo *big data*, será verificada sua contribuição na calibração de modelos integrados e como podem auxiliar na proposição da validação. Nestes processos, as medidas de desempenho dos modelos de simulação são fundamentais para avaliar a capacidade de representação do fenômeno, portanto melhorar a abrangência espacial e temporal dessas informações resultará em modelos mais próximos da realidade. As ferramentas de *machine learning*, como clusterização, árvore de decisão e regressão promovem a adoção de técnicas de validação, além da comparação de medidas de desempenho. O método desenvolvido está sendo aplicado na cidade de Fortaleza nos anos de 2000 e 2015, onde dois *big data* possibilitam compreender o padrão de deslocamento por transporte público e da utilização da malha viária.

Francelino Franco Leite de Matos Sousa (francolms@det.ufc.br)
Carlos Felipe Grangeiro Loureiro (felipe@det.ufc.br)

# O MAPEAMENTO DO USO DO SOLO ATRAVÉS DO TWITTER COMO APOIO AO PLANEJAMENTO DE TRANSPORTES, O CASO DA CIDADE DE FORTALEZA-CE

**Sameque Farias Cunha de Oliveira**
**Marcia Yara de Oliveira Silva**
**Carlos Augusto Uchôa da Silva**
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes-PETRAN
Universidade Federal do Ceará

**RESUMO**
O uso de redes sociais com possibilidade de georreferenciar o conteúdo compartilhado pelos usuários, desponta como uma nova fonte de dados referentes aos seus posicionamentos e deslocamentos, o que as torna um potencial complemento às pesquisas tradicionais em Planejamento de Transporte. Portanto, este artigo propõe a obtenção da posição dos usuários do Twitter, com a intenção inicial de identificar o uso do solo da cidade Fortaleza-CE. A metodologia proposta consiste na aplicação de um algoritmo destinado a interpretar um ponto geográfico e dimensionar um raio sobre uma área específica (bairro). Os dados assim obtidos foram mapeados e comparados às informações de uso solo oficiais, fornecidas pela SEFIN. Os resultados obtidos apresentaram uma boa correlação entre o uso do solo oficial, permitindo a identificação de áreas residenciais e comerciais. Esta abordagem mostrou-se um potencial complemento para os planejadores de transportes na modelagem e entendimento do uso tradicional do solo.

**ABSTRACT**
The use of social networks with the possibility of georeferencing the content shared by users, emerges as a new source of data regarding their positioning and displacements, which makes them a potential complement to traditional research of Transportation Planning. Therefore, this article proposes to obtain the position of the users of Twitter, with the initial intent to identify the land use of the Fortaleza-CE city. The proposed methodology consists of applying an algorithm designed to interpret a geographic point and scale a radius on a specific area (district). The data obtained has been mapped and compared to official land use usage information provided by SEFIN. The results obtained have a good correlation between the use of the official soil, enabling the identification of residential and commercial areas. This approach proved to be a potential complement to transport planners in the modeling and understanding of traditional land use patterns.

## 1. INTRODUÇÃO

O ambiente urbano de uma grande cidade constitui-se inicialmente, no conjunto de diferentes usos do solo justapostos entre si. Tais usos definem áreas (zoneamento), tomando como exemplo o centro da cidade, que representa um local de grande concentração de comércios e serviços, assim como as áreas industriais e áreas residenciais distintas em termos de forma e conteúdo social, de lazer e, entre outros, aquelas de reserva para futura expansão. Este complexo conjunto de usos do solo é, de fato, a organização espacial da cidade ou simplesmente, o espaço urbano, que surge como espaço fragmentado (CORREA, 1989).

Apesar do zoneamento definir o planejamento do uso do solo, há um problema em avaliar a compatibilidade com o planejado e a sua representação real. Sabe-se que a configuração da malha urbana é relacionada pelo transporte e o uso do solo, visto que essa ligação esta atrelada a mobilidade urbana.

Uma das formas de verificar a compatibilização citada é coletar informações no local. As informações sobre os diversos usos do solo são recolhidas por meio de questionários que tentam capturar como os atores (cidadãos) interagem com o seu ambiente urbano. Esta abordagem tradicional tem algumas limitações, como a resistência dos cidadãos em fornecer respostas ou o alto custo da aplicação dos questionários, que restringe a frequência com que a

informação é capturada (YIN, 2011).

Em contrapartida, a massificação dos dispositivos móveis (Smartphone, Cartões inteligente, aparelhos dotados de tecnologia de posicionamento por satélites, Câmeras digitais, etc.), tem fornecido dados digitais sem precedentes, revelando detalhes, como por exemplo, a frequência e o deslocamento dos usuários. Trabalhos anteriores têm utilizado diferentes metodologias para detectar a presença e o movimento de pessoas através de seus dados digitais (redes sociais, registros de telefone celular, utilização de cartões inteligentes, rastreamento de táxi e ônibus com GPS) (QUERCIA, 2011). As metodologias supracitadas podem aumentar drasticamente a compreensão sobre o uso do solo e os deslocamentos diários e desta forma, contribuir na mobilidade urbana.

Os dados obtidos através de redes sociais contêm informações detalhadas sobre a localização dos seus usuários. Além disso, essas informações são registradas a partir de cada *Check-in* (estabelecer um ponto no espaço geográfico), assim é oferecida uma nova dimensão a respeito das diversas atividades dos usuários, quase que instantaneamente, o que não é possível com as técnicas tradicionais de coletas de dados.

Propõe-se, neste artigo, o uso do algoritmo DBSCAN (Density Based Spatial Clustering of Applications with Noise), este reconhece *clusters* em grandes conjuntos de dados espaciais e utiliza dois critérios de entrada: o raio (aqui usou-se 2 km) e o critério de concentração de pontos, para a obtenção de dados georreferenciados do Twitter, com a intenção de identificar o uso do solo da cidade Fortaleza-CE, através de agrupamento de dados em diferentes zonas. A abordagem proposta utiliza informações espaciais (*Check-ins* georreferenciados) e temporais sem a necessidade de acessar o conteúdo do *tweet* (postagem) preservando a privacidade do usuário. O objetivo dessa proposta é identificar e mapear os diferentes tipos de usos do solo urbano, através da obtenção de dados de geolocalização de usuários do Twitter. Após o processamento dos dados obtidos, o mapeamento será validado através da analise comparativa com os dados oficiais fornecidos pela Secretaria de Finanças de Fortaleza (SEFIN).

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nos últimos cinco anos realizaram-se estudos de deslocamentos visando-se entender os padrões de mobilidade humana, tanto nas leis que governam as trajetórias individuais, quanto nos movimentos coletivos (HAWELKA, 2014). Vários trabalhos têm incorporado dados de redes sociais em estudos de transportes. Neste contexto, os grandes volumes de traços digitais deixados pelos seres humanos através da Internet permitem uma melhor compreensão dos processos de mobilidade, com benefícios imediatos. Por outro lado, embora haja um grande volume de dados de mobilidade disponíveis em países desenvolvidos, em outros, essa informação é escassa, não disponível ou não existe. O fato dos conjuntos de dados sobre mobilidade serem agregados a um determinado nível de resolução também constitui uma limitação potencial para muitos estudos. O crescimento da infraestrutura de transportes nos últimos anos e a dinâmica de mudanças de padrões de mobilidade trouxeram a necessidade da modelagem do uso do solo em tempo real (FERREIRA, 2013).

Plataformas de Redes Sociais como Flickr, Twitter e Foursquare têm a possibilidade de georreferenciar o conteúdo compartilhado pelos usuários. Assim, elas constituem uma fonte oportuna de dados espaciais desagregados e de alta resolução sobre o deslocamento humano.

Lenormand (2014) usou dados do Twitter para estudar rodovias e redes de transporte rodoviário na Europa; Llorente (2015) estudou o uso do Twitter aplicado à área de transporte identificando *tweets* postados a partir de estradas e trilhos na Europa entre setembro de 2012 a novembro de 2013. Esta última análise concluiu uma correlação entre o número de *tweets* postados nas estradas e a média do tráfego diário anual presente nas rodovias da França e do Reino Unido. Cheng (2011) realizou uma avaliação quantitativa dos padrões de mobilidade da população da cidade de New York através da análise de 22 milhões de *Check-ins* obtidos pelo Twitter. Através da observação de aspectos espaciais, temporais sociais e textuais contidos nos *Check-ins*, Cheng concluiu que os usuários seguem padrões simples e repetitivos ao longo das semanas e que os fatores geográficos e econômicos estão ligados à mobilidade.

Hasan (2013) analisou os padrões de mobilidade urbana e as atividades realizadas pelos usuários das redes sociais Foursquare e Twitter. A pesquisa se deu através da coleta de *Check-in*s ao longo de dez meses dos usuários dessas redes sociais que residiam em New York, Chicago e Los Angeles. O mesmo caracterizou os padrões das atividades individuais utilizando métodos de estimativa de densidade Kernel e construiu mapas de atividades em intervalo uniformes de tempo e, por fim, realizou uma comparação entre seus resultados e um estudo realizado com base em dados proveniente de telefone móvel. Hawelka (2014) analisou mensagens do Twitter com o intuito de entender os padrões de mobilidade. Um fluxo de dados que foi coletado através do Twitter Streaming API no período entre 01 de janeiro de 2012 e 31 de dezembro de 2012 gerou novecentos e quarenta e quatro milhões de registros. Esses dados forneceram os perfis de mobilidade das diferentes nações examinadas com base em características, tais como: taxa de mobilidade e diversidade de destinos. Os resultados foram validados utilizando dados estatísticos do turismo global.

Collins (2013) empregou dados do Twitter, a fim de avaliar a satisfação dos usuários em relação à rede de transportes em Chicago. Ele criou níveis de satisfação e analisou os *tweets* dos usuários e, então, estabeleceu critérios como negativo, médio e positivo, critérios esses utilizados para classificar a satisfação dos motoristas durante um período de tempo. Ukkusuri (2014) explorou o potencial das redes sociais com a intenção de analisar as informações relacionadas a desastres da natureza como um tornado. Para isso, ele coletou dados do Twitter durante duas semanas após um tornado que devastou a cidade de Moore em Oklahoma. Após as análises, ele pôde compreender que as pessoas são mais propensas a expressar atitudes negativas após o desastre do furacão seguidas por mensagens positivas que refletiam a satisfação com as atividades de ajuda do governo.

Mitchel (2013) conduziu uma investigação detalhada nos Estados Unidos da correlação entre os *tweets* dos usuários e uma vasta gama de problemas emocionais, geográficos, demográficos e características da saúde. Ele analisou aproximadamente dez milhões de dados georreferenciados do Twitter, reunidos através das trezentas e setenta e três cidades Americanas. Os resultados revelaram que o Twitter pode ser potencialmente usado para estimar os níveis de felicidade, tristeza, depressão e obesidade em escala populacional. Yang (2015) executou um estudo, também nos Estados Unidos, com a utilização do Twitter para detectar mensagens ligadas à depressão. Para isso, ele desenvolveu um método capaz de detectar automaticamente usuários deprimidos no Twitter. Após uma coleta de seis meses, obteve-se uma amostra de aproximadamente 0,1% (402 *tweets*), onde os usuários escreviam palavras relacionadas à depressão. Além disso, foi executada a análise de seus padrões espaciais utilizando um software de SIG, este método possibilita dar suporte às técnicas de

diagnóstico da depressão em escala populacional. Aramaki (2011), com um estudo realizado no Japão, propôs um método de detectar epidemias de gripe baseado em mensagens do Twitter que contivessem palavras relacionadas à influenza. Os experimentos com os dados apresentaram que o método proposto detecta epidemias de influenza com alta correlação (R= 0,89), refletindo com precisão os locais onde houve surto de gripe.

Grabowicz (2014) estudou a relação entre mobilidade humana e suas interações usando traços do Fousquare e do Twitter. Llorente (2015) analisou os status socioeconômicos das trezentas e quarentas regiões espanholas. Esta pesquisa usou dezenove milhões de mensagens geolocalizadas derivadas do Twitter e se pode observar a incidência de desemprego por regiões.

## 3. O ALGORITMO DBSCAN

Entre os algoritmos baseado em agrupamento de pontos o mais utilizado é o DBSCAN (Density Based Spatial Clustering of Applications with Noise). Algoritmos de agrupamento com base na concentração de pontos são destinados a descobrir agrupamentos de formas arbitrárias. Diferentes dos outros métodos, esses não possuem nenhuma restrição característica quanto à forma, uma vez que um grupo pode crescer em qualquer direção desde que seja densa. Além disso, uma estratégia fundamentada em concentração proporciona uma proteção natural contra *outliers* (XAVIER, 2012).

O algoritmo DBSCAN reconhece *clusters* em grandes conjuntos de dados espaciais, analisando a densidade local dos elementos do banco de dados empregando dois critérios de entrada: o raio (distância) e o critério de concentração, sendo esses dois parâmetros definidos pelo usuário (ESTER, 1996). No primeiro preceito, o algoritmo encontra grupos de observações, em que essas observações são classificadas de acordo com o parâmetro de vizinhança, considerando um raio pré-definido (Eps). No segundo, um número de grupos tem de possuir um atributo de concentração, ou melhor, devem conter um número mínimo de observações (MinPts) (XAVIER, 2012). A **Figura** 1 (a) apresenta esse método graficamente adptado de Tan (2013), que mostra o número de pontos dentro de um raio Eps, contabilizando sete pontos, incluindo o próprio ponto A. Este método é simples de implementar, mas a densidade de qualquer ponto dependerá do raio especificado (TAN, 2013).

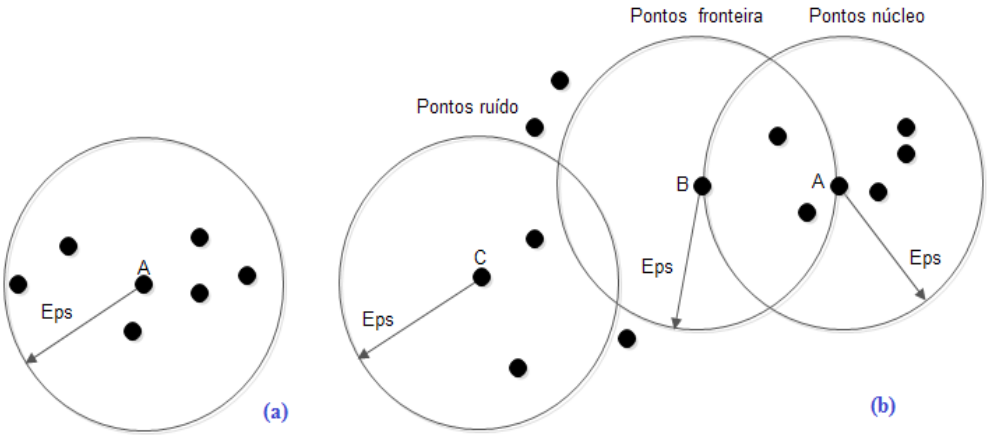



**Figura 1:** Pontos dentro de um raio Eps (a) e tipos de pontos (b)

**Fonte:** Adaptado de Tan (2011)

O DBSCAN pode encontrar clusters de forma arbitrária, como mostra a **Figura** 2 adaptada do Demo do DBSCAN clustering algorithm, onde em (a) apresenta dois cluster e em (b) mostra três clusters e pontos de ruídos. Contudo, os clusters que se localizam próximos uns dos outros tendem a pertencer à mesma classe.

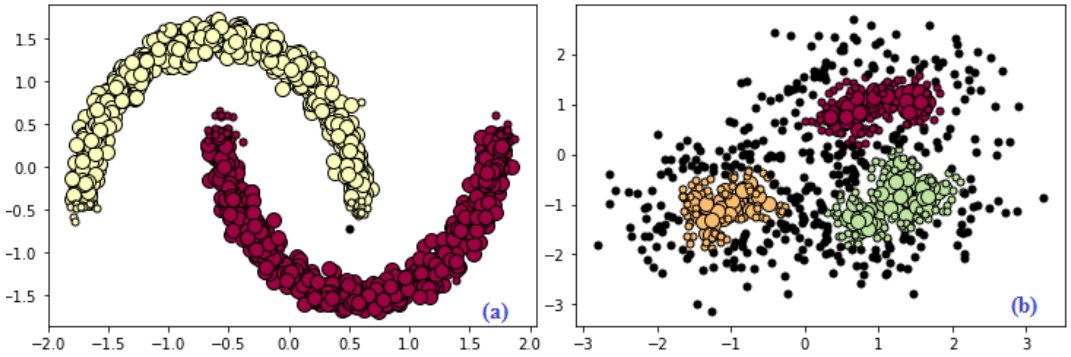



**Figura 2: Dois clusters e (b) Três clusters e ruídos**
**Fonte:** Adaptado de Demo DBSCAN

## 4. METODOLOGIA

A metodologia aqui adotada é descrita nas seguintes etapas: Decisão, Algoritmo (Mineração) e Dados. A Decisão é a primeira etapa e tem o objetivo de definir a origem da API, neste estudo, obtido do Twitter e posterior, sua implementação no algoritmo. A etapa Algoritmo (Mineração) se divide em três subitens, dados de entrada, compostos pela definição do raio e dos centróides, conexão com o Twitter e obtenção dos dados. A terceira e última etapa Dados, que se divide em quatro partes: análise, filtragem (ID, dia (útil), hora e geolocalização) e a geração de mapas de calor. A **Figura** 3 resume o método utilizado.

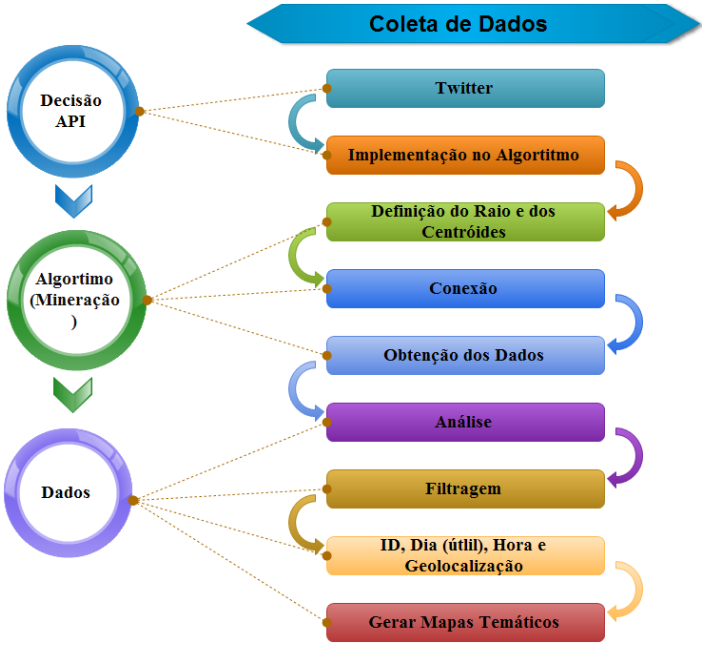



**Figura 3:** Fluxograma da Metodologia utilizada

O Twitter pode ser descrito como um Blog, onde os usuários se comunicam através de mensagens curtas de aproximadamente 140 caracteres, que corresponde a uma forma de descrever pensamentos, sentimentos, notícias do trânsito, locais visitados (BIFET, 2010). Essas mensagens curtas escritas pelos usuários são chamadas de *tweets*, que são formados por metadados e divididos em entidades e lugares. *Tweets* entidades são as menções do usuário, hashtags, URLs e meios de comunicação e *tweets* lugares são locais no mundo físico que podem ser anexados a um *tweet*, como também pode ser uma referência ao local descrito em um *tweet* (RUSSELL, 2013).
Na primeira etapa, ocorre a obtenção da API (Application Programming Interface) do Twitter. Essa API permite que o usuário desenvolvedor interaja com a rede social em que se deseja obter dados, ou seja, permite que uma ligação seja estabelecida com o Twitter, pelo qual um grande volume de *tweets* públicos sejam coletados. Durante o intervalo de dez dias úteis, foi capturado um amostra de aproximadamente dez mil id's.

Depois de obtida a API, ela é adicionada a rotina do algoritmo DBSCAN, que analisa a densidade local dos elementos no banco de dados, com os parâmetros de entrada, a distância e o critério de concentração, já especificados. O algoritmo foi implementado no Software Python, que é uma linguagem de programação de alto nível, interpretada, de script, imperativa, orientada a objetos, funcional, de tipagem dinâmica e forte. Em seguida, definiu-se o raio com 2 km de varredura e um conjunto de 119 Centróides (latitude, longitude) a um ponto central em cada bairro. O algoritmo lê cada centróide e dimensiona o raio, realiza uma varredura na área e coleta o *tweet* mais recente, prosseguindo de um centróide até o último centróide, entrando em *loop* até o tempo definido pelo programador.

A conexão entre o algoritmo e o Twitter, se dá através de um pacote do Python conhecido como *Twython*. Ele cria uma instância com sua chave API e obtém a autorização para se conectar. Após a conexão e concluído o tempo implementado, obteve-se dados convertidos no formato JSON (JavaScrip Objet Notation), que é um modelo para armazenamento e transmissão de informações no formato de texto (.txt), vantajoso pela simplicidade e compacidade, qualidades essenciais para este tipo de coleta.

Os dados coletados, são filtrados utilizando o software de mineração de dados, RapidMiner Studio. Nesta etapa são excluídas informações como biografia do responsável pela postagem, links de fotos, quantidade de amigos vinculados à conta, isto porque, os dados de interesse são apenas o ID do usuário, o dia da postagem, o horário e as coordenadas geográficas. Posteriormente, foram construídos mapas de calor no software de SIG Quantum Gis[1].

A coleta foi realizada com os *tweets* da cidade de Fortaleza entre os dias 01 e 12 de maio de 2017, considerando-se apenas os dias úteis. Os dados obtidos foram divididos em duas tabelas, com os horários das 9:00 h as 18:00 h e das 21:00 h as 5:00 h, e assim, construídos dois mapas representando a aglomeração de pontos por áreas.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A primeira observação dos dados, ocorrida durante os dias úteis, resultou em um maior número de *tweets* (usuário/bairro) no horário compreendido entre as 09:00 h ás 18:00 h, com

[1] Software livre/open source multiplataforma de sistema de georreferenciamento (GIS) que provê visualização, edição e análise de dados georreferenciados.

uma diminuição de postagens a partir das 20:00 h. Este resultado pode estar associado aos horários em que os usuários costumam estar no trabalho e em suas respectivas residências. Destaca-se ainda que na amostra observada, os usuários tendem a postar menos após estarem em suas residências como apresenta a **Figura** 4.

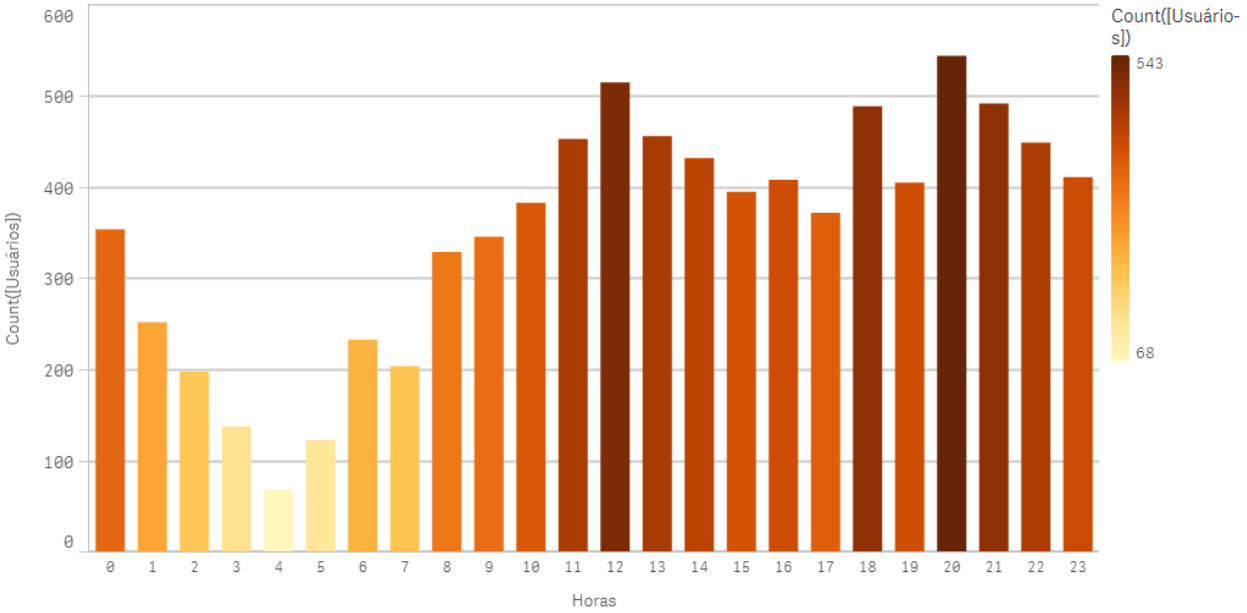



**Figura 4:** Soma de Id's por horários

Nos dias úteis, percebe-se um maior número de *tweets* por volta das 9:00 h até às 20:00 h, com redução constante após isso. Geograficamente, esses clusters abrangem áreas mais centrais, turísticas e urbanizadas da cidade, tais como os bairros da Aldeota, Meireles, Centro. Ressalte-se que no bairro Aldeota encontram-se cinco Shoppings Centers. Já o Meireles é equipado com construções modernas e lojas, praias e a Avenida Beira Mar, de grande atração turística, com barracas de praia e feiras de artesanato. O bairro do Centro é historicamente uma área de compras tendo o maior número de estabelecimentos e é responsável por um grande fluxo de negócios na cidade.

Já no período noturno os picos ocorrem entre 20:00 h às 21:00 h, havendo uma queda acentuada do número de *tweets* após esse período. Destaca-se ainda que os picos ocorrem nos bairros do Passaré, Mondubim, Parangaba. O bairro Passaré possui vários condomínios residenciais, tanto de residências quanto de apartamentos, sendo alguns de alto padrão construtivo. O bairro Mondubim é composto por uma área habitacional periférica nos limites do município e, possui apartamentos e residências, geralmente de baixo padrão construtivo. A Parangaba é um importante bairro na área da saúde, segurança, serviços, escola, ginásio, supermercados e um Shopping Center, ou seja, a noite os *tweets* se concentram em bairros residenciais.

## 6. VALIDAÇÃO DO USO DO SOLO

Para validar as hipóteses de uso do solo sugerido pelo mapeamento dos *tweets*, realizou-se uma comparação com uso do solo descrito a partir do cadastro do IPTU (Imposto Predial e Territorial Urbano) de 2015, fornecido pela SEFIN de Fortaleza, que identificou o uso de cada lote e seus determinados índices de aproveitamento. Os tipos de uso solo para

serem consumidos: Industrial, Comercial e de Serviços de Baixo Índice de Aproveitamento, Comercial e de Serviços de Alto Índice de Aproveitamento, Residencial de Baixo Índice de Aproveitamento, Residencial de Médio Índice de Aproveitamento, Residencial de Alto Índice de Aproveitamento e Assentamento Precário. Este artigo apenas analisa a correlação de uso do solo do tipo Comercial (e de Serviços) e o Residencial (SOUZA, 2016).

Para se compreender como foi realizada a correlação entre as atividades indicadas pelo Twitter e aquelas oficiais do uso do solo descritas no cadastro da SEFIN Fortaleza, foi necessário avaliar os números de pontos (Ids por Bairro) e as duas principais atividades de uso do solo. Essa análise permitiu uma compreensão da precisão da abordagem proposta em identificar o uso do solo, bem como sobre a influência que a densidade dos dados do Twitter pode ter sobre a qualidade dos resultados. Os dados de uso são compostos pelos bairros e seus respectivos usos do solo.

**Tabela 1:** Correlação entre o tipo do solo (Comercial e Residencial) e a soma de Id's por Bairros

| **Uso do solo** | **Comércio Total** | **Residencial Total** |
|---|---|---|
| **Total/Usuário/Bairros** (Horário das 9:00 h as 18:00 h) | 66,1% | 33,9% |

A **Tabela** 1 apresenta as correlações entre o uso do solo comercial e residencial e o total de usuários do Twitter por bairros entre os seus respectivos horários. Para isso, considerou-se a premissa de que entre o intervalo das 9:00 h às 18:00 horas os usuários encontram-se em áreas onde existe uma maior influência do comércio, tendo como 66,1% a correlação com o mesmo e 33,9 % com o uso do solo residencial. Isso mostra que, os usuários tendem a se deslocar de suas residências para áreas de comércio e serviço nesse período do dia.

A **Figura** 5 apresenta um mapa de calor, onde ilustra as concentrações de pontos dentro do intervalo de tempo apresentado pelas tabelas, alguns desses bairros são: Aldeota, Meireles, Centro, Jóquei Club (São Cristóvão), Fátima, Edson Queiroz, Estância (Dionísio Torres), Joaquim Távora, Vila Pery, Messejana (sede), Passaré.

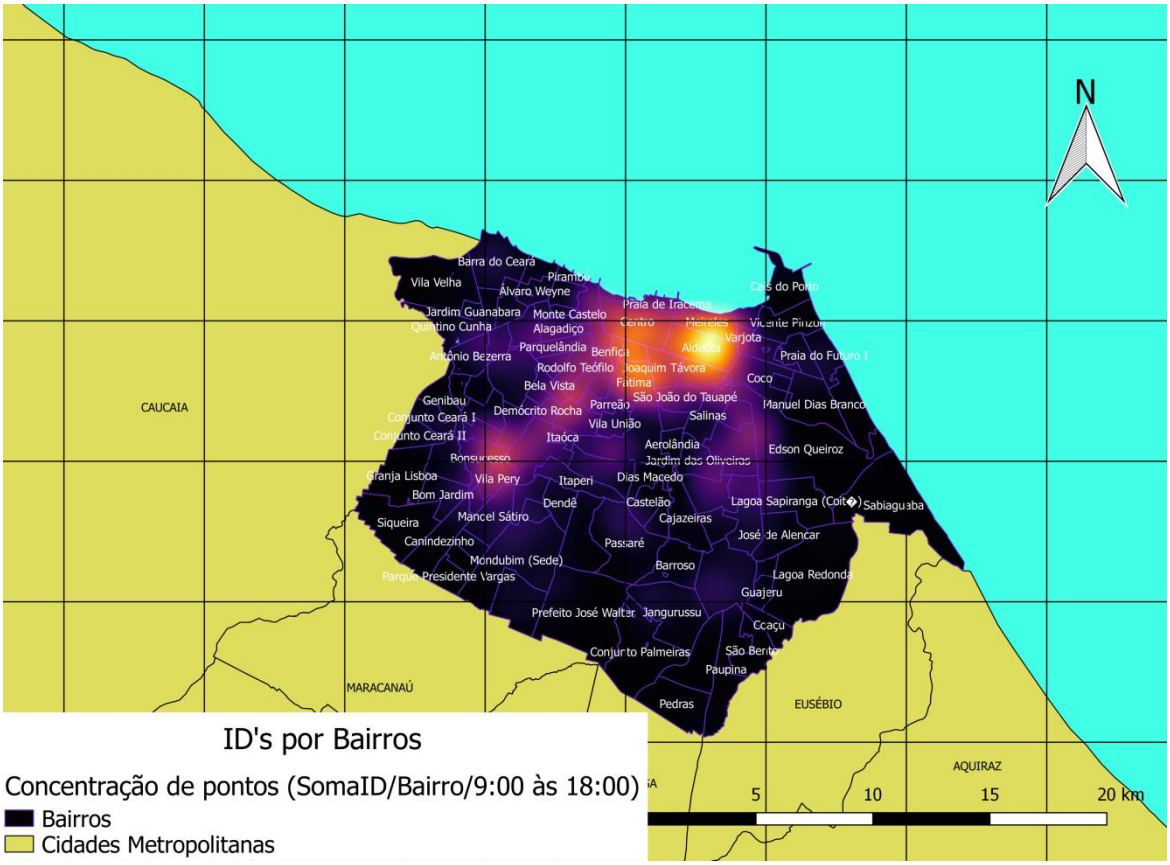



**Figura 5:** Concentração de pontos em áreas Comerciais

A **Tabela** 2 exibe as correlações entre o uso do solo residencial e comercial total e os dados dos usuários ativos entre o intervalo das 21:00 h as 5:00 h da manhã, dessa forma levou-se em consideração que os usuários estão em suas residências. A correlação entre o uso do solo residencial e os dados (Twitter) apresentaram uma correlação de 68%, mostrando que os usuários tendem a estar em suas residências entre esse intervalo de tempo, diferente da correlação do tipo comercial e serviços que foi de 32%.

**Tabela 2:** Correlação entre o tipo do solo (Residencial e Comercial) e a soma de Id's por Bairros

| **Uso do solo** | **Residencial Total** | **Comércio Total** |
|---|---|---|
| **Total/Usuário/Bairro** (Horário das 21:00 h as 5:00 h) | 68% | 32% |

Através da **Figura** 6, pode-se perceber uma grande concentração de pontos nos bairros residenciais, sendo eles: Mondubim (Sede), Passaré, Granja Lisboa, Fátima, Jangurussu, Edson Queiroz, Barra do Ceará, Centro e Parangaba.

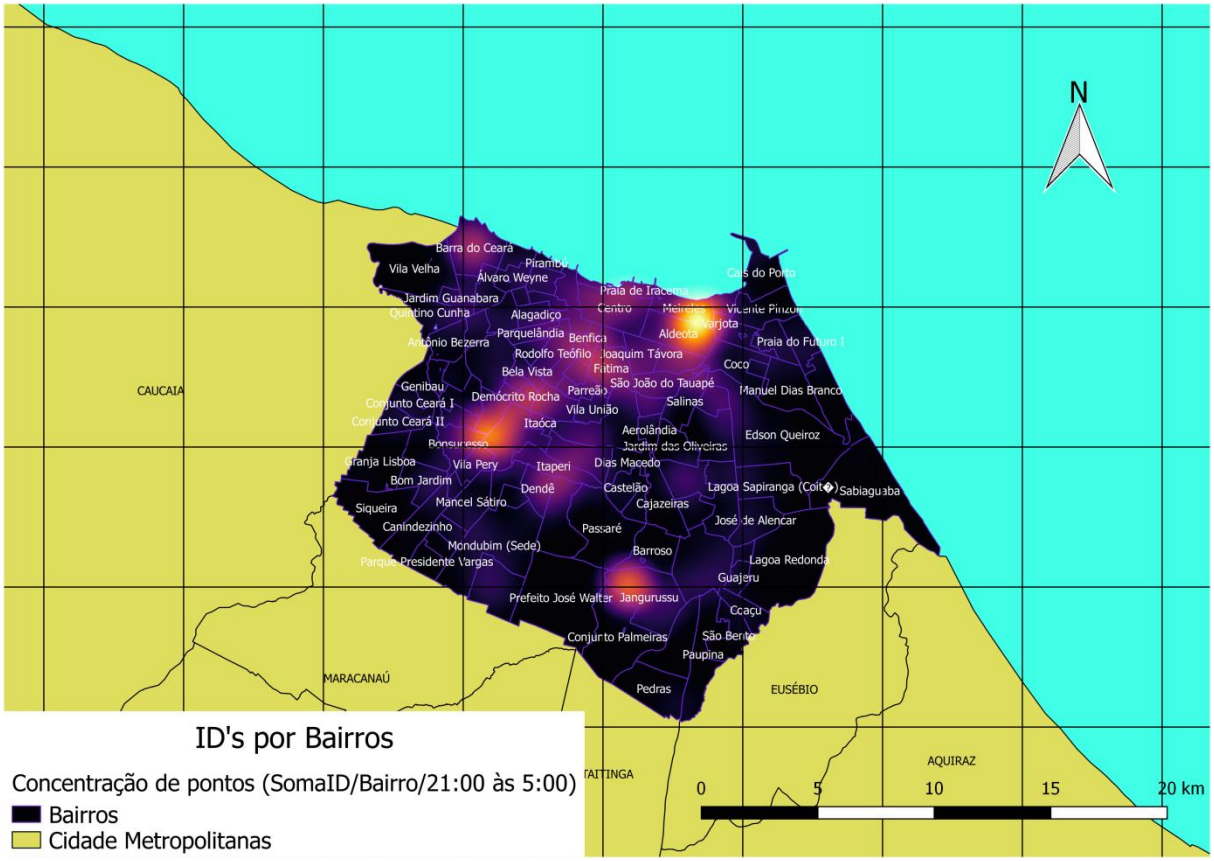



**Figura 6:** Concentração de pontos em áreas Residenciais

A abordagem proposta apresenta que essa metodologia constitui um bom complemento para modelar e compreender de maneira acessível e quase em tempo real o uso do solo em ambientes urbanos. De fato, percebe-se que existe boa correlação entre dados dos Twitter e o uso do solo do tipo comercial e residencial, analisados com uma média de 67%. Em contrapartida, esse método é capaz de identificar o uso do solo no período noturno e supostas atividades realizadas aos finais de semanas. A vida noturna, até o presente momento, não é considerada pelas prefeituras, sendo essa abordagem prevista para um próximo trabalho. Desta forma, o Twitter mostrou-se uma ferramenta de apoio ao planejamento de transportes, sendo possível a partir de seus dados, definir os diferentes usos do solo. Em um próximo trabalho, pretende-se que esses dados sejam desagregados para investigar a possibilidade de construção de gerar uma Matriz Origem/Destino em tempo quase real dos usuários dessa rede social, e deste modo, compreender os diferentes padrões deslocamentos dos usuários dentro da área em estudo, pois, diferente dos métodos tradicionais de coleta de dados para a construção de uma matriz Origem/Destino, os dados das redes sociais têm potencial para investigar uma melhor cobertura espacial e temporal, podendo ter esses dados com um menor custo e com um menor tempo de coleta.

## 7. CONCLUSÕES

O planejamento de transportes pode se beneficiar bastante do uso crescente das tecnologias e dos conteúdos gerados (georreferenciados) por usuários de redes sociais (Twitter), a possibilidade de obtenção desses dados como fonte relevante, de fácil acesso e quase em tempo real, pode ajudar tanto na identificação do sistema de atividades, quanto na caracterização da dinâmica urbana, sobretudo com fins de mobilidade. Neste artigo, foi

proposta e validada uma metodologia dedicada à identificar e mapear o sistema de atividades da cidade de Fortaleza, por meio do Twitter. Adicionalmente, ressaltasse que a mesma técnica pode ser empregada para outras redes sociais, desde que se tenha acesso aos dados georreferenciados. Os resultados obtidos, ainda que preliminares e para um curto período de tempo, indicam que esta abordagem pode constituir um bom complemento para os planejadores de transportes para modelar e entender o uso tradicional do solo (comercial e residencial). Os próximos desafios serão analisar os dados dos finais de semana e a vida noturna desses usuários, levando em consideração o conteúdo dos *tweets*.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ARAMAKI, Eiji; MASKAWA, Sachiko; MORITA, Mizuki. Twitter catches the flu: detecting influenza epidemics using Twitter. In: Proceedings of the conference on empirical methods in natural language processing. *Association for Computational Linguistics, 2011*. p. 1568-1576.

CHENG, Z., CAVERLEE, J., LEE, K., & SUI, D. Z. *Exploring millions of footprints in location sharing services*. ICWSM, v. 2011, p. 81-88, 2011.

COLLINS, Craig; HASAN, Samiul; UKKUSURI, Satish V. A novel transit rider satisfaction metric: Rider sentiments measured from online social media data. *Journal of Public Transportation*, v. 16, n. 2, p. 2, 2013.

CORRÊA, Roberto Lobato et al. *O espaço urbano*. Ática, 1989.

ESTER, M., KRIEGEL, H. P., SANDER, J., XU, X. *A density-based algorithm for discovering clusters in large spatial databases with noise*. In: Kdd. 1996. p. 226-231.

FERREIRA, Mauricio Lima. Automação de metodologia para avaliação da demanda de passageiros para transportes públicos na mobilidade urbana por meio da tecnologia RFID. *Tese de Doutorado*. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

GRABOWICZ, P. A., RAMASCO, J. J., GONÇALVES, B., EGUÍLUZ, V. M. *Entangling mobility and interactions in social media*. PloS one, v. 9, n. 3, p. e92196, 2014.

HASAN, Samiul; ZHAN, Xianyuan; UKKUSURI, Satish V. Understanding urban human activity and mobility patterns using large-scale location-based data from online social media. *In: Proceedings of the 2nd ACM SIGKDD international workshop on urban computing*. ACM, 2013. p. 6.

HAWELKA, Bartosz et al. *Geo-located Twitter as proxy for global mobility patterns. Cartography and Geographic Information Science*, v. 41, n. 3, p. 260-271, 2014.

LENORMAND, M., TUGORES, A., COLET, P., RAMASCO, J. J. *Tweets on the road*. PloS one, v. 9, n. 8, p. e105407, 2014.

LLORENTE, A., GARCIA, H., M., CEBRIAN, M., & MORO, *E. Social media fingerprints of unemployment*. PloS one, v. 10, n. 5, p. e0128692, 2015.

MITCHELL, L., FRANK, M. R., HARRIS, K. D., DODDS, P. S., DANFORTH, C. M. *The geography of happiness: Connecting twitter sentiment and expression, demographics, and objective characteristics of place*. PloS one, v. 8, n. 5, p. e64417, 2013.

QUERCIA, D., DI Lorenzo, G., CALABRESE, F., RATTI, C. Mobile phones and outdoor advertising: measurable advertising. *Institute of Electrical and Electronics Engineers*, 2011.

RUSSELL, Matthew A. Mining the Social Web: Data Mining Facebook, Twitter, LinkedIn, Google+, GitHub, and More. *O Reilly Media*, Inc., 2013.

SOUSA, Francelino Franco Leite de Matos. Metodologia de calibração para modelos integrados dos transportes e uso do solo. 2016. *Dissertação de Mestrado*.

TAN, Pang-Ning; STEINBACH, Michael; KUMAR, Vipin. Data mining cluster analysis: basic concepts and algorithms. *Introduction to data mining*, 2013.

UKKUSURI, S., ZHAN, X., SADRI, A., YE, Q.. Use of social media data to explore crisis informatics: study of 2013 Oklahoma Tornado. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, n. 2459, p. 110-118, 2014.

XAVIER, Vinicius Layter. Resolução do Problema de Agrupamento segundo o Critério de Minimização da Soma de Distâncias. 2012. *Tese de Doutorado.* Universidade Federal do Rio de Janeiro.

YANG, Wei; MU, Lan. GIS analysis of depression among Twitter users. *Applied Geography*, v. 60, p. 217-223, 2015.

Yin, J., Yin, Z., Zhong, H., Xu, S., Hu, X., Wang, J., & Wu, J. Monitoring urban expansion and land use/land cover changes of Shanghai metropolitan area during the transitional economy (1979–2009) in China. *Environmental monitoring and assessment*, v. 177, n. 1, p. 609-621, 2011.

Sameque Farias Cunha de Oliveira (sameque@det.ufc.br)
Marcia Yara de Oliveira Silva (marciayara25@gmail.com)
Carlos Augusto Uchôa da Silva (uchoa@det.ufc.br)
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes-PETRAN, Universidade Federal do Ceará;
Av. Mister Hull, s/n – Campus do Pici, Fortaleza - CE, 60440-900, Bloco 703, Fone/Fax: (85) 3366-9488 r. 218/r. 201.

# AVALIAÇÃO DE ÁREAS URBANAS COM VISTAS AO DESENVOLVIMENTO ORIENTADO AO TRANSPORTE SUSTENTÁVEL

**Raquel Regina de Oliveira Martins Felix**
**Daniela Rocha Teixeira Riondet-Costa**
**Josiane Palma Lima**
Universidade Federal de Itajubá

**RESUMO**
Novos conceitos de planejamento urbano visam uma abordagem mais ampla, como por exemplo o a aplicação de princípios essenciais do Desenvolvimento Orientado ao Transporte Sustentável (DOTS, do inglês, *Transit Oriented Development* – TOD). Neste contexto, os transportes sustentáveis são definidos como modos de transportes ativos (não motorizados) e coletivos, incentivados como alternativa ao transporte individual motorizado. O objetivo deste trabalho é avaliar áreas urbanas para projetos integrados de revitalização e mobilidade sustentável, baseado nos princípios do DOTS. Foi desenvolvido um modelo multicritério, aplicado e validado por meio da análise espacial de áreas no entorno do Rio Sapucaí, em Itajubá-MG. Os valores dos Índices de Prioridade Global mostraram trechos contínuos na região central da área de estudo aptos a receber esse tipo de projeto. O modelo pode auxiliar os tomadores de decisão a justificar investimentos em áreas prioritárias para receber projetos de revitalização e mobilidade sustentável diante a inconveniente limitação de recursos.

**ABSTRACT**
New concepts of urban planning aim at a broader approach, such as the application of essential principles of Transit Oriented Development (DOTS). In this context, sustainable transport is defined as active (non-motorized) and collective modes of transport, encouraged as an alternative to individual motorized transport. The objective of this work is to evaluate urban areas for integrated revitalization and sustainable mobility projects based on DOTS principles. A multicriteria model was developed, applied and validated through the spatial analysis of areas around the Sapucaí River, in Itajubá-MG. The values of the Global Priority Indexes showed continuous areas in the central region of the study area able to receive this type of project. The model can help decision-makers justify investments in priority areas to receive revitalization and sustainable mobility projects in the face of inconvenient resource constraints.

## 1. INTRODUÇÃO

Na maioria das cidades há um histórico de urbanização desenfreada em prol do desenvolvimento, muitas vezes voltado para o econômico em detrimento dos outros aspectos que englobam a sustentabilidade. Desta maneira os espaços públicos, principalmente dos municípios de médio porte brasileiros, carecem de estudos que auxiliem o planejamento urbano de forma mais eficiente compreendendo as reais demandas da sociedade. O entendimento das realidades locais dos municípios, permite identificar propostas de melhorias por meio da implementação ou revitalização das infraestruturas que contribuem para o desenvolvimento urbano sustentável (Rolnik *et al.*, 2011; Jacobs, 2011; Vasconcellos, 2010; Lima *et al.*, 2014).

Os novos conceitos de planejamento urbano que buscam a sustentabilidade visam uma abordagem mais ampla, contrapondo as políticas de desenvolvimento tradicionais, na qual a urbanização brasileira foi baseada nas últimas décadas obtendo como um dos resultados a exclusão sócio espacial. Assim, o ITDP (2014) identificou os princípios essenciais para orientar o Desenvolvimento Orientado ao Transporte Sustentável (DOTS, do inglês, *Transit Oriented Development* – TOD). Neste contexto, os transportes sustentáveis são definidos como modos de transportes ativos (não motorizados) e coletivos, incentivados como alternativa ao transporte

individual motorizado em prol do aumento da qualidade de vida da população (Calton, 2009; Nasri *et al.*, 2014; Machado *et al.*, 2015).

Os municípios de médio porte carecem de suporte para analisar as reais necessidades da população, com intuito de nortear o poder público. Isso gera a oportunidade de desenvolver métodos que indicam as prioridades áreas urbanas que poderiam ser reestruturadas e utilizadas como alternativas para a melhoria da mobilidade, aumentando a qualidade de vida e eficácia do uso dos recursos disponíveis (Sakamoto *et al.*, 2016; Un-Habitat, 2013 Wegener, 2013).

Portanto, o objetivo geral deste trabalho é avaliar áreas urbanas para projetos integrados de revitalização e mobilidade sustentável, baseado nos princípios do DOTS (Desenvolvimento Orientado ao Transporte Sustentável). Foi desenvolvido um modelo multicritério, aplicado e validado por meio da análise espacial de áreas no entorno do Rio Sapucaí, em Itajubá-MG.

## 2. DOTS E ANALISE MULTICRITERIO ESPACIAL

A dificuldade em tratar da problemática urbana consiste no fato de que soluções para diferentes problemas podem ser contraditórias ou incompatíveis entre si. Considerar tal dificuldade é parte dos objetivos dos estudos da integração desses sistemas, onde cada ator reconhece problemas específicos que requerem soluções nem sempre convergentes. Mesmo assim, depois de décadas de esforço neste sentido, ainda nos deparamos com esforços de modelagens com imensas dificuldades em associar e/ou relacionar padrões de comportamento (Mello *et al.*, 2017).

Os países em desenvolvimento demonstram grande interesse nos modelos de planejamento articulados entre uso misto do solo e a mobilidade urbana, implementando principalmente projetos que valorizam os modos sustentáveis de transportes (Waddell, 2011; Litman, 2015). Cervero (2013), considera evidente o grande interesse político na utilização dessas ferramentas que contribuem para o crescimento inteligente das cidades sustentáveis principalmente no que tange a alocações dos recursos. Entre os vários modelos de desenvolvimento urbano, o Desenvolvimento Orientado ao Transporte Sustentável (do inglês, "*Transit Oriented Development*") tem se destacado como o conceito que melhor articula as relações entre o uso do solo e modos de transporte sustentáveis. Entretanto no Brasil, ainda poucos estudos sobre o tema são encontrados na literatura. (Thomas *et al.*, 2008; ITDP, 2017).

O objetivo do DOTS é promover uma vida urbana com acesso adequado a toda cidade as condições de: moradia de qualidade, mobilidade segura e agradável, suprimento das necessidades básicas, baixas emissões de carbono, integração social e geração de emprego e cultura. Independentemente do seu tamanho, esses objetivos contribuem com o desenvolvimento de uma cidade conectada, competitiva, eficiente, segura e com uma visão comum que aponta para o desenvolvimento urbano sustentável (Curtis, 2012).

Os princípios apresentados no DOTS colaboram com a tendência internacional, por parte do setor público e da iniciativa privada, de transformar o padrão de planejamento e desenho urbano vigentes (Mello & Portugal, 2017). A mudança de modelo de desenho e de localização das novas comunidades urbanas, somada a um entendimento integral do problema urbano atual, à promoção

de políticas públicas para o uso adequado do solo e à mobilidade sustentável, podem contribuir com a mudança de paradigmas no desenvolvimento urbano (Carlton, 2009; Loo *et al.,* 2016).

No contexto deste trabalho, um dos problemas recorrentes para a tomada de decisão pelos gestores da administração pública é da alocação de recursos, pois se têm vários projetos disputando recursos limitados, tornando a decisão mais complexa. A tomada de decisão para priorização de áreas urbanas envolve diversos fatores, portanto a análise multicritério associada ao sistema de informação geográfica (SIG) possibilita e auxilia a estruturação desses fatores para análise espacial dos problemas complexos, que permeiam a integração entre planejamento urbano e o ordenamento do uso do solo e os transportes (Lima et al., 2014; Mardani et al., 2015). A análise multicritério visa identificar e estruturar problemas em termos de um número de critérios individualizados, cada um representando um eixo de avaliação, conduzindo a um processo de tomada de decisão mais robusto. A abordagem facilita ainda a aprendizagem sobre os vários fatores de uso do solo e transportes (Mosadeghi *et al.*, 2015).

O método AHP, desenvolvido pelo matemático Thomas Saaty no final da década de 70, permite que uma equipe de decisores analisem a importância relativa a cada critério através da matriz de comparação aos pares. Essa avaliação é interessante, pois cada decisor julga individualmente os critérios, onde suas preferências de acordo com a especialidade ou vivência são captadas (Saaty, 1990; Malczewski, 2006; Sakamoto *et al.*, 2016).

A possibilidade de integração entre os Sistemas de Informação Geográfica e análise multicritério, deve-se ao fato das ferramentas do SIG atenderem as necessidades de manipulação de grande quantidade de dados espaciais, sendo aplicado tanto para dados qualitativos quanto para dados quantitativos, o que proporciona inúmeros benefícios para a resolução de problemas de planejamento e gerenciamento, visando melhorias no processo de tomada de decisão. O uso da ferramenta em conjunto com a ADMC contribuem para criação e monitoramento de políticas públicas do meio urbano, possibilitando a consistência nas tomadas de decisões por gestores da administração pública e especialistas (Malczewski, 2006; Arefiev *et al.*, 2015; Requia et al., 2016)

## 3. PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

A pesquisa foi adaptada às etapas de um processo de tomada de decisão e de avaliação multicritério, esquematizadas no fluxograma apresentado na Figura 1. A etapa 1 iniciou-se com o referencial teórico, que abordou os principais temas para entendimento do problema de pesquisa. Na sequência foram selecionados os critérios que descrevem características relacionadas ao planejamento sustentável do uso do solo integrado aos transportes baseados no DOTS. Uma vez definidos, os critérios foram estruturados de maneira hierárquica em grupos pertencentes a uma mesma área de abrangência. Para finalizar a etapa 1 foram desenvolvidas Matrizes de Comparação Par a Par (Método AHP) e aplicadas a um grupo de avaliadores (especialistas) para que os mesmos participassem com seus julgamentos. As planilhas foram então, encaminhadas eletronicamente a onze especialistas da área.

Na etapa 2 o modelo foi aplicado no estudo do entorno do Rio Sapucaí em Itajubá – MG. Inicialmente foi realizada a coleta de dados, para identificação das condições atuais da região de estudo. O banco de dados georreferenciados foi criado no SIG e possibilitou as análises espaciais

de desempenho dos critérios por meio de mapas temáticos, seguido da combinação dos vários mapas (Combinação Linear Ponderada), considerando os pesos identificados na etapa anterior. A etapa 2 foi finalizada com a análise dos resultados da priorização das áreas para receber projetos de acordo com os critérios analisados.

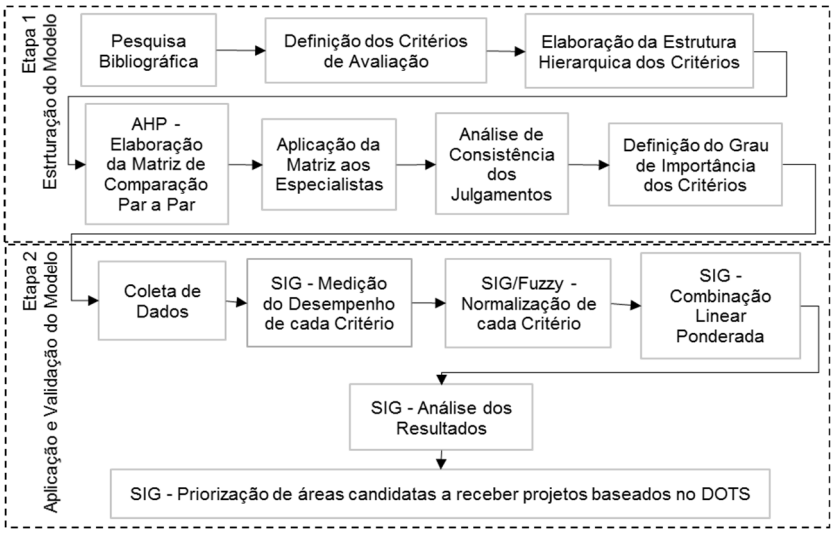



**Figura 1:** Fluxograma das etapas da pesquisa

## 4. MODELO DE PRIORIZAÇÃO DE ÁREAS URBANAS

A partir do estudo da literatura foram identificados os critérios de avaliação que abrangem o planejamento sustentável do uso do solo integrado aos transportes. Foram utilizados os princípios do DOTS para a definição de critérios estratégicos que visam o planejamento urbano com a construção de bairros compactos, que proporcionam a população espaços públicos seguros e ativos.

Foram selecionados os critérios mais relevantes que caracterizam as áreas urbanas para receber os projetos nas cidades de médio porte brasileiras. Optou-se em referenciar os municípios de porte médio, uma vez que possuem potencial de expansão urbana e ainda dispõem de espaços que possibilitam a implantação de infraestrutura no meio urbano ou a readequação dos ambientes construídos. Porém, a estrutura do modelo permite a adaptação para estudos em municípios de outros portes.

O modelo de decisão envolveu múltiplos critérios, permitindo que a estrutura hierárquica fosse organizada em diferentes níveis de agregação, baseado no Processo Analítico Hierárquico (AHP – Analytic Hierarchy Process). Os níveis da estrutura hierárquica reuniram os critérios de acordo com as suas áreas afins e incorporou dois diferentes grupos, denominados “Questões Sócio Territoriais” e “Questões Ambientais. O primeiro agrupa os critérios que avaliam as relações da sociedade no território considerando fatores de “Uso do Solo”, “Transporte Sustentável” e “Segurança”. Enquanto que o segundo grupo avalia os impactos positivos e negativos que enfatizam o conforto ambiental, considerando as “Condições de Relevo” e “Qualidade do Ar e Ruído”. Os critérios que compõe o modelo de decisão estão descritos na Tabela 1, bem como a forma como o critério foi mensurado (métrica).

**Tabela 1:** Descrição dos Critérios

| CRITÉRIO | DESCRIÇÃO | MÉTRICA |
|---|---|---|
| Classes de Uso do Solo | Identifica o uso de áreas urbanas para as diversas atividades, tais como, trabalho, comércio, lazer, educação, religioso, cultura e esportes. | Comparação da diversidade de classes de uso do solo. |
| Densidade Populacional | Considera a distribuição da população em uma determinada área. | População residente em uma determinada área. |
| Áreas Adensáveis | Áreas previstas na legislação onde futuramente serão adensadas. | Delimitação das regiões "Zonas de Adensamento" indicadas no Plano Diretor. |
| Acesso ao Transporte Coletivo | Considera os transportes por ônibus urbano ou outros modos coletivos. | Cálculo das distâncias até pontos de ônibus. |
| Acesso ao Transporte Ativo | Considera os transportes não motorizados, como o modo a pé e por bicicleta. | Cálculo das distâncias até locais com calçadas. |
| Segurança Pública | Considera os locais inseguros, propícios à revitalização para redução da criminalidade. | Cálculo da incidência de pontos de crimes em um local. |
| Segurança Viária | Considera os acidentes de trânsito que envolvem pedestres e ciclistas. | Determinado pela recorrência de acidentes viários |
| Áreas Alagáveis | Identifica as áreas propensas ao alagamento em épocas chuvosas. | Delimitação das áreas de maior incidência de alagamentos. |
| Áreas Arborizadas | Identifica locais com arborização que promovem o conforto ambiental. | Delimitação das áreas com presença de árvores. |
| Declividade | Considera a inclinação do terreno em relação à horizontal. | Cálculo da inclinação do terreno, em porcentagem. |
| Afastamento do Tráfego Intenso | Identifica quão distante se encontra o sistema viário com fluxo intenso. | Cálculo das distâncias das vias de tráfego intenso. |
| Afastamento das Indústrias | Identifica quão distante se encontram às indústrias poluidoras. | Cálculo das distâncias das indústrias. |

Considerou-se que as taxas de densidades populacionais elevadas proporcionam a interação social e encorajam o uso dos modos de transportes sustentáveis, bem como viabilizam projetos de transporte coletivo (ITDP, 2017). A importância do transporte coletivo é evidenciada nos princípios do DOTS, principalmente quando se refere as questões de acessibilidade. Pois o DOTS trata do acesso ao transporte coletivo como uma das maneiras de o tornar uma opção mais atrativa e segura. As melhorias na qualidade do modo coletivo, junto a revitalização do espaço urbano e a integração com outros deslocamentos sustentáveis contribui diretamente na redução de viagens individuais motorizadas. O transporte ativo é também considerado no planejamento de comunidades urbanas sustentáveis focada nos pedestres e ciclistas, pois os modos de transportes sustentáveis minimizam as emissões de poluentes locais e de efeito estufa, promovem bem-estar social ao contribuir para a saúde pública, prevenindo doenças respiratórias e reduz os índices de obesidade (ITDP, 2017).

A percepção da segurança pública, ou falta dela, é um fator fundamental na escolha da rota para os ciclistas e pedestres e o que também interfere na frequência do uso dos modos de transporte sustentáveis nas vias urbanas (Segadilha *et al.*, 2014). Estudos indicam a existência da correlação entre as taxas de violência nos espaços urbanos e as desigualdades sociais, econômicas e carência de infraestrutura de serviços de necessidade básica (Ramão *et al.*, 2010). Segundo Tilahun *et al.* (2007), a segurança oferecida nas vias urbanas é um dos fatores mais relevantes quando o usuário

faz a escolha da rota para o deslocamento, mesmo quando comparado ao tempo de viagem, condições climáticas e relevo irregular.

As áreas arborizadas são locais capazes de promover um conforto ambiental, pois a presença de árvores proporciona o equilíbrio térmico, em função do sombreamento da superfície. Os espaços arborizados também contribuem para o melhor aproveitamento da infraestrutura para integração social, tais como parques e praças que propiciam o uso de modos de deslocamento sustentáveis. A declividade de um terreno identifica as regiões acidentadas e planas, características que influenciam diretamente na escolha pelo modo de transporte. Alguns autores citam que vias com grande inclinação são frequentemente evitadas por ciclistas e pedestres e, que a preferência por vias planas (de baixa declividade) é maior entre os usuários diários de transporte ativo (Beheshtitabar *et al.*, 2014). Yang *et al.* (2013) afirmam que não existe consenso sobre o limite de declividade a partir do qual a via é considerada inadequada para o ciclismo ou caminhada, uma vez que a tolerância aos trechos de subida está diretamente relacionada à preparo físico e disposição do pedestre ou ciclista.

O sistema viário e o fluxo de veículos são importantes indicadores de poluição atmosférica, uma vez que são caracterizados como fontes móveis e considerados principais emissores dos poluentes nas áreas urbanas. Estudos comprovam que a intensidade do tráfego e o ano da frota dos veículos estão relacionados diretamente a qualidade e a dispersão dos poluentes, assim também outros fatores como tempo de exposição, relevo e ventos (Hoek *et al.*, 2002 ;Habermann *et al.,* 2011).

Na literatura foram constatados vários estudos que discutem a relação direta entre a exposição aos ambientes poluídos e seus efeitos adversos a saúde, principalmente o ruído e poluição atmosférica causadores de doenças que afetam o sistema nervoso, respiratório e cardiovascular. Pesquisas caracterizam os casos de exposição aos impactos ambientais negativos gerados pelo ruído e poluentes atmosféricos, as áreas distantes até 100m das infraestruturas viárias por onde trafegam as fontes móveis (Requia *et al.*, 2016; Arbex et al., 2012).

O modelo de decisão envolveu múltiplos critérios, permitindo que a estrutura hierárquica fosse organizada em diferentes níveis de agregação, baseado no Processo Analítico Hierárquico (AHP – *Analytic Hierarchy Process*). Para avaliar a importância relativa entre os critérios adotou-se o método de comparação aos pares, baseado no AHP, a partir da escala de nove níveis de Saaty (1980). As avaliações ocorreram por meio da matriz de comparação elaboradas em planilhas no Excel, encaminhadas eletronicamente a onze especialistas da área. O quadro de avaliadores contou com pesquisadores da UNIFEI e gestores do município, no qual participaram profissionais da Secretaria de Planejamento Urbano, Secretaria de Meio Ambiente, Departamento de Trânsito e Câmara de Vereadores.

Na Figura 2 é apresentado o modelo de priorização hierarquizado e ponderado proposto como objetivo deste trabalho.

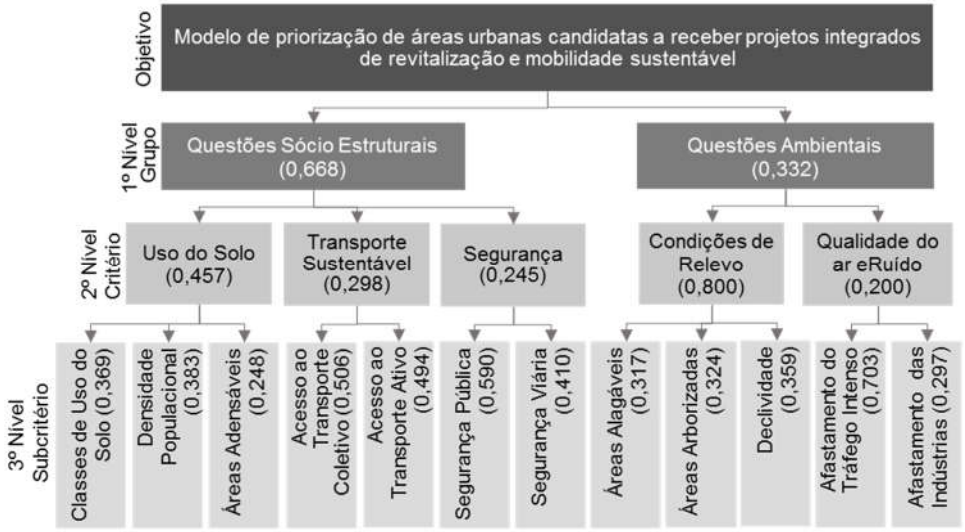



**Figura 2:** Modelo de Priorização

Constatou-se a diversidade de julgamentos entre os critérios decorrido das diferentes especialidades dos avaliadores. Contudo o método desenvolvido por Saaty (1980) possibilitou analisar a consistência do julgamento dos avaliadores. Entende-se por consistência, a coerência lógica na atribuição dos valores na comparação, principalmente quando são comparados três ou mais critérios na matriz. Por fim, foi possível reunir todas as avaliações individuais dos especialistas, verificando o grau de importância entre os critérios, para o cálculo do peso médio de cada critério.

## 5. APLICAÇÃO DO MODELO DE PRIORIZAÇÃO

O modelo foi aplicado no entorno do Rio Sapucaí no município de Itajubá, situado no sul do Estado de Minas Gerais (MG) no Brasil. O município encontra-se na Serra da Mantiqueira, onde atinge a altitude de 1746 metros no seu ponto mais alto e de 830 metros no ponto mais baixo. Sua área urbana encontra-se na altitude média de 842 metros, com 294,83 km² de extensão, sendo 86% (254,03 km²) de área rural e 14% (40,80 km²) de área urbanizada. Assim como em diversos municípios, o histórico da ocupação em Itajubá iniciou-se às margens planificadas dos rios, a população em 2010 foi calculada em 90.658 habitantes, numa taxa anual de crescimento de 1,26% habitantes por ano (IBGE, 2010)

O objeto de estudo foi definido pela área delimitada por um buffer, de raio de 50m, a partir das margens do Rio Sapucaí, dentro do limite urbano de Itajubá-MG. A escolha da área de estudo se deu baseada na importância histórica de ocupação desordenada que se consolidou no entorno deste rio. Vale ressaltar que se trata de uma região que interliga diversos bairros do município e mesmo não dispondo de infraestruturas adequadas é constantemente utilizada no pelos Itajubenses para deslocamentos a pé ou por bicicletas, ou como lazer e recreação. Além de, atualmente, o Código Florestal Brasileiro (Lei Federal nº 12.651, de 25 de maio de 2012) delimitar como Área de Preservação Permanente as faixas marginais do Rio Sapucaí em 50 metros a partir da borda da calha do leito regular, admitindo que a largura média entre as bordas se enquadra na faixa de 10 a

50 metros. Portanto, a área é considerada de grande relevância ao município e carece de estudos interdisciplinares para o desenvolvimento sustentável da região (Brasil, 2012).

A aplicação do modelo teve início com a coleta dos dados para cada critério pertencente ao 3º nível da estrutura hierárquica, a fim de se determinar as condições atuais para medição dos critérios na área de estudo. O banco de dados e as análises espaciais foram gerados no software de geoprocessamento ArcGIS 10.4.1, A partir da análise espacial foi necessário a padronização dos dados, uma vez que cada critério foi mensurado considerando suas próprias características para o dimensionamento. Então, foram aplicadas funções de normalização que possibilitam converter valores numéricos e linguísticos em uma escala única comparável. Neste trabalho foram adotadas funções para normalização dos valores na escala numérica de 0 a 1, determinadas de acordo com a natureza do critério.

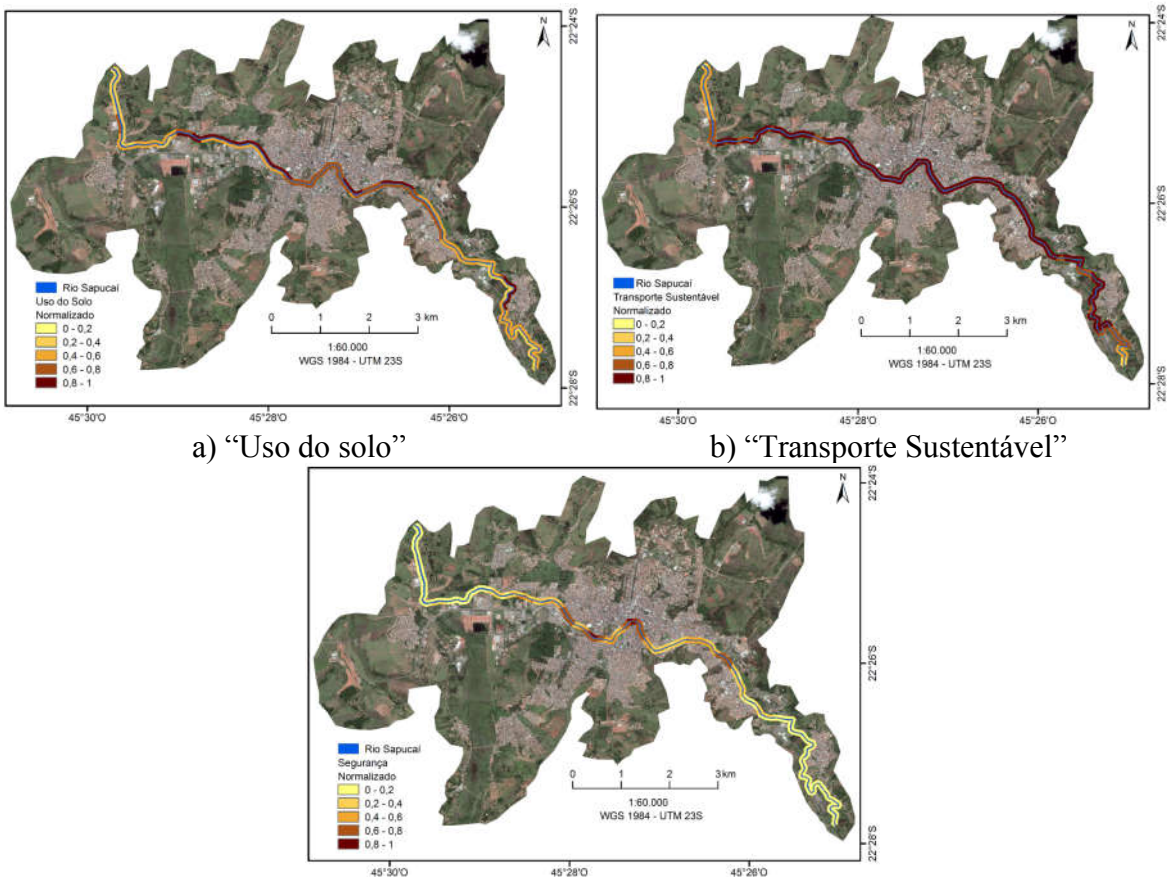
Então os critérios foram agregados em ambiente SIG, baseado na estrutura definida no modelo de priorização e nos níveis hierárquicos (Figura 2). A expressão que agrega os critérios normalizados corresponde a uma Combinação Linear Ponderada (*Weighted Linear Combination*), que permite atribuir os pesos para cada critério e avalia-los na combinação dos critérios de um mesmo nível. A combinação foi realizada inicialmente para os critérios do 2º nível, agregando seus respectivos sub-critérios ponderados (Figura 3 e 4), e depois combinando os critérios dos dois grupos no 1º nível (Figura 5), gerando o Mapa do Índice Global de Prioridades.

A Figura 3 apresenta os mapas dos critérios relacionados com as Questões Sócio Territoriais. Inicialmente, o critério "Uso do Solo" (2º nível, Figura 3a) teve a finalidade de combinar e avaliar os subcritérios "Classes de uso do solo", "Densidade populacional" e "Áreas Adensáveis, ou seja, os tipos de atividades realizadas na região estudada, bem como a distribuição da população em relação às atividades exercidas no meio urbano. Na Figura 3a observa-se a escala ponderada através de cores que indicam as regiões prioritárias. Ainda de acordo com o uso do solo, as áreas prioritárias se estendem em toda região central condizente com as áreas adensadas e com maior diversidade de usos.

Na Figura 3b é apresentado o resultado da combinação dos subcritérios "Acesso ao Transporte Coletivo" e "Acesso ao Transporte Ativo". O "Transporte Sustentável", que integra estes dois subcritérios, trata das condições do sistema viário que afetam diretamente a escolha do usuário por utilizar os modos de transportes sustentáveis. Observa-se que grande parte da área de estudo obteve um índice de prioridade alto, o que representa ser uma área com proximidade às calçadas e aos pontos de ônibus, propícias à integração dos transportes sustentáveis.

Na Figura 3c é apresentado o mapa referente a "Segurança", resultado da combinação dos subcritérios "Segurança Pública" e "Segurança Viária, que considera o fato da escolha por modos sustentáveis estar diretamente ligada a sensação de segurança nas vias urbanas, uma vez que áreas degradas e inseguras não são atrativas ao transporte ativo. Observa-se que as áreas prioritárias localizadas na região central merecem maior atenção do poder público, com projetos de revitalização e mobilidade urbana que tragam maior iteração social, o que consequentemente auxilia nos indicadores de segurança pública e viária. Os locais que apresentam os maiores valores

normalizados devem ser priorizados, pois são possíveis áreas que requerem melhorias na infraestrutura para recuperação da segurança.




a) "Uso do solo" b) "Transporte Sustentável"

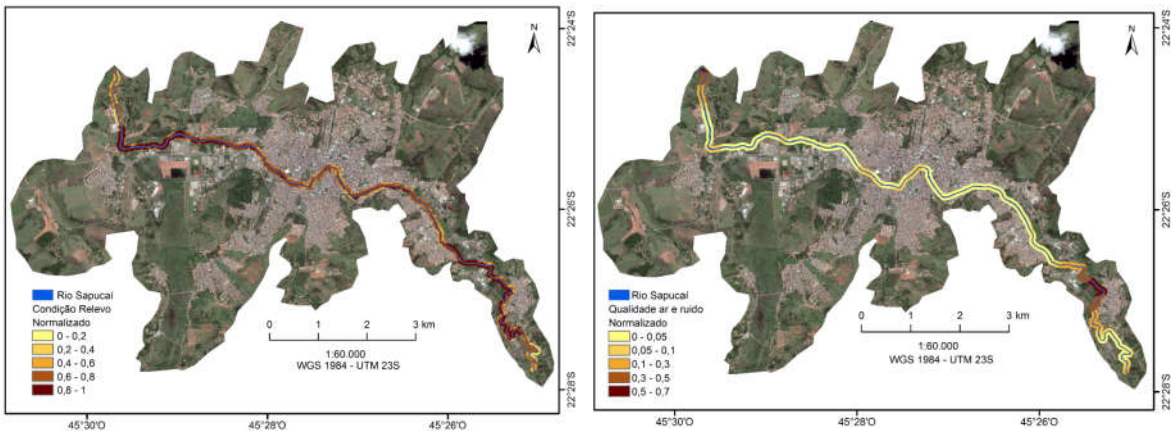
c) "Segurança"

**Figura 3**: Mapas para "Questões Sócio Territoriais"

A Figura 4 apresenta os critérios relacionados com as Questões Ambientais. O mapa das "Condições de Relevo" (2º nível, Figura 4a) considera as interferências físicas que influenciam o conforto ambiental e atuam na preferência dos usuários por modos sustentáveis de transporte. Portanto, este critério combina os subcritérios "Áreas Alagáveis", "Áreas Arborizadas" e "Declividade". Observa-se que mesmo com a atribuição de pesos semelhantes aos critérios, as "Áreas Arborizadas" atuaram com maior influência no índice de prioridades. Ou seja, as áreas com maior prioridade nos bairros periféricos são arborizadas, apresentam pouca variação de declividade e estão inseridas em área de inundação.

O mapa de "Qualidade do ar e Ruído" (2º nível, Figura 4b) considera as distâncias das principais fontes geradoras de poluição sonora e atmosférica, sendo o resultado da combinação entre os subcritérios "Afastamento do Tráfego Intenso" e "Afastamento das Indústrias". Foram priorizadas as áreas afastadas do tráfego pesado e das indústrias, visto que esses locais não são agradáveis ao uso de modos ativos sustentáveis de transporte. Nota-se que grande parte da área de estudo apresenta valores baixos de prioridade, em consequência da proximidade da principal rodovia de

acesso à cidade, que permeia o rio Sapucaí em quase toda a sua extensão e junto a ela também estão localizadas as indústrias de maior impacto.




a) "Condições de Relevo" b) "Qualidade do Ar e Ruído"

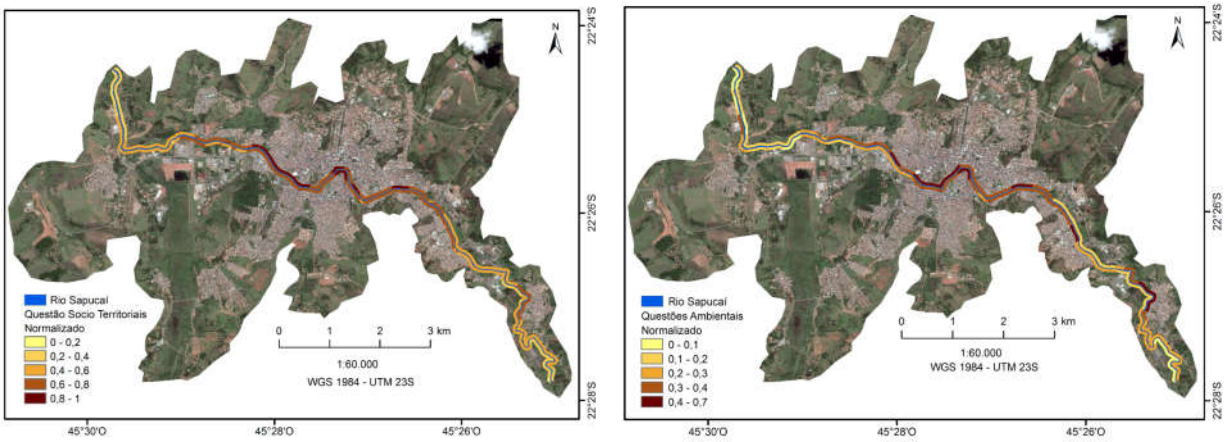
**Figura 4:** Mapas para "Questões Ambientais"

Depois de realizar a combinação dos vários subcritérios para gerar os mapas dos critérios do 2º nível, foi realizada a combinação dos mesmos, gerando os mapas dos grupos de critérios do 1º nível, apresentado na Figura 5.

O grupo denominado "Questões Sócio Territoriais" (1º nível) combina as características da infraestrutura urbana que favorecem a integração social para aumentar a qualidade de vida da população, resultado da combinação dos critérios "Uso do Solo", "Transporte Sustentável" e "Segurança", conforme é apresentado na Figura 5a. Observa-se que as áreas priorizadas no mapa recebem grande influência do critério "Uso do Solo" quando comparado aos outros critérios, devido ao fato de a área central (mais prioritária) da cidade possuir muitos locais com uso misto, fazendo elevar o índice quando multiplicado por um valor alto de grau de importância e ainda corroborando com ambientes bastante adensados.

O segundo grupo do 1º nível, denominado "Questões Ambientais" resulta da combinação entre os critérios "Condições de Relevo" e "Qualidade do ar e Ruído", conforme apresentado na Figura 5b. As "Questões Ambientais" relacionam critérios que caracterizam o conforto ambiental que podem propiciar mudanças no comportamento social, como a escolha por modos ativos ou coletivos, por exemplo. A partir da combinação ponderada, constata-se a compensação dos critérios com a priorização das áreas centrais no município.

A compensação é verificada, uma vez que as áreas periféricas ao centro ao mesmo tempo que apresentam maior prioridade considerando as "Condições de Relevo", também apresentam distâncias muito próximas as fontes geradoras de poluição sonora e atmosférica o que acarreta a diminuição da prioridade.




a) "Questões Sócio Territoriais" b) "Questões Ambientais"

**Figura 5:** Mapas dos Grupos (1ºNível)

Por fim, depois de realizada a combinação dos critérios do 2º nível, gerando os mapas dos grupos de critérios do 1º nível, foi realizada a combinação dos mesmos, gerando o mapa final (global) de prioridades. Portanto, foram combinados os mapas dos grupos "Questões Sócio Territoriais" e "Questões Ambientais", gerando o índice global de priorização das áreas no entorno do Rio Sapucaí, apresentado na Figura 6.

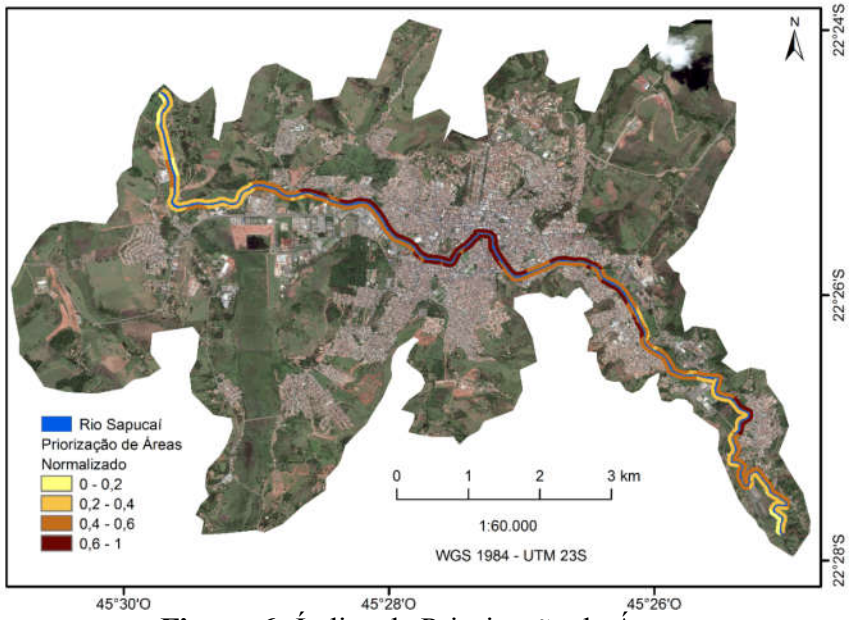



**Figura 6:** Índice de Priorização de Áreas

Nota-se que o maior trecho priorizado apresenta integralidade e conecta os bairros centrais as zonas industriais do município. Também são identificados outros trechos menores, que possibilitam a análise dos tomadores de decisão na priorização da aplicação de projetos diante de recursos limitados, visando a integração futura entre os diferentes trechos. Esta é uma conclusão importante, pois de acordo com estudos anteriores e os conceitos do DOTS (ITDP, 2017), projetos de

mobilidade urbana sustentáveis devem permitir o uso dos vários modos de forma conjunta, com trechos contínuos que proporcionem a integridade, necessária a segurança e o bem-estar da população.

## 6. CONCLUSÕES

O processo de expansão urbana de grande parte dos municípios brasileiros, ocorreu de forma desordenada acarretando em diversos problemas de ordenamento do solo e ao mesmo tempo o aumento dos modos motorizados de transportes. Com foco nesse processo de expansão, as cidades de médio porte são consideradas o objeto deste trabalho, uma vez que podemos prever os futuros problemas que envolvem os espaços urbanos ainda em tempo de propor soluções viáveis para o desenvolvimento. As propostas de planejamento ou revitalização do meio urbano são possíveis com auxílio de metodologias que reúnem diversos áreas do conhecimento, articulado sobre os pilares da sustentabilidade. O uso dos conceitos abordados no DOTS - Desenvolvimento Orientado ao Transporte Sustentável para a elaboração do modelo de decisão se apresentou como uma ferramenta conceitual satisfatória para traçar as diretrizes e elaboração dos critérios de decisão, com vista ao desenvolvimento sustentável do meio urbano.

O método do Processo Hierárquico Analítico (AHP) adotado para estruturar hierarquicamente os critérios permitiu a avaliação do grau de importância utilizando a comparação par a par, julgada por especialistas de diferentes áreas. O quadro de avaliadores contou com pesquisadores da UNIFEI e gestores do município, no qual participaram profissionais da Secretaria de Planejamento Urbano, Secretaria de Meio Ambiente, Departamento de Trânsito e Câmara de Vereadores. Diante de tantas especialidades contatou-se uma variedade de julgamentos e opiniões divergentes, que ao mesmo tempo se mostra uma abordagem enriquecedora na composição do grau de importância, em certas situações pode ser considerada uma fragilidade de um modelo desenvolvido. No caso estudado, as opiniões diversas são importantes na composição do grau de importância de cada critério, pois são abrangentes no contexto de problemas complexos e da multidisciplinariedade dos critérios.

A análise dos critérios no ambiente SIG se apresentou satisfatória possibilitando, aos especialistas e gestores públicos, tanto a compreensão individual de cada fator que integra o modelo, quanto o entendimento das associações realizadas para priorização de áreas no entorno do rio, permitindo a visualização da interferência e relevância entre os critérios.Com base nos resultados obtidos observa-se a viabilidade de incorporar de forma gradativa os conceitos de sustentabilidade na gestão e planejamento do meio urbano, especialmente no que tange as atividades exercidas no uso do solo e a integração com os projetos para o transporte. Uma vez que o estudo de caso possibilitou a aplicação do modelo em uma região articuladora do sistema viário, que interliga vários bairros no município e carece de investimentos para revitalização e mobilidade urbana.

O modelo se apresenta como uma ferramenta que auxilia os tomadores de decisão a justificar investimentos em áreas prioritárias para receber projetos de revitalização e mobilidade sustentável diante a inconveniente limitação de recursos, visando melhorias na qualidade de vida da população. Porém, cabe ressaltar ainda que os interesses políticos, principalmente nas médias cidades, muitas

vezes se sobressaem aos critérios avaliados neste trabalho, pois atua como um outro fator limitante para execução de projetos.

**Agradecimentos**
Os autores agradecem à FAPEMIG (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais), à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) e ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pelo apoio financeiro concedido aos projetos que subsidiaram o desenvolvimento deste trabalho.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Alcántara Vasconcellos, E. (2010). *Análisis de la movilidad urbana. Espacio, medio ambiente y equidad*. *Bogotá, Colombia*. https://doi.org/If7432010202974

Arbex, M. A., Santos, U. de P., Martins, L. C., Saldiva, P. H. N., Pereira, L. A. A., & Braga, A. L. F. (2012). A poluição do ar e o sistema respiratório. *J ornal Brasileiro de Pneumologia*, *38*(5), 643–655. https://doi.org/10.1590/S1806-37132012000500015

Arefiev, N., Terleev, V., & Badenko, V. (2015). GIS-based fuzzy method for urban planning. *Procedia Engineering*, *117*(1), 39–44. https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.08.121

Beheshtitabar, E., Ríos Aguilar, S., König-Hollerwöger, D., Svatý, Z., & Rydergren, C. (2014). Route Choice Modelling for Bicycle Trips. *International Journal for Traffic and Transport Engineering*, *4*(2), pp 194-209. https://doi.org/10.7708/ijtte.2014.4(2).06

Brasil. (2012). Lei-12651-2012-Código-Florestal.

Carlton, I. (2009). Histories of Transit-Oriented Development: Perspectives on the Development of the TOD Concept. Recuperado de http://iurd.berkeley.edu/wp/2009-02.pdf

Cervero, R. B. (2013). Linking urban transport and land use in developing countries. *Journal of Transport and Land Use*, *6*(1), 7. https://doi.org/10.5198/jtlu.v6i1.425

Curtis, C. (2012). Delivering the "D" in transit-oriented development: examining the town planning challenge. *Journal of Transport and Land Use*, *5*(3), 83–99. https://doi.org/10.5198/jtlu.v5i3.292

Habermann, M., Paula, A., Medeiros, P., & Gouveia, N. (2011). Tráfego veicular como método de avaliação da exposição à poluição atmosférica nas grandes metrópoles Motor vehicle traffic as an air method in big cities, *14*(1), 120–130.

Hoek, G., Brunekreef, B., Goldbohm, S., Fischer, P., & van den Brandt, P. A. (2002). Association between mortlaity and indicators of traffic-related air pollution in the Netherlands: a cohort study. *The Lancet*, *360*, 1203–1209.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2010). Censo Demográfico. Características da população e dos domicílios. Recuperado de http://www.ibge.gov.br/home/

Institute for Transportation and Development Policy (ITDP). (2017). The TOD Standard. Recuperado de https://www.itdp.org/tod-standard/

Jacobs, J. (2011). *Morte e Vidas de Grandes Cidades - The death and life of great american cities* (3º). São Paulo: Tradução Carlos S. Mendes Rosa Revisão da tradução Maria Estela Heider Cavalheiro Revisão técnica Cheila Aparecida Gomes Bailão. WMF Martins Fontes.

Lima, J. P., Lima, R. da S., & Silva, A. N. R. da. (2014). Evaluation and Selection of Alternatives for the Promotion of Sustainable Urban Mobility. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, *162*(Panam), 408–418. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.12.222

Litman, T. (2015). Evaluating Accessibility for Transportation Planning Measuring People ' s Ability To Reach Desired Goods and Activities, (January 2015), 57.

Loo, B. P. Y., & du Verle, F. (2016). Transit-oriented development in future cities: towards a two-level sustainable mobility strategy. *International Journal of Urban Sciences*, *5934*(November), 1–14. https://doi.org/10.1080/12265934.2016.1235488

Machado, M. H., & Lima, J. P. (2015). Avaliação multicritério da acessibilidade de pessoas com mobilidade reduzida: um estudo na região central de Itajubá (MG). *urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana*, *7*(3), 368–382. https://doi.org/10.1590/2175-3369.007.003.AO08

Malczewski, J. (2006). GIS□based multicriteria decision analysis: a survey of the literature. *International Journal of Geographical Information Science*, *20*(7), 703–726. https://doi.org/10.1080/13658810600661508

Mardani, A., Jusoh, A., MD Nor, K., Khalifah, Z., Zakwan, N., & Valipour, A. (2015). Multiple criteria decision-making techniques and their applications – a review of the literature from 2000 to 2014. *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*, *28*(1), 516–571. https://doi.org/10.1080/1331677X.2015.1075139

Mello, A., & Portugal, L. (2017). Um procedimento baseado na acessibilidade para a concepção de planos estratégicos de mobilidade urbana: O caso do Brasil. *Eure*, *43*(128), 99–126. https://doi.org/10.4067/S0250-71612017000100005

Mosadeghi, R., Warnken, J., Tomlinson, R., & Mirfenderesk, H. (2015). Comparison of Fuzzy-AHP and AHP in a spatial multi-criteria decision making model for urban land-use planning. *Computers, Environment and Urban Systems*, *49*, 54–65. https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2014.10.001

Nasri, A., & Zhang, L. (2014). The analysis of transit-oriented development (TOD) in Washington, D.C. and Baltimore metropolitan areas. *Transport Policy*, *32*, 172–179. https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2013.12.009

Ramão, F. P., & Wadi, Y. M. (2010). Espaço urbano e criminalidade violenta: análise da distribuição espacial dos homicídios no município de Cascavel/PR. *Revista de Sociologia e Política*, *18*(35), 207–230. https://doi.org/10.1590/S0104-44782010000100013

Requia, W. J., Roig, H. L., Koutrakis, P., & Rossi, M. S. (2016). Mapping alternatives for public policy decision making related to human exposures from air pollution sources in the Federal District, Brazil. *Land Use Policy*, *59*, 375–385. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.09.017

Rolnik, R., & Klink, J. (2011). Crescimento econômico e desenvolvimento urbano: por que nossas cidades continuam tão precárias? *Novos Estudos - CEBRAP*, *89*(89), 89–109. https://doi.org/10.1590/S0101-33002011000100006

Saaty, T. L. (1990). How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process. *European Journal of Operational Research*, *48*, 9–26. https://doi.org/10.1016/0377-2217(90)90057-I

Sakamoto, E., & Lima, J. P. (2016). Acessibilidade em ambiente rural: uma abordagem multicritério com uso de SIG. *Transportes*, *24*(1), 63. https://doi.org/10.14295/transportes.v24i1.958

Segadilha, A. B. P., & Sanches, S. da P. (2014). Identification of Factors that Influence Cyclistś Route Choice. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, *160*(Cit), 372–380. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.12.149

Thomas, A., & Deakin, E. (2008). Land Use Challenges to Implementing Transit-Oriented Development in China: Case Study of Jinan, Shandong Province. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, *2077*, 80–86. https://doi.org/10.3141/2077-11

Tilahun, N. Y., Levinson, D. M., & Krizek, K. J. (2007). Trails, lanes, or traffic: Valuing bicycle facilities with an adaptive stated preference survey. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, *41*(4), 287–301. https://doi.org/10.1016/j.tra.2006.09.007

Un-Habitat. (2013). *Planning and Design for Sustainable Urban Mobility: Global Report on Human Settlements 2013*. https://doi.org/http://www.indiaenvironmentportal.org.in/content/382038/planning-and-design-for-sustainable-urban-mobility-global-report-on-human-settlements-2013-policy-direction

Waddell, P. (2011). Integrated Land Use and Transportation Planning and Modelling: Addressing Challenges in Research and Practice. *Transport Reviews*, *31*(2), 209–229. https://doi.org/10.1080/01441647.2010.525671

Wegener, M. (2013). The future of mobility in cities: Challenges for urban modelling. *Transport Policy*, *29*, 275–282. https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2012.07.004

Yang, C., & Mesbah, M. (2013). Route Choice Behaviour of Cyclists by Stated Preference and Revealed Preference. *Australasian Transport Research Forum 2013 Proceedings*, (October). Recuperado de http://atrf.info/papers/2013/2013_yang_mesbah.pdf

Raquel Rgina de Oliveira Martins Felix (raquel_felix_unifei@yahoo.com.br)
Daniela Rocha Teixeira Riondet-Costa (daniela.unifei@gmail.com)
Josiane Palma Lima (jpalmalima@gmail.com)
Universidade Federal de Itajubá
Campus Prof. José Rodrigues Seabra - Sede
Av. BPS, 1303, Bairro Pinheirinho – Itajubá, MG, Brasil

# USO DE PARQUES LINEARES COMO PROPOSTA SUSTENTÁVEL PARA IMPLANTAR UM SISTEMA DE VIAS DO TIPO *GREENWAY*

**Cilio José Volce**
**Carlos Alberto Prado da Silva Júnior**
Universidade Estadual de Londrina
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil

**RESUMO**
O uso da bicicleta como modo de transporte pode ser uma estratégia eficiente para gerar mobilidade urbana de forma sustentável. O objetivo desta pesquisa é propor parques lineares em áreas de fundos de vale para a implantação de vias do tipo *greenway* para bicicletas e pedestres. Para isso, serão avaliadas as potencialidades dessas áreas se tornarem possíveis parques lineares, respeitando a compatibilidade ambiental dos locais em relação à conservação dos recursos naturais, bem como a inserção do público para a circulação não motorizada. Com base nessas avaliações serão elaboradas propostas para um sistema de planejamento de *greenway*, assim como analisada a percepção de uma amostra da população da região quanto aos critérios que eles julgam ser importantes para o uso dessas rotas em seus deslocamentos diários. Por meio deste estudo, espera-se propor o uso de parques lineares, na forma de *greenway*, como um sistema sustentável de transporte e lazer.
.

Cilio José Volce (cjvolceuel@yahoo.com.br)
Carlos Alberto Prado da Silva Júnior (cprado@uel.br)
Departamento de Construção Civil, Centro de Tecnologia e Urbanismo, Universidade Estadual de Londrina
Rodovia Celso Garcia Cid, PR 445 Km 380 – Londrina, PR, Brasil

# DESEMPENHO DA SEGURANÇA VIÁRIA NA MODELAGEM INTEGRADA DO USO DO SOLO E TRANSPORTES - ESTUDO DE CASO: PROJETO FORTALEZA 2040

**Flávio José Craveiro Cunto**
Departamento de Engenharia de Transportes
Universidade Federal do Ceará
**Francelino Franco Leite de Matos Sousa**
Núcleo de Tecnologia
Centro Universitário Christus

**RESUMO**
Por conta de sua importância, observa-se que nos últimos anos há cada vez mais estudos considerando a segurança viária como um componente necessário ao processo de planejamento de transportes. Esse trabalho propõe e aplica um método de estimação do Desempenho da Segurança Viária (DSV) na etapa de avaliação de alternativas do processo de planejamento integrado. O método proposto se baseia na estimação do risco de acidentes por cenário de análise, que incorpore a abrangência e a capacidade de redução de acidentes de cada intervenção. No Projeto Fortaleza 2040, esse método foi aplicado com o auxílio da plataforma de modelagem integrada Tranus. Os resultados indicam uma redução de 22% e de 20% no número de acidentes com vítimas feridas e fatais, respectivamente. Verificou-se também um acréscimo no número de acidentes envolvendo pedestres, por causa do aumento dos deslocamentos a pé.

**ABSTRACT**
Due to its importance, it is observed that in the last years there are more and more studies considering road safety as a necessary component in the transportation planning process. This work proposes and applies a method of estimation of DSV in the scenario evaluation phase of the integrated planning process. The proposed method is based on the estimation of risk factors by analysis scenario, which incorporates the scope and the accident reduction capacity of each intervention. In the Fortaleza 2040 Project, this method was applied using the integrated Tranus modeling platform. The results indicate a reduction of 22% and 20% in the number of accidents with injured and fatal victims, respectively. There was also an increase in the number of accidents involving pedestrians, due to the increase in walking based trips.

## 1. INTRODUÇÃO

O processo de planejamento urbano voltado para questões relacionadas com os deslocamentos de bens e de pessoas tem evoluído: em termos conceituais, mudando o foco da análise da mobilidade motorizada individual para a acessibilidade às atividades a serem desenvolvidas (Banister, 2008; Bertolini *et al.*, 2005); nos atores e funções urbanas envolvidas neste processo, seja no nível técnico, ou no nível de organização administrativa (Hull, 2005; Straatemeier e Bertolini, 2009); e em seus princípios, ao incorporar a equidade e a sustentabilidade (Curtis, 2008).

As ferramentas de auxílio ao processo de planejamento também se modificaram. O reconhecimento de que as decisões de viagens e de localização se relacionam mutuamente (Hansen, 1959) fez com que se realizasse um esforço para prever essas relações (Acheampong e Silva, 2015). Os modelos desenvolvidos são capazes de simular o comportamento entre os sistemas urbanos de uso do solo e de transportes e são conhecidos por *Land Use and Transport Interaction* (LUTI) *models*. Entre eles, a plataforma de modelagem Tranus (Barra, 1989) se destaca por simular as relações internas dos sistemas urbanos (Sousa *et al.*, 2016).

Por conta de sua importância, observa-se que nos últimos anos há cada vez mais estudos considerando a segurança viária como um componente necessário ao processo de planejamento

de transportes (Aguero-Valverde e Jovanis, 2006; Hadayeghi *et al.*, 2010; Wier *et al.*, 2009), sendo frequente que os planos produzidos contemplem a redução de acidentes como um dos principais objetivos (AECOM, 2013; Governo de Santa Catarina, 2015; New York City, 2016; Prefeitura de São Paulo, 2015; Prefeitura do Rio de Janeiro, 2015). Assim como a fluidez, o desempenho da segurança viária (DSV) é o resultado da interação dos aspectos de demanda e oferta por transportes e diversos modelos atualmente são capazes de prevê-lo.

O Plano Mestre Urbanístico Fortaleza 2040 contou com a participação popular e de diversos profissionais de várias áreas de atuação para repensar a capital cearense até o ano horizonte de 2040. As propostas voltadas para a mobilidade foram desenvolvidas em parceria com as equipes de urbanismo e econômica, de tal forma, que a principal proposta foi a criação de quase 200 km de Corredores de Urbanização Orientados pelo Transporte Público na cidade (Prefeitura Municipal de Fortaleza, 2016). Nesses corredores, a prioridade será dos modos não motorizados e motorizados coletivos e o principal sistema de transporte público será o *Bus Rapid Transit* (BRT). Em até 400 metros das estações do BRT deverão existir edificações mistas e de elevada densidade populacional para permitir um rápido acesso da população aos seus locais de trabalho. Além disso, deverão existir escolas, postos de saúde e supermercados, entre outras funções urbanas neste mesmo raio.

Essas e outras alternativas foram avaliadas do ponto de vista da fluidez, da divisão modal, do tempo e distância de viagem, entre outros indicadores comumente utilizados no processo de planejamento de transportes; entretanto, foi também avaliado o DSV, já que tais soluções impactam direta e indiretamente na frequência e severidade dos acidentes de trânsito. Dessa forma, o objetivo deste trabalho é propor e aplicar um método para estimar o desempenho da segurança viária na etapa de avaliação de alternativas do processo de planejamento integrado do uso do solo e dos transportes, tendo como estudo de caso o projeto Fortaleza 2040.

## 2. AVALIAÇÃO DO DSV NO PROCESSO DE PLANEJAMENTO

Um dos maiores desafios para a incorporação do DSV nos planos de mobilidade urbana está na sua transversalidade em relação às etapas tradicionais do processo de planejamento. No diagnóstico, através da exposição da problemática que vive a região planejada, por meio da caracterização do problema com a quantidade e localização de acidentes; nos objetivos, quando o problema é grande o suficiente para que o plano se concentre em reduzi-lo, ou eliminá-lo; ou ainda como elemento decisivo na avaliação de cenários de intervenção e na tomada de decisão.

Na etapa de avaliação de cenários podem ser utilizados modelos para estimar o DSV (Hadayeghi *et al.*, 2010; Torres e Cunto, 2016), ou pode ocorrer apenas uma análise qualitativa. A Tabela 1 apresenta uma síntese a respeito da inclusão do DSV nos planos de mobilidade de Londres (AECOM, 2013), São Paulo (Prefeitura de São Paulo, 2015), da Região Metropolitana de Florianópolis (Governo de Santa Catarina, 2015), do Rio de Janeiro (Prefeitura do Rio de Janeiro, 2015) e no plano Estratégico de Nova York (New York City, 2016).

Percebe-se que apesar de sua indiscutível importância, a incorporação da dimensão relacionada à segurança viária no processo de planejamento dos transportes tem se mostrado muitas vezes superficial, de cunho subjetivista e quase sempre limitada às etapas de diagnóstico e

estabelecimento de objetivos e metas. Acredita-se que tal dificuldade, pode ser atribuída à natureza aleatória e rara dos acidentes de trânsito, existência de diversos fatores contribuintes interagindo de forma correlacionada e de padrão pouco repetitivo, natureza espacial das ocorrências, além de dificuldades inerentes aos bancos de dados de acidentes de trânsito (Hauer, 2007, 2015; Mannering e Bhat, 2014).

**Tabela 1:** Avaliação da presença dos acidentes em planejamentos de transportes

| Plano | Cidade | Ano | Os acidentes são considerados | | | Previsão de Acidentes |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | no Diagnóstico | nos Objetivos | na Avaliação | |
| Smart Moves | Londres | 2013 | - | Sim | - | - |
| PLANMOB | São Paulo | 2015 | Sim | Sim | Não | Não |
| PLAMUS | Florianópolis | 2015 | Não | Sim | Sim | Não |
| PMUS | Rio de Janeiro | 2015 | Sim | Sim | Não | Não |
| Strategic Plan | Nova York | 2016 | - | Sim | Não | Não |

## 3. METODOLOGIA

A análise proposta neste artigo foi realizada com base em duas grandes áreas de pesquisa da engenharia de transportes. A primeira área é a avaliação do desempenho da segurança viária, por meio da estimação do risco de acidentes, que quantifica a suscetibilidade de ocorrência de acidentes por unidade de distância percorrida. Esse fator foi estimado utilizando os acidentes no ano base, disponibilizados pelo Sistema de Informações de Acidentes de Trânsito de Fortaleza (SIAT-FOR) e pelo momento dos deslocamentos.

A segunda área é a modelagem da demanda e oferta por transportes, necessária para subsidiar a estimação e aplicação do indicador de DSV. Neste método é utilizada a plataforma Tranus de modelagem integrada, considerado um modelo adequado para ser utilizado em um processo de planejamento integrado (Hull, 2005). O Tranus foi calibrado e validado, a partir de dados do ano base e de séries temporais (Sousa, 2016), para que pudesse ser aplicado na avaliação de alternativas de solução. A Figura 1 ilustra como essas duas áreas se uniram ao longo das atividades propostas para a estimação do DSV por meio do paradigma do planejamento integrado.

A aplicação dos modelos integrados para o ano horizonte se dará a partir de alterações na oferta do uso do solo e na oferta de transportes. Ao executar o modelo, considerando os parâmetros previamente calibrados e as intervenções propostas, será possível obter os momentos dos deslocamentos desses anos. Para estimar os acidentes, precisa-se ainda estimar alterações no risco de acidentes no ano horizonte, já que assumi-los iguais ao ano base, seria considerar que nenhuma ação será realizada para mitigar os problemas da segurança viária, ou que as intervenções não afetariam o DSV.

Para cada ano horizonte são modelados dois cenários: o tendencial, que considera apenas um crescimento da população e empregos e a continuidade das intervenções em andamento; e o transformador, que junto com a evolução da cidade incorpora as intervenções previstas pelo

plano. Dessa forma, será possível avaliar os benefícios das intervenções em cada ano horizonte. Essa estrutura permite estimar o número de acidentes por tipo para os anos horizontes e utilizar esse indicador de DSV na avaliação de alternativas de solução. A seguir serão detalhados os aspectos relativos a estimação do risco de acidentes (seção 3.1) e aqueles relacionados com a modelagem integrada (seção 3.2).

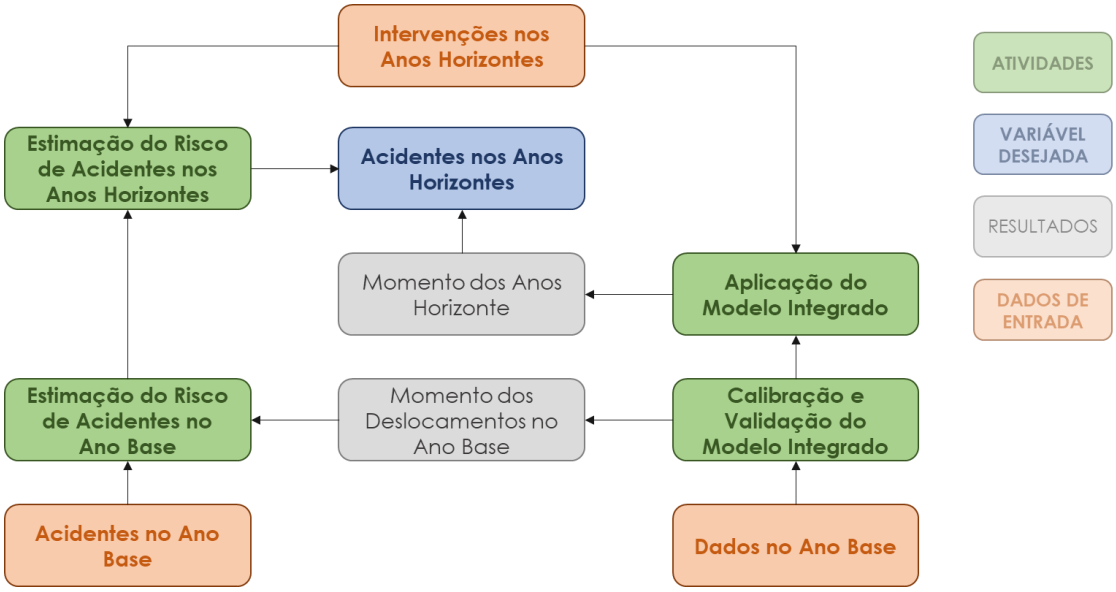



**Figura 1:** Método proposto

### 3.1 MEDIDA DO DSV

O indicador do DSV proposto para estimar a evolução dos cenários de planejamento tem por base uma medida do risco de envolvimento em acidentes de trânsito por severidade e por tipo de usuário (modo de transporte). O risco de acidente (*R*) pode ser definido como a taxa de acidentes pela exposição dos usuários medido pelo momento de viagens em passageiros por quilômetro (pax.km).

Como ponto de partida para o processo de modelagem do DSV, utilizou-se a estimativa do risco de acidente para diferentes modos de transporte no ano base (2016). Essa estimativa combinou as informações de acidentes disponíveis no Sistema de Informações de Acidentes de Trânsito de Fortaleza, o SIATFOR, para o ano de 2011, com o momento de viagens em pax.km para os modos pedestre, ciclista, motociclista, motorizado individual e por ônibus oriundos da modelagem do ano base (Tabela 2).

Os valores apresentados na Tabela 2 mostram que, em se considerando a exposição, o risco relativo de acidentes com vítimas feridas e fatais apontam os pedestres e os ciclistas como os usuários mais suscetíveis. Os motociclistas, por sua vez, apesar da maior frequência absoluta de acidentes possuem risco relativo menor do que os pedestres e ciclistas.

**Tabela 2:** Acidentes e Risco de Acidentes e Momento em Fortaleza com vítimas feridas e fatais no Ano Base – 2016

| Tipo | Acidentes com Vítimas | | | Momento ($10^6$ pax.km) | Risco de Acidentes (acid/ $10^6$ pax.km) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Feridas | Fatais | Total | | Feridas | Fatais | Total |
| Atropelamento | 1566 | 166 | 1732 | 379 | 4,13 | 0,44 | 4,56 |
| Bicicleta | 602 | 41 | 643 | 116 | 5,20 | 0,35 | 5,55 |
| Motocicleta | 4517 | 116 | 4633 | 2265 | 1,99 | 0,05 | 2,05 |
| Automóvel | 892 | 38 | 930 | 4757 | 0,19 | 0,01 | 0,20 |
| Ônibus | 45 | 3 | 48 | 5399 | 0,01 | < 0,01 | 0,01 |
| Total | 7622 | 364 | 7986 | 12917 | - | - | - |

O risco de acidente para o ano base foi então ajustado em função do impacto esperado das alterações de infraestrutura urbanas previstas para cada cenário e também, a partir de alterações esperadas no risco de acidentes fruto de ações específicas e políticas públicas previstas ao longo do período de análise. Os índices de risco ($R_t^{m,s}$) do cenário *t*, modo *m* e severidade *s* serão aplicados individualmente ao momento de viagens ($M_t^m$) do modo *m* no cenário *t* estimado pela plataforma de modelagem Tranus para cada cenário tendencial e transformador para que seja obtida a quantidade de acidentes ($A_t^{m,s}$), de acordo com a Equação 1.

$$A_t^{m,s} = R_t^{m,s} * M_t^m \quad (1)$$

O impacto de cada intervenção no risco foi estimado com a utilização de fatores modificadores de acidentes (CMF) disponíveis em compilações de estudos de segurança viária do tipo "antes" e "depois" presentes no banco de dados *Crash Modification Factors Clearinghouse* (FHWA, 2017) e também disponível em Elvik *et al.* (2015). Ressalta-se que os fatores tiveram que ser ajustados para considerar sua influência na severidade e modo de transporte bem como incorporar o cronograma de implantações previstas para a cidade e sua abrangência espacial, ou seja, o impacto da intervenção no risco de acidentes da cidade inteira. Desta forma, o risco para cenários futuros foi estimado de acordo com a Equação 2.

$$R_t^{m,s} = R_{t-1}^{m,s} \cdot \prod_i CMF_i^{m,s} \quad (2)$$

Em que $R_t^{m,s}$: risco para o cenário *t*, modo *m*, severidade *s* (vítimas feridas e vítimas fatais);
$CMF_i^{m,s}$: fator modificador de acidentes para a intervenção *i*, modo *m*, severidade *s*.

Os fatores modificadores de acidentes, por sua vez, podem ser estimados pela Equação 3:

$$CMF_i^{m,s} = (1 - \delta_i^{m,s}/100) \cdot I_{i,t} \cdot E_{i,t} \quad (3)$$

Em que $\delta_i^{m,s}$: índice de redução percentual dos acidentes para a intervenção *i*, modo de transporte *m*, severidade *s*
$I_{i,t}$: coeficiente para a proporção de implantação da intervenção *i* no cenário *t;*

$E_{i,t}$: abrangência espacial / influência da intervenção *i* no cenário *t;*

A Tabela 3 apresenta o conjunto de intervenções consideradas com os respectivos índices de redução percentual ($\delta_i^{m,s}$) dos acidentes de trânsito.

**Tabela 3:** Intervenções e respectivos valores do índice de redução percentual de acidentes ($\delta$) para macrointervenções do Projeto Fortaleza 2040

| Intervenção | Pedestre | Bicicleta | Moto | Carro | Ônibus |
|---|---|---|---|---|---|
| 1. Tendência histórica (2001 a 2011) de estabilização dos acidentes e crescimento do momento de viagens em 4% | 4 / 4 | 4 / 4 | 4 / 4 | 4 / 4 | 4 / 4 |
| 2. Continuidade do Plano Diretor Cicloviário Integrado (PDCI) | - / - | 5 / 10 | - / - | - / - | - / - |
| 3. Programa de implantação de corredores BRT | - / - | - / - | - / - | - / - | - / - |
| 4. Programa de requalificação de passeios e travessias de pedestres nos corredores e moderação de tráfego nas áreas dos corredores de transporte | 22 / 29 | 22 / 29 | 14 / 22 | - / - | - / - |
| 5. Programa de implantação de medidas de moderação de tráfego nas bacias | 18 / 25 | 18 / 25 | 10 / 18 | 15 / 21 | 15 / 21 |
| 6. Intensificação da fiscalização sobre o comportamento de risco do condutor | 3 / 3 | 1 / 1 | 1 / 1 | 1 / 1 | 1 / 1 |
| 7. Programa de requalificação da sinalização horizontal e vertical da malha viária | 5 / 5 | 5 / 5 | 5 / 5 | 5 / 5 | 5 / 5 |

Nota: 4/4 - $\delta_{Feridos}$(%) / $\delta_{Fatais}$(%)

Além das intervenções apresentadas na Tabela 3, foi considerado ainda um CMF composto, englobando iniciativas conjuntas entre a Prefeitura Municipal de Fortaleza e o programa BIGRS (*Bloomberg Initiative for Global Road Safety)*, intervenções isoladas da década de ação pela segurança viária e ações globais federais e estaduais para a redução da acidentalidade viária (intervenção 8). Neste caso, foram observados os índices de redução percentual para acidentes com vítimas feridas de 7% para pedestres, 4% para ciclistas, motociclistas e automóveis e 2% para ônibus. Para acidentes com vítimas fatais, os valores de "$\delta$" considerados foram 7% para pedestres, ciclistas e motociclistas, 12% para automóveis e 2% para ônibus.

O coeficiente "$I_{i,t}$" corresponde a valores entre 0 e 1 para implantações não iniciadas e completamente executadas, respectivamente. A Tabela 4 apresenta o cronograma de implantação das iniciativas com os respectivos coeficientes de percentual de implantação.

Por sua vez, o coeficiente "$E_{i,t}$" representa a proporção dos usuários que podem ser impactados pelas intervenções. O coeficiente será 1 quando a intervenção tiver alcance global na cidade, como é o caso de campanhas educativas, iniciativas de esforço legal, dentre outras. Para intervenções nos corredores orientados ao transporte público deve ser considerada somente a proporção de viagens que utilizam os corredores. O coeficiente de abrangência espacial foi considerado como 1 (100%) para as intervenções 1, 2, 6, 7 e 8. Para as intervenções relacionadas aos corredores de transporte urbano (3 e 4) o coeficiente foi de 0,5 (50%), restando para as

intervenções nas demais áreas a abrangência de 0,5 (50%) por serem complementar aos corredores de transporte urbano.

**Tabela 4:** Coeficiente para o percentual de implantação das macrointervenções do Projeto Fortaleza 2040

| Cenário | $I_{1,t}$ | $I_{2,t}$ | $I_{3,t}$ | $I_{4,t}$ | $I_{5,t}$ s | $I_{6,t}$ | $I_{7,t}$ | $I_{8,t}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2020 A / B | 1 / 1 | 1 / 1 | - / - | - / - | - / - | - / - | - / - | 1 / 1 |
| 2024 A / B | 1 / 1 | - / - | - / 0,30 | - / 0,30 | - / 0,15 | - / 1 | - / 0,20 | - / - |
| 2028 A / B | 1 / 1 | - / - | - / 0,20 | - / 0,20 | - / 0,15 | - / 1 | - / 0,20 | - / - |
| 2032 A / B | 1 / 1 | - / - | - / 0,30 | - / 0,10 | - / 0,10 | - / 1 | - / 0,20 | - / - |
| 2036 A / B | 1 / 1 | - / - | - / 0,10 | - / 0,10 | - / 0,10 | - / 1 | - / 0,20 | - / - |
| 2040 A / B | 1 / 1 | - / - | - / 0,10 | - / 0,10 | - / 0,50 | - / 1 | - / 0,20 | - / - |

Nota: 1/1 = Cenário Tendencial (A) / Cenário Transformador (B)

O indicador de risco pode então ser utilizado para estimar o número total de acidentes com vítimas feridas e fatais separado por modo de transporte além de indicadores populacionais como a taxa de acidentes por um milhão de viagens e a taxa de acidentes por 100 mil habitantes.

### 3.2. MODELAGEM INTEGRADA

O Tranus modela os principais componentes do sistema urbano, tais como a localização e interação de atividades, o mercado imobiliário e o sistema de transportes. Todos estão inter-relacionados, assim, o fenômeno da circulação de pessoas é explicado por relações econômicas e espaciais entre as atividades que as geram. Por sua vez, a acessibilidade do sistema de transportes afeta como as atividades se localizam no espaço, o que influencia o sistema imobiliário (Barra, 2012). Para simular a interação entre os setores econômicos é utilizada a matriz Input-Output de Leontief, de onde se obtém uma visão de como cada setor é mais ou menos dependente dos outros (Guilhoto, 2009). As decisões locacionais são modeladas a partir do preço do solo e da acessibilidade (Barra, 2010). E os modelos de transportes são baseados na teoria de escolha discreta, que simula a decisão de um indivíduo entre um conjunto de opções, assumindo que existem fatores que determinam essa decisão (Hensher *et al.*, 2005).

A modelagem da rede é multimodal, onde todos os modos podem simultaneamente utilizar os mesmos segmentos de vias, por isso, cada segmento é composto por dois grupos de características: as físicas: relacionadas com a estrutura física da rede, como a capacidade, o tipo específico de cada segmento, direção e nome; e o modo: aqueles relacionados a cada modo que o utiliza, como a velocidade (Barra, 2012). O modelo interativamente verifica se existe capacidade para suprir a demanda e recalculará o tempo de espera e a velocidade nos *links* sempre que a relação entre demanda e capacidade se modificar. Ao fim desse processo interativo podem ser obtidas as rotas das viagens de cada par origem-destino, portanto podem ser obtidos os momentos dos deslocamentos para a devida aplicação do método de estimação de DSV.

A aplicação para o Fortaleza 2040 teve como foco a modelagem de viagens na hora de pico. Nessa simulação a cidade foi espacialmente dividida em seus 119 bairros, os mais de 711.000 domicílios da cidade foram divididos em 3 grupos por renda e os quase 1.500.000 empregos foram classificados em 5 tipos, quanto a sua atividade econômica. O uso do solo foi separado em

sete classes, de acordo com o uso e índices de aproveitamento e foram considerados os principais modos de deslocamento da cidade: pedestres, ciclistas, carro, moto, ônibus e vans, trem e metrô. Esses dois últimos não são utilizados na estimação dos acidentes por não haver ocorrências envolvendo-os. O processo de calibração se baseou no método proposto por Sousa (2016) e a validação apresentou resultados satisfatórios de convergência das medidas de desempenho (Prefeitura Municipal de Fortaleza, 2016).

Com a base calibrada e validada o modelo foi aplicado para a estimação dos indicadores de interesse nos anos horizonte, entre eles os momentos de deslocamento. Como a modelagem se ateve à hora de pico foi necessário anualizar essa informação. Pelo universo de validações do sistema de transporte coletivo e pelas informações capturadas por laços magnéticos de equipamentos de fiscalização eletrônica e controle semafórico foi possível concluir que a hora de pico representa aproximadamente 8% de todas as viagens que ocorrem ao longo de um dia (Prefeitura Municipal de Fortaleza, 2016). Com esse percentual foi obtido o momento diário, que depois foi multiplicado por 365 para representar o momento anual dos deslocamentos, apresentados na Tabela 5.

**Tabela 5:** Milhões de passageiros.km para os cenários do Fortaleza 2040

| | 2020 | 2024 | 2028 | 2032 | 2036 | 2040 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Pedestre A/B | 444 / 459 | 500 / 549 | 513 / 659 | 517 / 727 | 530 / 840 | 542 / 895 |
| Ciclista A/B | 162 / 160 | 158 / 150 | 169 / 165 | 164 / 137 | 181 / 134 | 199 / 183 |
| Carro A/B | 5025 / 5018 | 5105 / 4893 | 5283 / 4799 | 5567 / 4911 | 5885 / 5278 | 6070 / 5244 |
| Moto A/B | 2445 / 2414 | 2460 / 2205 | 2563 / 2085 | 2638 / 1851 | 2720 / 1976 | 2832 / 1928 |
| Ônibus e Vans A/B | 5582 / 5808 | 5824 / 6670 | 5972 / 7089 | 5960 / 7518 | 5841 / 8101 | 5900 / 8591 |
| Metro ferroviário A/B | 389 / 406 | 726 / 576 | 718 / 742 | 741 / 1323 | 736 / 1388 | 725 / 1554 |

Nota: 1/1 = Cenário Tendencial (A) / Cenário Transformador (B)

Por esse indicador, verifica-se um aumento considerável na utilização do transporte coletivo rodoviário decorrente da implantação do sistema de BRT nos principais corredores da cidade. Assim como, um aumento nos deslocamentos a pé, já que aumenta a quantidade de acessos e difusões ao transporte público. Verifica-se também um aumento na utilização do carro e na moto nos cenários tendenciais, enquanto nos transformadores, o carro sofre uma pequena variação positiva e a moto uma redução significativa.

## 4. ESTUDO DE CASO: PROJETO FORTALEZA 2040

Fortaleza é uma cidade com mais de 2,6 milhões de habitantes e que ocupa mais de 300 km² na costa litorânea do estado do Ceará. Possui uma frota de mais de 1 milhão de veículos, dos quais mais da metade foram adquiridos só nos últimos 10 anos, impulsionada pelo aumento na quantidade de motos que aumentou mais de 2,8 vezes nesse mesmo período de tempo. Fortaleza passou recentemente por um processo de planejamento estratégico para elaborar o Plano Mestre Urbanístico Fortaleza 2040, onde a ferramenta Tranus foi aplicada como o modelo de previsão da demanda por transportes e uso do solo. A metodologia proposta anteriormente foi aplicada para a avaliação das alternativas quanto ao DSV no âmbito do Projeto Fortaleza 2040.

A Figura 2 e a Figura 3 apresentam os índices de acidentes ($R_t^{m,s}$) com vítimas feridas e fatais, respectivamente. Na Figura 2, verifica-se que os maiores riscos de acidentes com vítimas feridas ao longo de todo o período de análise envolvem ciclistas, pedestres e motociclistas, mas as oito políticas de intervenção propostas no plano possuem o potencial de reduzir essas taxas. Entretanto, a tendência de redução de acidentes e as políticas em desenvolvimento já são capazes de alterá-las significativamente para baixo. No caso dos ciclistas, a redução tendencial do risco de 2016 até 2040 é de 20%, mas incluir as intervenções do plano pode fazer com que o risco caia 40%. Os pedestres seriam os mais beneficiados com as intervenções, já que o risco de serem vítimas em acidentes cai em 45% contra apenas 18% de redução tendencial.

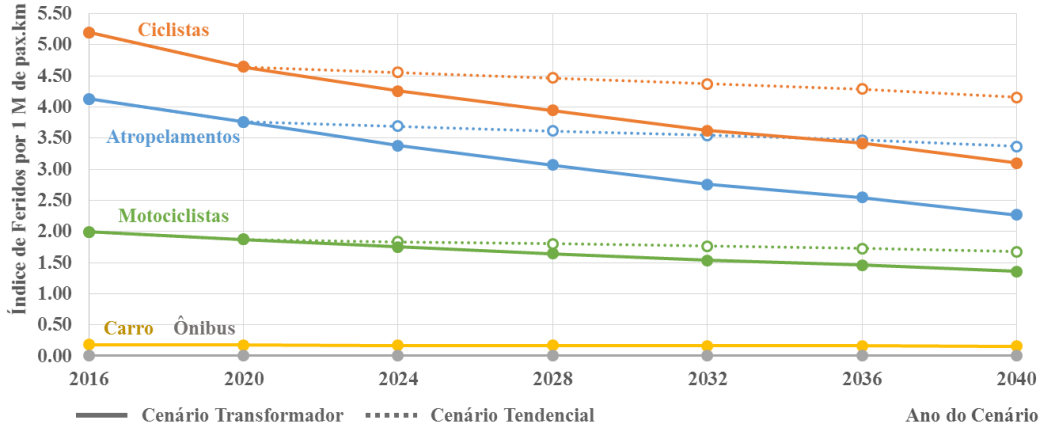



**Figura 2:** Índice de Acidentes com Vítimas Feridas

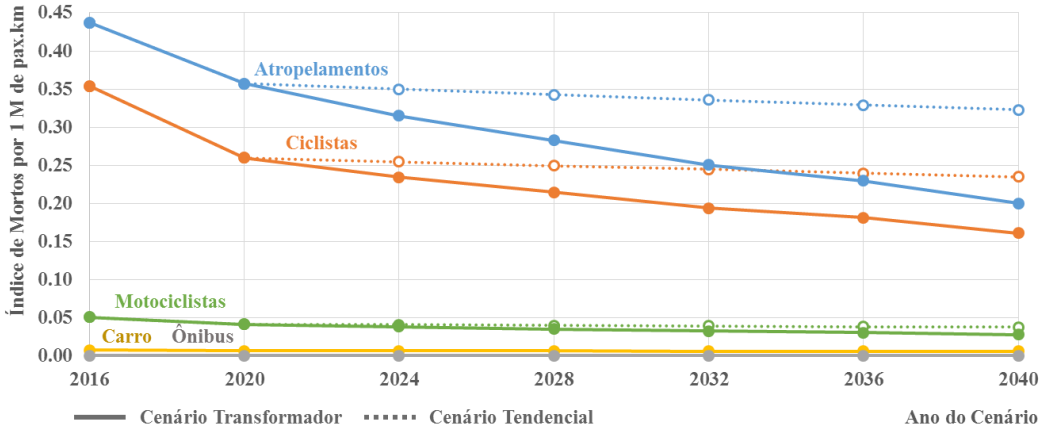



**Figura 3:** Índice de Acidentes com Vítimas Fatais

Pela Figura 3, percebe-se que as intervenções atuarão fortemente em reduzir risco de acidentes fatais dos deslocamentos a pé e por bicicleta. Ambos possuem uma diminuição de 54% em suas taxas de risco, mas a maior diferença entre cenário tendencial e transformador é verificada para os atropelamentos. Os motociclistas também são muito beneficiados, já que sua taxa de risco reduz em 46%, mas o valor absoluto dessa taxa faz com que esse benefício não seja ressaltado na Figura 3, que destaca apenas os maiores benefícios absolutos.

Os índices das Figuras 2 e 3 ao serem multiplicados pelos momentos da Tabela 4, seguindo a Equação 1, geram as quantidades de acidentes das Figuras 4 e 5. Pela primeira, é possível observar uma redução no número de acidentes com vítimas feridas. Tendencialmente, esse número pode chegar aos 8400 acidentes, já com as intervenções propostas no plano esse número será de 5900. Percebe-se que apesar das quedas nos riscos de acidentes nos cenários tendenciais, o crescimento do momento, em especial dos motociclistas, faz com que a quantidade de acidentes apenas cresça ao longo do período de análise do projeto. Nos cenários transformadores, a redução de viagens por motos, que migram para o transporte coletivo, atrelada a uma redução mais vigorosa do risco de acidentes conseguem estabelecer uma tendência de diminuição do número total de acidentes com vítimas feridas. Entretanto, é possível observar um aumento na participação dos atropelamentos, tanto em valores absolutos quanto relativo, justificados pela duplicação do momento dos deslocamentos de pedestres.

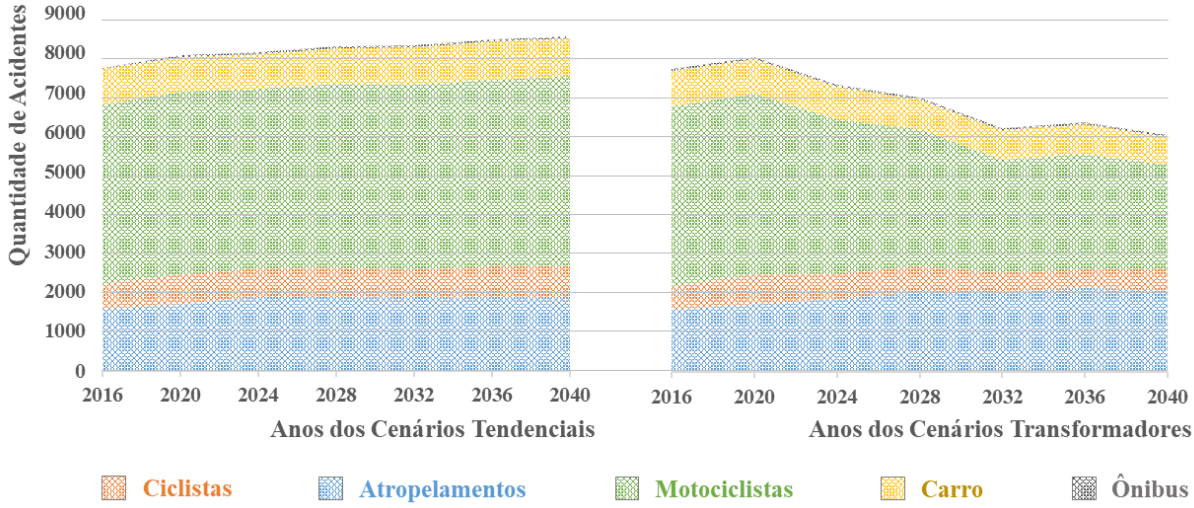



**Figura 4:** Total de Acidentes com Vítimas Feridas

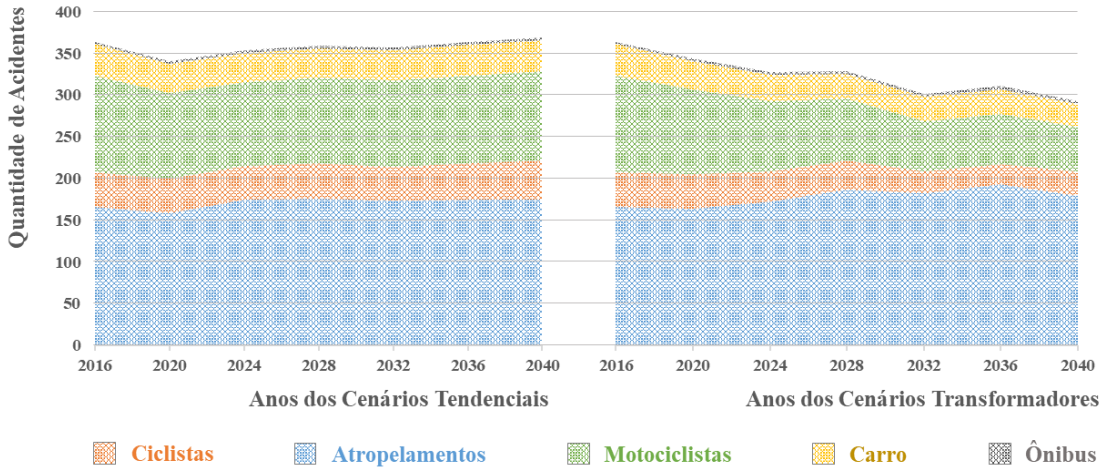



**Figura 5:** Total de Acidentes com Vítimas Fatais

Entre os acidentes com vítimas fatais, destacados na Figura 5, percebe-se uma estabilização em sua quantidade nos cenários tendenciais e uma redução dessa quantidade nos cenários transformadores, que, apesar de ainda ser de 300 acidentes, é reduzido em 20%, quando é comparado a 2016. Observa-se também uma maior participação dos pedestres entre as vítimas de acidentes fatais, que correspondem a mais de 60% de todos os acidentes com vítimas em 2040, ocasionada pelo aumento do momento dos deslocamentos de pedestres.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Uma das principais dificuldades de inserir a modelagem do DSV no processo de planejamento está relacionada com o emprego de métodos quantitativos confiáveis que subsidiem as etapas de avaliação de cenários e tomada de decisão sob a ótica da segurança viária. Neste sentido, o método proposto é simples de ser aplicado e explicado e, por isso, foi incorporado ao planejamento Fortaleza 2040. O método de estimação do DSV leva em consideração a modelagem da demanda por viagens, já que a quantidade de deslocamentos é uma das principais variáveis relacionadas à exposição aos acidentes.

Nesta aplicação, foram utilizados os fatores modificadores de acidentes (CMF) disponíveis na literatura internacional aplicados em função das intervenções sugeridas dentro dos períodos quadrienais, ao risco de acidentes estimado por modo de transporte para o ano base (2016). Nos resultados, fica evidente a contribuição que as intervenções possuem para a redução dos acidentes. Elas inserem uma tendência de redução na quantidade total de acidentes de ambos os tipos, sejam àqueles com vítimas feridas, reduzidas em 22%; ou com vítimas fatais que reduzem em 20% ao longo dos 24 anos de horizonte do projeto.

Verificou-se também um aumento dos atropelamentos envolvendo vítimas feridas e fatais, já que utilizar esse sistema significa realizar o acesso e a difusão do BRT a pé. Dessa forma, a taxa de óbitos por 100.000 habitantes em 2040 ainda seria de 9,8, que, apesar de ter reduzido, ainda é bem superior ao que se verifica em países como Austrália, França e Suécia, que possuem índices de 5,1, 5,4 e 2,8, respectivamente. Dessa forma, outras políticas de valorização dos pedestres são necessárias para que a cidade possua índices inferiores.

A metodologia pode ser aperfeiçoada com a estimação dos índices de abrangência espacial e de redução no número de acidentes por intervenção para a realidade local, o que pode ser realizado com o acompanhamento de implantação das intervenções propostas no plano. Podem também ser avaliados outros aspectos que influenciam os acidentes, como uso do solo e o controle viário que não foram abordados neste trabalho.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Acheampong, R. A., e Silva, E. (2015) Land use – transport interaction modeling : A review of the literature and future research directions. *Journal of Transport and Land use*, *8*(3), 11–38.

AECOM. (2013) A New Mobility Transportation Master Plan for London 2030 Transportation Master Plan : SmartMoves Volume-1., *2*, 1–36.

Aguero-Valverde, J., e Jovanis, P. P. (2006) Spatial analysis of fatal and injury crashes in Pennsylvania. *Accident Analysis and Prevention*, *38*(3), 618–625. doi:10.1016/j.aap.2005.12.006

Banister, D. (2008) The sustainable mobility paradigm. *Transport Policy*, *15*(2), 73–80. doi:10.1016/j.tranpol.2007.10.005

Barra, T. de la. (1989) *Integrated land use and transport modelling: Decision chains and hierarchies*. (L. Martin & L. March, Eds)*Statewide Agricultural Land Use Baseline 2015* (Vol. 1). Cambridge University Press, New York, USA.

Barra, T. de la. (2010) *TRANUS : Sistema Integrado de Simulação da Localização das Atividades , Usos do Solo e Transportes*. Caracas, Venezuela.

Barra, T. de la. (2012) *Formulación matemática de TRANUS*. Caracas, Venezuela.

Bertolini, L., le Clercq, F., e Kapoen, L. (2005) Sustainable accessibility: A conceptual framework to integrate transport and land use plan-making. Two test-applications in the Netherlands and a reflection on the way forward. *Transport Policy*, *12*(3), 207–220. doi:10.1016/j.tranpol.2005.01.006

Curtis, C. (2008) Planning for sustainable accessibility: The implementation challenge. *Transport Policy*, *15*(2), 104–112. doi:10.1016/j.tranpol.2007.10.003

Elvik, R., Høye, A., Vaa, T., e Sørensen, M. (2015) *O manual de medidas de segurança viária*.

FHWA. (2017) Crash Modification Factors Clearinghouse. Obtido 10 de julho de 2017, de http://www.cmfclearinghouse.org/

Governo de Santa Catarina. (2015) Relatório Final - Consolidação das Propostas e Plano de Implementação.

Guilhoto, J. J. M. (2009) *Análise de Insumo-Produto: Teoria e Fundamentos*. *Dados*. São Paulo, BR.

Hadayeghi, A., Shalaby, A. S., e Persaud, B. N. (2010) Development of planning level transportation safety tools using Geographically Weighted Poisson Regression. *Accident Analysis and Prevention*, *42*(2), 676–688. doi:10.1016/j.aap.2009.10.016

Hansen, W. G. (1959) How Accessibility Shapes Land Use. *Journal of the American Institute of Planners*, *25*(2), 73–76. doi:10.1080/01944365908978307

Hauer, E. (2007) Observational Before-After Studies in Road Safety., 289.

Hauer, E. (2015) *The Art of Regression Modeling in Road Safety*. doi:10.1007/978-3-319-12529-9

Hensher, D. A., Rose, J. M., e Greene, W. H. (2005) *Applied Choice Analysis*. Cambridge University Press, New York, USA.

Hull, A. (2005) Integrated transport planning in the UK: From concept to reality. *Journal of Transport Geography*, *13*(4), 318–328. doi:10.1016/j.jtrangeo.2004.12.002

Mannering, F. L., e Bhat, C. R. (2014) Analytic methods in accident research: Methodological frontier and future directions. *Analytic Methods in Accident Research*, *1*, 1–22. doi:10.1016/j.amar.2013.09.001

New York City. (2016) Strategic Plan 2016.

Prefeitura de São Paulo. (2015) PlanMob SP 2015., 1–201.

Prefeitura do Rio de Janeiro. (2015) PMUS - Plano de Mobilidade Urbana Sustentável., *II*, 1–393.

Prefeitura Municipal de Fortaleza. (2016) Plano Fortaleza 2040: cidade conectada, acessível e justa. Iplanfor, Fortaleza, Brazil.

Sousa, F. F. L. de M. (2016) *Metodologia de calibração para modelos integrados dos transportes e uso do solo*. Universidade Federal do Ceará.

Sousa, F. F. L. de M., Loureiro, C. F. G., e Lopes, A. S. (2016) Representação do Fenômeno Urbano por meio de Modelos Integrados dos Transportes e Uso do Solo: Revisão da Literatura e Discussão Conceitual. *ANPET* (p. 13). Rio de Janeiro, Brazil.

Straatemeier, T., e Bertolini, L. (2009) Joint Accessibility Design: Framework Developed with Practitioners to Integrate Land Use and Transport Planning in the Netherlands. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, *2077*(1), 1–8. doi:10.3141/2077-01

Torres, C. A., e Cunto, F. J. C. (2016) Evaluation of safety performance in urban networks : a case study of Fortaleza city/Brazil., 1–12. Obtido de http://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A927824&dswid=5842#sthash.3ETm4A87.dpbs

Wier, M., Weintraub, J., Humphreys, E. H., Seto, E., e Bhatia, R. (2009) An area-level model of vehicle-pedestrian injury collisions with implications for land use and transportation planning. *Accident Analysis and Prevention*, *41*(1), 137–145. doi:10.1016/j.aap.2008.10.001

Flávio Jose Craveiro Cunto (flaviocunto@det.ufc.br)
Francelino Franco Leite de Matos Sousa (francolms@gmail.com)

# ANÁLISE MULTICRITERIAL PARA CLASSIFICAÇÃO DE ÁREAS SUJEITAS A IMPLANTAÇÃO DE TERMINAIS RETROPORTUÁRIOS: ESTUDO DE CASO NA REGIÃO RETROPORTUÁRIA DE GARUVA/SC

**Rodrigo Machado**
**Adriana Goulart dos Santos**
Centro de Ciências Tecnológicas - Universidade do Estado de Santa Catarina –
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - PPGEC

**RESUMO**
Nas cidades portuárias deve-se prever áreas para tráfego de veículos pesados e implantação de terminais retroportuários. Uma técnica muito utilizada para auxiliar na tomada de decisão em planejamento urbano é a técnica de multicritério. O objetivo principal deste trabalho é propor um método para a classificação de áreas sujeitas à implantação de terminais retroportúarios baseado em análise multicriterial. Para isso, foi necessário realizar um estudo de caso. Assim, escolheu-se a cidade de Garuva/SC, localizada próxima ao Porto de Itapoá-SC. A metodologia do estudo foi dividida em cinco etapas: reconhecimento da área, coleta dos dados para implementação de análises espaciais em um Sistema de Informação Geográfica, escolha dos critérios, ponderação dos critérios e processamento dos dados. Os resultados parciais mostram que, dentre os critérios escolhidos para a implantação de um terminal retroportúario, a vegetação recebeu o maior peso.

Rodrigo Machado (rodrigom.engenharia@gmail.com)
Adriana Goulart dos Santos (adriana.santos@udesc.br)
Departamento de Engenharia Civil, Centro de Ciências Tecnológicas, Universidade do Estado de Santa Catarina
Rua Paulo Malschitzki, 200 - Campus Univ. Prof. Avelino Marcante - Zona Ind. Norte – Joinville/SC - Brasil

# IDENTIFICAÇÃO DE FATORES CONDICIONANTES PARA A IMPLANTAÇÃO DE UM CALÇADÃO EM GOIÂNIA

**Sara Lopes Souto**
Universidade Federal de Goiás
Escola de Engenharia Civil de Ambiental
**Willer Luciano Carvalho**
Universidade Federal de Goiás
Engenharia de Transportes
**Karla Emmanuela Ribeiro Hora**
Universidade Federal de Goiás
Escola de Engenharia Civil de Ambiental

**RESUMO**
Esse texto apresenta os procedimentos e resultados de uma pesquisa cuja proposta era identificar e hierarquizar os fatores condicionantes para a localização de um calçadão em Goiânia. Para tal, foram levantados trinta e três possíveis fatores através de um *brainstorm* com especialistas e da leitura da bibliografia sobre o assunto. O grau de relevância dos fatores na localização de um calçadão foi avaliado por 20 especialistas do setor através da aplicação de um questionário em escala *Likert*. Observou-se que 13 fatores foram classificados como importantes pelo Ranking Médio, enquanto que na análise dos quartis e decis esse número foi, respectivamente, 19 e 9 fatores. Por fim, essa pesquisa busca contribuir com gestores da área de planejamento urbano no processo decisório ao apresentar critérios objetivos de localização e propor procedimentos simples de serem replicados.

**ABSTRACT**
This paper describes a research that has the objective of identifying and hierarchizing the conditioning factors for the location of a boardwalk in Goiânia. To do so, a brainstorm with experts and a bibliography study were made to find thirty-three possible factors. The impact of each factor on determining the boardwalk's location was determined by using a Likert-scale questionnaire that was answered by twenty specialists in the sector. It was observed that 13 factors were classified as important by the Average Ranking, whereas in the analysis of quartiles and deciles this number was, respectively, 19 and 9 factors. Finally, this research tries to give concrete elements and helpful procedures to assist urban managers.

## 1. INTRODUÇÃO

O processo acelerado de concentração da população em áreas urbanas que se iniciou no século XVIII com a revolução industrial na Europa, encontra-se, hoje, consolidado. A população mundial gira em torno de 7,3 bilhões de habitantes, sendo que, até o ano de 2014, 53,6% desta vivia em áreas urbanas. No Brasil, essa porcentagem é ainda maior. Mais de 85% dos mais de 207,8 milhões de brasileiros vivem em cidades, segundo dados do World Urbanization Prospects (Panorama da Urbanização Mundial) (ONU, 2014).

No Brasil, a partir da década de 50, adotou-se como parte da estratégia de modernização do país o estímulo à indústria automobilística. Para atender a esta política, foram criadas infraestruturas e uma série de incentivos fiscais e ideológicos de maneira a estimular a aquisição de automóveis pela população. Desde então, tal estratégia se reproduziu e cresceu, alargando as facilidades de aquisição de veículos motorizados individuais (Rocha Neto, 2012). Somou-se a isto, a ineficiência e precariedade do transporte público coletivo resultando, hoje, numa frota de veículos motorizados no país de quase 92 milhões (Denatran, 2016).

O uso intenso e ostensivo de veículos nos centros urbanos acende diversos problemas: engarrafamentos, poluição visual, sonora e do ar, insegurança no trânsito, sobretudo para os

que não utilizam transporte motorizado, isolamento das pessoas, abandono dos centros e expansão periférica das cidades. Além disto, tem-se o consumo elevado de recursos não renováveis para o funcionamento de veículos como carros e motocicletas. (European Communities, 2004).

Diante deste quadro de disfunções no espaço urbano geradas pelo excesso de veículos nas ruas, é manifesta a necessidade de se promover um uso equilibrado de todos os modais de transporte disponíveis. Para isso, é indispensável a oferta de um transporte coletivo de qualidade e o incentivo ao seu uso. Sendo este seguro, acessível, confortável e pontual. Além disto, deve-se investir em meios alternativos de transporte, como o cicloviário e o pedonal.

As zonas pedonais ou calçadões entram nesse contexto como uma solução interessante para promover os deslocamentos a pé nas cidades. Essas zonas são áreas das cidades em que a circulação de pedestres é priorizada, restringindo parcialmente ou totalmente a circulação de automóveis (Bortolazzo e Fujiwara, 2015).

Muitos são os benefícios da implantação de áreas pedonais. Elas amenizam o conflito entre carros e pedestres, favorecendo o fluxo de pessoas e, consequentemente, a atividade comercial (Colchete Filho *et al*, 2010). Tais áreas são espaços criativos e de socialização que contribuem para a manutenção da vivacidade nas áreas centrais e desenvolvimento da identidade cultura da cidade. (Braida, 2012; Souza, 2010). Estas zonas podem levar, também, a uma diminuição substancial nos acidentes envolvendo veículo, ciclistas e pedestres, redução do número de mortes no trânsito e decréscimo nos níveis de emissão de gases poluentes na atmosfera, devido à diminuição do uso do carro (Wright e Montezuma, 2004).

Entretanto, é necessária atenção para que o calçadão implantado não forme uma ilha urbana isolada e inacessível. Ele precisa ser ocupado pelos habitantes da cidade e cumprir sua função como infraestrutura urbana que favorece o uso pedonal. Januzzi (2006) levantou algumas qualidades que determinaram o sucesso da implantação de calçadões das cidades de Londrina (PR) e de Bauru (SP). Borges (2014) desenvolveu um método para a escolha de um local para a implantação de um bairro sustentável sem carros na cidade de Florianópolis (SC) e, para isso, definiu os fatores determinantes para a tomada de decisão.

Em face do exposto, o objetivo geral deste trabalho é identificar e hierarquizar os fatores condicionantes para a seleção do local de implantação de um calçadão em Goiânia.

## 2. CALÇADÕES

Várias são as formas de se restringir a circulação de veículos dentro das cidades. Uma delas é denominada por Borges (2014) como Medidas de Moderação de Tráfego. Estas incentivam a redução de velocidade dos veículos, através da alteração deliberada das características da via. Outra medida citada pelo mesmo autor, como uma forma de promover um ambiente seguro e acolhedor para pedestres, é a implantação das chamadas Zonas 30 ou zonas de tráfego calmo, onde é aplicado um limite rigoroso de velocidade sobre os motoristas.

Câmara e Macedo (2004) ressaltam a implantação do Pedágio Urbano em Londres e do Rodízio de Veículos por placa em São Paulo como formas eficientes de diminuir o número de deslocamentos realizados por meio de veículos motorizados particulares nas cidades. Entretanto, enfatizam que o sucesso expressivo da ação em Londres em comparação com a de

São Paulo se deve ao fato de que o Pedágio Urbano em Londres foi acompanhado de outras ações, como a melhoria do transporte público e a criação de infraestruturas que favoreceram o deslocamento de pedestres e ciclistas.

Cruz (2006) traz o calçadão como uma forma de se impor uma restrição plena à circulação de veículos, através da implantação de calçadas em toda largura da via, tornando inviável a circulação de veículos.

O Plano Diretor do Município de Goiânia - Lei complementar nº 171, de 29 de maio de 2007 (Goiânia, 2007, p. 16) define vias pedonais como "vias secundárias ou locais, não permitindo a circulação de nenhum tráfego motorizado, destinadas à circulação exclusiva de pedestres". E o Estatuto do Pedestre, Lei nº 8.644, de 23 de julho de 2008 (Goiânia, 2008) prevê a existência de "ruas específicas de pedestres, que deverão adotar logística própria e específica para distribuição de produtos e serviços".

**2.1. Panorama Mundial**

No ano de 2015, a cidade que possuía a maior rede de calçadões do mundo era Copenhague (Copenhagen-Portal, 2015). Nesta cidade, a iniciativa primeira de transformar uma rua do centro em um espaço exclusivo para pedestres, ainda na década de 60, foi controversa. Entretanto, não demorou a se observar a melhora na qualidade de vida, a diminuição do uso do carro e o aumento no fluxo do comércio local, tornando o empreendimento um sucesso entre os usuários (Höjemo, 2015).

Höjemo (2015) relata as transformações sofridas pelo calçadão de Copenhague até que este se consolidasse. Entre estas mudanças estão a retirada de estacionamentos, melhoria na infraestrutura de transporte coletivo e cicloviário no entorno, ampliações e, mais recentemente, a implantação de câmeras de vigilância, devido à ocorrência de assaltos.

O relatório Reclaiming city streets for people - Chaos or quality of life? (Reivindicar as ruas da cidade para pessoas - Caos ou qualidade de vida?) (European Communities, 2004) apresenta as diversas experiências de restrição de tráfego no mundo, tais como: o dia sem carro, ruas de pedestres e bairros sem carros. Experiências de sucesso que se replicam em diversas cidades de médio e grande porte. Bortolazzo e Fujiwara (2015), em consonância com o relatório, afirmam que medidas de restrição de tráfego no mundo todo estão a favor da redução de veículos circulando nas cidades, pois incentivam o investimento em outros modais de transporte.

Wright e Montezuma (2004) estudaram as intervenções urbanas feitas em Bogotá, dentre estas a criação de áreas pedonais. Em suas análises os autores verificaram uma série de impactos positivos nos âmbitos econômicos, sociais e ambientais da cidade. Foi constatado um aumento no valor dos imóveis na região, crescimento das oportunidades de emprego, aumento da circulação de pessoas, o que impactou diretamente o comércio, diminuição substancial nos acidentes envolvendo veículo, ciclistas e pedestres, redução do número de mortes no transito em mais de 50% entre os anos de 1995 e 2002, decrescimento dos índices e crimes e insegurança e melhora nos níveis de emissão de gases poluentes na atmosfera, devido a diminuição do uso do carro.

Contudo, a restrição ao uso de veículos automotores em algumas zonas só alcançou o sucesso

averiguado graças ao fato de que não foi uma medida implementada isoladamente. Atuando juntamente estavam ações como a revitalização e ocupação dos espaços públicos, melhora no sistema de transporte público e promoção de modais de transporte não motorizados (Wright e Montezuma, 2004).

**2.2. Panorama Brasileiro**

No Brasil, a rede de vias pedonais do centro da cidade de São Paulo se sobressai pela sua extensão, segundo a ONG Viva o Centro (2004) são cerca de 7 km de vias em uma área aproximada de 400 mil metros quadrados. O calçadão de São Paulo também se reúne às experiências bem sucedidas de zonas de pedestres e é bem visto por seus usuários.

No entanto, o calçadão apresenta alguns problemas. Devido a sua extensão e a existência de uma deficiência no sistema público de transporte, muitas vezes o usuário precisa andar grandes percursos até chegar a um estacionamento, estação de metrô ou parada de ônibus, além disto, muitas empresas mudaram de local diante das dificuldades de acesso de veículos de transporte de mercadoria (Nobre, 2009).

Segundo Nobre (2009), em busca do fortalecimento das áreas centrais tradicionais e do próprio calçadão de São Paulo, algumas medidas foram colocadas em prática, como o uso de prédios para atividades da administração pública, a recuperação do uso e arquitetura de prédios históricos, a renovação da iluminação pública e a implantação de estacionamentos subterrâneos.

Em Juiz de Fora (MG), os calçadões foram implantados a partir da década de 70 com o intuito de amenizar o conflito entre carros e pedestres. Para Colchete Filho *et al*. (2010) parte da força e vitalidade desses calçadões se deve à presença de praças, parques e galerias comerciais na região. Eles formam uma trama de caminhos e infraestruturas voltadas para o pedestre, aumentando o fluxo de pessoas circulantes e favorecendo a atividade comercial. Além de um comércio intenso, essas áreas pedonais, passaram a figurar como espaços criativos e de convivência, contribuindo para a manutenção da vivacidade nas áreas centrais da cidade, bem como para o desenvolvimento do turismo (Braida, 2012).

Estes autores sublinham, entretanto, que, até se tornar uma infraestrutura condizente com o uso pedonal, o calçadão de Juiz de Fora passou por diversas transformações. Ao longo do tempo, foram congregadas outras ruas exclusivas para pedestres. Além disso, ele passou por um processo de despoluição visual, foram implantados projetos paisagísticos, instalações subterrâneas, sistema de captação de águas pluviais e, mais recentemente, um sistema de câmeras para reforçar a segurança no local.

Para Colchete Filho *et al*. (2010) parte do sucesso nas intervenções e nas ampliações sofridas pelo calçadão de Juiz de Fora se deve ao fato de que essas passaram pelo crivo da população, que teve a oportunidade de compartilhar suas demandas e opiniões através de pesquisas. Eles afirmam que “A participação popular pode ser tomada como positiva, à medida que amplia as chances de sucesso das intervenções, e constituindo instrumento de melhora e aproximação da sociedade com o bem público.” (Colchete Filho *et al*., 2010, p. 21).

Souza (2010), também trata o calçadão da Cardoso Vieira no centro de Campina Grande (PB) como uma infraestrutura urbana importante para a socialização e o desenvolvimento da

identidade cultural da cidade.

A eliminação do fluxo de veículos motorizados torna o ambiente menos poluído visualmente e mais seguro para a prática de turismo, encontro de pessoas e desenvolvimento de atividades culturais, protegendo o patrimônio material e imaterial. Por estas razões Zanirato (2008) recomenda a implantação de ruas de circulação exclusiva para pedestres em centros históricos. Ela ainda aconselha que esta medida seja acompanhada de provisão de estacionamentos e transporte público fora do perímetro salvaguardado, facilitando a circulação de pedestres.

## 3. FATORES DE LOCALIZAÇÃO DE CALÇADÕES

O sucesso ao se implantar locais com restrição de tráfego é intimamente dependente da adesão do usuário, tanto nos bairros sustentáveis, quanto nos calçadões. Borges (2014) em sua tese traça um método de escolha da melhor localização para um bairro sustentável na cidade de Florianópolis. Para tanto, o autor levanta os fatores que influenciam no processo de escolha da localização de maneira a potencializar as chances de sucesso.

Januzzi (2006), em sua pesquisa nos calçadões das cidades de Londrina (PR) e de Bauru (SP), concluiu que o sucesso ou o fracasso na implantação de uma rua para pedestres depende dos seguintes aspectos:

- Estrutura física existente;
- Promoção da interação social;
- Tráfego;
- Oferta de transporte público;
- Acessibilidade;
- Grau de desenvolvimento do setor terciário;
- Gestão participativa;
- Habitabilidade.

Wright e Montezuma (2004) concluíram que a mudança de comportamento e da forma como as pessoas ocupavam os espaços urbanos de Bogotá foram resultados de uma série de fatores combinados.

Bortolazzo e Fujiwara (2015) reafirmam a importância de ações integradas e apresentam exemplos de implementação dessas ações em várias cidades. Dentre as ações estão a melhoria do transporte publico, medidas de tráfego calmo, restrição de áreas para estacionamento e incentivo ao uso de bicicletas públicas.

Tanto elas, quanto Wright e Montezuma (2004) identificaram que em algumas cidades foi usada a estratégia de adoção de “períodos teste”, como o Dia Sem Carro, para avaliar os impactos da restrição de veículos no comportamento do usuário e na economia do local. Sendo que, além de funcionarem como um termômetro, estes eventos ajudam a educar o usuário.

Ainda no sentido de educar o usuário e incentivá-lo a abandonar o carro e ocupar outros espaços e infraestruturas, como os calçadões e ciclovias, existem medidas de restrições veiculares como rodízio de placas e pedágio urbano. Medidas de tráfego calmo e restrições para estacionamento também tem um importante papel na mudança da cultura de mobilidade

(Câmera e de Macedo, 2004; Wright e Montezuma, 2004; Bortolazzo e Fujiwara, 2015).

Para Cruz (2006) ao ser implantada uma restrição veicular, deve-se considerar o tipo de usuário da via, a localização da área a ser restrita e o tipo de uso do solo. O autor alega igualmente que as distâncias convenientes a serem percorridas a pé a partir do estacionamento são diferentes e dependem do destino e do usuário.

## 4. METODOLOGIA

Primeiramente foi realizada a identificação de prováveis Fatores Locacionais. Para tanto, foram elencados os usos e características dos calçadões mencionados nos textos dos autores estudados na Revisão Bibliográfica. Com o intuito de se incorporar ao questionário o maior número de fatores possivelmente relevantes, sobretudo levando-se em consideração a realidade da cidade de Goiânia, foi feito um *brainstorm* com dois pesquisadores goianienses, um na área de transportes e outro no campo do urbanismo, para que estes incorporassem à listagem outros fatores.

Com os possíveis fatores locacionais preestabelecidos foi desenvolvido o Instrumento de Coleta de Dados. A coleta de dados foi feita através de questionários aplicados a especialistas (amostra não probabilística intencional). Foi pedido aos participantes que estes avaliassem os possíveis fatores locacionais segundo uma escala Likert de 5 pontos: 1 - Irrelevante, 2 -Pouco Relevante, 3 – Sem condições de opinar, 4 - Relevante, 5 – Muito Relevante.

Desenvolvido o questionário, passou-se para a fase de Coleta de Dados propriamente dita. O questionário foi aplicado utilizando o *Google Forms* (Formulários Google). Foram contatados por e-mail profissionais brasileiros que possuíam reconhecido conhecimento na área, entre eles: professores universitários, técnicos que trabalham em órgãos de decisão da cidade de Goiânia e pesquisadores da área da mobilidade urbana e urbanismo.

Para mensurar a confiabilidade dos resultados da avaliação dos itens da pesquisa foi calculado o coeficiente Alfa de Cronbech através do software estatístico SPSS. O coeficiente alfa de Cronbech foi desenvolvido por Lee Cronbach em 1951. Esse coeficiente é calculado segundo a Equação 1 (Freitas e Rodrigues, 2005):

$$\alpha = \left[\frac{k}{k-1}\right]\left[1 - \frac{\sum_{i=1}^{k} S^2 i}{S^2 t}\right] \quad (1)$$

em que *K*: número de questões do instrumento;
*S²i*: variância da questão;
*S²t*: variância total do instrumento.

A seleção dos fatores relevantes e a hierarquização destes deram-se através de duas abordagens. A primeira foi proposta por Carvalho (2011). Nela, são calculadas a frequência absoluta e a frequência relativa percentual das respostas. Avaliando a escala adotada, observa-se que apenas os fatores que tiveram majoritariamente notas 4 e 5 possuem relevância para o estudo. Assim, foram selecionados os fatores cujo percentual de respostas favoráveis estivessem dentro do terceiro quartil. Em seguida, a fim de se diminuir o número de indicadores ainda mais, foram selecionados aqueles em que o percentual de respostas favoráveis estivessem dentro do décimo decil.

Na segunda abordagem, foi calculado o Ranking Médio (RM) da pontuação atribuída às respostas, relacionando à frequência das respostas. O RM é calculado através da média ponderada das respostas dadas em cada item do questionário como mostrado na Equação 2 (Oliveira, 2005):

$$RM = \sum(fi \cdot Vi) / (NS) \quad (2)$$

em que *fi*: frequência observada para cada resposta de um item;
*Vi*: peso de cada resposta;
*NS*: número de respondentes.

Aqueles fatores em que o RM calculado foi maior que 4 foram considerados relevantes para o estudo, sendo que quanto mais o valor de RM for próximo de 5, mais relevante é o indicador.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Vinte especialistas responderam ao questionário e avaliaram o grau de relevância dos trinta e três possíveis indicadores levantados. O coeficiente Alfa de Cronbach para o questionário aplicado foi de 0,894. Tomando como base a classificação proposta por Freitas e Rodrigues (2005) (Tabela 1), conclui-se que a consistência interna do questionário aplicado é alta, pois o valor do coeficiente está entre 0,75 e 0,9. Sendo assim, o questionário oferece uma alta confiabilidade na avaliação do objeto para o qual foi elaborado.

**Tabela 1:** Escala de consistência interna do coeficiente alfa de Cronbach.

| Valores de α | Consistência |
|---|---|
| $\alpha \leq 0,3$ | Muito baixa |
| $0,3 < \alpha \leq 0,6$ | Baixa |
| $0,6 < \alpha \leq 0,75$ | Moderada |
| $0,75 < \alpha \leq 0,9$ | Alta |
| $0,9 \leq \alpha$ | Muito alta |

**Fonte:** Adaptado de Freitas e Rodrigues (2005, p. 4).

Analisando os fatores que tiveram a somatória das frequências relativas das respostas “4 – Relevante” ou “5 – Muito Relevante” dentro do terceiro quartil, ou seja, que foram considerados pelo menos relevantes por no mínimo 75% dos especialistas, percebe-se que 19 seriam os indicadores importantes para a escolha da localização (Tabela 2).

Este resultado comprova que a maioria dos fatores selecionados através do estudo da bibliografia sobre o assunto de fato contribuem para a avaliação da localização de calçadões. Contudo, é imprescindível ressalvar que quanto maior o número de fatores considerados, mais complexa é a obtenção e a análise dos dados para subsidiar a escolha da localização.

Uma opção para o gestor público que estiver diante de uma quantidade grande de indicadores para serem analisados é adotar um critério mais restritivo de seleção dos mesmos. Com isso em mente, foram contabilizados os fatores cuja soma de avaliações “Relevante” ou “Muito Relevante” estão no décimo decil, ou seja, que foram considerados pelo menos relevantes por no mínimo 90% dos especialistas. Com essa consideração, os indicadores importantes para a escolha da localização passaram a ser 9, como pode ser visto em cinza escuro na Tabela 2.

A seleção dos fatores com base nos percentis apresenta fragilidade no sentido de que não pondera a diferença entre grau de importância de uma avaliação 4 (Relevante) e de uma

avaliação 5 (Muito relevante). Ela também ignora os conceitos negativos dados ao possível indicador. Assim, buscando levar em consideração a distribuição das respostas dadas para cada item e, concomitantemente, atribuir índices de relevância para cada fator, foi calculado o Ranking Médio. Os fatores com RM maior que quatro foram considerados relevantes e somam um total de 13 indicadores destacados em cinza claro na Tabela 3.

Comparando o diagnóstico feito através dos percentis e do Ranking Médio, observa-se que a maioria dos fatores permaneceram em posições iguais ou próximas, os itens considerados mais e menos importantes mantiveram a mesma posição e todos os indicadores selecionados pelo RM estão dentro do terceiro quartil. Este resultado é importante, pois mostra que os métodos de avaliação convergem para resultados semelhantes, sendo o RM mais completo por considerar todos os graus de avalição e já atribuir um peso aos fatores.

**Tabela 2** – Identificação dos fatores selecionados através dos percentis.

| | FATORES | FREQUÊNCIA PERCENTUAL DAS REPOSTAS "RELEVANTE" OU "MUITO RELEVANTE" |
|---|---|---|
| 33 | Nível de segurança do local | 100% |
| 15 | Frequência das linhas de transporte coletivo que servem a região (Em raios de até 400m) | 95% |
| 10 | Presença de iluminação pública no local compatível com o uso pedonal | 90% |
| 17 | Proximidade com corredores de transporte, BRTs e/ou VLTs (Em raios de até 400m) | 90% |
| 21 | Presença de vias cicláveis ligadas ao calçadão | 90% |
| 26 | Aceitação da população | 90% |
| 1 | Número de pedestres no local | 90% |
| 8 | Presença de bares, lanchonetes e restaurantes | 90% |
| 13 | Presença de sistema de drenagem pluvial no local | 90% |
| 9 | Identificação de uso do solo misto no local | 85% |
| 22 | Número de pontos de parada para bicicleta adjacentes | 85% |
| 5 | Existência de centros comerciais (shoppings e galerias) | 80% |
| 12 | Nível de conforto térmico do local | 80% |
| 29 | Presença de medidas de Tráfego Calmo no local (restrições de velocidade e obstáculos nas vias) | 80% |
| 2 | Existência de praças que podem ser ligadas ao calçadão | 75% |
| 19 | Proximidade com terminais de ônibus (Em raios de até 400m) | 75% |
| 25 | Local com relevância histórica com prédios ícones | 75% |
| 27 | Topografia do terreno | 75% |
| 30 | Presença de medidas de restrição de estacionamento no local (cartão azul, proibição, etc) | 75% |
| 11 | Presença de vegetação no local (árvores e canteiros) | 70% |
| 16 | Frequência das linhas de transporte coletivo que servem a região (Em raios maiores que 400m) | 70% |
| 7 | Presença de teatros, cinemas e casas noturnas | 65% |
| 14 | Nível de poluição visual do local | 65% |
| 28 | Locais que já experimentam eventos como Dia Sem Carro ou funcionam como calçadões esporadicamente | 65% |
| 3 | Existência de parques que podem ser ligados ao calçadão | 60% |
| 18 | Proximidade com corredores de transporte, BRTs e/ou VLTs (Em raios maiores que 400m) | 60% |
| 23 | Número de vagas de estacionamento para veículos motorizados nas adjacências (Em raios de até 400m) | 55% |
| 4 | Existência de ruas que já funcionam como calçadões | 50% |
| 6 | Presença de prédios públicos da Administração | 50% |
| 20 | Proximidade com terminais de ônibus (Em raios maiores que 400m) | 45% |
| 31 | Presença de controle de acesso de veículos no local por meio de pedágio urbano | 40% |
| 24 | Número de vagas de estacionamentos para veículos motorizados no entorno (Em raios maiores que 400m) | 35% |
| 32 | Presença de controle de acesso de veículos no local por meio de rodízio de placas | 20% |

**Tabela 3 –** Identificação dos fatores selecionados através do Ranking Médio**.**

| | FATORES | Ranking Médio (RM) |
|---|---|---|
| 33 | Nível de segurança do local | 4,90 |
| 10 | Presença de iluminação pública no local compatível com o uso pedonal | 4,55 |
| 26 | Aceitação da população | 4,55 |
| 1 | Número de pedestres no local | 4,45 |
| 13 | Presença de sistema de drenagem pluvial no local | 4,35 |
| 21 | Presença de vias cicláveis ligadas ao calçadão | 4,35 |
| 15 | Frequência das linhas de transporte coletivo que servem a região (Em raios de até 400m) | 4,30 |
| 9 | Identificação de uso do solo misto no local | 4,20 |
| 8 | Presença de bares, lanchonetes e restaurantes | 4,10 |
| 12 | Nível de conforto térmico do local | 4,10 |
| 17 | Proximidade com corredores de transporte, BRTs e/ou VLTs (Em raios de até 400m) | 4,10 |
| 22 | Número de pontos de parada para bicicleta adjacentes | 4,10 |
| 29 | Presença de medidas de Tráfego Calmo no local (restrições de velocidade e obstáculos nas vias) | 4,05 |
| 5 | Existência de centros comerciais (shoppings e galerias) | 3,95 |
| 11 | Presença de vegetação no local (árvores e canteiros) | 3,95 |
| 27 | Topografia do terreno | 3,95 |
| 2 | Existência de praças que podem ser ligadas ao calçadão | 3,90 |
| 25 | Local com relevância histórica com prédios ícones | 3,90 |
| 16 | Frequência das linhas de transporte coletivo que servem a região (Em raios maiores que 400m) | 3,85 |
| 7 | Presença de teatros, cinemas e casas noturnas | 3,80 |
| 30 | Presença de medidas de restrição de estacionamento no local (cartão azul, proibição, etc) | 3,80 |
| 19 | Proximidade com terminais de ônibus (Em raios de até 400m) | 3,75 |
| 14 | Nível de poluição visual do local | 3,60 |
| 3 | Existência de parques que podem ser ligados ao calçadão | 3,55 |
| 6 | Presença de prédios públicos da Administração | 3,55 |
| 18 | Proximidade com corredores de transporte, BRTs e/ou VLTs (Em raios maiores que 400m) | 3,55 |
| 28 | Locais que já experimentam eventos como Dia Sem Carro ou funcionam como calçadões esporadicamente | 3,55 |
| 23 | Número de vagas de estacionamento para veículos motorizados nas adjacências (Em raios de até 400m) | 3,45 |
| 4 | Existência de ruas que já funcionam como calçadões | 3,20 |
| 20 | Proximidade com terminais de ônibus (Em raios maiores que 400m) | 3,10 |
| 24 | Número de vagas de estacionamentos para veículos motorizados no entorno (Em raios maiores que 400m) | 3,10 |
| 31 | Presença de controle de acesso de veículos no local por meio de pedágio urbano | 2,95 |
| 32 | Presença de controle de acesso de veículos no local por meio de rodízio de placas | 2,65 |

Confirmou-se a partir dos resultados obtidos que o raio de 400m foi definidor para que fossem considerados muito relevantes ou irrelevantes os acessos ao transporte coletivo a partir do calçadão.

Nota-se, ainda, que medidas que buscam apenas desestimular o uso do carro não foram consideradas relevantes pelos especialistas. Por outro lado, a maior parte dos indicadores selecionados estão associados à medidas que estimulam o uso pedonal e estas medidas podem ser segregadas em quatro categorias principais: uso do solo, conforto e segurança do usuário, acessibilidade através transporte coletivo e não motorizado e motivação do usuário (Tabela 4).

**Tabela 4** – Classificação dos fatores.

| Uso do solo | Conforto e segurança do usuário | Acessibilidade através transporte coletivo e não motorizado | Motivação do usuário |
|---|---|---|---|
| • Identificação de uso do solo misto no local;<br>• Presença de bares, lanchonetes e restaurantes;<br>• Existência de centros comerciais (shoppings e galerias);<br>• Existência de praças que podem ser ligadas ao calçadão;<br>• Local com relevância histórica com prédios ícones. | • Nível de segurança do local;<br>• Presença de iluminação pública no local compatível com o uso pedonal;<br>• Presença de sistema de drenagem pluvial no local;<br>• Nível de conforto térmico do local;<br>• Presença de medidas de Tráfego Calmo no local (restrições de velocidade e obstáculos nas vias);<br>• Topografia do terreno. | • Presença de vias cicláveis ligadas ao calçadão;<br>• Frequência das linhas de transporte coletivo que servem a região (Em raios de até 400m);<br>• Proximidade com corredores de transporte, BRTs e/ou VLTs (Em raios de até 400m);<br>• Número de pontos de parada para bicicleta adjacentes;<br>• Proximidade com terminais de ônibus (Em raios de até 400m). | • Aceitação da população;<br>• Número de pedestres no local. |

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho se propôs a identificar e hierarquizar os fatores condicionantes para a seleção do local de implantação de um calçadão em Goiânia. Para levanta-los foram sistematizados dados e informações sobre experiências de calçadões através da bibliografia existente sobre o assunto e os fatores pré-selecionados foram avaliados por especialistas em mobilidade urbana através da aplicação de um questionário na escala *Likert*.

A escala *Likert* se mostrou uma ferramenta eficiente na seleção e hierarquização dos 33 fatores levantados, uma vez que, além de assertiva e de fácil aplicação, permitiu com que o tratamento dos dados fosse simples dada a quantidade de fatores que estavam sendo analisados. Assim, pode-se firmar que os procedimentos aplicados nesse trabalho são fáceis de serem replicados para outras cidades. No entanto, sugere-se que em aplicações futuras a acessibilidade universal seja incluída como um fator a ser hierarquizado.

A pesquisa verificou que pelo menos 19 dos 33 critérios levantados na literatura podem ser levados em consideração na escolha do local, sendo o nível de segurança o fator mais relevante.

Alguns autores levantaram como problema de calçadões as longas distâncias percorridas a pé pelo pedestre e, confrontando os fatores identificados, confirmou-se a importância de se levar em consideração essas distâncias para que o usuário não tenha que fazer longas caminhadas para ter acesso a outros modais de transporte.

Por fim, os fatores identificados como relevantes neste trabalho podem servir de base para a determinação de indicadores de localização que sejam passíveis de serem coletados, mensurados e normalizados para que possibilitem a formulação de um índice de localização de calçadões para a cidade de Goiânia. Pode-se, ainda, delimitar a quantidade e o peso dos indicadores que serão usados na formulação através de ferramentas de análise multicritério, como a AHP.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Borges, B. (2014) *Princípios e diretrizes para o planejamento e implementação de bairros sem carros em cidades de porte médio do Brasil*. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina.

Bortolazzo, S. S. A. e Fujiwara, M. (2015) Centros livres de carros como metodologia ao planejamento urbano a favor da sustentabilidade e igualdade. In: *ANPET XXIX Congresso Nacional de Ensino e Pesquisa em Transportes*, Ouro Preto, p. 2692-2705

Braida, F. (2012) *Cultura e comunicação nos calçadões dos centros de Juiz de Fora e de Buenos Aires: a vitalidade das ruas em tempos de descentralização urbana*. Disponível em: http://www.ppgau.ufba.br/urbicentros/2012/ST173.pdf. Acesso em: abril de 2016.

BRASIL. Denatran. (2016) *Frota Nacional*. Brasil. Disponível em: http://www.denatran.gov.br/frota2016.htm. Acesso em: junho de 2016.

Câmara, P. e De Macedo, L. V. (2004) *Restrição veicular e qualidade de vida: o pedágio urbano em Londres e o rodízio em São Paulo*. Disponível em: http://nossasaopaulo.org.br/portal/files/RestricaoVeicular_0.pdf. Acesso em: junho de 2016.

Carvalho, W. L. (2011) *Metodologia de Análise para a Localização de Escolas em Áreas Rurais*. Tese de Doutorado, Publicação T.D-002A/2011, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental. Universidade de Brasília, Brasília.

Colchete Filho A.; Marangon M. e Fonseca F. L. (2010) *A vitalidade dos espaços públicos centrais: os calçadões de pedestres em Juiz de Fora*. Disponível em: http://www.anparq.org.br/dvd-enanparq/simposios/173/173-738-1-SP.pdf. Acesso em: abril de 2016.

COPENHAGEN-PORTAL (2016) Strøget - The world's longest Pedestrian Street - Copenhagen - Copenhagen Visitors. Disponível em: <http://www.copenhagenet.dk/cphmap/CPH-Pedestrian.asp>. Acesso em: maio de 2016.

CRUZ, M. M. L. (2006) *Avaliação dos impactos de restrições ao trânsito de veículos*. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. Campinas, SP.

Freitas, A. L. P. e Rodrigues, S. G. (2005) A avaliação da confiabilidade de questionários: uma análise utilizando o coeficiente alfa de Cronbach. *XII SIMPEP*, p. 1-15.

GOIÂNIA. Secretaria Municipal da Casa Civil (2007) *Plano Diretor do Município de Goiânia, Lei complementar Nº 171, de 29 de maio de 2007*. Goiânia. Disponível em: http://www.goiania.go.gov.br/download/legislacao/PLANO_DIRETOR_DO_MUNICIPIO_DE_GOIANIA_2007.pdf. Acesso em: maio de 2016.

GOIÂNIA. Secretaria Municipal da Casa Civil (2008) *Estatuto do Pedestre*. Goiânia. Disponível em: https://www.goiania.go.gov.br/html/gabinete_civil/sileg/dados/legis/2008/lo_20080723_000008644.html. Acesso em: junho de 2016.

Höjerno, T. (2016) A leveza de andar: O desenvolvimento de políticas urbanas voltadas para os pedestres em Copenhague, Dinamarca (1960-2015). *Fronteiras: Revista de História*, v. 17, n. 30, p. 209-226.

Januzzi, D. de C. R. (2006) *Calçadões: a revitalização urbana e a valorização das estruturas comerciais em áreas centrais*. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

Nobre, E. A. C. (2009) Políticas Urbanas para o Centro de São Paulo: renovação ou reabilitação? Avaliação das propostas da Prefeitura do Município de São Paulo de 1970 a 2004. Pós. *Revista do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da FAUUSP*, n. 25, p. 214-231.

Oliveira, L. H. de. (2005) *Exemplo de cálculo de Ranking Médio para Likert*. Notas de Aula. Metodologia Científica e Técnicas de Pesquisa em Administração. Mestrado em Adm. e Desenvolvimento Organizacional. PPGA CNEC/FACECA: Varginha.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (2014) *World Urbanization Prospects*. Disponível em: http://esa.un.org/wpp/Documentation/pdf/WPP2012_%20KEY%20FINDINGS.pdf. Acesso em: maio de 2016.

Rocha Neto, O. A. (2012) *Mobilidade urbana e cultural do automóvel na singularidade da metrópole modernista brasileira*. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília.

Souza, N. de J. (1981) Economia regional: conceitos e fundamentos teóricos. *Revista Perspectiva Econômica*, São Leopoldo, Ano XVI, v. 11, n. 32, p. 67-102.

UNIÃO EUROPEIA. Comissão Europeia (2004) *Reclaiming city streets for people Chaos or quality of life?* Disponível em: http://ec.europa.eu/environment/pubs/pdf/streets_people.pdf. Acesso em: abril de 2016.

VIVA O CENTRO (2005) *Proposta de revisão dos calçadões do centro*. São Paulo.

Wright, L. e Montezuma, R. (2004) *Reclaiming public space: the economic, environmental, and social impacts of Bogota's transformation*. Disponível em: http://discovery.ucl.ac.uk/110/. Acesso em: junho de 2016.

Zanirato, S. H. (2008) A mobilidade nas cidades históricas e a proteção do patrimônio cultural. *Revista Eletrônica de Turismo Cultural*, v. 2, n. 2.

---

Sara Lopes Souto (sara_@hotmail.com.br)
Willer Luciano Carvalho (willer_carvalho@ufg.br)
Engenharia de Transportes, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal de Goiás
Rua Mucuri S/N, área 03, Bairro Conde dos Arcos, Aparecida de Goiânia - GO
Karla Emmanuela Ribeiro Hora (karlaemmanuela@gmail.com)

# INFRAESTRUTURA CICLOVIÁRIA E SEU IMPACTO NO USO DE BICICLETA EM GOIÂNIA

**Kayo Rodrigues F. de Carvalho**
**Daniel José F. Vieira**
Universidade Federal de Goiás
Escola de Engenharia Civil e Ambiental
**Willer Luciano Carvalho**
**Ronny Marcelo Aliaga Medrano**
Universidade Federal de Goiás
Engenharia de Transportes

**RESUMO**
As cidades protagonizam o desenvolvimento da sociedade do século XXI. Todavia, diversos problemas atuam no meio urbano como barreiras ao crescimento, por exemplo, a mobilidade urbana. Em Goiânia, semelhante a outras localidades brasileiras, tal problema é recorrente devido à intensa utilização de veículos particulares. Algumas medidas vêm sendo tomadas para mitigar tais problemas, como a implantação de ciclovias. Este trabalho visa verificar se a ciclovia induz a utilização de bicicleta em Goiânia, além de identificar os fatores os quais motivam e impedem as pessoas de utilizá-la. Para tal, foi realizada a aplicação de questionário nas áreas de influência das ciclovias de Goiânia. Os fatores motivadores e desmotivadores ao uso de bicicleta foram dispostos em escala Likert, recebendo tratamento através do software SPSS. Os resultados apontaram a importância das ciclovias que, juntamente com medidas que incrementam a segurança no transito, são fatores primordiais na escolha da bicicleta como meio de transporte.

**ABSTRACT**
The cities are leading the development of 21st century society. However, several problems act in the urban environment as barriers to growth, for example, urban mobility. In Goiânia, similar to other Brazilian localities, this problem is recurrent due to the intense use of private vehicles. Some measures have been taken to mitigate such problems, such as the implementation of bicycle lanes. This work aims to verify if the cycleway induces the use of bicycle in Goiânia, besides identifying the factors that motivate and prevent people from using it. For that, a questionnaire was applied in the areas of influence of the Goiania cycle paths. The motivating and demotivating factors for bicycle use were arranged on a Likert scale, receiving treatment through SPSS software. The results pointed out the importance of bicycle paths, which, together with measures that increase traffic safety, are prime factors in the choice of bicycle as a means of transportation.

## 1. INTRODUÇÃO

A mobilidade urbana brasileira tem se alterado com o passar do tempo e a tendência é de uma taxa crescente da motorização de sua população. O maior número de veículos privados nas ruas traz como consequências: mais acidentes de trânsito; maior poluição proveniente dos veículos e perda de tempo, que poderia ser destinado ao lazer ou descanso, em função dos congestionamentos nos centros urbanos (INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA – IPEA, 2013).

Esse cenário contraria os princípios e diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana Sustentável – PNMUS. A Lei 12.587/2012 determina que os modos de transportes não motorizados e os serviços de transporte público coletivo devem receber prioridade sobre o transporte individual motorizado (BRASIL, 2012).

Dessa forma, o futuro para uma melhora na qualidade dos deslocamentos nos grandes centros urbanos depende do investimento em novas soluções para a população através da disponibilidade de alternativas para locomoção (SANTOS; FREITAS, 2014). Dentro das alternativas para solução da mobilidade nas cidades brasileiras consta a bicicleta, que é um transporte limpo, barato e democrático, pois permite a equidade entre as diversas classes

sociais ao utilizar esse modo de transporte (MINISTÉRIO DAS CIDADES - MC, 2007).

Diante do cenário caótico presente em diversas cidades, Goiânia investe em melhorias para o transporte coletivo público e sustentável através da implantação de BRT e da construção de ciclovias. Tais investimentos fazem parte do Programa de Aceleração do Crescimento – PAC, que visa melhorar a mobilidade urbana das cidades (PAC, 2015).

Uma alternativa para a intensificação no uso do transporte sustentável seria a utilização da bicicleta. Entretanto, essa prática exige mudanças não só na infraestrutura, mas também no comportamento das pessoas, para que assim se torne habitual (CABALLERO *et al*., 2014).

Diante disso, este trabalho tem o objetivo de avaliar se a infraestrutura cicloviária induz a utilização de bicicleta, além de levantar os aspectos, segundo a amostra da população goianiense, que motiva ou desmotiva o seu uso.

## 2. TRANSPORTE NÃO MOTORIZADO POR BICICLETA EM GOIÂNIA

O Código de Trânsito Brasileiro - CTB (1997) define bicicleta como um "veículo de propulsão humana, dotado de duas rodas, não sendo similar à motocicleta, motoneta e ciclomotor". A bicicleta pode ser encontrada em diversos modelos e finalidades, despertando, no Brasil, quatro funções principais sendo o lazer, o esporte, o brinquedo e o meio de transporte (MC, 2007).

O transporte por bicicleta traz vantagens para seu usuário, que segundo MC (2007) são devidos ao baixo custo de aquisição e manutenção, a baixa perturbação ambiental, a contribuição para a saúde do usuário e a equidade por atender todas classes sociais. Entretanto, é apresentado como desvantagem do transporte não motorizado por bicicleta, segundo MC (2007), o raio de ação limitado, a sensibilidade às rampas, exposição a intempéries e poluição, o conflito físico do ciclista com veículos motorizados e a vulnerabilidade ao furto e assalto.

Além das desvantagens apresentadas para o uso da bicicleta, um dos principais desafios da desse tipo de mobilidade é a sua inserção no ambiente urbano visto que ela não é sinônimo de status como é o caso do automóvel (MC, 2007). Dessa maneira, necessita-se tratar da prática ciclística como um produto a ser vendido, precisando de investimentos em infraestruturas e propagandas. Para o Governo Federal, principal fomentador do transporte cicloviário, é primordial sinalizar a importância do tema perante a sociedade para garantir o sucesso da implantação de políticas cicloviárias (XAVIER, 2011).

Em Goiânia, desde 2012 a Prefeitura tem inaugurado diversas estruturas cicloviárias para sua população (GOIÂNIA, 2015). São 72,74 quilômetros de vias cicláveis em capacidade de uso em 2016, sendo que apenas ciclovias são 25,02 quilômetros (GOIÂNIA, 2016a). Na Tabela 1, a seguir, são apresentados os trechos e as extensões das ciclovias existentes já em uso até novembro de 2016.

**Tabela 1** – Ciclovias disponível para uso em Goiânia

| Nome da ciclovia | Trecho | Extensão (km) |
|---|---|---|
| Av. Universitária | Praça da Bíblia até Praça Cívica | 2,50 |
| Praça Cívica | Entorno da Praça Cívica | 0,37 |
| Av. T-7 | Praça Cívica até Av. Assis Chateaubriand | 2,60 |
| Av. T-63 | Praça Félix de Bulhões até Wilson Sales | 3,20 |
| Av. T-63 | Praça Wilson Sales até Terminal Isidoria | 2,60 |
| Av. Circular | Entorno da Av. Circular | 1,40 |
| Parque Flamboyant | Entorno do Parque | 1,90 |
| Parque Leolídio di Ramos Caiado | Entorno do Parque | 1,80 |
| Parque Linear Macambira Anicuns | Entorno do Parque | 7,00 |
| Irisville | GO-010 até Setor Irisville | 1,20 |
| Alameda Couto Magalhães | Parque Areião até Av. T-63 | 0,45 |

Fonte: GOIÂNIA, 2016a; GOIÂNIA, 2016b. Adaptada pelo autor.

Além das vias para transporte cicloviário, a Prefeitura de Goiânia implantou em dezembro de 2016 as bicicletas públicas compartilhadas. São 15 estações espalhadas pela cidade através do Projeto *DeBike*, sendo um processo à melhoria da mobilidade urbana através do ciclismo (GOIÂNIA, 2017).

### 2.1. Fatores que influenciam o uso de bicicleta

Silveira e Maia (2015) realizaram um levantamento das pesquisas já concluídas sobre os principais motivadores e desmotivadores ao uso da bicicleta, em diversas cidades do Brasil no período compreendido entre 2003 e 2013. Foram analisados 16 trabalhos de outros autores brasileiros, dentre os quais deram destaque a 8 motivadores e 22 empecilhos do uso da bicicleta. A seguir, na Tabela 2, tem-se os principais motivos pela escolha da bicicleta como meio de transporte e, na Tabela 3, os empecilhos (SILVEIRA; MAIA, 2015).

**Tabela 2** – Motivadores ao uso da bicicleta no Brasil.

| Principais motivadores do uso de bicicleta segundo 8 pesquisas | Cidades em que os motivadores foram citados |
|---|---|
| Praticidade do uso de bicicleta | Brasília (DF) e Teresina (PI) |
| Bem-estar em andar de bicicleta | Brasília (DF) e Curitiba (PR) |
| Andar de bicicleta é bom para a saúde | Aracajú (SE), Rio Claro (SP), Salvador (BA), São Carlos (SP) e São José do Rio Preto (SP) |
| Baixo custo da bicicleta | Rio Claro (SP), Salvador (BA) e São Carlos (SP) |
| Redução do tempo de deslocamento | Aracajú (SE), Salvador (BA) e Teresina (PI) |
| Transporte coletivo insuficiente no bairro | Salvador (BA) |
| Conscientização com a questão ambiental | Curitiba (PR) e São José do Rio Preto (SP) |
| Opinião da família quanto ao uso da bicicleta | Curitiba (PR) |

Fonte: SILVEIRA; MAIA, 2015, p. 27. Adaptado pelo autor.

**Tabela 3** - Motivos para o não uso da bicicleta no Brasil

| Principais empecilhos ao uso da bicicleta no Brasil encontrado em 15 pesquisas | Cidades em que o empecilho foi citado |
|---|---|
| Insegurança no trânsito | Aracajú (SE), Araçatuba (SP), Belo Horizonte (MG), Brasília (DF), Curitiba (PR), Florianópolis (SC), Fortaleza (CE), Juiz de Fora (MG), Lorena (SP), Piracicaba (SP), Recife (PE), Salvador (BA), Santo André (SP), São José do Rio Preto (SP) |
| Falta de iluminação no deslocamento | Florianópolis (SC), Lorena (SP), Piracicaba (SP), Santo André (SP) |
| Falta de vias cicláveis | Araçatuba (SP), Belo Horizonte (MG), Curitiba (PR), Florianópolis (SC), Fortaleza (CE), Lorena (SP), Piracicaba (SP), Recife (PE), Santo André (SP) |
| Falta de tratamento de sinalização nos cruzamentos | Lorena (SP), Piracicaba (SP), Florianópolis (SC), Santo André (SP) |
| Comportamento no trânsito entre motoristas e ciclistas | Lorena (SP), Piracicaba (SP), Florianópolis (SC), Santo André (SP), Juiz de Fora (MG), Curitiba (PR), Fortaleza (CE) |
| Imperfeições da pavimentação | Lorena (SP), Piracicaba (SP), Florianópolis (SC), Santo André (SP) |
| Topografia da cidade | Belo Horizonte (MG), Salvador (BA) |
| Distância dos deslocamentos | Belo Horizonte (MG), Curitiba (PR) |
| Não ter bicicleta | Belo Horizonte (MG), Curitiba (PR) |
| Insegurança pública | São José do Rio Preto (SP), Juiz de Fora (MG), Recife (PE), Curitiba (PR) |

Fonte: SILVEIRA; MAIA, 2015, p. 28. Adaptada pelo autor.

## 3. ANÁLISE COMPORTAMENTAL

O ser humano sobrevive tomando decisões todos os dias acerca do seu comportamento, podendo elas serem programadas ou não programadas. As decisões programadas são simples, pois existem regras bem definidas para as ações que serão realizadas. Já as decisões não programadas são complexas e exprimem uma nova situação antes nunca ocorrida, sem uma solução definida para o problema existente (MARTINS, 2008).

### 3.1. Comportamento humano

Acerca do comportamento, motivações e tomadas de decisões do cotidiano humano, existem diversas teorias que podem explicar como são atingidos os desejos e objetivos, assim como as escolhas de uma ação são influenciadas. Uma dessas teorias é a Hierarquia das Necessidades de Maslow, sendo de grande importância e aceitação em diversas áreas da ciência (SCHIFFMAN; KANUK, 2009). Outro estudo é a Teoria do Comportamento Planejado, que é amplamente utilizada para pesquisas sobre bicicleta a qual possuem o componente comportamento (SILVEIRA; MAIA, 2015).

Para entender o comportamento humano segundo a Hierarquia das Necessidades de Maslow, é fundamental realizar um estudo acerca do que o motiva, pois as necessidades humanas estão organizadas em níveis e dispostas em uma hierarquia de importância e influência (CHIAVENATO, 2004). Dessa forma, procura-se suprir aquilo que é primário, ou seja, de natureza fisiológica (alimento, repouso, abrigo e reprodução) e de segurança (proteção contra o perigo, doenças, incertezas e desemprego). Posteriormente, são considerados os elementos de natureza secundária, que são de fatores sociais (relacionamento, aceitação e afeição), de

estima (satisfação do ego, orgulho, prestígio e admiração pelos outros) e de auto realização (excelência pessoal, competência e expertise) (CHIAVENATO, 2004).

A Teoria do Comportamento Planejado - TCP é outro estudo desenvolvido que representa um modelo para a compreensão do comportamento humano ao ponto de procurar prevê-lo (SCHIFFMAN; KANUK, 2009). Sobre a TCP podem ser destacados três constructos, sendo o primeiro vinculado com as atitudes em relação ao comportamento (grau de satisfação pessoal naquilo que é determinado como favorável ou não favorável), o segundo como a norma subjetiva (influência sobre o indivíduo causada pela pressão social de pais, grupos de referência, cultura, amigos, opinião pública entre outros) e o último como o controle comportamental percebido (interesse que um indivíduo possui sobre o resultado esperado sobre determinado comportamento) (PEIXOTO, 2007).

### 3.2. Comportamento da viagem

A análise do comportamento humano pode explicar as diversas atividades realizadas pelo homem no seu dia-a-dia. Devido a necessidade humana em se deslocar, fica implícito a importância em realizar um bom planejamento do transporte, sendo necessário compreender o motivo de cada viagem. Para entender o motivo, é fundamental conhecer acerca do comportamento humano e o comportamento de viagens para que seja explicada a decisão do deslocamento humano (LEITE, 2011).

A pesquisa sobre comportamento de viagem busca identificar as razões, fatores e variáveis que definem o processo de tomada de decisão do indivíduo diante da realização de uma viagem. Sem desprezar a natureza derivada da viagem, deve-se determinar as variáveis que definam as escolhas dos usuários no que diz respeito à sua participação em atividades (TAKANO, 2010).

## 4. MÉTODOLOGIA

Para o desenvolvimento da pesquisa foi realizada uma pesquisa de campo para verificar se a existência da infraestrutura cicloviária induz a utilização de bicicleta como transporte alternativo em Goiânia. Para que seja atingido esse objetivo foi necessário caracterizar as vias de Goiânia que possuem ciclovias. Além disso, foram identificados os aspectos que influenciam na escolha de bicicleta como meio de transporte através de 21 motivadores e empecilhos.

Com a realização da pesquisa de campo, foram obtidas 448 entrevistas. O período de aplicação dos questionários ocorreu entre 11 de outubro e 11 de novembro de 2016. A aplicação nos terminais de ônibus ocorreu no período da tarde entre 14 e às 18 horas. Nas demais áreas de influência as aplicações ocorreram ao longo do dia (respectivamente período matutino, vespertino e noturno). Procurou-se distribuir igualitariamente o número de entrevistados em cada ponto de coleta de dados.

Para identificar a área de estudo, o limite teórico para o uso da bicicleta é de 7,5 quilômetros (GEIPOT, 2001). Então, tem-se o raio de ação e a área em que a ciclovia exerce influência. Com isso, é possível determinar os locais onde existem ciclovias e suas áreas de abrangências para que sejam escolhidos os pontos de coleta de dados. Dessa forma, foram escolhidos os pontos de coletas de dados ao longo da existência das ciclovias, que é representado pela Figura 1, a seguir.




**Figura 1** – Pontos de coleta de dados e ciclovias (trechos coloridos) existentes nas regiões
Fonte: GOIÂNIA, 2016a; GOIÂNIA, 2016b. Adaptada pelo autor.

Para este trabalho foi utilizada a delimitação da amostra definida por Barbetta (2003), que para um erro de 5%, obtém-se uma amostra de 400 indivíduos. Além disso, Barbetta (2003) determina que se o universo for maior que 20 vezes o tamanho da amostra, não se faz necessário realizar correção.

Os fatores que influenciam o uso de bicicleta foram representados em escala de concordância *Likert* de 5 pontos. Dessa forma, o entrevistado identificou cada item em concordo totalmente (5), concordo em parte (4), nem concordo nem discordo (3), discordo em parte (2) e discordo totalmente (1).

O tratamento de dados realizou a análise descritiva e fatorial dos dados levantados em campo. A análise descritiva determinou a média da escala de concordância Likert e o desvio padrão de cada fator motivador ou desmotivador ao uso de bicicleta. A análise fatorial sintetizou e resumiu os dados em fatores que os agrupem (HAIR *et al*, 2005). Através dessa análise foi possível trazer percepções gerais dos motivadores e empecilhos ao uso de bicicleta como os itens mais relevantes para o questionário e a confiabilidade dos dados analisados. A análise fatorial dos dados ocorreu através do *software Statistical Package for the Social Sciences* - SPSS (versão 22).

Para testar a consistência interna dos dados foi empregado um mecanismo denominado Alfa de *Cronbach*. Esse mecanismo, de acordo com Rezende (2012), utiliza algumas variáveis que se relacionam de acordo com a Equação 1.

$$\alpha = \left(\frac{K}{K-1}\right)\left(1 - \sum_{i=l}^{k} S_i^2 \left(\frac{1}{S_t^2}\right)\right) \quad (1)$$

Em que $\alpha$: Alfa de Cronbach;

$K$: Número de questões;
$S_i^2$: Variância total do instrumento.

O coeficiente Alfa de *Cronbach* é uma das estimativas da confiabilidade de um questionário. Esse coeficiente varia de 0 a 1, e em geral, considera-se um nível satisfatório para um instrumento de pesquisa que obtenha $\alpha \geq 0{,}70$ (FREITAS; RODRIGUES, 2005).

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O perfil dos 448 entrevistados pode ser identificado na Figura 2, através de um gráfico de barras. A quantidade superior do público mais jovem apresentado no perfil da amostra representa a maioria de ingressantes dos terminais de ônibus e os horários que foram aplicados os questionários, que ocorreram no período entre 14 às 17 horas.

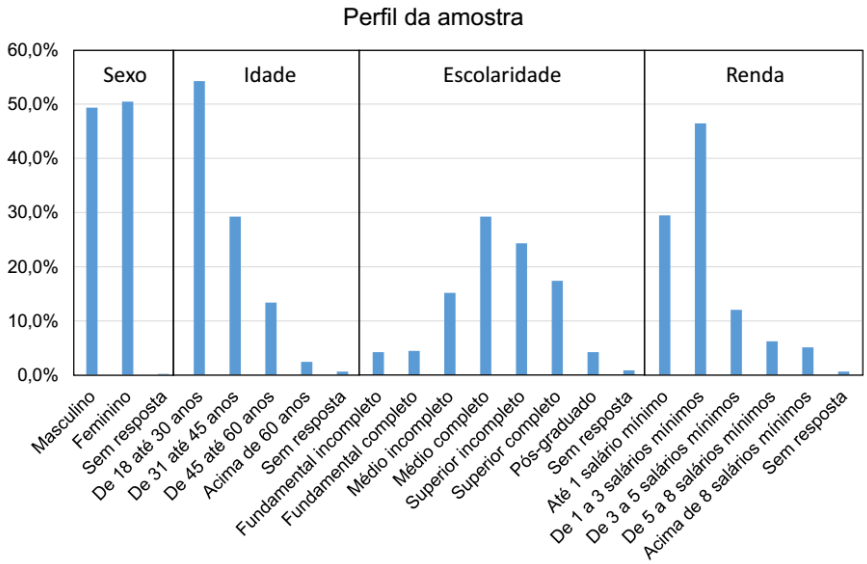



**Figura 2** – Perfil da amostra

Dos 448 entrevistados, 153 indivíduos ou 34,1% da amostra afirmaram que andam de bicicleta pelo menos uma vez por semana. A frequência do uso de bicicleta se dá em até 3 dias da semana por 72,5% dos usuários. Além disso, a maior parte do motivo para uso é lazer com 44,4%, enquanto a prática esportiva representa 11,8%, que se somados representam mais da metade dos usuários desse modo de transporte que possuem a prática do ciclismo para fins recreativos.

Durante os deslocamentos de bicicleta daqueles 34,1% ciclistas da amostra, 55,3% disseram que a ciclovia não faz parte em nenhum trecho das viagens realizadas, evidenciando a falta dessa infraestrutura por toda Goiânia.

No que diz respeito se "a existência da ciclovia induz sua utilização" foi respondida por 439 dos entrevistados, sendo 9 questionários sem resposta, o que equivale a 2,0%. De toda amostra, 329 pessoas responderam "sim", o que representa 73,4%, sendo 110 respostas "não", equivalente a 24,6%. Portanto, a existência dessa infraestrutura exerce influência sobre a população em utilizá-la.

### 5.1. Análise dos fatores que influenciam no uso da bicicleta

Foram considerados 5 fatores como motivador ao uso de bicicleta. Na Tabela 4 é apresentado

o resultado obtido em campo.

**Tabela 4** – Análise descritiva: Motivadores ao uso de bicicleta

| Motivador | Média | Taxa Média | Taxa de Concordantes | Desvio padrão |
|---|---|---|---|---|
| M3 - Andar de bicicleta traz benefícios a saúde | 4,93 | 0,983 | 0,989 | 0,391 |
| M2 - Bicicleta causa menos impacto ao meio ambiente | 4,83 | 0,956 | 0,967 | 0,687 |
| M4 - Andar de bicicleta traz sensação de bem-estar | 4,67 | 0,918 | 0,926 | 0,680 |
| M5 - Custo de obtenção e manutenção da bicicleta é relativamente barato | 4,55 | 0,887 | 0,926 | 0,864 |
| M1 - Transporte público insuficiente | 4,27 | 0,818 | 0,828 | 1,135 |

Todos os motivadores obtiveram média acima de 4, isso representa que o todos os itens são concordados totalmente pela amostra, sendo que andar de bicicleta traz benefício a saúde foi o mais aceito.

Foram considerados 16 fatores como empecilho ao uso de bicicleta. Na Tabela 5 é apresentada a análise descritiva dos resultados obtidos em campo.

**Tabela 5** – Análise descritiva: empecilhos do uso de bicicleta

| Empecilho | Média | Taxa da média | Taxa de concordantes | Desvio padrão |
|---|---|---|---|---|
| E5 - Falta de respeito no trânsito | 4,74 | 0,934 | 0,938 | 0,674 |
| E1 - Insegurança pública | 4,51 | 0,877 | 0,913 | 0,875 |
| E6 - Falta de sinalização | 4,49 | 0,872 | 0,895 | 0,869 |
| E2 - Falta de faixas e pistas destinadas ao ciclista | 4,46 | 0,864 | 0,895 | 0,937 |
| E8 - Falta de iluminação no deslocamento | 4,45 | 0,863 | 0,879 | 0,861 |
| E7 - Imperfeições e obstáculos nas vias | 4,42 | 0,855 | 0,884 | 0,942 |
| E4 - Falta de estacionamento para bicicleta no destino | 4,42 | 0,855 | 0,866 | 1,017 |
| E10 - Falta de integração com outros meios de transporte | 4,19 | 0,798 | 0,775 | 1,087 |
| E3 - Falta de vestiário no local de destino | 4,04 | 0,761 | 0,734 | 1,206 |
| E16 - Não possuir bicicleta | 3,77 | 0,692 | 0,650 | 1,537 |
| E9 - Subidas e decidas acentuadas | 3,70 | 0,674 | 0,638 | 1,336 |
| E11 - Preferência por utilização de carro e/ou moto | 3,56 | 0,640 | 0,598 | 1,349 |
| E13 - Condições climáticas desfavoráveis | 3,53 | 0,632 | 0,636 | 1,403 |
| E14 - Longas distâncias/percursos | 3,47 | 0,617 | 0,603 | 1,472 |
| E15 - Falta de prática de atividade física | 3,49 | 0,622 | 0,585 | 1,488 |
| E12 - Falta de vontade de andar de bicicleta | 2,99 | 0,497 | 0,422 | 1,477 |

As taxas das médias da Tabela 5 apresentam alguns itens com valores acima de 0,75, que é equivalente à média acima de 4. Com isso, pode-se determinar que itens são concordantes por parte dos entrevistados de que são empecilhos ao uso da bicicleta em Goiânia, sendo a falta de respeito no trânsito (E5) o mais aceito.

### 5.2. Análise fatorial

Através do software SPSS foi realizado um teste para verificar se a existência de correlação entre os motivadores e empecilhos do uso de bicicleta é significativo, em nível de alguns fatores possuírem o poder de representar a variabilidade dos dados. A ferramenta empregada realizou o teste de esfericidade de Bartlett, e como o nível de significância foi pequeno, a Análise Fatorial mostrou-se adequada. Outro teste que precisou ser realizado foi o da medida de *Kaiser-Meyer-Olkin* - KMO, que analisa se um par de variáveis pode ser explicada pelas

demais variáveis presentes no estudo. Caso o KMO for abaixo de 0,6, inviabiliza a utilização da Análise Fatorial (FILHO; JUNIOR, 2010). Os dados obtidos estão dispostos na Tabela 6.

**Tabela 6:** Testes Iniciais de adequação da amostra à Análise Fatorial

| **Teste de KMO e Bartlett** | |
|---|---|
| Medida Kaiser-Meyer-Olkin de adequação de amostragem. | 0,781 |
| Teste de esfericidade de Bartlett | 1848,647 |
| Significância | 0,000 |

Segundo Hair *et al*. (2005) a análise fatorial deve atingir no mínimo 60% da variabilidade dos dados iniciais. Dessa forma, foi possível criar um modelo com 8 fatores, obtendo a variabilidade de 62,56%. A Tabela 7 apresenta a matriz que apresenta a maneira com que cada variável se relaciona a cada fator motivacional.

**Tabela 7:** Matriz de componentes da Análise Fatorial

| Variáveis | Componente (fatores) | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| E7 – Imperfeições e obstáculos nas vias | 0,726 | | | | | | | |
| E6 – Falta de sinalização | 0,706 | | | | | | | |
| E5 – Falta de respeito no trânsito | 0,605 | | | | | | | |
| E4 – Falta de estacionamento para bicicleta no local de destino | 0,577 | | | ~~0,303~~ | | | | |
| E10 – Falta de integração com outros meios de transporte | 0,552 | | | | | | | |
| E3 – Falta de vestiário no destino | 0,495 | | | ~~0,420~~ | | | | |
| E2 – Falta de faixas e pistas destinadas ao ciclista | 0,463 | | | | | ~~0,332~~ | | |
| E1 – Insegurança pública | 0,458 | | | | ~~0,387~~ | | | |
| M1 – Transporte público insuficiente | ~~0,394~~ | | | | | 0,382 | | ~~0,380~~ |
| E14 – Longas distâncias/percursos | | 0,688 | | | | | | |
| E13 – Condições climáticas desfavoráveis | | 0,639 | | | | | | |
| E12 – Falta de vontade de andar de bicicleta | ~~0,317~~ | 0,619 | | | | | | |
| E11 – Preferência por carro e/ou moto | | 0,58 | | | | | ~~0,374~~ | |
| E15 – Falta de prática de atividade física | ~~0,401~~ | 0,480 | | | | | | |
| M5 – Custo de obtenção e manutenção da bicicleta é relativamente barato | | | 0,626 | | | | | |
| M3 – Andar de bicicleta traz benefícios a saúde | | | 0,582 | | | | | |
| M2 – Bicicleta causa menos impacto ao meio ambiente | | | 0,516 | ~~0,412~~ | | | | |
| M4 – Andar de bicicleta traz sensação de bem-estar | | | 0,410 | | | | | |
| E9 – Subidas e decidas acentuadas | | 0,370 | | | | | | |
| E16 – Não possuir bicicleta | | 0,322 | | | ~~0,480~~ | | ~~0,428~~ | ~~0,342~~ |
| E8 – Falta de iluminação no deslocamento | 0,468 | | | | | | | |

O fator 1 pode ser relacionado com a percepção dos entrevistados sobre segurança e conforto proporcionado pelo meio onde se utiliza a bicicleta. Pois reúne os empecilhos: as imperfeições e obstáculos nas vias (E7); a falta de sinalização (E6); a falta de respeito no trânsito (E5); a falta de estacionamento para bicicletas no locar de destino (E4); a falta de integração com outros meios de transporte (E10); a falta de vestiário no local de destino (E3); a falta de faixas e pistas destinadas aos ciclistas (E2); a insegurança pública (E1) e a falta de iluminação no deslocamento (E8).

O fator 2 pode ser relacionado com a percepção da disposição em função da acessibilidade para andar de bicicleta e pôde reunir empecilhos como: as longas distâncias/percursos (E14); as condições climáticas desfavoráveis (E13); a falta de vontade em andar de bicicleta (E12); a preferência de utilização de carro ou moto (E11); a falta de prática de atividade física (E15); as subidas e decidas acentuadas (E9) e não possuir bicicleta (E16).

O fator 3 está relacionado com a percepção dos benefícios (consciência) que uso da bicicleta traz. Esse fator reúne os motivadores: custo de obtenção e manutenção relativamente baratos (M5); utilizar bicicleta traz benefício a saúde (M3); o transporte por bicicleta causa menos impacto ao meio ambiente (M2) e andar de bicicleta provoca sensação de bem-estar.

O fator 5 conta somente com um motivador ao uso de bicicleta que é transporte público insuficiente (M1). Os fatores 4, 6, 7 e 8 foram desconsiderados por não possuir variáveis, sendo que as mesmas só podem ser associadas a um único fator.

Na análise realizada para aferir a confiabilidade dos dados obtidos através do instrumento de pesquisa foi possível obter um valor de Alfa de *Cronbach* igual a 0,720 considerando todos os 21 fatores que dificultam ou incentivam o uso da bicicleta. Retratando que os dados coletados possuem confiabilidade aceitável.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante dos resultados obtidos verificou-se que 73,4% dos entrevistados concordam que a infraestrutura cicloviária induz a utilização da bicicleta. Dessa forma, a implantação de ciclovias em Goiânia exerce uma parcela de influência para fazer o indivíduo substituir os seus hábitos de transporte do cotidiano e utilizar a bicicleta. Contudo, foi constatado que alguns fatores são desmotivadores para o uso de bicicleta, sendo necessário maior investimento em certos parâmetros para trazer as pessoas a utilizarem o transporte cicloviário em Goiânia.

De acordo com a análise descritiva dos empecilhos do uso de bicicleta em Goiânia, a amostra considera que a falta de respeito no trânsito é o fator mais relevante. Em seguida, observam-se também na devida ordem de relevância a insegurança pública, a falta de sinalização, a falta de faixas e pistas para os ciclistas, a falta de iluminação no deslocamento, as imperfeições e obstáculos nas vias, a falta de estacionamento para bicicleta, a falta de integração com outros modais e falta de vestiário no local do destino como fatores desmotivadores. Os outros empecilhos contemplados na pesquisa não possuem influência para o uso da bicicleta.

Ao analisar descritivamente os aspectos motivadores ao uso de bicicleta, observou-se que todos foram considerados relevantes para determinar a escolha desse meio de transporte. O motivador ao uso da bicicleta mais relevante é o benefício que a bicicleta traz à saúde do

usuário.

Com relação à análise fatorial foi possível constatar que os entrevistados possuem uma conscientização a respeito dos benefícios que o uso da bicicleta traz. Porém, através da hierarquização das variáveis apresentada na análise descritiva, principalmente dos empecilhos, constatou-se que eles possuem uma uniformidade entre os diferentes estratos da amostra. Fatores como a falta de respeito no trânsito, falta de sinalização e falta de faixas e destinadas aos ciclistas realmente impactam na decisão de utilizar a bicicleta como meio de transporte. Dessa forma, reforça a ideia de que o incremento da segurança no trânsito juntamente com melhorias na infraestrutura cicloviária podem ser apontadas como fatores preponderante na escolha da bicicleta como meio de transporte, buscando a integridade e segurança do usuário de bicicleta.

Pesquisas de opinião possuem papel primordial no gerenciamento de diversas áreas do conhecimento. E a confiabilidade dos dados é significante para o planejamento de ações e estratégias. Os dados obtidos mediante a aplicação dos questionários por apresentar um coeficiente de Alfa de Cronbach de 0,72 mostram-se confiáveis, permitindo seu uso para o planejamento de ações e estratégias que venham a favorecer a inserção da bicicleta no meio urbano.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

BARBETTA, P. A (2003). A estatística aplicada às ciências sociais. 2 ed. Florianópolis: UFSC, 283p.

BRASIL (2012) Lei nº 12.587, de 3 de janeiro de 2012. Brasília.

CABALLERO, R. et al. (2014) Uso de la Bicicleta como Medio de Transporte: Influencia de los Factores Psicológicos. Una Revisión de la Literatura. Psico, Porto Alegre, v. 45, n. 3, p. 316–324.

CHIAVENATO, I (2004). Introdução à teoria geral da administração: uma visão abrangente da moderna administração das organizações. 7 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 634 p.

CTB (1997). Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997. Brasil. Disponível em: <http://www.denatran.gov.br/ctb.htm>. Acessado em 15/01/2016.

FILHO, D. B. F. e JÚNIOR, J. A. DA S. (2010) Visão além do alcance: uma introdução à análise fatorial. *Opinião Pública*, Campinas, v.16, n. 1, p. 160–180.

FREITAS, A. L. P. e RODRIGUES, S.G. (2005) A avaliação da confiabilidade de questionários: uma análise utilizando o coeficiente alfa de *Cronbach*. *XII Simpósio de Engenharia de Produção*, Bauru.

GEIPOT (2001). Manual de Planejamento Cicloviário. Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes, Ministério dos Transportes, Brasília.

GOIÂNIA (2015). Ciclovia Universitária recebe obras de manutenção. Prefeitura de Goiânia, Goiânia. Disponível em: <http://www4.goiania.go.gov.br/portal/pagina/?pagina=noticias&s=1&tt=not&cd=8447&fn=true>. Acessado em 18/11/2016.

GOIÂNIA (2016a). Passeio ciclístico inaugura novos trechos cicloviários em Goiânia. Prefeitura de Goiânia. Goiânia. Disponível em: <http://www4.goiania.go.gov.br/portal/pagina/?pagina=noticias&s=1&tt=not&cd=11062&fn=true>. Acessado em: 20/11/2016.

GOIÂNIA (2016b). Prefeito Paulo Garcia entrega ciclovia da Alameda Couto Magalhães. Prefeitura de Goiânia, Goiânia. Disponível em: <http://www4.goiania.go.gov.br/portal/pagina/?pagina=noticias&s=1&tt=not&cd=11394&fn=true>. Acessado em: 20/11/2016.

GOIÂNIA (2017). Debike registra quase 10 mil viagens em 30 dias. Prefeitura de Goiânia, Goiânia. Disponível em: <http://www4.goiania.go.gov.br/portal/pagina/?pagina=noticias&s=1&tt=not&cd=11790&fn=true>. Acessado em: 05/09/2017.

HAIR, J. *et al* (2005). Análise Multivariada de Dados. 5 ed. Bookman, Porto Alegre.

IPEA (2013) Indicadores de mobilidade urbana da PNAD 2012. Comunicados do Ipea. n.161, Brasília p. 13–17.

LEITE, P. S. Análise do comportamento de viagens dos usuários de bicicleta em área rural: estudo de caso em área rural de Teresina. Dissertação de Mestrado em Transportes, Publicação T. DM – 007A/2011,

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2011, 100p.
MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E. M (2003). Fundamentos de metodologia científica. 5. ed. São Paulo: Atlas, 297 p.
MARTINS, M. da P.S (2008). Estudo de fatores humanos e observação dos seus aspectos básicos, focados em operadores do reator de pesquisa IEA-R1, objetivando a prevenção de acidentes ocasionados por 82 falhas humanas. Dissertação de Mestrado em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear – Reatores. Ipen ,São Paulo, 115 p.
MC (2007) Programa Brasileiro de Mobilidade por Bicicleta – Bicicleta Brasil. Caderno de referência para elaboração de Plano de Mobilidade por Bicicleta nas Cidades. Secretaria Nacional de Transporte e da Mobilidade Urbana, Brasília, p 23–83.
MC (2006) Mobilidade e desenvolvimento urbano. Secretaria Nacional de Transporte e da Mobilidade Urbana, Brasília, p 47–62.
NETTO, A. M. F (2003) O papel da regulação - direito ao transporte e a mobilidade urbana sustentável: instrumento de combate à pobreza pela inclusão. Revista dos Transportes, ANTP, São Paulo,v. 25, n. 100, p. 65–76.
ONU (2012) State of the world's Cities 2012-2013 – Prosperity of Cities. Nairobi: UN-Habitat.
PAC. Mobilidade Urbana. Disponível em: <http://www.pac.gov.br/infraestrutura-social-e-urbana/mobilidade-urbana>. Acessado em 12/12/2016.
PAIVA JÚNIOR, H (2006). Segmentação e modelagem comportamental de usuários dos serviços de transporte urbano brasileiro. Tese de Doutorado em Engenharia de Transportes, Departamento de Engenharia de Transportes, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 176p.
PEIXOTO, F. C (2007). Estudo do comportamento planejado na escolha da faculdade: uma aplicação ao contexto itabirano. Dissertação de Mestrado em Administração. FUMEC. Belo Horizonte, MG, 85p.
REZENDE, M. A (2012). Influência do transporte sobre o nível de estresse dos trabalhadores: trajeto entre residência e local de trabalho. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa.
SANTOS, D.V.C; FREITAS, I.M.D.P. (2014) Medidas de Mobilidade Urbana Sustentável (MMUS): propostas para o licenciamento de Polos Geradores De Viagens. Transportes. v. 22. n. 2, p. 11–22.
SCHIFFMAN, L.; KANUK, L (2009). Comportamento do Consumidor. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 460 p.
SEVERINO, A. J (2007). Metodologia do trabalho científico. 23. ed. rev. e atual. São Paulo: Cortez, 304 p.
SILVEIRA, M. O. da; MAIA, M. O. A (2015). Variáveis que influenciam o uso da bicicleta e as crenças da teoria do comportamento planejado. TRANSPORTES, v. 23, n. 1, p. 24-36.
SOARES, R. D. G (2015). Bicicleta e mobilidade urbana - Modismo ou solução sustentável para o transporte na cidade de São Paulo. Trabalho de conclusão de curso, Escola de comunicações e artes, Universidade de São Paulo, São Paulo, 37p.
TAKANO, M. S. M (2010). Análise da Influência da Forma Urbana no Comportamento de Viagens Encadeadas com Base em Padrões de Atividades. Dissertação de Mestrado em Transportes, Publicação T. DM – 015A/2010, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 219p.
XAVIER, G. N. A (2011). O desenvolvimento e a inserção da bicicleta na política de mobilidade urbana brasileira. Tese de Doutorado, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Programa de Pós-Graduação Interdisciplinar em Ciências Humanas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 306 p.

Kayo Rodrigues Fernandes de Carvalho (kayodeca@gmail.com)
Daniel José Fernandes Vieira (sr.danielvieira@gmail.com)
Willer Luciano Carvalho (willer_carvalho@ufg.br)
Ronny Marcelo Aliaga Medrano (ronnymarcelo@ufg.br)
Engenharia de Transportes, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal de Goiás
Rua Mucuri S/N, área 03, Bairro Conde dos Arcos, Aparecida de Goiânia – GO

# UTILIZAÇÃO DE PASSAGENS SUBTERRÂNEAS PARA PEDESTRES: O CASO DO EIXO RODOVIÁRIO EM BRASÍLIA

**Bruna Renata Cavalcante de Barros**
**Eliezé Bulhões de Carvalho**
Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
**Fabiana Serra de Arruda**
Universidade de Brasília
Programa de Pós-Graduação em Transportes

**RESUMO**
O presente trabalho pretende investigar a utilização das passagens subterrâneas para pedestres sob o Eixo Rodoviário no Plano Piloto de Brasília. Essas infraestruturas foram concebidas no projeto original da cidade para garantir a segurança dos pedestres, mas nem sempre são utilizadas. Para compreender o problema, a presente pesquisa revela estatísticas de atropelamentos nas travessias em nível e de crimes registrados no interior das passagens subterrâneas, bem como analisa as condições de conservação dessas infraestruturas. Serão apresentadas iniciativas bem sucedidas de travessias subterrâneas para pedestres em três capitais brasileiras. A reflexão sobre as informações apresentadas ensejará a proposição de soluções para aumentar a segurança e incrementar a utilização das passagens subterrâneas investigadas.

**ABSTRACT**
This paper investigates the use of pedestrian passages under road axis in Brasília. These infrastructures were conceived in the city's original project to guarantee pedestrian safety, although many times, they are not used. To understand the issue, this research unveils running over statistics on the road axis and data related to crimes perpetrated within the passages. The maintenance conditions of the passages will also be analyzed. Successful initiatives for underground passages in three state capitals will also be shown. Reflecting on the information presented in this article will allow proposing solutions to increase safety and improve the using of the pedestrian underpasses in Brasília.

## 1. INTRODUÇÃO

As passagens subterrâneas sob o Eixo Rodoviário em Brasília foram construídas para garantir a segurança dos pedestres. No projeto da capital, o urbanista Lúcio Costa as concebeu para segregar o tráfego de pedestres do de automóveis, na grande via de alta velocidade que liga os extremos Sul e Norte do Plano Piloto. Entretanto, essas infraestruturas são evitadas pelos pedestres, pois se transformaram em locais perigosos, onde há numerosas ocorrências de crimes. Muitos pedestres preferem atravessar a via em nível, e arriscar-se em meio a automóveis na velocidade de 80 km/h. Se na concepção de Brasília o automóvel foi priorizado devido a seu apelo e *status*, no início do século XXI esse modo de deslocamento começou a ser questionado, conforme indica Barros (2014). De uma perspectiva que prioriza a velocidade, passa-se a outra, que procura estabelecer uma organização espacial que tenha por foco o pedestre. O presente trabalho visa verificar as condições de segurança dessas passagens, e propor alternativas para melhorar e aumentar a utilização dessas estruturas pelos pedestres.

Este trabalho investigou as condições das passagens subterrâneas para pedestres sob os eixos Norte e Sul do Plano Piloto de Brasília a fim de aumentar a utilização dessas estruturas. Para isso foram pesquisados pressupostos teóricos relativos ao planejamento de infraestruturas para pedestres, foi feito um diagnóstico dessas passagens, e foram investigados casos brasileiros bem sucedidos de uso desses espaços, a fim de subsidiar proposições de melhorias para o uso desses espaços.

A metodologia do estudo foi dividida em cinco partes. Compreensão de conceitos de caminhabilidade em grandes cidades: nesta parte são apresentadas definições de caminhar e

perspectivas de autores relevantes sobre mobilidade a pé. Aspectos relativos ao projeto do Plano Piloto em Brasília: a relação entre pedestres e uma cidade projetada para privilegiar deslocamentos rodoviários. A terceira parte é um diagnóstico da situação de infraestrutura: caracterização das passagens subterrâneas, incluindo a diferenciação entre as passagens subterrâneas que receberam melhorias por meio de implantação de estações do Metrô, e as passagens subterrâneas que seguem o projeto original da cidade. O quarto segmento traz uma análise relativa a aspectos de segurança, com apresentação e análise de dados sobre atropelamentos nas travessias em nível, fornecidos pelo DETRAN/DF e números de ocorrências criminais registrados pela Polícia Civil do Distrito Federal. Em seguida, são apresentados casos de iniciativas para ocupação sadia de passagens subterrâneas em Brasília, Rio de Janeiro e Curitiba. Por fim, as conclusões trazem proposições para incrementar a segurança e aumentar a utilização das passagens subterrâneas previstas no projeto original de Lúcio Costa.

## 2. MOBILIDADE A PÉ: REQUISITOS PARA CAMINHADA E USO DO SOLO

Caminhar é o modo mais democrático para se deslocar. Além de ser uma ação natural para o ser humano, não requer autorização ou licença, não há restrição de idade, é uma atividade gratuita e faz bem à saúde. Do ponto de vista do planejamento urbano, de acordo com Santos (1998), as cidades que não criam facilidades para o deslocamento das pessoas nem buscam formas de atração para uso do espaço público criam espaços sem cidadãos, que são áreas desprovidas de serviços essenciais à vida social e à vida individual. O jornalista Gilberto Dimenstein (2006), ao relatar sua experiência como morador de Nova Iorque, falou das vantagens de caminhar despreocupadamente em calçadas largas: “Disseram-me certa vez que a civilidade de uma cidade se mede pela largura das calçadas. É verdade.”

Há diversos métodos para avaliar a qualidade de infraestruturas destinadas a pedestres. Silva (2016) estudou nove métodos diferentes em busca de uma padronização para diversas formas de avaliação de travessias de pedestres. Após pesquisa bibliográfica e análise de desempenhos teórico, de campo e prático, o autor concluiu que os métodos tendem a demandar grandes quantidades de dados e têm uma complexidade de aplicação que penaliza a usabilidade: “a adoção de um método padrão único se mostrou inviável” (SILVA, 2016). Aguiar (2003) comparou diversas metodologias para avaliar a qualidade das calçadas, e ponderou: “Por não serem tão tradicionais quanto os métodos usuais para o transporte motorizado, a sua utilização ainda deve ser avaliada e adequadamente adaptada para a realidade do local em estudo, de acordo com as exigências de seus usuários”.

Na presente pesquisa foram adotadas como referência as recomendações de Jacobs (2000) para aumentar a sensação de segurança nas calçadas, a classificação em cinco níveis proposta por Gehl (2013), a diferenciação entre cidades naturais e cidades artificiais explicada por Alexander (2013) e os elementos para aumentar a acessibilidade sugeridos por Cervero (2000) para o planejamento de uso do solo. Os primeiros mencionam a necessidade de olhos atentos para vigiar espaços urbanos, o que tem ligação com o aumento da circulação de pessoas, em um círculo virtuoso de vigilância e controle onde a presença de cidadãos é importante para manter a segurança desses locais. Os demais reforçam a necessidade de múltiplos usos para promover a sustentabilidade do planejamento urbano. Jacobs menciona três características principais para que a rua use a presença de desconhecidos como trunfo, a fim de que a vigilância da comunidade atue de forma complementar e mútua ao policiamento estatal: primeiro, deve haver nítida separação entre o público e o privado. Além disso, deve existir a presença de olhos dos

"proprietários naturais da rua", em outras palavras, a comunidade, que não podem estar com os fundos ou lado cego para a rua. Por fim, a calçada deve ter trânsito ininterrupto de usuários, pois há muita gente que gosta de se entreter olhando o movimento. "A segurança das ruas é mais eficaz, mais informal e envolve menos traços de hostilidade e desconfiança exatamente quando as pessoas as utilizam e usufruem espontaneamente e estão menos conscientes, de maneira geral, de que estão policiando" (JACOBS, 2000).

Jacobs (2000), alerta para a importância da sensação de segurança para os pedestres. "Quando as pessoas dizem que uma cidade, ou parte dela, é perigosa ou selvagem, o que querem dizer basicamente é que não se sentem seguras nas calçadas". A autora explicita a necessidade de estabelecer usos adequados para as infraestruturas destinadas a quem caminha: "As calçadas, os usos que as limitam e seus usuários são protagonistas ativos do drama urbano da civilização versus a barbárie" e acrescenta: "Não é preciso haver muitos casos de violência numa rua ou num distrito para que as pessoas temam as ruas".

Gehl (2013) também enfatiza o uso diversificado e a necessidade de vigilância comunitária e espontânea dos espaços públicos como forma de manter as cidades vivas. O autor classificou os trechos de rua em cinco níveis: Inativo, Monótono, Misto, Convidativo e Ativo. Essa separação considera o número de portas em cada segmento de 100 metros de extensão, a contagem de unidades cegas e inclui ainda informações sobre as fachadas das construções, como relevos e detalhes que serviriam para aumentar o interesse visual do transeunte. Observa-se que a ênfase está na visão, como sentido propiciador de percepção do espaço, interação e segurança.

A necessidade de diversificação de usos para os espaços públicos é defendida por Alexander (2013). A interseção de diferentes usos para a mesma região é capaz de fazer com que as atividades ali presentes se retroalimentem. Ele dá o exemplo de cidades como Nova Iorque, onde a instalação de equipamentos destinados a atividades artísticas, como teatros, em espaços contíguos a cafés, é uma forma mais orgânica de organizar as atividades. Do recital, o espectador desloca-se para o café próximo, onde vai comentar o espetáculo assistido, ou no sentido inverso, faz um lanche antes de assistir a uma peça teatral ou balé. Entretanto, ele justifica o impulso dos planejadores urbanos em setorizar as atividades, juntando todos os teatros no mesmo lugar, em um processo cognitivo dos mais primitivos: agrupamento e categorização. Para ele essa é a razão pela qual "estruturas como a cidade, que requerem sobreposição entre funções, são persistentemente concebidas como árvores" (ALEXANDER, 2013). A estrutura em árvore é organizada de forma que nenhuma peça se conecta às demais, a não ser pelo miolo da unidade. O autor contrapõe esse formato ao de "semi-trama", onde as unidades são sobrepostas, com grande número de interseções. Em outras palavras, Alexander (2013) denuncia a separação de fluxos e a segregação dos usos como incômodos, e aponta a diversidade como indutora da vitalidade urbana.

Cervero (2000) corrobora que cidades bem planejadas minimizam a necessidade de deslocar-se, fazendo com que os residentes aproveitem melhor o tempo nos locais a que se destinam. "Comunidades acessíveis aproximam as atividades, preenchendo e misturando os usos do solo". Para ele, expandir os objetivos do planejamento para incluir a acessibilidade leva a um alargamento das abordagens ao planejamento físico e exige um gerenciamento mais eficiente do uso do solo.

## 3. O EIXO RODOVIÁRIO E AS PASSAGENS SUBTERRÂNEAS

O Eixo Rodoviário é uma via de trânsito rápido, com 13,8 quilômetros de extensão e Tráfego Médio Diário de aproximadamente 95 mil veículos (DER-DF, 2016). Ele tem a função de escoar o tráfego da região central da cidade, e dá acesso a rodovias em direção a regiões administrativas e cidades do Entorno do DF. Conhecido popularmente como Eixão, tem formato de arco, com três faixas de rolamento em cada sentido separadas por uma faixa conhecida como "Faixa Presidencial", onde não é permitido o tráfego de veículos. São adjacentes ao Eixão os eixos Leste e Oeste (chamados de Eixinhos), ambos com pista dupla e duas faixas de rolamento para cada sentido. Lindeiras à faixa de domínio desse sistema estão localizadas quadras residenciais e comerciais das asas Sul e Norte. A velocidade máxima permitida no Eixão é de 80 km/h, e nos Eixinhos, de 60 km/h. Estes limites estão estabelecidos por meio de sinalização vertical e são fiscalizados por dispositivos eletrônicos de controle de velocidade.

A travessia de pedestres em nível nas condições descritas é, portanto, difícil e perigosa. Para resolver essa questão foram projetadas infraestruturas específicas. As passagens subterrâneas são alguns dos espaços exclusivamente pensados para pedestres em Brasília. A intenção do projeto da nova capital, elaborado por Lúcio Costa, era privilegiar os deslocamentos pelo modo rodoviário, pois a cidade deveria representar o que havia de mais moderno na época, e o automóvel era, então, um símbolo dessa modernidade. É possível depreender isso pelas vias largas e sem cruzamentos. Lúcio Costa (1991) estabeleceu tramas autônomas para o tráfego local de pedestres. A intenção dele era garantir o uso livre do chão aos pedestres, e separá-los dos carros sem perder de vista a comodidade recíproca que a coexistência entre eles traz. Essa ideia hoje está materializada em 16 passagens inferiores. Além dessas, concebidas no projeto original de Lúcio Costa, há outras cinco, todas localizadas na Asa Sul, e operadas pelo Metrô-DF, que tem as seguintes estações instaladas: Galeria, 102 Sul, 108 Sul, 112 Sul e 114 Sul.

As 16 passagens subterrâneas originais têm a mesma estrutura básica. Ligam as calçadas das superquadras 100 às calçadas das superquadras 200, na outra margem do sistema composto por Eixão e Eixinhos. Das calçadas das superquadras elas são acessíveis por meio de escadas (Figuras 1 e 2), algumas com uma espécie de rampa estreita com inclinação íngreme, nas quais não é possível que um cadeirante desça com segurança. Essas rampas mal têm largura suficiente para comportar as rodas de uma cadeira, por exemplo. Também não é possível, sem empreender muito esforço, descer ou subir com segurança de bicicleta, nem empurrando um carrinho de bebê. Não foram identificados corrimãos nem piso tátil.



**Figura 1**: Entrada da passagem subterrânea da 113 Sul.



**Figura 2**: Escadaria de acesso à passagem subterrânea da 113 Sul.

Vencido o desnível por meio de escadas com cerâmicas muitas vezes quebradas, o pedestre chega à passagem por baixo dos Eixos. Ali o pedestre atinge um trecho ao ar livre, ao qual se ligam mais rampas, estas mais longas e com inclinação menor, que ligam a passagem aos pontos de ônibus localizados nos eixinhos que têm tráfego em sentido contrário às pistas adjacentes do Eixão (Figura 3). Na passagem visitada nesta pesquisa, localizada na 112 Sul, as condições do pavimento eram irregulares, com cerâmicas quebradas. As grades dos dispositivos de drenagem também apresentavam avarias. A iluminação não estava em pleno funcionamento, mas à luz do dia a visibilidade era razoável mesmo nas partes totalmente cobertas ao longo do trajeto. As condições de higiene eram precárias: foi encontrado lixo no chão e mau cheiro, que indicava que a passagem é frequentemente usada para que transeuntes façam suas necessidades fisiológicas (Figura 4). Todas as paredes estavam sujas, e tinham muitas pichações, algumas de cunho artístico, outras alusivas à situação política atual.



**Figura 3**: Rampa de acesso a ponto de ônibus no Eixinho oposto.



**Figura 4**: Condições de higiene e do piso da passagem da 113 Sul.

O Departamento de Estradas de Rodagem do Distrito Federal publicou o Estudo de Segurança de Pedestres no Eixo Rodoviário (DER/DF, 2007), com a finalidade de buscar soluções para o problema das travessias de pedestres no Eixo. Foram pesquisadas 18 passagens subterrâneas, e contabilizado um total de mais de 70.254 pedestres por dia, no somatório de todas as estruturas. Esse estudo não fez distinção entre as passagens do projeto original e as construídas em estações do Metrô-DF. Verificou-se que as passagens mais movimentadas são as da Galeria dos Estados, do Setor Bancário Sul e do Metrô. Somadas essas três, o DER contou um volume de 36.251 pessoas por dia, ou 51,5% do total (DER, 2007, p. 17). O mesmo estudo traz a contagem das travessias em nível no Eixo Rodoviário. Os dados foram coletados em 19 pontos, e foi registrado um total de 11.592 pedestres. Verificou-se que o ponto mais utilizado pelos pedestres se localiza no km 12,1, na Asa Sul, com 35% do total. Os demais pontos com grande concentração de pedestres estão na altura do km 10, próximo ao Hospital de Base, e na Ponte do Braghetto, no fim da Asa Norte.

Sobre esses números, o DER constatou: quase 100 mil travessias de pedestres são feitas diariamente no Eixo Rodoviário, e o volume das travessias pelas passagens subterrâneas era, à época do estudo, seis vezes maior do que o volume de travessias em nível. As passagens mais utilizadas eram: Galeria dos Estados, Setor Bancário Sul / Hospital de Base e Estação do Metrô. Cada uma dessas é três ou quatro vezes mais usada do que as passagens comuns. Ressalta-se que dessas, a passagem que liga o Hospital de Base ao Setor Bancário Sul é a mais utilizada, e também a única do modelo proposto originalmente no projeto da cidade. Em 2012, o Instituto dos Arquitetos do Brasil promoveu um concurso nacional para escolher um projeto de revitalização para as passagens. Em 2014, o Governo do Distrito Federal começou obras para implementar o projeto vencedor, justamente na passagem do Hospital de Base, que serviria de modelo para as demais (BRAGA, 2014). Entretanto, as obras foram paralisadas no mesmo ano (R7, 2014), e até hoje não foram retomadas.

Na Asa Sul, o ponto com maior número de pedestres atravessando em nível estava localizado no km 12,1, com 4.078 passagens por dia. Ainda de acordo com o DER/DF (2007), a distância média entre as passagens é de 715 metros. Para atravessar de um ponto de ônibus na superquadra 100 a outro, localizado na superquadra 200, o pedestre caminha 770 metros se utilizar a passagem subterrânea. Se ele optar por efetuar a travessia entre os mesmos pontos em nível, irá percorrer 175 metros, ou seja, reduzirá seu caminho em 75%.

A Empresa Brasileira de Transportes Urbanos, em seu documento "Elementos Intervenientes", classifica como "Ótima" a distância entre 100 e 200 metros a ser percorrida a pé; "Boa" uma distância de 200 a 400 metros a ser percorrida a pé (EBTU, 1988); "Regular" entre 400 e 600 metros e "Ruim" uma distância de 600 a 1.000 metros a serem percorridos a pé para atingir o Sistema de Transporte Coletivo. Se for traçada uma analogia entre o acesso ao S.T.C. e o acesso de uma ponta à outra da travessia do Eixo, infere-se que enquanto a distância percorrida na passagem em nível pode ser considerada "Ótima", ao atravessar pelas passagens subterrâneas, o pedestre percorre uma distância que é considerada "Ruim" pelos indicadores da EBTU.

O DER elaborou questionários para investigar por que os pedestres deixam de utilizar as passagens subterrâneas. Os principais motivos alegados foram a distância e a pressa. Essas razões somadas correspondem a 66% das respostas dos questionários aplicados na Asa Sul e 62% na Asa Norte, "significando que o número atual de passagens subterrâneas não atende os desejos dos pedestres" (DER, 2007). A falta de segurança e higiene também foram apontados pelos entrevistados, assim como o desconhecimento em relação à existência das estruturas.

### 3.1. Criminalidade nas passagens

Pode-se inferir alguns motivos para essa falta de segurança das passagens subterrâneas. Durante a saída de campo foi possível observar uma pedestre que correu alguns metros para caminhar mais próxima a outros passantes, sempre olhando para trás, atenta a uma possível abordagem indesejada. Salienta-se que as passagens têm desenho em "L", o que impede que os pedestres vejam aonde vão, se vem alguém na direção contrária, ou ainda, se há alguém à espreita no próximo segmento. Portanto, apesar de estarem a salvo dos automóveis, os pedestres enfrentam outros perigos envolvidos nessa travessia: "as passagens subterrâneas de pedestres estão localizadas longe dos pontos de parada e se encontram em péssimo estado de conservação, gerando insegurança aos usuários" (PDTU, 2010). De acordo com levantamento feito pela Polícia Civil e divulgado pela TV Globo em 12 de fevereiro de 2017, em toda a cidade, o número de roubos a pedestres teve um aumento de 26% entre 2015 e 2016. Se comparados os anos de 2013 e 2016, a estatística é mais grave: houve um aumento de 95% nos casos. Os casos de roubos a pedestres nas passagens também são numerosos. Em levantamento solicitado para esta pesquisa por meio da Lei de Acesso à Informação, a Polícia Civil do Distrito Federal revelou que o número de roubos perpetrados nas passagens subterrâneas sob Eixo Rodoviário entre 2006 e o fim de abril de 2017 aponta um total de 997 notificações. Foram notificados, neste período, 15 estupros e sete episódios de lesão corporal. De acordo com Cerqueira e Coelho (2014), apenas 10% dos casos de estupro são notificados no Brasil. Cerqueira, Coelho e Ferreira (2017), denunciam que este tipo de crime ainda é pouco conhecido, apesar da relevância do tema, devido à falta de dados e informações precisas, "o que, por sua vez, é consequência da invisibilidade do fenômeno e da condescendência social com ele". Os crimes com ou sem violência perfazem um total de 1.237, em média mais de 100 por ano. Ressalta-se que, no ano de 2017, só foram contabilizados os dados até o fim de abril, pois a pesquisa data de 8 de maio deste ano. Na Figura 5 é possível visualizar o total de registros efetuados pela PCDF.

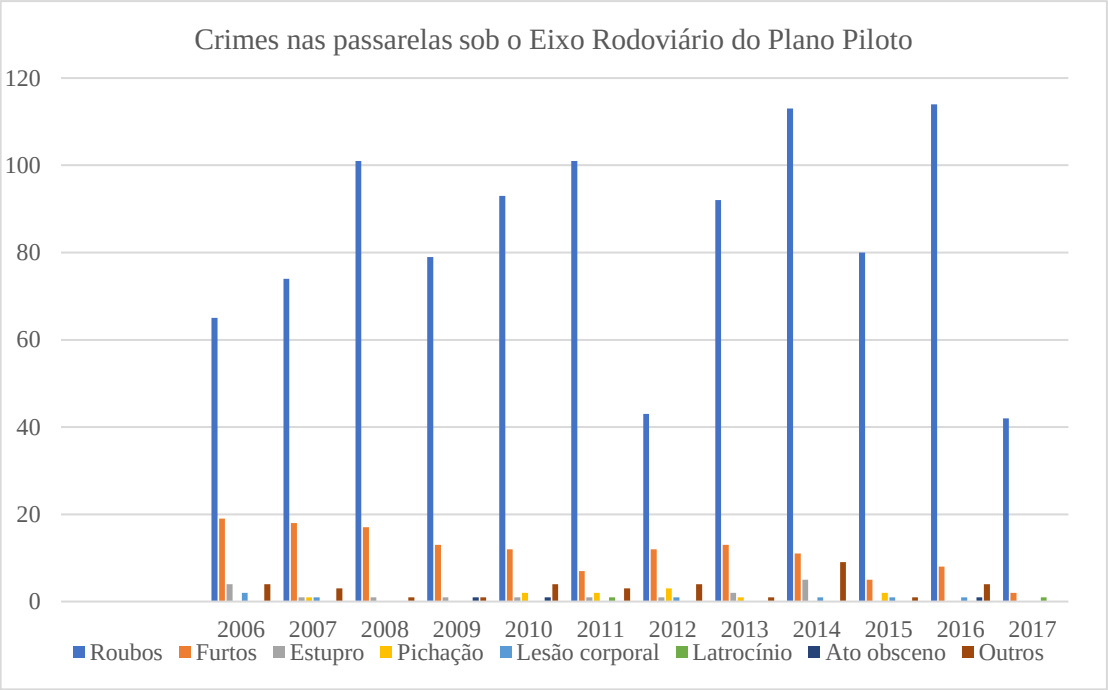



**Figura 5**: Crimes nas passarelas sob o Eixo Rodoviário do Plano Piloto – Por Natureza e Ano de Registro. Fonte: PCDF.

O pedestre que opta por não se expor a ser vítima de crimes nas passagens subterrâneas encontra o perigo na travessia em nível. Esta pesquisa solicitou ao Departamento de Trânsito do Distrito Federal todas as ocorrências de atropelamentos nas vias DF-002, Eixo L e Eixo W, registrados entre 2006 e 2017 (Figura 6). Foi registrado um total de 425 atropelamentos. A consulta foi efetuada em maio de 2017, portanto o levantamento de 2017 inclui somente os meses de janeiro a abril. Por isso, optou-se por calcular a média dos atropelamentos apenas entre 2006 e 2016, dos quais se tem os registros completos: 420 ocorrências. Foram, em média, 38,18 atropelamentos por ano. Ao todo foram registrados 33 óbitos, e o ano de 2013 foi o que teve mais vítimas fatais: 11, ou seja, um terço do total (Figura 7). A maior parte dos pedestres morreram em acidentes ocorridos entre as 18h e as 6h: foram 20 atropelamentos à noite e de madrugada. Das vítimas, 25 eram homens.




**Figura 6**: Atropelamentos do Eixão e Eixinhos – por ano. Fonte: DETRAN/DF.

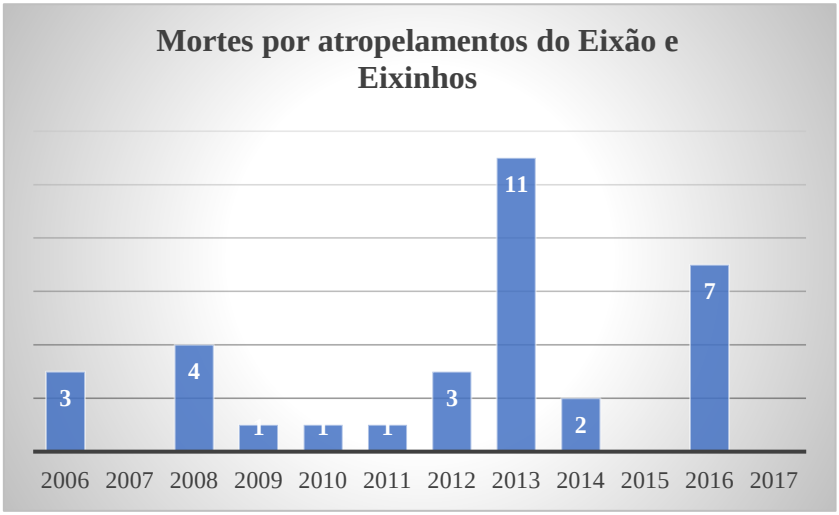



**Figura 7**: Mortes por atropelamentos do Eixão e Eixinhos – por ano. Fonte: DETRAN/DF.

Não usar as passagens, portanto, também é uma experiência perigosa. Pode haver muitas soluções para o problema dos atropelamentos no Eixo Rodoviário. É certo que tornar as passagens mais seguras pode ajudar a solucionar a questão. Passagens seguras são mais frequentadas e, conforme as recomendações de Jacobs e Gehl, um local seguro é um local vigiado pelos olhos de uma comunidade presente. É preciso, portanto, encontrar formas de atrair as pessoas para uma ocupação sadia dos espaços públicos, e com as passagens subterrâneas não pode ser diferente.

## 4. EXPERIÊNCIAS BEM SUCEDIDAS EM PASSAGENS SUBTERRÂNEAS

Perto da passagem subterrânea visitada na presente pesquisa, na mesma quadra da Asa Sul, a estação de metrô da 112 Sul apresenta um cenário diferente. Trata-se de uma galeria larga, limpa e bem iluminada, na qual pedestres contam com dispositivos de acessibilidade para cadeirantes e pessoas com dificuldade de locomoção, o que inclui elevadores, escadas rolantes e piso tátil para deficientes visuais (Figuras 8 e 9). Foi instalada ali uma sede da Secretaria do Idoso, que oferece diversos serviços, o que inclui o Cartão Especial, que garante a gratuidade no transporte público coletivo a idosos, pessoas com deficiência e doenças crônicas previstas em lei. Foi possível constatar a presença de caixas eletrônicos para operações bancárias em uma área totalmente acessível ao público, em *hall* exterior às catracas do metrô. A passagem da 112 Sul está localizada em frente a um grande templo de uma igreja evangélica, o que contribui para aumentar o fluxo de pessoas.



**Figura 8**: Entrada da Estação do Metrô 112 Sul.



**Figura 9**: Galeria na estação do Metrô 112 Sul.

No bairro de Botafogo, na Zona Sul do Rio de Janeiro, foi construída em 1990 uma passagem subterrânea para ligar um extremo a outro da Avenida Lauro Sodré (Figura 10). É o único meio para atravessar a grande avenida, onde estão instaladas grades para impedir a travessia de pedestres em nível. O Shopping Rio Sul foi responsável pela construção da estrutura, e em 2011 firmou parceria com a prefeitura para recuperação e manutenção do local por um período de 24 meses. Nesta ação foi incluída a revitalização da passagem, representando um investimento de R$ 1,2 milhão: metade para a reforma, e o restante para manutenção, ao custo de R$ 25 mil por mês (PAES, 2012). Os serviços incluíram reparos na pista de skate do local, sinalização, rampas antiderrapantes e dispositivos para acessibilidade, pois o Instituto Benjamin Constant, especializado no atendimento a pessoas com deficiência visual, fica próximo ao local, que é uma área de grande circulação. Entrevistada durante esta pesquisa, uma frequentadora que usa o local diariamente afirma sentir-se segura: "Há dois postos de vigilância mantidos pelo shopping, um em cada entrada da passagem. Passo por ali muitas vezes às 5h30 e é um local bem cuidado e com bastante movimentação de pessoas".

**Figura 10**: Praça no interior da passagem subterrânea da Avenida Lauro Sodré. Foto: Bárbara Rodrigues.



Em Curitiba, a Galeria Júlio Moreira é um espaço dedicado à arte. A passagem foi construída no fim da década de 1970 para permitir o fluxo seguro dos pedestres após as obras de alargamento da Travessa Nestor de Castro, no Centro da cidade. O Teatro Universitário de Curitiba está instalado dentro da passagem, e passou por uma reforma em 2009. No ano seguinte, a prefeitura do município revitalizou a Galeria, reinaugurada em 29 de agosto de 2010 (ANDRICH, 2010). As lojas que existiam antes foram fechadas, e o local passou a funcionar exclusivamente como espaço cultural: além do Teatro, abriga o Clube de Xadrez Erbo Stenzel.

A passagem está no centro de uma grande cidade, e convive com problemas como o tráfico de drogas em seus arredores, mas mantém agenda cultural intensa (MENEZES, 2016). A cultura é o elemento que garante a atividade do espaço, faz com que ele receba atenção da comunidade e da administração do município, o que se traduz em ações periódicas de revitalização, e conservação adequada – limpeza, iluminação, segurança (Figura 11).

**Figura 11**: Interior da Galeria Júlio Moreira, Curitiba/PR. Foto: Davi Ivanowski.



## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Aumentar a circulação das passagens de pedestres sob os eixos rodoviários do Plano Piloto em Brasília implicará conferir a esses espaços uma multiplicidade de usos. Apoiado nos conceitos de planejamento urbano citados e na observação das condições atuais de infraestrutura e de utilização das passagens, o presente trabalho encontrou, em um uso já estabelecido em Brasília, uma possível solução para aumentar a frequência e a segurança nesses locais. Todas as manhãs dezenas de comerciantes informais instalam-se nas entradas dessas passagens, sobretudo na Asa Norte, para vender café, bolos e salgados aos trabalhadores que passam por ali com destino a seus locais de trabalho. Além desses, diversos profissionais encontram subsistência no comércio informal das ruas do Plano Piloto. Sapateiro, costureira, manicure, relojoeiro, amolador de facas, tesouras e alicates, engraxates e *designers* de sobrancelhas são atividades desenvolvidas nas ruas da Capital, por trabalhadores autônomos, às vezes em estruturas precárias, como quiosques de lata, e em outros casos, na rua mesmo, apoiados na mureta de proteção, como o café da passagem subterrânea.

A proposta do presente trabalho é estabelecer comércio e prestação de serviços, que atuam na informalidade, dentro das passagens subterrâneas. Mediante algumas adaptações relativas à acessibilidade, ações de limpeza e reparos da infraestrutura existente, esses trabalhadores poderiam ocupar os espaços disponíveis e atrair mais usuários, desde que com condições indispensáveis de dignidade e segurança para eles e para seus clientes. Assim, esses estabelecimentos serviriam como catalisadores do incremento da utilização dessas infraestruturas, permeando-as de “olhos” vigilantes, conforme a solução apontada por Jacobs (2000). Cada comércio instalado nas passagens serviria como as janelas e pontos de interesse descritos por Gehl (2005). Assim, o tráfego de pedestres, o comércio e os serviços poderiam formar uma trama, como a sugerida por Alexander (2013), para preencher aquele espaço com usos diversificados, na perspectiva de Cervero (2000) para permitir o crescimento inteligente e sustentável desses espaços urbanos. As formas de operacionalizar a presente proposta, do ponto de vista administrativo, jurídico e econômico, deverão ser objeto de estudos futuros.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

AGUIAR, F.O. (2003) *Análise de métodos para avaliação da qualidade das calçadas*. Dissertação de Mestrado.

São Carlos: UFSCar.
ALEXANDER, C. (2013) A city is not a tree. *The urban design reader*. LARICE, Michael e MACDONALD, Elizabeth (Org.). Routledge: Abingdon, Inglaterra. 2ª edição, pp. 152-166.
ANDRICH, M. (2010) Galeria Júlio Moreira será reinaugurada hoje. *Tribuna*. Curitiba, 29 ago. 2010. Disponível em http://www.tribunapr.com.br/noticias/parana/galeria-julio-moreira-sera-reinaugurada-hoje/. Acesso em 4 jun. 2017.
TV GLOBO. (2017) Aumenta o número de assaltos a pedestres no DF. Brasília, 12 fev. 2017. Disponível em https://globoplay.globo.com/v/5645066/, acesso em 31 mai. 2017.
BARROS, A.P.B.G. (2014) *Diz-me com quem andas que te direi onde estás: inserção do aspecto relacional na análise da mobilidade urbana para o pedestre*. Tese de doutorado. Programa de Pós-Graduação em Transportes. Universidade de Brasília/Universidade de Lisboa.
BRAGA, J. (2014) Governo inicia reforma da passagem subterrânea do Hospital de Base. *Agência Brasília*. Brasília, 28 ago. 2014. Disponível em https://www.agenciabrasilia.df.gov.br/2014/08/29/governo-inicia-reforma-da-passarela-subterranea-do-hospital-de-base/, acesso em 5 jun. 2017.
CERQUEIRA, D., COELHO, D.S.C. (2014) *Estupro no Brasil: uma radiografia segundo os dados da saúde*. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Disponível em: http://ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/nota_tecnica/140327_notatecnicadiest11.pdf, acesso em 27 ago. 2017.
CERQUEIRA, D., COELHO, D.S.C., FERREIRA, H. (2017) Estupro no Brasil: Vítimas, autores, fatores situacionais e evolução das notificações no sistema de saúde entre 2011 e 2014. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Disponível em: http://ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/TDs/td_2313.pdf, acesso em 27 ago. 2017.
CERVERO, R. (2000). *Transport and land use: key issues in metropolitan planning and smart growth*. University of California Transportation Center. Disponível em http://escholarship.org/uc/item/8dc5p6mv, acesso em 7 jun. 2017.
COSTA, L. (1991) *Relatório do Plano Piloto de Brasília. Brasília, Governo do Distrito Federal*: Departamento do Patrimônio Histórico e Artístico do Distrito Federal. Disponível em http://doc.brazilia.jor.br/plano-piloto-Brasilia/relatorio-Lucio-Costa.shtml, acesso em 17 mai. 2017.
DER/DF. (2007) *Estudo de Segurança dos Pedestres no Eixo Rodoviário*. Brasília.
_____. (2016) *Sistema Rodoviário do Distrito Federal*. Brasília. Disponível em: http://www.der.df.gov.br/images/institucional/SistemaRodoviario/SRDF-2016.pdf, acesso em 20 mai. 2017.
DIMENSTEIN, G. (2006) *O mistério das bolas de gude: histórias de humanos quase invisíveis*. 2ª edição. Campinas: Papirus.
EBTU. (1988) *Elementos Intervenientes*. Brasília.
GEHL, J. (2013) *Cidades para pessoas*. São Paulo: Perspectiva.
GDF. (2010) *Plano Diretor de Transporte Urbano e Mobilidade do Distrito Federal e Entorno* – Relatório Final. Secretaria de Estado de Transportes. Brasília.
IVANOWICS, D. (2012). *Interior da Galeria Julio Moreira Curitiba*. 2012. Fotografia. Disponível em http://www.panoramio.com/photo/81909602, acesso em 8 jun.2017.
JACOBS, J. (2000) *Morte e Vida das Grandes Cidades*. São Paulo: Martins Fontes.
MENEZES, F.Z. (2016) Em Curitiba, Galeria Júlio Moreira é um exemplo de espaço de arte subterrâneo. *Gazeta do Povo*, Curitiba, 7 abr.2016. Disponível em: http://www.gazetadopovo.com.br/vida-e-cidadania/futuro-das-cidades/em-curitiba-galeria-julio-moreira-e-um-exemplo-de-espaco-de-arte-subterraneo-2g4llmgr7eel86561pa4ysivo. Acesso em 4 jun. 2017.
PAES, M. (2012) Caminho para o RioSul, sob a Av. Lauro Sodré, será reformada. *O Globo*, Rio de Janeiro, 3 jun. 2012. Disponível em: https://oglobo.globo.com/rio/bairros/caminho-para-riosul-sob-av-lauro-sodre-sera-reformada-4791157#ixzz4ixSWRN9O. Acesso em 3 jun.2017.
R7. (2014) Iniciada em setembro, reforma da passagem subterrânea está parada. Brasília, 2 dez. 2014. Disponível em: http://noticias.r7.com/distrito-federal/df-record/videos/iniciada-em-setembro-reforma-de-passagem-subterranea-esta-parada-16102015 , acesso em 5 jun. 2017.
SANTOS, M. (1998) *O espaço do cidadão*. Nobel: São Paulo. 4ª ed.
SILVA, S. H.C. (2016) *Análise de métodos de avaliação da qualidade de travessias de pedestres: proposta e recomendações para um método padrão*. Dissertação de mestrado. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais.

Bruna Renata Cavalcante de Barros (buru.renata@gmail.com)
Eliezé Bulhões de Carvalho (eliezec@gmail.com)
Fabiana Serra de Arruda (farruda@unb.br)

# ANÁLISE DO POTENCIAL DE INTEGRAÇÃO DA BICICLETA COM O TRANSPORTE PÚBLICO DE PASSAGEIROS NA CIDADE DE FLORIANÓPOLIS.

**Melina Yumi Fujiwara**
**João Carlos Souza**
Universidade Federal de Santa Catarina
Programa de Pós-graduação em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial

**RESUMO**
O objetivo deste estudo é identificar os fatores que interferem no uso da bicicleta de forma integrada com o transporte público considerando a relação entre o usuário de ônibus e a infraestrutura cicloviária existente. O estudo adotou duas abordagens: uma com enfoque na avaliação das infraestruturas instaladas nos terminais de ônibus e as condições da rede cicloviária, e outra para descobrir qual o potencial de integração entre os dois modos por meio da técnica de pesquisa declarada. O método proposto foi dividido pelas seguintes etapas: (1) definição da área de abrangência, (2) avaliação dos terminais, (3) avaliação dos espaços cicláveis, (4) coleta de dados sobre o comportamento de viagens dos usuários de ônibus e sua propensão à integração. Os resultados apontam que existe a possibilidade de integração por meio da utilização de paraciclos. Além disso, os entrevistados declararam que existência de ciclovias, ciclofaixas conectadas com os terminais são requisitos essenciais para que haja a integração.

**ABSTRACT**
The objective of this study is to identify the factors that interfere in the use of the bicycle in an integrated way with the public transport considering the relation between the bus user and the existing bicycle infrastructure. The study adopted two approaches: one focusing on the evaluation of the infrastructures installed in bus terminals and the conditions of the cycle network, and another to find out the potential of integration between the two modes through the declared research technique. The proposed method was divided by the following steps: (1) definition of the area of coverage, (2) evaluation of the terminals, (3) evaluation of the cycling spaces, (4) data collection on the travel behavior of bus users and their propensity to integration. The results indicate that there is the possibility of integration through the use of paracycles. In addition, respondents stated that the existence of cycle paths, cycle paths connected to the terminals are essential requirements for integration.

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil vive um processo de urbanização acelerada, tendo 82% de sua população vivendo nas cidades. Movimento que trouxe uma ocupação descontrolada e um impacto negativo na mobilidade urbana das grandes cidades, ocasionando em uma distribuição desigual da acessibilidade (Política Nacional de Mobilidade Urbana Sustentável, 2004). Esse desequilíbrio resulta do emprego de maiores investimentos nos modos motorizados particulares, em detrimento aos meios não motorizados e do transporte coletivo. No entanto, o artigo 6º, parágrafo segundo da lei 12.587/2012, instituiu diretrizes de política nacional de mobilidade urbana, dando prioridade aos modos de transportes não motorizados sobre os motorizados e dos serviços de transporte público coletivo sobre o transporte individual motorizado com intuito de corrigir esse desequilíbrio.

O transporte coletivo combinado ao cicloviário vem sendo foco de estudos em diversas partes do mundo para solucionar ou mitigar os problemas em questão, devido ao potencial que a integração encerra e ao sucesso que tem apresentado em vários países. O investimento em infraestrutura de ciclovias, além de ser uma alternativa viável de mobilidade urbana, pode ajudar a diminuir a segregação sócio espacial das vias, conforme ALVES, et all (2014), PUCHER e BUEHLER (2009) e SILVEIRA, BALASSIANO e MAIA (2011).

O Plano de Mobilidade por Bicicletas nas Cidades (2007), política específica para o transporte cicloviário, considera que a integração entre bicicleta e o transporte coletivo tem o objetivo,

além de estimular o reconhecimento da bicicleta como meio de transporte, reforçar os modos coletivos como principais meios de transporte para a população.

Segundo Souza (2012), ainda falta conhecimento técnico para analisar as consequências da inserção da infraestrutura cicloviária como meio de transporte. No Brasil existem poucos modelos eficientes de integração entre ônibus e bicicletas. O levantamento de informações e dados torna-se imprescindível para a definição de diretrizes para implantação da infraestrutura de transporte coletivo e cicloviário, assim como para sua integração.

### 1.1 Fatores que influenciam na integração entre bicicleta e transporte coletivo

No Brasil, resultados apresentados por pesquisas feitas em Belo Horizonte identificaram a existência de ciclovias como um fator preponderante para a integração. O estudo também estimou a adesão dos entrevistados caso houvesse a implantação conjunta de ciclovia, bicicletários e a possibilidade de transportar a bicicleta no ônibus. Quase a metade dos entrevistados responderam de maneira positiva à integração. (COSTA, et al., 2015; ALVES et al. 2014)

Em Salvador, questionários foram aplicados em três estações de transporte público com objetivo de encontrar os fatores que mais influenciam na escolha da bicicleta como modo de transporte. A maioria dos entrevistados afirmou que usaria a bicicleta desde que existisse integração nas estações, com instalação de bicicletário. A principal justificativa para o uso da bicicleta foi “Menos gastos no orçamento familiar, com redução do pagamento de passagem” (RIBEIRO, 2005).

A insegurança em deixar a bicicleta na estação foi muito alegada entre os entrevistados em Recife. O principal empecilho citado nas entrevistas para a integração foi a falta de segurança pública (27%), seguida da falta de trânsito seguro até a estação (20%) (SILVEIRA; BALASSIANO; MAIA, 2011).

A partir da revisão bibliografia, os fatores mais citados na bibliografia consultada foram: existência de vias para ciclistas, locais seguros para estacionamento de bicicletas e a distância percorrida entre residência e estação de transporte (PUCHER; BUEHLER, 2009; REPLOGLE, 1993; SILVEIRA, 2010; TAYLOR e MAHMASSANI, 1996).

## 2. MÉTODO

O método proposto para identificar os fatores que interferem no uso da bicicleta de forma integrada com o transporte público, considerando a relação entre o usuário de ônibus e a infraestrutura cicloviária existente, pode ser divido nas seguintes etapas: 1) Definição da área de abrangência; 2) Avaliação dos terminais; 3) Avaliação dos Espaços cicláveis – Método de Dixon; 4) Aplicação da técnica de preferência declarada.

### 2.1 Definição da área de abrangência.

Para aplicação da metodologia os locais escolhidos foram áreas com terminais de integração de transporte público e próximo a ciclovias ou ciclofaixas na cidade de Florianópolis. Além disso, foi escolhido um tipo de estação de transferência e outra estação terminal, onde se encerra um circuito de uma unidade de transporte. Assim, as estações terminais se encontram nas extremidades das linhas.

Florianópolis conta com seis terminais de integração que formam o Sistema Integrado de Terminais de Transporte Público de Florianópolis – SIT: TICAN em Canasvieiras, TISAN em Santo Antônio de Lisboa, TITRI na Trindade, TILAG na Lagoa da Conceição, TICEN no

Centro; TIRIO no Rio Tavares. Apesar de Florianópolis possuir um Plano de Mobilidade Urbana da Grande Florianópolis – PLAMUS, a rede cicloviária possui um pouco mais de 43 km de ciclovia e ciclofaixas, que estão distribuídas conforme a figura abaixo:

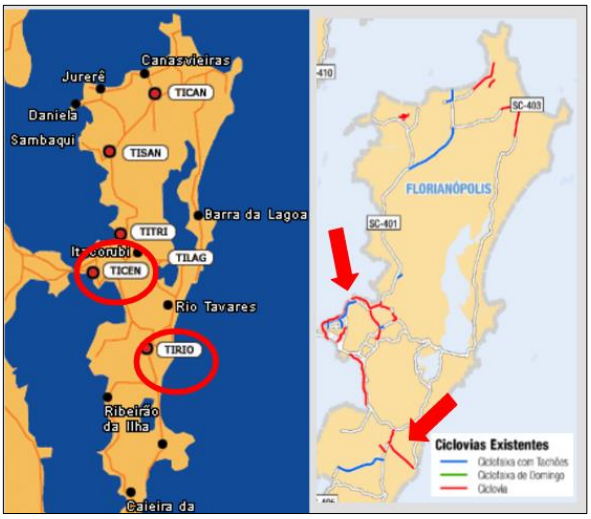



**Figura 1** Localização dos terminais e vias cicláveis (PLAMUS, 2015)

Os terminais de transporte público escolhidos foram o terminal de integração do Centro (TICEN) no centro e o Terminal de Integração do Rio Tavares (TIRIO) no Bairro Rio Tavares, por estarem mais próximos às características definidas. O TICEN está localizado em uma área bastante urbanizada e próxima ao terminal rodoviário Rita Maria. É o principal terminal de ônibus de Florianópolis, além de atender como ponto de desembarque para as linhas intermunicipais – Biguaçu, Palhoça e São José. Ao Sul fica o TIRIO que está localizado próximo a praia do Campeche, ao Aeroporto Internacional Hercílio Luz e a um estádio de futebol. Próximo ao TIRIO está a ciclofaixa da Rua Pequeno Príncipe e a ciclofaixa Rodovia Francisco Magno Vieira.

## 2.2 Avaliação dos Terminais

Para avaliação de cada terminal urbano foi utilizado um *check list*, no qual classificou o nível de infraestrutura existente que possibilita a integração. A pesquisa levou em consideração as características de infraestrutura como o acesso e o estacionamento de bicicletas, e outras facilidades como vestiários e conexão com ciclofaixa ou ciclovia. A lista de avaliação teve um questionário com respostas sim e não, no qual as marcações afirmativas indicarão o índice de qualidade do experimento. Quer dizer, quanto maior a pontuação das respostas positivas, melhores serão as condições para integração.

O resultado foi obtido pela divisão entre número de repostas afirmativas e o número de quesitos considerados e multiplicado por 100. A pontuação possui quatro classificações: 1) não é possível integrar; 2) consegue integrar, porém de maneira precária; 3) consegue integrar, com certo conforto; 4) consegue integrar, confortavelmente. A tabela 1 mostra o percentual de cada item (MTE, 2003):

**TABELA 1** Classificação de infraestrutura existente para integração

| |
|---|
| Não é possivel integrar : 0% a 20% |
| Consegue integrar, porém de maneira precária : 21% a 45% |
| Consegue integrar, com certo conforto : 46% a 75% |
| Consegue integrar, confortavelmente : 75% a 100% |

Fonte: Adaptado de MTE, 2003

Os dois terminais apresentaram resultados muito semelhantes. Observou-se que em nenhum deles foi encontrado bicicletários e nem vestiários dentro dos terminais. Tanto o TICEN como o TIRIO possuem em suas proximidades paraciclos instalados. Portanto, pode-se considerar que a integração entre transporte coletivo e cicloviário é possível. Além do que, a localização dos paraciclos tem vigilância passiva, ou seja, estão próximos às calçadas e acessos que pressupõe uma proteção pela visibilidade por pedestres.

O TICEN atingiu um percentual de 40% de respostas positivas e foi classificado como consegue integrar, porém de maneira precária. Um dos pontos negativos desse terminal é a falta de conexão com a ciclovia Beira Mar Norte, forçando os ciclistas a compartilhar as ruas com os veículos motorizados.

O TIRIO apresentou um resultado melhor. Assim ficou classificado como: consegue integrar, com certo conforto. O motivo que justifica essa diferença é o fato da existência de uma ciclofaixa que conecta com o terminal por meio de uma faixa de pedestres. De forma que foram encontradas bicicletas estacionadas nos paraciclos localizados ao lado do terminal. Não se pode afirmar que todas as pessoas que estacionaram fizeram a integração com o ônibus, mas são indícios da existência da possibilidade.

Importante mencionar que o transporte de bicicletas dentro dos ônibus não é permitido. No entanto, mesmo assim, avaliou-se o acesso das bicicletas as plataformas, que apresentou aspectos positivos. Os terminais possuem acessos adaptados para cadeirantes, por conseguinte permitindo a passagem de bicicletas, além disso, são planas e sem escadas.

### 2.3 Avaliação dos Espaços cicláveis – Método de Dixon

Com o intuito de melhorar os espaços para ciclistas diversas metodologias têm sido criadas, principalmente nos Estados Unidos. Kirner (2006) cita dois tipos de modelos para medir a qualidade do serviço das vias cicláveis: os que analisam o nível de estresse dos ciclistas e os que analisam a característica da via ou interseção. Ainda existem metodologias que abordam a avaliação de acidentes para determinar o nível de risco dos ciclistas.

Dixon desenvolveu um método com a finalidade de avaliar corredores cicloviários por meio de um sistema de pontuação resultando em uma medida de nível de serviço que varia entre A e F. Os fatores utilizados pelo autor derivam do Índice de Condições de Vias de Epperson-Davis (1994). Por outro lado, Phillips e Guttenplan (2003) o considerou mais abrangente do que os estudos anteriores, porque se baseia na premissa de que existem um conjunto de elementos necessários no sistema viário para atrair viagens não motorizadas.

Os fatores considerados são:

I. Presença de instalações para ciclistas: considera a presença de ciclofaixas, cuja a pontuação varia de acordo com a largura da faixa de tráfego – de 3,66m a 4,27m – ou a presença de ciclovias com medida mínima de 2,44m e a no máximo 0,40 km de distância da via de tráfego veicular.
II. Conflitos: fator que mede as facilidades existentes nas vias de observação entre ciclistas e motoristas e ao mesmo tempo prever suas ações no sistema viário, a fim de aumentar o conforto e segurança dos ciclistas. Por conseguinte, os critérios observados são: (a) menos de 22 entradas de garagem e cruzamento perpendiculares de vias por 1,61 km, (b) ausência de barreiras na facilidade para bicicletas, (c) Ausência de estacionamento lateral, (d) presença de canteiros centrais, (e) distância de visibilidade não obstruída, (f) melhorias das interseções para o ciclismo.

III. Diferencial de velocidade entre veículos e bicicletas: calculado por meio da comparação entre velocidade média dos ciclistas - segundo Dixon (1996), 24 km/h – com a velocidade máxima permitida para os veículos motorizados nas vias.
IV. Nível de Serviço para veículos motorizados: segundo o autor o volume de veículos motorizados e o congestionamento das ruas influencia no conforto e na segurança do ciclista. Além disso, pistas com um grande número de faixas desestimula o ciclista.
V. Manutenção das vias: avalia as condições que refletem o abandono e a falta de manutenção da pavimentação da via que causam problemas crônicos.
VI. Programas específicos para melhorar o transporte cicloviário: verifica a existência de programas que estimulam o uso do das bicicletas como meio de transporte como, por exemplo, a construção de vestiários, programas de suporte ao usuário e inserção de bicicletários.

A tabela 2 classifica o nível de serviço com as definições para cada pontuação.

**TABELA 2** Classificação Do Nível De Serviço Para Ciclistas – Modelo De Dixon (1996)

| Pontuação | Nível de Serviço | Descrição das vias |
|---|---|---|
| 17 a 21 | A | Vias seguras e atrativas; crianças podem usufruir sem a necessidade da supervisão de um adulto. Baixo índice de interação com veículos motorizados em facilidades para ciclistas contíguas à via ou segregadas. Bom nível de estrutura funcional e ótimas condições de pavimento. |
| 14 a 17 | B | Adequadas para qualquer classe de ciclistas; crianças podem usufruir sem a necessidade da supervisão de um adulto. Baixo índice de interação com veículos motorizados em facilidades para ciclistas contíguas à via ou segregadas. Bom nível de estrutura funcional e boas condições de conservação. |
| 11 a 14 | C | Adequadas para a maioria dos ciclistas. Nível moderado de interação com veículos motorizados. Presença de facilidades para ciclistas, na maioria das vezes, contíguas à via, sendo que em locais menos amigáveis para ciclistas, ao longo do corredor, podem existir facilidades segregadas para ciclistas. A via é normalmente caracterizada pela combinação de baixa velocidade, baixo volume de tráfego motorizado, rara ocorrência de conflitos e boas condições de superfície. |
| 7 a 11 | D | Adequadas para ciclistas experientes (grupo A). Estas vias podem não dispor de estruturas funcionais voltadas ao ciclismo. Interação com veículos motorizados considerada de moderada a alta. Podem ou não apresentar facilidades para ciclistas. No caso da falta de facilidades para ciclistas a via deve apresentar cinco ou mais características que permitem que os ciclistas do grupo A compartilhem a via com os veículos motorizados (baixa velocidade e volume de veículos motorizados, poucos conflitos ou boas condições de pavimento). Se houver uma facilidade para ciclistas contígua à via, a via apresentará características que tornam esta via inadequada para ciclistas do grupo B, como alto volume e alta velocidade de veículos motorizados e conflitos freqüentes. |
| 3 a 7 | *E* | Requer cuidado redobrado até para ciclistas do grupo A. Alto índice de interação com veículos motorizados. Podem ou não apresentar facilidades para ciclistas. No caso da falta de facilidades para ciclistas a via deve apresentar duas ou mais características que permitem que os ciclistas do grupo A compartilhem a via com os veículos motorizados (baixa velocidade e volume de veículos motorizados, poucos conflitos ou boas condições de pavimento). Conservação regular. Inadequadas para ciclistas do grupo B e níveis menos experientes. |
| < 3 | F | Inadequada para o ciclismo, de maneira geral. Alto índice de tráfego de automóveis. Oferece risco iminente para todos os grupos de ciclistas. |

Fonte: Dixon, 1996

Este método se mostrou mais completo e faz uso de dados passíveis de serem coletados com facilidade. Uma das críticas ao modelo é que não houve tentativa em associar o nível de serviço com a percepção do ciclista.

No momento da aplicação do modelo foi utilizado um *check-list* para facilitar a averiguação dos dados. Cada fator do modelo foi aplicado levando em conta a realidade da cidade de Florianópolis. As vias escolhidas foram a ciclofaixa da Av. Pequeno Príncipe e da Rodovia Francisco Magno Vieira (SC-405) com extensão de 2,8 km e a ciclovia da Beira Mar Norte localizada na parte insular de Florianópolis com extensão de 9,4 km (Figura 3).

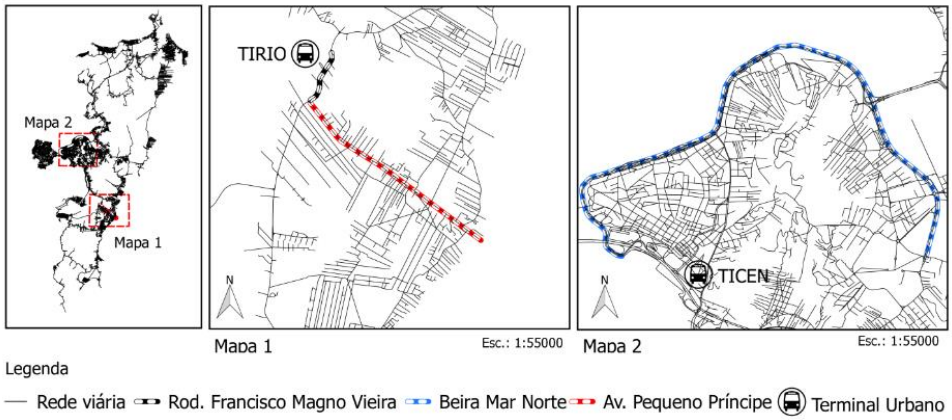



**FIGURA 2** Mapa das vias cicláveis analisadas (Próprio autor, 2017)

Todos os trechos foram percorridos enquanto eram coletadas as informações. Após a inserção dos dados no sistema de pontuação do nível de serviço para ciclistas, foi obtida a pontuação total de cada via (Tabela 3 e 4).

**TABELA 3** Desempenho do Nível de Serviço para Bicicleta – Ciclofaixa Vias: Rod. Francisco Magno Vieira e Av. Pequeno Príncipe

| **Trecho: Rodovia Francisco Magno Vieira (SC-405)** | | |
|---|---|---|
| Categoria | Critérios | Pontos |
| Facilidade para bicicletas (Valor máximo = 10) | Ciclofaixa – faixa externa 3,66m (Largura do trecho:1,00m) | 0 |
| Conflitos (Valor máximo = 4) | Distância de visibilidade não obstruída | 0,5 |
| Diferencial de velocidade entre veículos e bicicletas | 32 a 48 km/h (60 km/h -24 Km/h = 36 km/h) | 1 |
| Nível de Serviço para veículos motorizados (valor máximo=2) | NS= A,B ou C (e menos que 6 faixas de rogadem) | 2 |
| Manutenção das vias (Valor máximo=2) | Problemas sem muita frequencia ou menores | 0 |
| Programas específicos para melhorar o transporte cicloviário (valor máximo =1) | Sem programas | 0 |
| Cálculos (ajuste da nota dos segmentos) | Extensão do Trecho (km)<br>Extensão Total (km)<br>Índice dos segmentos⁰<br>Peso dos segmentos¹<br>Índice ajustado dos segmentos² | 1,05<br>3,785<br>3,5<br>0,3<br>1,05 |
| **Trecho: Av. Pequeno Príncipe** | | |
| Categoria | Critérios | Pontos |
| Facilidade para bicicletas (Valor máximo = 10) | Ciclofaixa – faixa externa 3,66m (Largura do trecho:1,89m) | 0 |
| Conflitos (Valor máximo = 4) | Distância de visibilidade não obstruída | 0,5 |
| Diferencial de velocidade entre veículos e bicicletas | 24 a 32 km/h (40 km/h -24 Km/h = 16 km/h) | 2 |
| Nível de Serviço para veículos motorizados (valor máximo=2) | NS= A,B ou C (e menos que 6 faixas de rogadem) | 2 |
| Manutenção das vias (Valor máximo=2) | Problemas sem muita frequencia ou menores | 0 |
| Programas específicos para melhorar o transporte cicloviário (valor máximo =1) | Sem programas | 0 |
| Cálculos (ajuste da nota dos segmentos) | Extensão do Trecho (km)<br>Extensão Total (km)<br>Índice dos segmentos⁰<br>Peso dos segmentos¹<br>Índice ajustado dos segmentos² | 2,735<br>3,785<br>4,5<br>0,72259<br>3,25165 |
| | **Índice do corredor³** | **4,30165** |

Índice dos segmentos⁰ = soma dos pontos nas seis categorias
Peso dos segmentos¹ = comprimento do segmento/comprimento do corredor
Índice ajustado dos segmentos² = Índice dos segmentos x peso dos segmentos
Índice do corredor³ = soma dos índices ajustados dos segmentos no corredor

Fonte: Adaptado de Dixon, 1996

**TABELA 4** Desempenho do nível de serviço para bicicleta – Ciclovia da Beira Mar Norte (Insular)

| Categoria | Critérios | Pontos |
|---|---|---|
| Facilidade para bicicletas (Valor máximo = 10) | Ciclovia | 4 |
| Conflitos (Valor máximo = 4) | Entradas de garagem e cruzamentos | 1 |
| | Ausência de barreiras | 0,5 |
| | Ausência de barreiras de estacionamento lateral | 1 |
| | Presença de canteiros centrais | 0,5 |
| | Distância de visibilidade não obstruída | 0,5 |
| | Melhorias das interseções para o ciclismo | 0,5 |
| Diferencial de velocidade entre veículos e bicicletas | >48 km/h (80 km/h - 24km/h = 56 km/h) | 0 |
| Nível de Serviço para veículos motorizados (valor máximo=2) | NS= A,B ou C (e menos que 6 faixas de rogadem) | 2 |
| Manutenção das vias (Valor máximo=2) | Sem problemas | 2 |
| Programas específicos para melhorar o transporte cicloviário (valor máximo =1) | Sem programas | 0 |
| | **Índice do corredor** | **12** |

Extensão 11,532 km

Fonte: Adaptado de Dixon, 1996

Conforme as definições de pontuação do nível de serviço para ciclistas determinadas por Dixon (1996), a ciclofaixa próximo ao TIRIO obteve a pontuação 4,3, enquadrada no nível "E". A classificação "E" descreve a via como: requer cuidado redobrado até para ciclistas experientes. Alto nível de interação com veículos motorizados. Conservação Irregular. Inadequados para ciclistas que estão em um nível intermediário e iniciantes.

Essa classificação pode ser explicada por problemas apresentados na categoria conflitos. O critério do modelo para entradas de garagens e cruzamentos requer que a quantidade de ocorrências destes seja menor que 22 por 1,6 km. Segundo a avaliação no local, foram encontradas 23 acessos de estacionamento e 5 cruzamentos. Portanto, não houve pontuação para esse quesito.

Outro fator existente foi a presença de barreiras que induzem o ciclista a invadir para a faixa dos veículos motorizados e de barreiras criadas por estacionamentos laterais. Não foram encontradas melhorias nas interseções para o ciclismo e nem a presença de canteiros centrais.

A Ciclovia da Beira Mar Norte, localizada na parte insular de Florianópolis obteve uma pontuação 12, considerada "C". A classificação "C" descreve a via como: Adequada para a maioria dos ciclistas. Nível moderado de interação com veículos motorizados. Presença de facilidades para ciclistas, na maioria das vezes, contíguas à via, sendo que em locais menos amigáveis para a ciclistas. Rara ocorrência de conflitos e boas condições de superfície.

Pode-se observar que os principais fatores que contribuem para uma avaliação de nível de serviço médio estão relacionados a existência de ciclovia e ausência de conflitos.

## 2.4 Entrevista com os usuários dos terminais urbanos

As entrevistas com os usuários dos terminais do Rio Tavares (TIRIO) e do Centro (TICEN) foram realizadas no mês de dezembro de 2016. Foram respondidos 30 questionários no TICEN e 34 no TIRIO, totalizando 64 entrevistas. Todos os entrevistados foram selecionados de maneira aleatória. Os dados coletados possibilitaram traçar um perfil dos entrevistados, levando em consideração idade, gênero, escolaridade e ocupação. As informações foram apresentadas por terminal para propiciar a comparação entre eles.

Nos dois terminais houve uma dominância por jovens entre 15 a 24 anos, o número de repostas por gênero foi bem equilibrado, obtendo respostas com a mesma proporção por homens e mulheres, a escolaridade no terminal do Rio Tavares apresentou um número maior de pessoas com superior incompleto (32%) e no terminal Central o ensino médio foi dominante (40%). A ocupação estudante foi preponderante nos dois terminais.

A pesquisa também identificou as características das viagens que os entrevistados realizaram para se locomover de seus domicílios até o terminal urbano. Novamente as informações foram apresentadas com distinção entre os terminais para que seja passível de comparação.

A forma de deslocamento principal até o terminal foi o ônibus nos locais pesquisados. Porém, o terminal do Rio Tavares apresentou uma variação maior nesse quesito por se tratar de um terminal considerado destino, ao contrário do terminal do Centro que tem caráter mais de passagem, pois serve de ponto de baldeação.

Grande parte dos entrevistados no terminal do Rio Tavares apontou que o seu deslocamento até o seu destino tem uma duração superior a 50 minutos (46%). No caso do terminal Central o tempo de duração predominante foi menor, de 30 a 39 minutos (36%). A quantidade de vezes que os entrevistados se deslocam foi similar nos dois terminais, prevalecendo o deslocamento diário – segunda a sexta-feira. O motivo do deslocamento no terminal Central foi predominantemente trabalho (43%) e no terminal do Rio Tavares estudo (44%).

O questionário também tinha como ponto focal identificar a propensão dos usuários de ônibus em relação à integração entre ônibus e a bicicleta. No terminal do Rio Tavares os entrevistados demonstraram maior aceitação pela integração do que o terminal do Centro. O principal motivo apontado pelos entrevistados como empecilho para o uso da bicicleta até o terminal foi a falta de ciclovia ou ciclofaixa e a vantagem para a integração foi que chegariam mais rápido a estação.

Um percentual de 87% dos entrevistados do terminal Central respondeu que não utilizariam a bicicleta até o terminal. Esse resultado teve como justificativa morar muito longe do terminal. Para as poucas respostas positivas à integração a principal razão apontada foi que chegariam mais rápido a estação. Além disso, a pesquisa questionou sobre a posse dos meios de deslocamento - carro, bicicleta, moto. Apesar da maioria dos indivíduos que participaram possuir bicicleta, não se obteve uma aceitação pela integração.

### 2.5 Pesquisa de preferência declarada

A técnica de preferência declarada é apropriada para o estudo, pois permite identificar os requisitos necessários para o transporte cicloviário do ponto de vista dos usuários de ônibus interessados em fazer a integração entre bicicletas e transporte público. Sendo assim, espera-se que os resultados da pesquisa possam fornecer informações para ajudar proposta de medidas visando o estimulo ao uso da bicicleta, quando for o caso.

Descreve-se a seguir a estrutura da técnica:

a) Identificação do conjunto de atributos pertinentes à pesquisa: os atributos incluídos no estudo foram escolhidos de modo a compreender todos os aspectos que possam ser indispensáveis aos entrevistados, e encontrados na revisão bibliográfica ou por meio de pesquisa com profissionais da área.
b) Identificação das quantidades de alternativas foi criada pelas combinações de atributos e seus níveis: a quantidade de alternativas não deve ser muito grande, pois complica a compreensão da pesquisa por parte dos entrevistados. Assim sendo, pode ser considerado um conjunto menor de alternativas extraído do conjunto completo, com exclusão de alternativas que não são viáveis. Devem ser suprimidas as alternativas que são consideradas dominantes, ou seja, com todos os atributos nos melhores níveis e a também a dominada que apresenta todos os atributos nos piores níveis (Souza, 1999).
c) Escolha da técnica de ordenação utilizada: existem três formas de coletar informações sobre a preferência do entrevistado que são a escolha, a ordenação e a avaliação. A escolha pede

que o entrevistado selecione apenas uma única opção dentre as alternativas disponíveis. A ordenação exige em apresentar todas as alternativas ao entrevistado e solicitar que elenque em ordem de preferência. A avaliação consiste em uma forma de avaliação métrica, no qual o entrevistado deve escolher as alternativas a partir do seu grau de preferência por cada alternativa usando uma escala (ORTÚZAR, 2000).

A primeira etapa desta pesquisa foi a análise dos dados existentes sobre o conhecimento do perfil dos usuários de bicicleta em Florianópolis. Para o presente estudo foi considerado um recorte da pesquisa elaborada pelo Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis (IPUF). O questionário de mobilidade urbana esteve disponível no site do PlanMobFlorianópolis entre os meses de novembro de 2015 a março de 2016, exclusivamente através de formulário eletrônico, registrando a opinião de moradores de todas as regiões de Florianópolis. No total foram respondidos 2628 formulários.

A pesquisa sobre o uso da bicicleta obteve aproximadamente 35% de pessoas que utilizam a bicicleta. No entanto, a bicicleta ainda é utilizada para prática de lazer e passeio e não como meio de transporte. Para as respostas negativas sobre o uso da bicicleta foi questionado o motivo, que teve como resposta de que 50% das pessoas não se sentem seguras em andar de bicicleta.

Houve ainda uma avaliação das condições oferecidas aos ciclistas que apontou como péssima a infraestrutura existente de apoio, ou seja, faltam vestiários, mapas e bebedouros. Em seguida, a malha cicloviária e a integração com transporte público também foram consideradas ruins.

Dessa forma, o estudo acima contribuiu para identificar a importância e a utilidade dada pelos usuários às variáveis que influenciariam na escolha pelo uso da bicicleta. Como resultado, foram escolhidos três atributos: existência de bicicletário com possibilidade de cobrança de valores e garantia de segurança, presença de ciclovias ou ciclofaixas até a estação de transporte e existência de vestiário. Definiu-se dois níveis para cada um dos atributos (Quadro 1).

**QUADRO 1** Definição de Atributos e níveis

| Atributos | Nível | Nº |
|---|---|---|
| Deslocar em via com ciclovia ou ciclofaixa | BOM – com ciclovia até o terminal | 1 |
| | RUIM – sem ciclovia até o terminal | 0 |
| Existência de Bicicletário pago com vigilância | BOM – Pago com vigilância | 1 |
| | RUIM – Gratuito sem vigilância | 0 |
| Presença de vestiário no terminal transporte urbano | BOM – Vestiário pago com Chuveiro | 1 |
| | RUIM – sem vestiário | 0 |

Fonte: Próprio autor, 2017

Tomou-se o cuidado na formação de um número reduzido de alternativas para não se tornar confuso e cansativo ao entrevistado. Foram excluídas as alternativas dos extremos, dominantes e dominadas, pois formavam combinações ótimas e piores (SOUZA, 1999). As opções de escolha são:

**QUADRO 2** Combinações possíveis de atributos

| Combinações | Deslocar em via: | Bicicletário | Vestiário | Cenário |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Com Ciclovia/Ciclofaixa | Pago com Vigilância | Pago com chuveiro | Desconsiderado |
| 2 | Com Ciclovia/Ciclofaixa | Pago com Vigilância | Sem vestiário | A |
| 3 | Com Ciclovia/Ciclofaixa | Gratuito sem Vigilância | Pago com chuveiro | B |
| 4 | Com Ciclovia/Ciclofaixa | Gratuito sem Vigilância | Sem vestiário | C |
| 5 | Sem Ciclovia/Ciclofaixa | Pago com Vigilância | Pago com chuveiro | D |
| 6 | Sem Ciclovia/Ciclofaixa | Pago com Vigilância | Sem vestiário | E |
| 7 | Sem Ciclovia/Ciclofaixa | Gratuito sem Vigilância | Pago com chuveiro | F |
| 8 | Sem Ciclovia/Ciclofaixa | Gratuito sem Vigilância | Sem vestiário | Desconsiderado |

Fonte: Próprio autor, 2017

Nesta pesquisa foi adotada a técnica de ordenação das alternativas. A vantagem principal desta técnica é o fato de que um único entrevistado faz várias escolhas, que podem ser consideradas

como escolhas diferentes, expandindo o número de casos disponíveis para o estudo. No entanto, reduz o número de alternativas possíveis para evitar que o entrevistado se canse ou não consiga distinguir entre um cenário e outro.

Cada entrevista demorou de 10 a 15 minutos, no qual metade do tempo foi utilizada para explicação da pesquisa de preferência declarada e para a ordenação das alternativas pelos entrevistados. Verificou-se que quanto menor o grau de instrução do entrevistado, maior a dificuldade para a compreensão do conceito de ordenação dos cenários e o discernimento entre eles.

Os dados obtidos da pesquisa de preferência declarada possibilitaram calibrar o modelo do tipo *Logit* Ordenado com objetivo de estimar a importância relativa dos atributos: deslocamento em locais com ou sem ciclovia ou ciclofaixa, existência de bicicletário com vigilância e de vestiários com chuveiros nos terminais urbanos. Para gerar os resultados do modelo foi utilizado o *software Statistical Package for the Social Sciences – SPSS*. A qualidade dos modelos foi avaliada por meio dos parâmetros do pseudo $R^2$, teste de Wald (similar ao teste de significância "t") e Qui-quadrado ($X^2$).

**TABELA 5** Resultado da calibração do Modelo Logit Ordenado - TICEN

| Atributo | Coeficiente de Utilidade - TICEN | Significância do Teste Wald |
|---|---|---|
| Ciclovia/Ciclofaixa | 3,721 | 0,000 |
| Bicicletário | 2,234 | 0,000 |
| Vestiário | 0,744 | 0,026 |
| Razão de Verossimilhança =35,376 | | |
| Teste do Pseudo $R^2$= 0,439 | | |
| $X^2$= 100,607 GL=3 Sig.=0,00 | | |

Fonte: Próprio autor, 2017

A partir dos resultados da tabela 5 obtém-se a equação resultante do experimento:

$$U = 3{,}721C + 2{,}234B + 0{,}744V$$

Onde:

U= Utilidade
C= Atributo "existência de ciclovia/ciclofaixa"
B= Atributo "existência de bicicletário com vigilância"
V=Atributo "existência de vestiários com chuveiro"

**TABELA 6** Resultado da calibração do Modelo Logit Ordenado - TIRIO

| Atributo | Coeficiente de Utilidade - TIRIO | Significância do Teste Wald |
|---|---|---|
| Ciclovia/Ciclofaixa | 4,112 | 0,000 |
| Bicicletário | 1,466 | 0,000 |
| Vestiário | 1,001 | 0,002 |
| Razão de Verossimilhança =32,829 | | |
| Teste do Pseudo $R^2$= 0,482 | | |
| $X^2$= 130,131 GL=3 Sig.=0,00 | | |

Fonte: Próprio autor, 2017

A partir dos resultados da tabela 6 obtém-se a equação resultante do experimento:

$$U = 4{,}112C + 1{,}466B + 1{,}001V$$

Onde:

U= Utilidade
C= Atributo "existência de ciclovia/ciclofaixa"
B= Atributo "existência de bicicletário com vigilância"
L=Atributo "existência de vestiários com chuveiro"

O teste do pseudo $R^2$ indica o coeficiente de determinação, medida que indica a qualidade do modelo, que apresenta resultados aceitáveis para os dois terminais. Além disso, o teste qui-quadrado demonstrou um nível de significância inferior a 0,05, indicando que o teste foi bem-sucedido, pois consiste em aceitar na hipótese nula de que o modelo estimado pode apresentar todos os seus coeficientes nulos.

Observou-se que por meio do teste Wald, cada coeficiente pode ser considerado significativo porque os valores são menores que 0,05 (tabela 5 e 6). Os coeficientes dos fatores constituem as utilidades parciais, assim a somatória dos valores ponderados pelas características para obter a estimativa das utilidades totais para cada alternativa. Exemplificando os resultados do TICEN foram:

$$UA = 3{,}721 \text{ X } 1 + 2{,}234 \text{ X } 1 + 0{,}744 \text{ X } 0 = 5{,}955$$

O cenário com maior utilidade nos dois terminais pode ser facilmente deduzido pela observação dos coeficientes das utilidades parciais. Seria aquele que se deslocaria em via com ciclovia e ciclofaixa, bicicletário pago com vigilância e a existência de vestiário pago com chuveiro (cenário A) conforme tabelas 7 e 8.

**TABELA 7** Utilidade total de cada cenário - TICEN

| Cenário | Utilidade | Deslocar em via: | Bicicletário | Vestiário |
|---|---|---|---|---|
| A | 5,955 | Com Ciclovia/Ciclofaixa (1) | Pago com Vigilância (1) | Sem vestiário (0) |
| B | 4,465 | Com Ciclovia/Ciclofaixa (1) | Gratuito sem Vigilância (0) | Pago com chuveiro (1) |
| C | 3,721 | Com Ciclovia/Ciclofaixa(1) | Gratuito sem Vigilância (0) | Sem vestiário (0) |
| D | 2,978 | Sem Ciclovia/Ciclofaixa (0) | Pago com Vigilância (1) | Pago com chuveiro (1) |
| E | 2,234 | Sem Ciclovia/Ciclofaixa (0) | Pago com Vigilância (1) | Sem vestiário (0) |
| F | 0,744 | Sem Ciclovia/Ciclofaixa (0) | Gratuito sem Vigilância (0) | Pago com chuveiro (1) |

Fonte: Próprio autor, 2017

**TABELA 8** Utilidade total de cada cenário - TIRIO

| Cenário | Utilidade | Deslocar em via: | Bicicletário | Vestiário |
|---|---|---|---|---|
| A | 5,578 | Com Ciclovia/Ciclofaixa (1) | Pago com Vigilância (1) | Sem vestiário (0) |
| B | 5,113 | Com Ciclovia/Ciclofaixa (1) | Gratuito sem Vigilância (0) | Pago com chuveiro (1) |
| C | 4,112 | Com Ciclovia/Ciclofaixa(1) | Gratuito sem Vigilância (0) | Sem vestiário (0) |
| D | 2,467 | Sem Ciclovia/Ciclofaixa (0) | Pago com Vigilância (1) | Pago com chuveiro (1) |
| E | 1,466 | Sem Ciclovia/Ciclofaixa (0) | Pago com Vigilância (1) | Sem vestiário (0) |
| F | 1,001 | Sem Ciclovia/Ciclofaixa (0) | Gratuito sem Vigilância (0) | Pago com chuveiro (1) |

Fonte: Próprio autor, 2017

## 3. CONCLUSÕES

Os problemas urbanos gerados pelo planejamento de transportes que privilegia o uso do automóvel em detrimento a outros modos de transporte indicam a inserção da bicicleta como alternativa viável de deslocamento nas cidades. No entanto, boa parte dos usuários de bicicleta não circula, especialmente pela falta de segurança no trânsito e pela falta de infraestrutura de apoio a esse tipo de transporte.

Assim sendo, esta pesquisa teve como objetivo geral identificar os fatores que interferem no uso da bicicleta de forma integrada com o transporte público considerando a relação entre o usuário de ônibus e a infraestrutura cicloviária existente.

A existência de locais para estacionar bicicletas, ciclovias, ciclofaixas conectadas com os terminais foram apontadas como requisitos essenciais para que haja a integração, sendo um incentivo para que a bicicleta seja vista como um modo de transporte e não somente como um meio de lazer e esporte.

Uma das limitações da pesquisa foi a dificuldade no entendimento da técnica de pesquisa declarada por pessoas com nível de escolaridade baixo. Nesse caso, o tempo de entrevista dobrava e mesmo assim muitos dos entrevistados se recusaram a respondê-la.

A aplicação do método proposto permitiu identificar a infraestrutura que influencia diretamente na integração entre bicicleta e ônibus. Os resultados encontrados podem auxiliar órgãos de gestores municipais na tomada de decisões na aplicação de investimento em intervenções que visam incentivar o uso da bicicleta até o terminal.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, L.M.C; DUTRA, F. E.; CARDOSO, L; OLIVEIRA, L. K.; LOBO, C; FONSECA, A. T.; CARMO, L. P. R.; BASTOS, R. M.; ABREU, T. P. A Bicicleta como meio de transporte integrado ao terminal metropolitano do município de Ibirité (Minas Gerais). XII Rio de Transportes, n. March 2016, 2014.

ANTP – Associação Nacional dos Transportes Público. Sistemas de informações da mobilidade urbana – Relatório Geral 2013. São Paulo: ANTP, 2015.

BRASIL. Lei nº 12.587, de 3 de janeiro de 2012. Institui as Diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana. 2012.

CNT. Avaliação da operação dos corredores de transporte urbano no Brasil. Relatório de Pesquisa. Brasília, 2002.

COSTA, B. G. DOS S.; SANTOS, L. M. B.; CARDOSO, L.; BARROS, R. M.; OLIVEIRA, L. K. DE; LOBO, C.; COELHO, F. M.; ALMEIDA, L. DE A. P.; ALVES, R. M. C.; NETO, E. L.; ABREU, T. P. A Bicicleta como meio de transporte integrado a terminais de ônibus: o terminal São Gabriel (Belo Horizonte, Minas Gerais). XIII Rio de Transportes, 2015.

DIXON, L. Bicycle and Pedestrian Level-of-Service Performance Measures and Standards for Congestion Management Systems. Transportation Research Record, v. 1538, n. 1, p. 1–9, 1996.

EPPERSON, B. Evaluating Suitability of Roadways for Bicycle Use: Toward a Cycling Level-of-Service Standard. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, v. 1438, p. 9–16, 1994.

KIRNER, J. Métodos para medir a qualidade do serviço das vias para o transporte cicloviário. 2006.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. Programa brasileiro de mobilidade por bicicleta-bicicleta brasil. Caderno de referência para elaboração de: plano de mobilidade por bicicleta nas cidades. Brasília, 2007b.

_____. Política nacional de mobilidade urbana sustentável. Cadernos MCidades. Volume 6. Brasília, 2004

MTE - MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. Programa de avaliação das condções de trabalho da indústria da construção civil. Metodologoa aplicada: Check-List, 2013.

ORTÚZAR, J. . Modelos econométricos de elección discreta. 1a ed. Chile: Ediciones Universidad Católica de Chile, 2000.

PHILLIPS, R. G.; GUTTENPLAN, M. A Review of Approaches for Assessing Multimodal Quality of Service. v. 6 No. 4. 2, p. 69–87, 2003.

PLAMUS, P. DE MOBILIDADE URBANA SUSTENTÁVEL DA GRANDE F. Relatório Final - Consolidação das Propostas e Plano de Implementação.

PUCHER, J.; BUEHLER, R. Integrating Bicycling and Public Transport in North America. Journal of Public Transportation, v. 12, p. 79–104, 2009.

REPLOGLE, M. Bicycle access to public transportation: learning from abroad. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, v. 1396, n. December, p. 75–80, 1993.

RIBEIRO, D. M. DA S. Inclusão da bicicleta, como modo de transporte alternativo, no planejamento de transporte urbano de passageiros, o caso de Salvador. [s.l.] Universidade Federal da Bahia, 2005.

SILVEIRA, M. O.; BALASSIANO, R; MAIA, M. L. A. A bicicleta como um modal de transporte integrado ao sistema de metrô da cidade do Recife. XXV ANPET - Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, p. 454–465, 2011.

SILVEIRA, M. O. DA. Mobilidade Sustentável: A bicicleta como um meio de transporte integrado. [s.l.] Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2010.

SOUZA, B. P. Análise de fatores que influem no uso da bicicleta para fins de planejamento cicloviário. Dissertação – Escola de Engenharia de São Carlos, SP. São Carlos – SP. 2012

SOUZA, O. A. Delineamento experimental em ensaios fatoriais utilizados em preferência declarada. [s.l.] Universidade Federal de Santa Catarina, 1999.

TAYLOR, D.; MAHMASSANI, H. Analysis of Stated Preferences for Intermodal Bicycle-Transit Interfaces. Transportation Research Record, v. 1556, n. 1, p. 86–95, 1996.

# ANÁLISE DO ACESSO POR CAMINHADA A ESCOLAS PÚBLICAS. ESTUDO DE CASO: NATAL, RIO DE JANEIRO E SÃO PAULO

**José Brandão de Paiva Neto**
**Ígor Godeiro de O. Maranhão**
**Rômulo Dante Orrico Filho**
Universidade Federal do Rio de Janeiro
Programa de Engenharia de Transporte – PET/COPPE

**RESUMO**
Este artigo visa à análise das diferenças no acesso por caminhada às escolas de ensino público dos municípios de Natal, São Paulo e Rio de Janeiro. Os dois métodos utilizados – distância euclidiana e distância percorrida no arruamento – se diferem no cálculo da área de influência da escola e no cálculo da população atendida, pois têm diferentes abordagens na consideração da mancha urbana e na distribuição populacional no setor censitário. O método das distâncias em rede resultou em menor acesso e não foi encontrada relação de proporcionalidade entre os métodos. Os níveis médios de acessibilidade podem ser considerados satisfatórios, embora, ao analisar além da média, nota-se que os que mais precisam dessa infraestrutura, os de menor renda, são os que têm seu acesso mais prejudicado. Por fim, os resultados sugerem que para uma análise geral da acessibilidade a utilização do método euclidiano seria suficiente, por ser simples, rápida e com eficiência aceitável.

**ABSTRACT**
This paper intends to analyse the differences in access to public schools by walking in the cities of Natal, São Paulo and Rio de Janeiro. The two used methods – Euclidian distance and distance walked in the street network – differ when they create the influence area of each school and when they account for the distribution of the population in the census tract. The method of distance walked in the street network results in smaller rates of access and no correlation was found between the two approaches. The levels of accessibility seem satisfactory, although, when analysing beyond the averages, the ones who need this kind of infrastructure the most, i.e. those with lesser income, are the ones that are refrained from using it the most. Finally, the findings suggest that for a general evaluation of accessibility, the Euclidian method is sufficient, for it is simpler, quicker and provides acceptable accuracy.

## 1. INTRODUÇÃO

Cidades são locais que exercem uma grande atração sobre as pessoas, já que os serviços, equipamentos e utilidades, para um adequado desenvolvimento, se concentram nas aglomerações urbanas: vagas de emprego, unidades habitacionais, serviços de saúde, serviços de educação, quais sejam. Com efeito, uma maior proximidade dessas conveniências pode proporcionar-lhes maior acessibilidade. No Brasil, cerca de 80% da população está concentrada em sedes municipais urbanas (IBGE, 2010).

Conforme as cidades crescem em escala, o sistema de transporte, por meio de seus diversos modos, ganha cada vez mais proeminência por viabilizar – ou não – as liberdades de locomoção e de escolha dos cidadãos. Além disso, a distribuição das atividades pelo território, ou seja, o uso do solo, interfere nos deslocamentos de pessoas e cargas. A acessibilidade dos cidadãos aos diversos serviços e utilidades depende da combinação dos usos do solo de cada local com a rede de transportes disponibilizada.

A acessibilidade a pé é notadamente relevante para o caso de crianças e de jovens nos primeiros anos da adolescência: é uma oportunidade de inserir algum grau de atividade física na rotina delas e diminuir o absenteísmo. Indiretamente, isso pode trazer benefícios para além das crianças, pois encoraja-se interação social, construção de capital social e desencorajam-se oportunidades de crime. Há também de se levantar a discussão de como jovens que cresceram em ambientes hostis à caminhada – que é o modo que sempre precede o transporte público

coletivo – irão se comportar quando tiverem condições de escolher entre modos sustentáveis, como caminhada e bicicleta, e modos motorizados individuais. Essa escolha pode ser determinante no tipo de pressão que o gestor público recebe para definir políticas sociais.

No tocante às políticas públicas, destacam-se duas, já em vigor, o Estatuto da Cidade e a Política Nacional de Mobilidade Urbana. Se o artigo 6º da Constituição Federal de 1988 já dita os direitos sociais aos quais todos os cidadãos brasileiros devem ter acesso, o Estatuto (Lei n° 10.257, de 10 de julho) reforça esse compromisso, pois determina os meios de atendimento da função social da cidade, citando, como dever do Estado, facilitar o acesso ao transporte público, trabalho, lazer, saúde e educação. Dessa forma, a União pode promover o bem-estar e a segurança de seus constituintes (BRASIL, 2001). Já a Política Nacional de Mobilidade Urbana (PNMU) – Lei 12.597/12 – têm como diretrizes a minimização das disparidades sociais e o incremento da integração social, de forma sustentável, tanto economicamente quanto ambientalmente, que consolide uma gestão democrática que garanta o contínuo melhoramento da acessibilidade e da mobilidade urbana (BRASIL, 2013). O PNMU fomenta a acessibilidade universal e o incentivo ao desenvolvimento sustentável das cidades (BRASIL, 2012).

Com efeito, analisar o acesso aos diversos equipamentos públicos através de modos mais sustentáveis, sobretudo a caminhada, é fundamental no diagnóstico da mobilidade urbana. Para tanto, dá-se sequência ao procedimento metodológico apresentado por Maranhão e Santos (2014) e Maranhao *et al.* (2016) que estuda técnicas para determinação de áreas de influência de equipamentos e, a partir do confrontamento dessa área com informações dos setores censitários, gera indicadores de acessibilidade. O primeiro mediu a acessibilidade a estações ferroviárias e o segundo, às escolas públicas da cidade do Natal.

Este artigo, por sua vez, analisará a distribuição do acesso a escolas públicas de ensino fundamental e médio nos municípios do Rio de Janeiro, São Paulo e Natal. Dois métodos serão utilizados para a determinação da área de influência de cada escola – distância euclidiana e distância em rede. Com efeito, como objetivo principal, pode-se diagnosticar se a distribuição desses equipamentos está coerente com a localização da população mais pobre, que é a que mais demanda esse serviço. Como objetivo secundário, pode-se analisar qual a aplicabilidade e limitação de cada procedimento.

O artigo é dividido em quatro partes, além dessa introdução. A segunda seção expõe um panorama socioeconômico e educacional dos municípios, a terceira seção apresenta o procedimento metodológico aplicado nos dois métodos de análise, a saber: distância de rede na mancha urbana e distância euclidiana. A quarta seção apresenta os resultados obtidos pelos dois métodos e discute a respeito do acesso às escolas públicas para as diferentes classes de rendimento do município. Por fim, na quinta parte, são apresentadas conclusões e recomendações para trabalhos futuros.

## 2. O PANORAMA DOS MUNICÍPIOS

Esta seção traz uma síntese de indicadores tidos como relevantes para o estudo. Para cada um dos três municípios, é apresentado um panorama de indicadores socioeconômicos e das viagens internas aos municípios. As informações socioeconômicas permitem uma noção do quão semelhantes – ou diferentes – são as cidades, enquanto que os dados de viagens mostram o peso que as viagens com motivo estudo têm nos municípios. De fato, em todos os casos, as viagens para a escola têm um peso relativo consideravelmente inferior do que aquelas com motivo

trabalho, que são a maioria. Entretanto, analisando-se os valores absolutos, percebe-se um volume de pessoas que não pode ser ignorado.

### 2.1 População e rendimentos

A Tabela 1 apresenta resumos de dados de população e rendimentos para os três munícipios, além dos índices de desenvolvimento humano municipais (IDHM) e de educação (IDH-E). A maior parte dos valores foi obtida a partir de valores do Censo Demográfico do ano de 2010, o PIB *per capita* foi também fornecido pelo IBGE, mas são os valores de 2014.

**Tabela 1** Síntese de indicadores socioeconômicos dos municípios, segundo dados do censo demográfico de 2010

| Cidade | População (hab.) | Densidade (hab./km²) | Densidade de ocupação (hab./km²)[1] | Renda (*per capita* – R$) | PIB (*per capita* – R$)[2] | IDHM | IDH-E |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| São Paulo | 11.253.503 | 7.398 | 11.921 | 1.789,02 | 52.796,78 | 0,805 | 0,725 |
| Rio de Janeiro | 6.320.446 | 5.266 | 10.664 | 1.784,44 | 46.461,82 | 0,799 | 0,719 |
| Natal | 803.739 | 4.805,24 | 7.845 | 1.130,16 | 22.128,84 | 0,763 | 0,694 |

**1** Razão entre população e a área urbanizada do município
**2** Valores de 2014

As três cidades são similares em dois aspectos. Sobre o primeiro aspecto, elas estão entre as mais densas do país, tanto em comparação com as outras capitais quanto em comparação com os demais municípios. Essa característica é positiva, a princípio, na medida em que favorece modos não motorizados. Quanto ao segundo aspecto, os três municípios têm um alto peso do setor terciário em sua estrutura produtiva. Nos demais, há disparidades importantes que acabam por polarizar Rio de Janeiro e São Paulo, de um lado, e Natal, do outro. Percebe-se isso pelo PIB *per capita e* pelos índices de desenvolvimento apresentados.

### 2.2 Origens e destinos

Segundo dados da Pesquisa de Origem e Destino de 2012 da Cidade de São Paulo (Metrô, 2012), são produzidas, em média, 4.205.133 viagens com motivo estudo, que representam cerca de 17% das 24.285.885 viagens diárias internas ao município. As viagens referentes aos estudantes do ensino fundamental e médio são realizadas por alunos de 6 a 17 anos em mais de 90% dos casos e correspondem a quase metade do total daquelas com motivo ensino.

No Rio de Janeiro, das 12.836.691 viagens internas ao município, produzidas diariamente, cerca de 1.546.840 – 12%, aproximadamente – têm motivo estudo. Por causa do nível de agregação da Pesquisa Origem e Destino de 2012 do Rio de Janeiro (SETRANS, 2012), não há como saber com precisão em qual nível de ensino o indivíduo está matriculado. Contudo, partindo-se do pressuposto de que, em sua maioria, os estudantes de ensino fundamental e médio estão na faixa etária de 6 a 17 anos, pode-se usar esse indicador como *proxy*. Com efeito, das viagens para Estudo, aproximadamente 65% se destina ao ensino público fundamental ou médio.

Em Natal, por fim, são realizadas 1.389.222 viagens todos os dias com origem e destino no próprio município, segundo dados da O/D de 2007 (Oficina Consultores, 2008). Desses deslocamentos, 37% são realizadas a pé e 17% têm como motivo estudo. A interseção desses dois últimos – viagens a pé com motivo estudo – representa um total de 136.084 dos deslocamentos diários, aproximadamente 10% dos deslocamentos no município.

## 3. PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

A área de estudo deste trabalho é a dos municípios de Natal, São Paulo e Rio de Janeiro. O fato desses três lugares apresentarem diferentes ordens de grandeza e realidades socioeconômicas distintas pode ser uma vantagem, pois essa diversidade de contextos pode fornecer subsídios mais ricos para identificação de quais fatores são de maior ou menor influência na caminhabilidade. Outro motivo que direciona essa escolha é a transparência na divulgação dos dados necessários a esse estudo, a saber, a localização das instituições públicas de ensino fundamental e médio, sejam elas municipais, estaduais ou federais (NATAL, 2008; GeoSampa, 2017; Instituto Pereira Passos, 2017).

Os dados socioeconômicos foram obtidos, principalmente, a partir das sinopses e dos agregados por setores censitários de cada município, segundo o Censo Demográfico de 2010 (IBGE, 2010). Duas variáveis são de interesse, a renda e a população em idade letiva. Para a primeira variável, foi utilizado como indicador o valor do *rendimento nominal médio mensal das pessoas responsáveis por domicílios particulares permanentes* (com e sem rendimento). A segunda variável se constitui na quantidade de pessoas com idade entre 6 e 17 anos, pois essa faixa etária corresponde ao maior percentual de usuários frequentes das escolas. As informações do Censo foram complementadas por dados das pesquisas de origem e destino de cada município.

Com o apoio de um *software* SIG, foram utilizados dois diferentes métodos para a determinação de quantas pessoas em idade letiva estariam na área de influência de cada estabelecimento de ensino: a *distância euclidiana* e a *distância por rede*. O primeiro considera que a população está distribuída pelo setor censitário de forma homogênea. O segundo propõe uma distribuição populacional também homogênea, mas limitada à região da mancha urbana. Diferenças também aparecem na determinação das áreas de influência, conforme discussão do Item 3.1.

As malhas viárias utilizadas na análise são de duas fontes distintas. Para Natal e Rio de Janeiro, foram obtidas através do ©*OpenStreetMap*, uma rede aberta de colaboração para mapeamento de cidades com dados de GPS, fotografias aéreas, entre outros. Para São Paulo, a rede foi obtida da base de dados do Centro de Estudos da Metrópole (CEM/Cepid, 2016).

### 3.1 Área de influência

O conceito de área de influência corresponde à máxima impedância a qual as pessoas estão dispostas a transpor para usufruir de determinado equipamento público (Dony *et al.*, 2015; Jun *et al.*, 2015; Langford *et al.*, 2016). Essas áreas usualmente representadas como uma região ao redor do equipamento e que circunscreve todos os possíveis itinerários de caminhada que atendem à impedância máxima imposta, que normalmente consiste de critérios de tempo ou distância.

Vários fatores influenciam a distância a qual os usuários estão dispostos a percorrer para fazer uso de determinado serviço. Esses fatores podem ser agrupados em três grupos principais, que dizem respeito às características

a. *do indivíduo:* idade, motivo do deslocamento, fatores socioeconômicos;
b. *do tipo de serviço:* qualidade oferecida, que no caso do transporte público está ligada à frequência e à distância de deslocamento dentro veículo;
c. *do ambiente:* topografia, ambiente construído, a condição e o quão agradável ou seguro é o caminho, o tipo de uso do solo ao redor.

Considerando esses aspectos, a distância máxima está na faixa 400 a 2.000 metros (Cervero, 1993; Kim *et al.*, 2016; Kuby *et al.*, 2004; Stringham, 1982; Vuchic, 2005). Tendo em vista tais estudos, foi escolhida a distância de 800 metros, que corresponde a um tempo de deslocamento considerado adequado, de aproximadamente 15 minutos.

Para o método euclidiano, a área de influência consiste em um círculo de raio de 800 metros. Contudo, ressalta-se que dependendo da forma urbana, posicionamento relativo do domicílio, tamanho das quadras, geometria do sistema viário e de outros elementos, a distância máxima de caminhada pode se diferenciar em muito de tal círculo. Para melhor entender esse fato, foi também utilizado o método da distância em rede na mancha urbana, que leva em consideração todo o tecido urbano ao redor das escolas e cuja área de influência é construída considerando apenas locais que podem ser acessados pelo arruamento local. A Figura 1 mostra, a título de exemplo, a comparação entre as áreas de influência obtidas com os dois métodos no Rio de Janeiro.

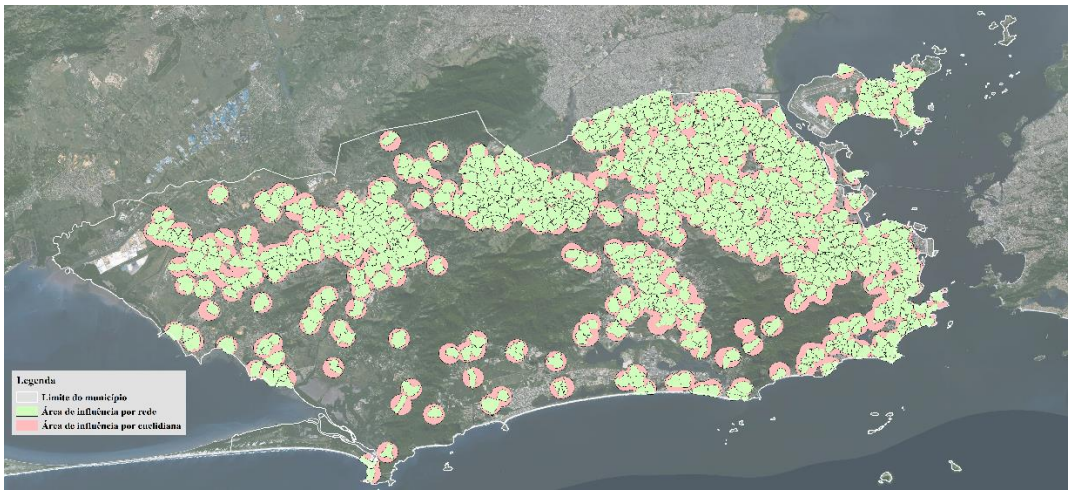



**Figura 1:** Comparação entre as áreas de influência dos dois métodos – rede, em verde, e euclidiano, em rosa – no município do Rio de Janeiro

O percentual de atendimento será calculado pelas equações (1) e (2), mostradas a seguir, que correspondem ao método de distância em rede e o de distância euclidiana, respectivamente.

$$P_a^r = P_t * \frac{A_r^m}{A_{ts}^m} \quad (1)$$

$$P_a^e = P_t * \frac{A_e}{A_t} \quad (2)$$

Em que:
$P_a^r$: População com idade letiva sob área de influência da escola pelo método de rede;
$P_t$: População com idade letiva total do setor censitário;
$A_r^m$: Área de influência da escola no setor censitário dentro da mancha urbana pelo método de rede;
$A_{ts}^m$: Área total do setor censitário dentro da mancha urbana;
$P_a^e$: População em idade letiva sob área de influência da escola pelo método das euclidianas;
$A_e$: Área de influência da escola no setor censitário pelo método das euclidianas;

$A_t$: Área total do setor censitário.

A apresentação dos resultados será em mapas temáticos que ilustram, por meio de um gradiente de cores, os diferentes níveis percentuais de população em idade letiva, residente na mancha urbana, que é atendida. Áreas sem população na idade de referência, seja por um acaso demográfico, seja por não pertencerem à mancha urbana, não serão contabilizadas. Esses locais seriam agrupados com outros que têm, de fato, acessibilidade baixa, de forma que seria produzida uma falsa percepção de piores níveis médios de acesso.

## 4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Conforme discussão no item anterior, foram elaborados três mapas para cada município (Figuras 5, 6 e 7): dois apresentam o nível de acesso na mancha urbana, segundo o método euclidiano e o método de rede; e o terceiro mostra a distribuição de renda, também na mancha. Esse terceiro mostra ainda a distribuição das escolas no território. O restante do capítulo se subdivide em duas partes. A primeira compara os municípios a partir dos dois procedimentos metodológicos apresentados, e a parte seguinte traz dados das pesquisas de origem e destino de cada município para complementar as informações apresentadas.

### 4.1 Semelhanças e dessemelhanças

A partir da análise da acessibilidade, pelo método de rede, segundo os decis de renda (Figuras 2, 3 e 4) percebe-se em todos os casos uma tendência de comportamento similar ao de uma parábola. Em outras palavras, o acesso é maior para a população pertencente aos decis medianos de renda, sendo menor naqueles mais extremos. Um ponto de divergência é que, no caso de São Paulo, o acesso é muito menor para os decis de maior renda da população, enquanto que naqueles de menor renda, a queda na acessibilidade é bastante suave. Em Natal e Rio de Janeiro, o contrário ocorre: a queda no acesso é mais abrupta para os mais pobres e mais suave para os mais ricos. Portanto, aqueles mais vulneráveis encontram melhores condições em São Paulo do que em Natal ou Rio de Janeiro.

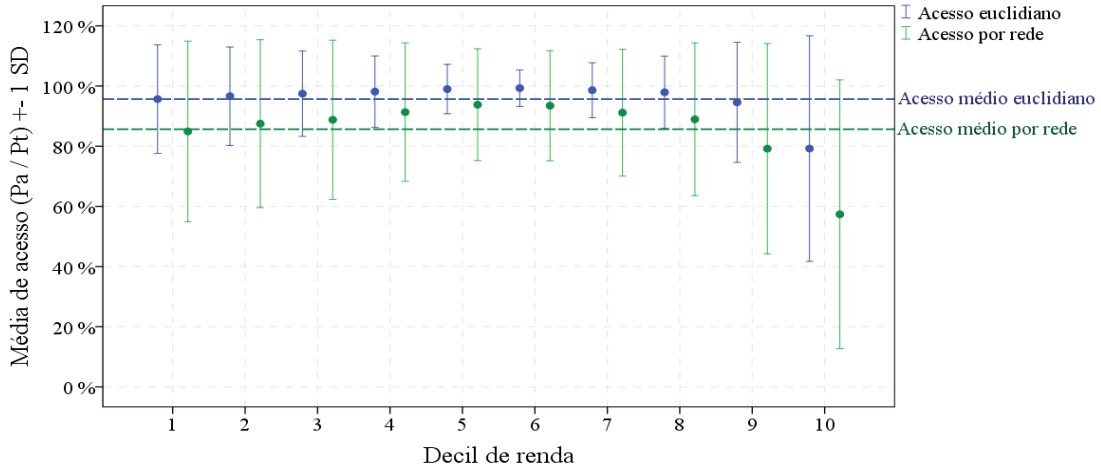



**Figura 2:** Gráfico da percentagem de atendimento para os decis de renda da cidade de São Paulo: acesso da população em idade letiva - 6 a 17 anos

A menor acessibilidade e mais baixa presença de escolas públicas em regiões mais ricas, em relação às médias, deve-se a uma série de fatores particulares a cada município e não é do escopo deste artigo explorar todas essas conjunturas. Contudo, alguns comentários gerais fazem-se necessários. As populações mais abastadas são menos dependentes dos equipamentos

públicos, por terem acesso mais fácil a alternativas, como as escolas particulares, por exemplo, e por terem outros modos de deslocamento que não a caminhada à disposição. Com efeito, esses segmentos são menos afetados e a demanda por esse tipo de equipamento público é menor.

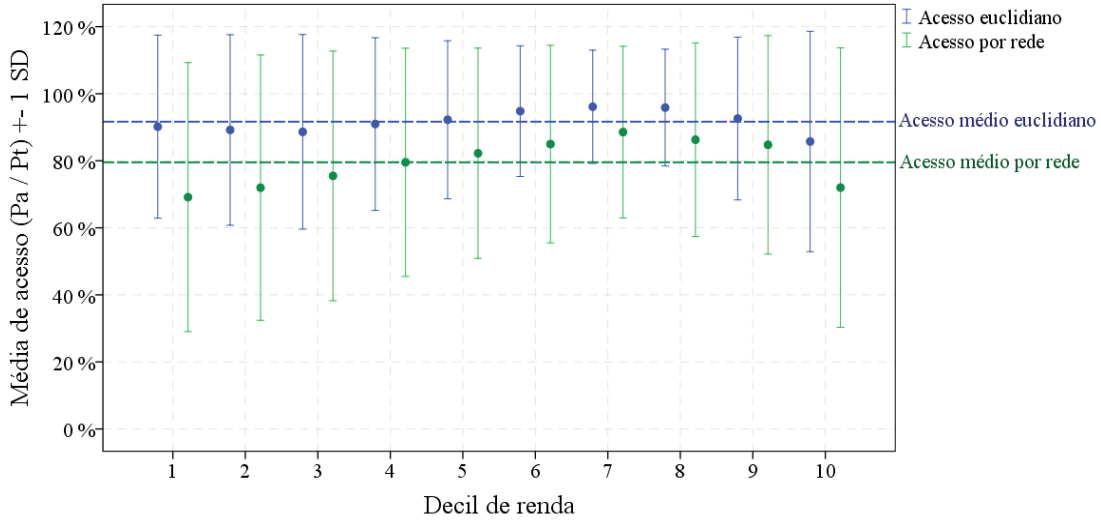



**Figura 3:** Gráfico da percentagem de atendimento para os decis de renda da cidade do Rio de Janeiro: acesso da população em idade letiva - 6 a 17 anos

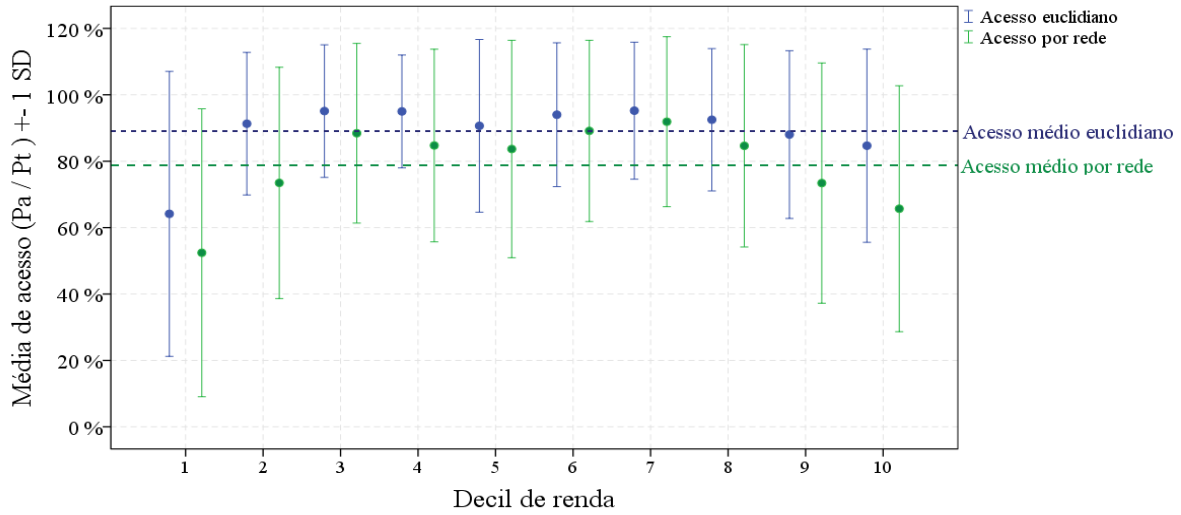



**Figura 4:** Gráfico da percentagem de atendimento para os decis de renda da cidade do Natal: acesso da população em idade letiva - 6 a 17 anos

Analisando os mapas temáticos, percebe-se que, alinhado ao que já foi discutido, é visível em São Paulo a escassez de escolas no centro mais rico e sua concentração na periferia, mais pobre. Já em Natal, nota-se que a maioria dos bairros com menor acesso são aqueles nas bordas do município, o que não necessariamente significa ser uma população de baixa renda, mas sim bairros que foram recentemente desenvolvidos no contexto da cidade. Isso pode indicar a impossibilidade de a administração pública acompanhar *pari passu* o espraiamento da cidade, falhando na provisão de equipamentos de ensino em regiões além daquelas já há muito consolidadas. Quanto ao Rio de Janeiro, há algumas considerações interessantes.

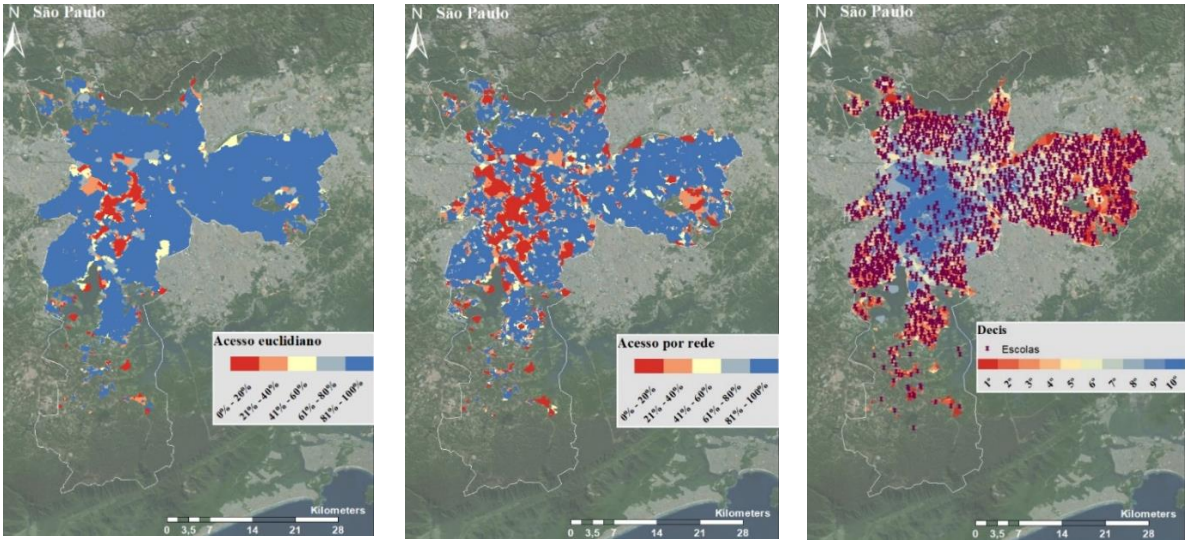



**Figura 5:** São Paulo – mapas da distribuição de acesso (esquerda e centro) e mapa das escolas públicas sobrepostas à distribuição dos decis de renda (direita)

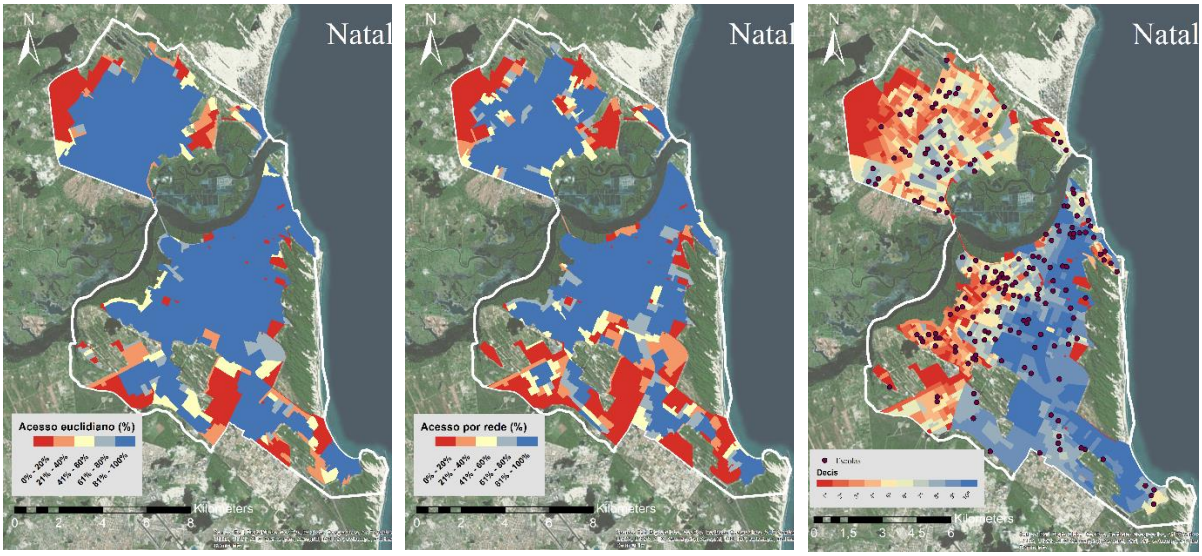



**Figura 6:** Natal – mapas da distribuição de acesso (esquerda e centro) e mapa das escolas públicas sobrepostas à distribuição dos decis de renda (direita)

A região carioca da Barra da Tijuca se manteve por muito tempo como o principal vetor de expansão das camadas mais abastadas do Rio de Janeiro, dando continuidade ao movimento iniciado na década de 1920, que acompanha o contorno da orla da Zona Sul – desde o Centro, passando por Flamengo, Botafogo, Copacabana, Ipanema e Leblon, até chegar a São Conrado, Barra da Tijuca e Recreio dos Bandeirantes (Pereira, 2002). Ao longo desse vetor, região mais rica do Rio de Janeiro, é onde se encontra a menor densidade de escolas públicas – novamente se trata de uma população que pouco demanda equipamentos públicos de forma geral.

Há um agravante na Barra da Tijuca e seu entorno, já que essa região nasce de um plano urbanístico que idealiza um lugar que exclui a rua como espaço de sociabilidade e exclui os espaços destinados a segmentos mais populares (Maia, 1998). Numa região onde o modo de viver é representado por condomínios fechados e onde a rua é vista como um ambiente primariamente destinado à circulação viária, não causa surpresa certa hostilidade à caminhada.

Analisando em mais detalhes o método da distância euclidiana, observa-se que, em todos os casos, ele segue a mesma tendência de comportamento do de rede, resultando, contudo, em valores um pouco maiores. Um comportamento mais discrepante é encontrado no Rio de Janeiro, onde a comparação entre os dois métodos acaba por potencialmente revelar uma característica particular a essa cidade. Para os decis mais pobres, percebe-se uma discrepância maior que nos outros dois municípios. Uma possível explicação para isso seria o padrão de organização social carioca, marcado pela proximidade territorial e pela distância social. Isso se manifesta na figura das favelas, espalhadas praticamente por toda a mancha urbana do Rio de Janeiro, muitas vezes nas áreas de concentração do poder econômico e político (Ribeiro, 2008).

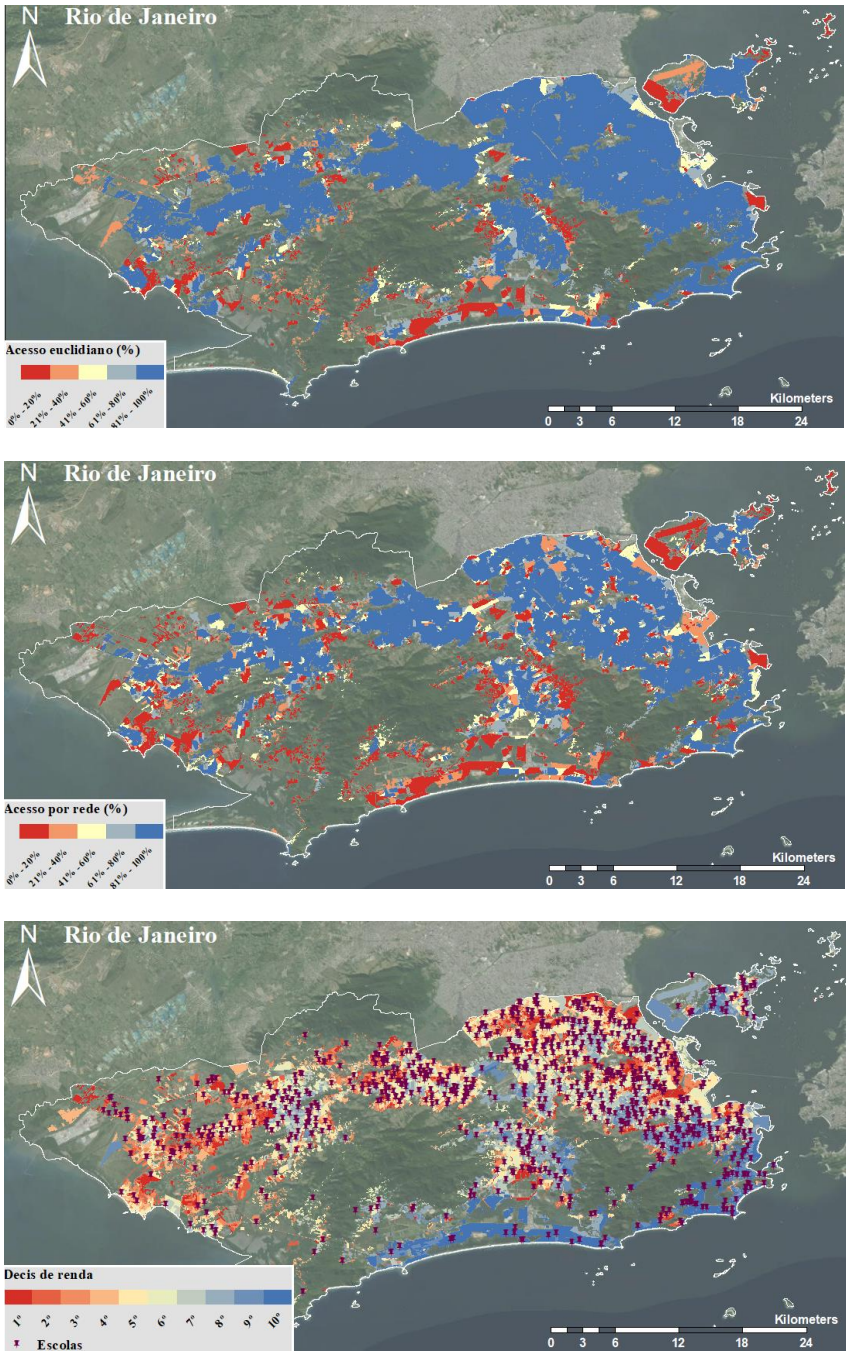



**Figura 7** Rio de Janeiro – mapas da distribuição de acesso (acima e centro) e mapa das escolas públicas sobrepostas à distribuição dos decis de renda (abaixo)

Ademais, pode-se dizer que o método euclidiano seria uma aproximação razoável, que tem em seu favor a maior simplicidade de implementação. Esse é o caso para as capitais estudadas, que têm percentuais médios de acesso (Tabela 2) elevados e não muito distantes. São Paulo apresenta a maior acessibilidade, seguido por Rio de Janeiro e Natal.

**Tabela 2:** Percentual médio de acesso, por método utilizado, para cada município

| | Método | | |
|---|---|---|---|
| Município | Euclidiano | Rede | Diferença relativa |
| São Paulo | 96% | 86% | 12% |
| Rio de Janeiro | 92% | 80% | 15% |
| Natal | 89% | 77% | 16% |

### 4.2 Da jornada ao ensino

Os gráficos da Figura 8, feitos a partir das pesquisas de origem e destino de cada município, reforçam a leitura de que há uma boa dispersão das escolas no tecido urbano. Para todos os casos, mais de 80% das viagens com motivo estudo, para ensino fundamental e médio, ocorrem em até meia hora. Percebe-se, também, o peso de modos sustentáveis nos deslocamentos, como os não motorizados – categoria cuja quase totalidade corresponde ao modo a pé – e os coletivos.

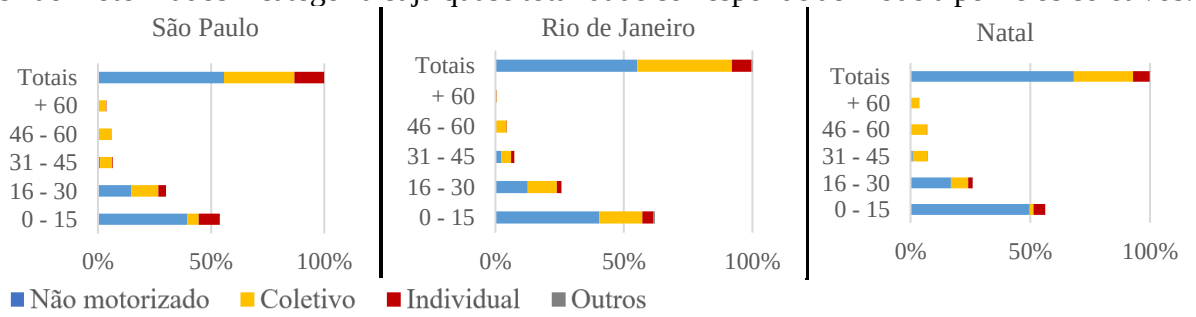



**Figura 8:** Percentual relativo das viagens com motivo educação, para ensino fundamental e médio, por modo agregado e por faixa de tempo em minutos

## 5. CONCLUSÕES

O método da distância em rede é mais refinado, mais coerente e alinhado com a realidade. Por isso, tende a resultar em valores de acessibilidade menores do que o método da distância euclidiana, mais simplificado e que faz mais concessões. De todo modo, o panorama foi positivo e ambos têm a mesma tendência de comportamento. Em Natal, mais de 75% das pessoas em idade letiva estão dentro da área de influência de escolas públicas. O percentual de Rio de Janeiro e São Paulo é de pelo menos 80%. Outro aspecto relevante é que não se encontrou relação de proporcionalidade entre as diferenças dos valores obtidos pelos dois métodos, o que é atribuído à heterogeneidade do arruamento e às diferentes formas de ocupação.

Para os três municípios, a diferença percentual entre os dois métodos se mantém em torno do mesmo valor – entre 12% e 16%. Isso é atribuído à alta densidade das cidades e, também, porque por se tratar de distâncias de caminhada, constroem-se áreas de influência menores, de tamanhos mais aproximados, minimizando-se as discrepâncias. Dessa forma, acredita-se que para uma análise geral da acessibilidade, sob condições semelhantes às deste artigo, o método euclidiano seria suficiente. Com efeito, se tem uma análise simples, rápida e com eficiência aceitável. O método da distância em rede, por outro lado, tem sua aplicação mais complexa e exige maior disponibilidade de dados e maior capacidade de processamento.

Analisando os dados numa escala mais desagregada, percebemos que no caso do Rio de Janeiro e Natal, os grupos de menor renda são aqueles que têm o acesso mais dificultado. Isso difere de São Paulo, onde as populações menos assistidas têm altos níveis de acesso, enquanto as mais ricas têm, notadamente, os piores, o que sugere políticas públicas mais eficientes no sentido de otimizar os recursos e alocar as escolas mais próximas da população que mais as demanda. No caso de Natal, há a possibilidade de, com mais estudos, ser indicada a impossibilidade de o Poder Público acompanhar, a par e passo, o espraiamento da cidade, não sendo capaz de prover infraestrutura básica para além dos centros consolidados. Rio de Janeiro e São Paulo, apesar de suas respectivas particularidades, de forma geral, parecem ter conseguido acompanhar o espraiamento, ao menos no tocante à distribuição das escolas.

Uma limitação do estudo foi não considerar o tamanho das escolas, o que poderia limitar o número de pessoas com possibilidade de acesso, resultando em valores inferiores de acesso e acarretando em uma forma mais adequada de identificação das reais regiões com déficit de escolas. Além disso, mesmo que os níveis de acesso medidos estejam alinhados com a realidade, é importante não confundir o nível de acesso à escola com nível de acesso à educação – a qualidade do ensino pode estar aquém dos níveis considerados minimamente adequados. Outra limitação é não levar em consideração a qualidade dos passeios públicos, a altimetria da cidade ou o número de travessias viárias e a intensidade de tráfego veicular nas vias cruzadas. Esses fatores têm um efeito importante na distância máxima a qual as pessoas se sujeitariam a caminhar. Além disso, não foram avaliadas as áreas realmente destinadas a habitação; a mancha urbana desenvolvida levou em consideração apenas as áreas construídas, não fazendo diferenciação entre diversos usos possíveis do solo.

Por fim, o método das distâncias em rede parece apresentar uma melhor coerência, em vista do anteposto, mas os dois métodos não foram validados e não se pode afirmar com certeza qual deles mais se aproxima da realidade. As três cidades têm em comum a característica de serem bastante densas, portanto, pode ser interessante agregar munícipios com densidades diversas, na busca de alguma correlação, tanto entre os dois métodos quanto entre o grau de aplicabilidade deles para diferentes densidades.

**REFERÊNCIAS**

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil, de 5 de outubro de 1988. (1988). Contém as emendas constitucionais posteriores. Brasília, DF: Senado.

BRASIL. Cartilha da Lei número 12.587/12. (2013) Brasília, DF. Disponível em: http://www.cidades.gov.br/index.php/publicacoes.html.

BRASIL. Emenda Constitucional nº 90, de 15 de setembro de 2015 (2015). Dá nova redação ao artigo 6º da Constituição Federal, para introduzir o transporte como direito social. Obtido de: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/emendas/emc/emc90.htm

BRASIL. Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001. Regulamenta os artigos 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências.(2001) Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/l10257.htm.

BRASIL. Lei nº 12587, de 3 de janeiro de 2012. Institui as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana. (2012). República Federativa do Brasil, Brasília.

CEM/Cepid (2016). Centro de Estudos da Metrópole - Centros de Pesquisa, Inovação e Difusão. *Base de Logradouros*. Obtido 17 de Junho de 2017, de http://www.fflch.usp.br/centrodametropole/716

Cervero, R. (1993) *Ridership Impacts of Transit-Focused Development in California -UCTC No 176*.

Dony, C. C., Delmelle, E. M., e Delmelle, E. C. (2015) Landscape and Urban Planning Re-conceptualizing accessibility to parks in multi-modal cities : A Variable-width Floating Catchment Area ( VFCA ) method. *Landscape and Urban Planning*, *143*, 90–99. doi:10.1016/j.landurbplan.2015.06.011

GeoSampa (2017). Prefeitura de São Paulo – Secretaria de Desenvolvimento Urbano. *Mapa digital da cidade de São Paulo*. Obtido 17 de Junho de 2017, de http://geosampa.prefeitura.sp.gov.br/PaginasPublicas/_SBC.aspx

IBGE. (2010) Censo Demográfio 2010. Obtido em 18 de Maio de 2017, de http://censo2010.ibge.gov.br

Instituto Pereira Passos (2017). *Mapa digital da educação*. Obtido 15 de maio de 2017, de http://portalgeo.rio.rj.gov.br/

Jun, M., Choi, K., Jeong, J., Kwon, K., e Kim, H. (2015) Land use characteristics of subway catchment areas and their influence on subway ridership in Seoul. *JTRG*, *48*, 30–40. doi:10.1016/j.jtrangeo.2015.08.002

Kim, H. J., Heinrich, K. M., Somerford, P. J., e Kim, H. J. (2016) Built environment Factors influencing Walking to school Behaviors : a comparison between a small and large Us city., *4*(April), 17–23. doi:10.3389/fpubh.2016.00077

Kuby, M., Barranda, A., e Upchurch, C. (2004) Factors influencing light-rail station boardings in the United States. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, *38*(3), 223–247. doi:10.1016/j.tra.2003.10.006

Langford, M., Higgs, G., e Fry, R. (2016) Health & Place Multi-modal two-step fl oating catchment area analysis of primary health care accessibility. *Health & Place*, *38*, 70–81. doi:10.1016/j.healthplace.2015.11.007

Maia, R. S. (1998) A produção do Espaço em Áreas de Auto-Segregação: O caso da Barra da Tijuca. *Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ, v. 21*.

Maranhao, I. G. de O., Gouveia, B. G., Orrico Filho, R. D., e Santos, E. M. dos. (2016) Acesso às escolas públicas através de caminhada: análise de dois métodos aplicados ao município de Natal-RN. *Anais do XXX Congresso ANPET*. Rio de Janeiro.

Maranhão, Í. G. de O., e Santos, E. M. dos. (2014) Uma aproximação à real participação de serviços ferroviários na repartição modal de viagens urbanas, com aplicação ao caso de Natal (RN). *XXVIII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes - Curitiba, PR* (p. 12). Curitiba, Brasil.

METRÔ (2012). Pesquisa origem e destino da Região Metropolitana de São Paulo. São Paulo. Disponível em: http://www.metro.sp.gov.br/pesquisa-od/.

NATAL (2008). Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Urbanismo. *Mapas temáticos - Escolas e Creches*. Obtido 24 de agosto de 2014, de http://natal.rn.gov.br/semurb/paginas/ctd-106.html

Oficina Consultores (2008). *Plano Diretor de Transportes Metropolitanos da Região Metropolitana de Natal - RN*. Natal.

Pereira, C. L. de A. (2002). *Segregação Urbana e as "Novas Classes Médias": O Caso do Bairro Carioca Da Barra da Tijuca*. UFRJ, Rio de Janeiro.

Ribeiro, L. C. de Q. (2008) Proximidade territorial e distância social: reflexões sobre o efeito do lugar a partir de um enclave urbano. *Revista VeraCidade, v. 3*, 65–84.

SETRANS (2012). Secretaria de Estado de Transportes. *Pesquisa origem e destino da Região Metropolitana do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro.

Stringham, M. G. P. (1982) Travel behavior associated with land uses adjacent to rapid transit

stations. *ITE Journal*, 16–18.

Vuchic, V. R. (2005) *Urban Transit : Operations, Planning and Economics*. (1º ed). Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.

# ENCADEAMENTO DE VIAGENS PEDONAIS NO TRANSPORTE PÚBLICO INTERMUNICIPAL: O CASO DA REGIÃO METROPOLITANA DE FLORIANÓPOLIS

**Guilherme Furtado Carvalho**
Universidade Federal de Santa Catarina
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial
**Werner Kraus Junior**
Universidade Federal de Santa Catarina
Departamento de Automação e Sistemas
**Geruza Kretzer**
Universidade Federal de Santa Catarina
Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo
**Kaliu Teixeira**
Universidade Federal de Santa Catarina
Graduação em Geografia
**Eduardo Leite Souza**
Universidade Federal de Santa Catarina
Mestre em Arquitetura e Urbanismo
**Daniela Otto**
Arquiteta e Urbanista

**RESUMO**
Este trabalho aplica análise exploratória sobre dados coletados em pesquisa sobre viagens por transporte coletivo intermunicipal na região metropolitana da Grande Florianópolis. Partindo da constatação de proporção significativa de viagens encadeadas com trechos pedonais em relação ao encadeamento com transporte coletivo municipal, busca-se compreender as características dessa porção das viagens. Informações fornecidas pelos entrevistados sobre o destino da viagem de ida (e a origem, no caso de viagens de retorno) permitem restituir as caminhadas no sistema viário, estabelecendo-se a extensão destas. Desta primeira análise, resultou uma distância média de caminhadas expressivamente superior ao relatado na literatura. Adicionalmente, informações sobre o motivo da viagem permitem lançar hipóteses sobre as razões de haver caminhadas mais longas do que a literatura sobre pedestres sugere ser aceitável.

**ABSTRACT**
This work applies exploratory analysis on data collected in a survey about intermunicipal public transportation use in the Greater Florianópolis metropolitan region. Based on the significant proportion of trips linked with walking, as opposed to linking with municipal public transportation, we seek to understand the characteristics of this portion of the trips. Information provided by the interviewees on the destination of the outward journey (and the origin, in the case of return trips) allows the restitution of the walking paths to establish their extension. From this first analysis, a mean walking distance significantly higher than reported in the literature was found. In addition, information about trip motive allows hypotheses to be made about the reasons for longer walks than the pedestrian literature suggests to be acceptable.

## 1. INTRODUÇÃO

No contexto de estudos sobre os padrões de viagens na região metropolitana da Grande Florianópolis (RMF), foi realizada pesquisa em 2016 para determinar o nível de integração entre os sistemas intermunicipal e municipal de Florianópolis na porção insular deste município, capital do estado de Santa Catarina. O interesse da pesquisa foi examinar as

origens e os destinos das viagens intermunicipais que passam pelos terminais centrais da região e os percentuais de transferência de viagens entre os sistemas, que não contam com integração tarifária. Na porção insular, localiza-se o centro da capital, área de maior concentração de serviços e de empregos da RMF. Por esse motivo, também é a área de maior atração de viagens com motivo de trabalho e de acesso a comércio e serviços da região (PLAMUS, 2015).

Da primeira tabulação dos dados da pesquisa, revelou-se um dado expressivo em termos do uso do transporte intermunicipal. Cerca de 64% das viagens são concluídas com caminhadas, com outras 34% seguindo em transporte coletivo municipal; as restantes são realizadas por outros meios (automóvel, táxi).

A fim de compreender melhor a distribuição das caminhadas levantadas pela pesquisa, este trabalho aprofunda as análises sobre os dados coletados. Valendo-se de informações fornecidas pelos entrevistados sobre o destino da viagem de ida (e a origem, no caso de viagens de retorno), restituem-se as caminhadas considerando o sistema viário existente para estabelecer a extensão destas. Desta primeira análise, resultou uma distância média de caminhada expressivamente superior ao relatado em estudos na literatura. Combinando-se com informações sobre o motivo da viagem, busca-se lançar hipóteses sobre as razões de haver caminhadas mais longas do que a literatura sugere ser o máximo aceitável.

Estrutura-se a apresentação da forma seguinte. Na seção 2, os principais referenciais teóricos desta pesquisa são revisados. Em seguida, a seção 3 detalha a pesquisa original cujos dados brutos foram explorados. Na seção 4, descreve-se o método para extração de informações a partir dos dados, com os resultados obtidos sendo apresentados na seção 5. Encerra-se o trabalho com discussões que incluem proposição de hipóteses de pesquisa e indicações de pesquisas suplementares.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

Caminhar é o modo de acesso primário para viagens de casa ao transporte público e as curtas distâncias exercem impacto significativo no uso do transporte público. Segundo Yang e Diez-Roux (2012), nos Estados Unidos, ao longo das últimas 2 décadas, a distância de 400 metros (0,25 milhas ou uma caminhada de 5 minutos) foi utilizada como a distância que "o americano médio caminharia no lugar de dirigir" e utilizada como uma distância aceitável em trabalhos científicos. De acordo com Ker e Ginn (2003), a vontade de caminhar variará de acordo com fatores como as condições climáticas, o tempo total de viagem, a distância a pé até o destino, o trânsito de no trajeto e a atratividade da rota.

Ker e Ginn (2003) apontam que o atual paradigma de planejamento abrange o conceito de área de atingimento de caminhada, geralmente na forma da área real servida a uma distância de caminhada de 400 metros (5 minutos) ou 800 metros (10 minutos), através da rede urbana, de uma parada de transporte público ou para compras. Idealmente, aponta-se que 90% dos passageiros potenciais devem viver ou trabalhar a menos de 400 metros da parada de ônibus mais próxima para serviços de ônibus ou dentro de 800 metros de serviços ferroviários. Segundo o autor, estima-se que o número de pessoas preparadas a percorrer distâncias mais longas diminua além desse limite.

Schlossberg et al. (2008), entretanto, mostram que os estudos de planejamento e transporte que avaliam a escolha modal geralmente ignoram o design urbano e os fatores ambientais da micro escala, provavelmente porque nenhum conjunto de dados pré-existente capturou fatores de projeto, tais como a presença de vegetação, edifícios atraentes, qualidade da calçada, dispositivos de controle de tráfego que ajudam os pedestres a atravessar a via ou a presença de tráfego pesado. Já Rodrıguez e Joo (2004) afirmam que algumas ambiguidades empíricas e teóricas permanecem quanto ao impacto do ambiente físico local no comportamento de viagens não motorizadas. A presença de uma maior conectividade entre as ruas, densidades mais elevadas e diversidade de usos do solo parece suportar melhor os modos de viagem não motorizados. Em contrapartida, as evidências relativas a outras medidas do ambiente físico local, como a presença de calçadas, larguras da calçada e topografia, são equívocas. Outros estudos comprovam que, dentre os fatores do ambiente construído, a diversidade de usos do solo foi considerada o fator que influenciou de forma mais forte a opção pelo caminhar (Cervero e Duncan, 2003, Saelens et al., 2003, Duncan et al., 2010).

Gomide (2006) mostra, através de pesquisa de Origem-Destino na Região Metropolitana de São Paulo, que as camadas de renda mais baixas são as que mais caminham, os motivos se devem às altas tarifas do transporte e à inadequação da oferta, sobretudo nas áreas periféricas. Os deslocamentos cotidianos para os locais de trabalho exercem peso significativo nos orçamentos familiares e o vale-transporte acaba por não beneficiar os trabalhadores informais de baixa renda e os desempregados, reduzindo ainda mais suas possibilidades de deslocamento.

Através dessa análise, observa-se que há uma bibliografia extensa acerca das caminhadas urbanas com os mais diversos motivos. Existe consenso com a distância de aproximadamente 400 metros como ideal e de 800 metros como um limite, a partir do qual começa a ser mais vantajoso a uso de outros modos de transportes. Essas medidas, como visto, são consideradas em grande parte do mundo, sofrendo modificações de acordo com o contexto. Notou-se também os principais elementos que influenciam na caminhada, em culturas onde caminha-se mais ou menos. Além disso, observou-se que as caminhadas muitas vezes são utilizadas com o intuito de obter-se uma economia de custos na viagem total, uma vez que o valor da tarifa de transporte coletivo pode influenciar significativamente na escolha modal.

## 3. PESQUISA DE ORIGEM E DESTINO NO TERMINAL DE INTEGRAÇÃO DO CENTRO DE FLORIANÓPOLIS (TICEN) E TERMINAL URBANO CIDADE DE FLORIANÓPOLIS (TUCF)

No ano de 2016 foi realizada uma pesquisa com o objetivo de conhecer o comportamento dos usuários do transporte coletivo intermunicipal da Região Metropolitana de Florianópolis – RMF. Esta é composta por nove municípios – Águas Mornas, Antônio Carlos, Biguaçu, Florianópolis, Governador Celso Ramos, Palhoça, Santo Amaro da Imperatriz, São José e São Pedro de Alcântara – é o maior aglomerado populacional do Estado de Santa Catarina. A pesquisa tinha como intuito compreender tanto a integração com as linhas do sistema municipal de Florianópolis, como os deslocamentos feitos a pé. A pesquisa foi realizada no Terminal de Integração Central (TICEN) e no Terminal Urbano Cidade de Florianópolis (TUCF), cujas localizações são mostradas na Figura 1. Na figura, a área em azul representa as baías norte e sul, a área à direita representa a porção insular da RMF e à esquerda a área continental, onde se localizam os municípios da RMF e a porção continental do município de Florianópolis.

A aplicação dos questionários foi realizada durante quatro horários em dois dias úteis do mês de agosto de 2016. Os pesquisadores abordaram usuários do transporte coletivo que embarcavam nas plataformas do serviço intermunicipal, e durante a pesquisa foi questionado ao entrevistado a origem de sua viagem, o modo de transporte utilizado para chegar ao terminal, a hora de chegada ao terminal, o motivo do deslocamento, o seu destino final e o modo de deslocamento ao destino final. No total foram aplicados 3.583 questionários, que na sequência foram tabulados para consolidação dos dados.




**Figura 1:** Mapa com localização dos principais terminais do transporte intermunicipal na RMF, na porção insular; à esquerda, situa-se a área continental, onde se localizam os demais municípios da RMF e a porção continental do município de Florianópolis.

Na Figura 2 estão representados os destinos das viagens dos usuários do sistema intermunicipal entrevistados nos terminais de Florianópolis. Na consolidação dos dados foram mapeados 5.090 deslocamentos cujas origens e destinos puderam ser determinados com segurança; os demais foram descartados por conta das incertezas das anotações dos pesquisadores de campo. Desse total, 2.642 referem-se a viagens de ida, representados pela Figura 2, e 2.448 viagens de volta. A representação se dá através dos círculos (que mostram a proporção das viagens) e das linhas de desejo, que se constituem em linhas retas que conectam os centroides das zonas de tráfego, ligando dessa forma os pares origem-destino das viagens. A divisão de zonas adotada é um agrupamento das zonas de tráfego delimitadas pelo PLAMUS.

Nota-se pela Figura 2, o poder de atração da área central da cidade de Florianópolis, cuja porção central sul - centro histórico - concentra 44,5% das viagens. A porção norte do centro, o bairro da Trindade e a área da Universidade Federal de Santa Catarina (áreas representadas

pelos círculos em cor laranja) também apresentam número considerável de viagens atraídas, com 10,4%, 9,0% e 9,7%, respectivamente.

Além disso, vale destacar a atração dos municípios da porção continental da RMF, com 0.8% das viagens com destino aos municípios de Palhoça, Águas Mornas, Santo Amaro da Imperatriz (porção continental sul), 0,8% das viagens com destino a São José, Santo Amaro da Imperatriz (porção continental central) e 2,9% das viagens com destino a Biguaçu, Antônio Carlos e Governador Celso Ramos (porção continental norte). Esse fenômeno demonstra como o desenho do sistema de transporte coletivo intermunicipal força moradores da porção continental da RMF a se deslocarem até a porção insular de Florianópolis (4,5% das viagens) para somente então realizar transbordos e retornar ao continente para chegar aos seus destinos finais.

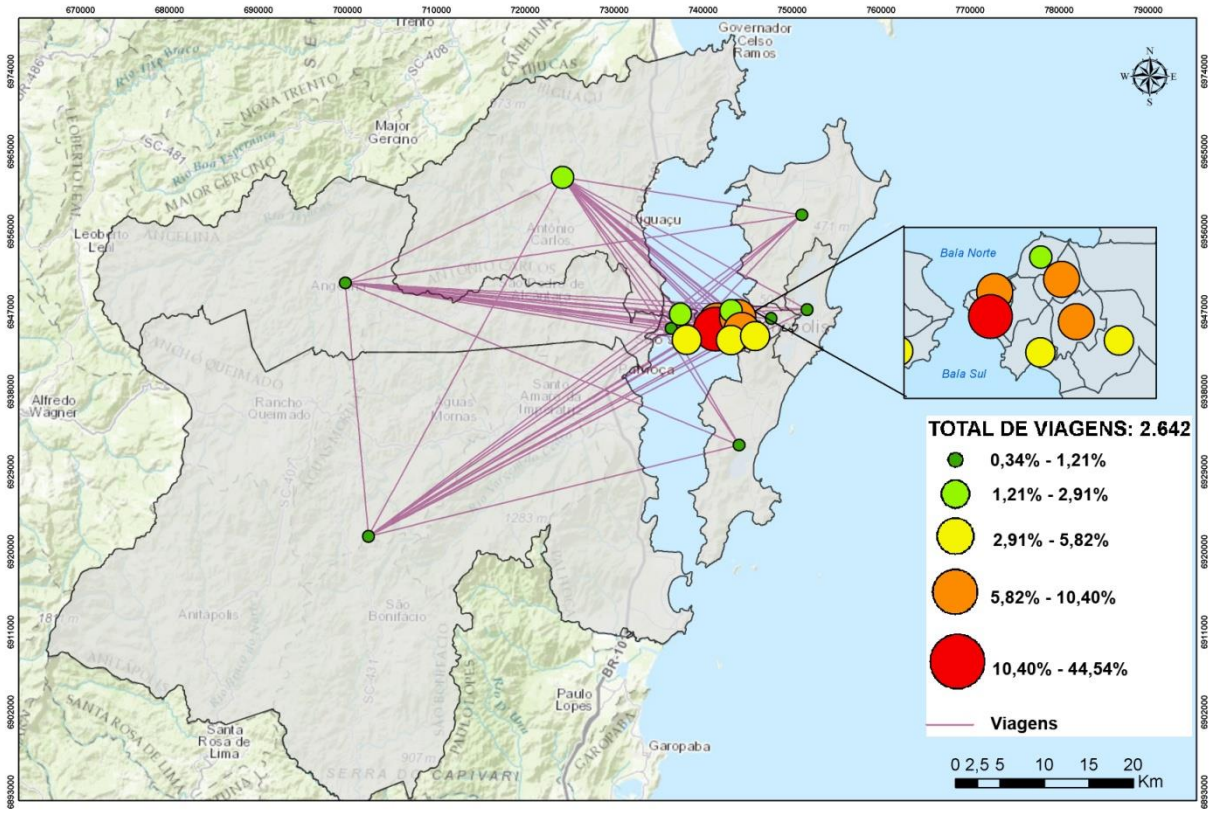



**Figura 2:** Proporção das viagens por zonas de tráfego e representação das linhas de desejo das viagens realizadas pelos usuários do transporte público intermunicipal nos terminais de Florianópolis.

Corroborando com as análises do Plano de Mobilidade Urbana Sustentável da Grande Florianópolis (PLAMUS, 2015), observou-se que mais da metade dos usuários do transporte intermunicipal que chegam aos terminais de integração originam-se do município de São José (Figura 3). Isso se deve a dois fatores principais. Há uma pendularidade diária significativa entre os dois municípios, que se deve a questões como a concentração de empregos no centro de Florianópolis e a predominância de residências na porção continental, fruto do alto preço dos imóveis na porção insular. Outro fator importante é a alta oferta de serviços com destino em Florianópolis, já que praticamente todas as linhas intermunicipais têm como destino os dois terminais de integração de Florianópolis. Viagens entre municípios da porção

continental, tal como São José e Palhoça, necessitam de uma baldeação na capital, conformando um expressivo deslocamento negativo.

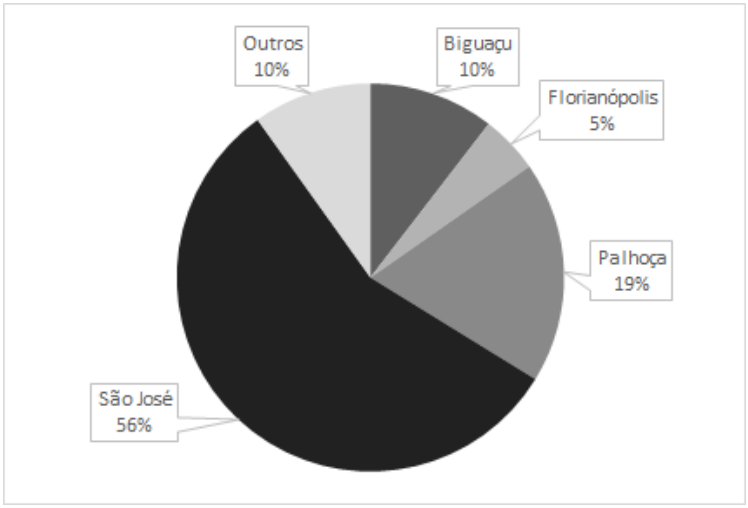



**Figura 3:** Cidades de origem com destino ao TICEN e ao TUCF.

Um valor chamou a atenção nos resultados apresentados pela pesquisa: após a chegada aos dois terminais de integração pesquisados, 64,4% das pessoas seguem aos seus destinos a pé, enquanto 33,9% continuam seu deslocamento por meio de transporte coletivo, como pode ser observado na Figura 4. Ainda que o centro concentre parte considerável dos serviços e empregos da região metropolitana, essa realidade motivou a investigação acerca do modo como ocorrem esses deslocamentos e o quanto as pessoas estariam dispostas a caminhar para chegar a seus destinos. Os dados utilizados para o desenvolvimento da pesquisa conformarão um panorama mais aprofundado para investigar se essa questão é reflexo da falta de integração existente entre os modos de transporte existentes atualmente.

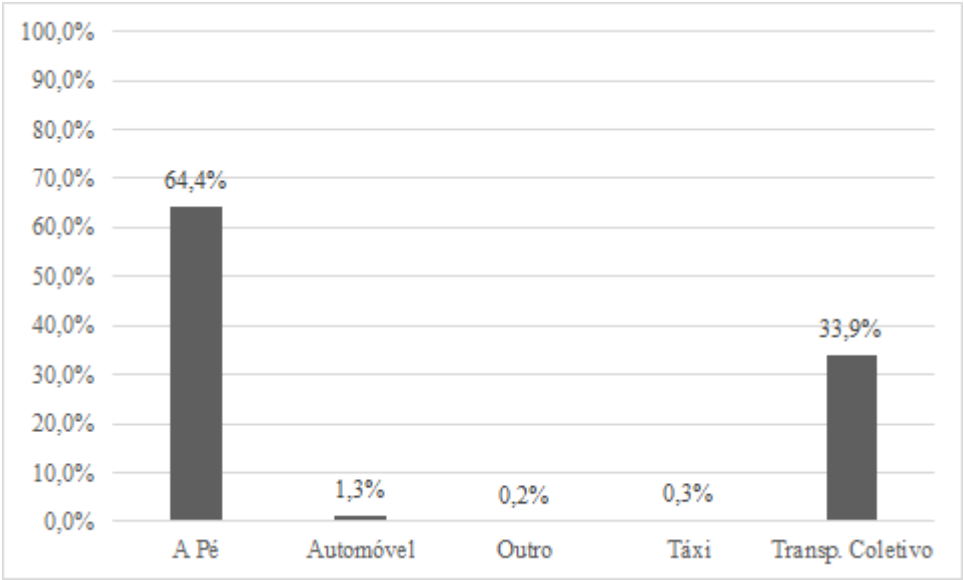



**Figura 4:** Modo de deslocamentos de origem e destino aos terminais TICEN e TUCF na parte insular de Florianópolis.

## 4. MÉTODO PARA EXTRAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS DA PESQUISA

Para desenvolvimento do trabalho foram utilizados os dados resultantes da pesquisa de origem e destino realizada nos terminais de integração de Florianópolis. As análises buscaram compreender as distâncias de caminhada que os pedestres estariam dispostos a fazer para chegar aos seus destinos.

Inicialmente foi realizada a geocodificação dos endereços informados como destino final nos deslocamento realizado a pé. Para a espacialização das viagens foi utilizado o software QGIS. A forma de espacialização das viagens caminhadas pode ser feita de diversas maneiras. Neste trabalho, optou-se em mapear as viagens caso a caso usando critério de menor distância, que calcula o trajeto mais curto entre dois pontos em qualquer camada vetorial e contextualiza este caminho através da rede viária conforme ilustrado na Figura 5.




**Figura 5:** A linha vermelha indica o trajeto de menor distância percorrido entre o ponto A (origem) e o ponto B (destino) indicados na imagem.

Para espacializar o destino final das viagens a partir dos dados vetorizados, foi utilizado um procedimento de geoprocessamento para extração do vértice inicial e final de cada linha, resultando em um arquivo vetorial de pontos com a origem e destino de cada viagem feita a pé. Para análise geográfica do comportamento dos padrões de deslocamentos foram gerados mapas de densidade, nos quais os trajetos são ponderados pela distância em relação ao valor central. Desta forma, o resultado ilustra a intensidade de pontos existente no destino final das viagens realizadas.

Através dos pontos georreferenciados foi possível extrair dados referentes às distâncias médias caminhadas nos trajetos percorridos. Essas informações foram tabuladas em planilhas eletrônicas e serviram como base para a geração de gráficos, auxiliando na compreensão das dinâmicas existentes atualmente nos modos de deslocamento pedonais. Do total de 5.090 deslocamentos, 64,4% dos deslocamentos são realizados a pé. Excluindo-se os registros inválidos e de localização imprecisa, foram georreferenciados 2.831 deslocamentos de pedestres.

## 5. RESULTADOS

Através das figuras abaixo (Figura 6), observa-se que há uma predominância de destinos de viagens na parte central, justamente onde está localizada uma grande parte dos usos comerciais e de serviço, configurando-se um atrativo urbano para toda a região metropolitana. Aliado a isso, observa-se que há diversos pontos afastados com viagens a pé. Chama a atenção a quantidade de viagens elevada na Avenida Mauro Ramos, mais precisamente no Instituto Federal de Educação (IFSC), representada em mapa pelo ponto de concentração de viagens no lado direito, ou mesmo no final da mesma avenida, no Shopping Beiramar. É interessante notar que na volta há uma peculiaridade. Há mais pontos de calor fora do centro comercial, evidenciando que as pessoas estão dispostas a caminhar mais quando estão retornando às residências, ou até mesmo que seja difícil ou custoso demais depender do ônibus municipal para se deslocar até os terminais de integração.

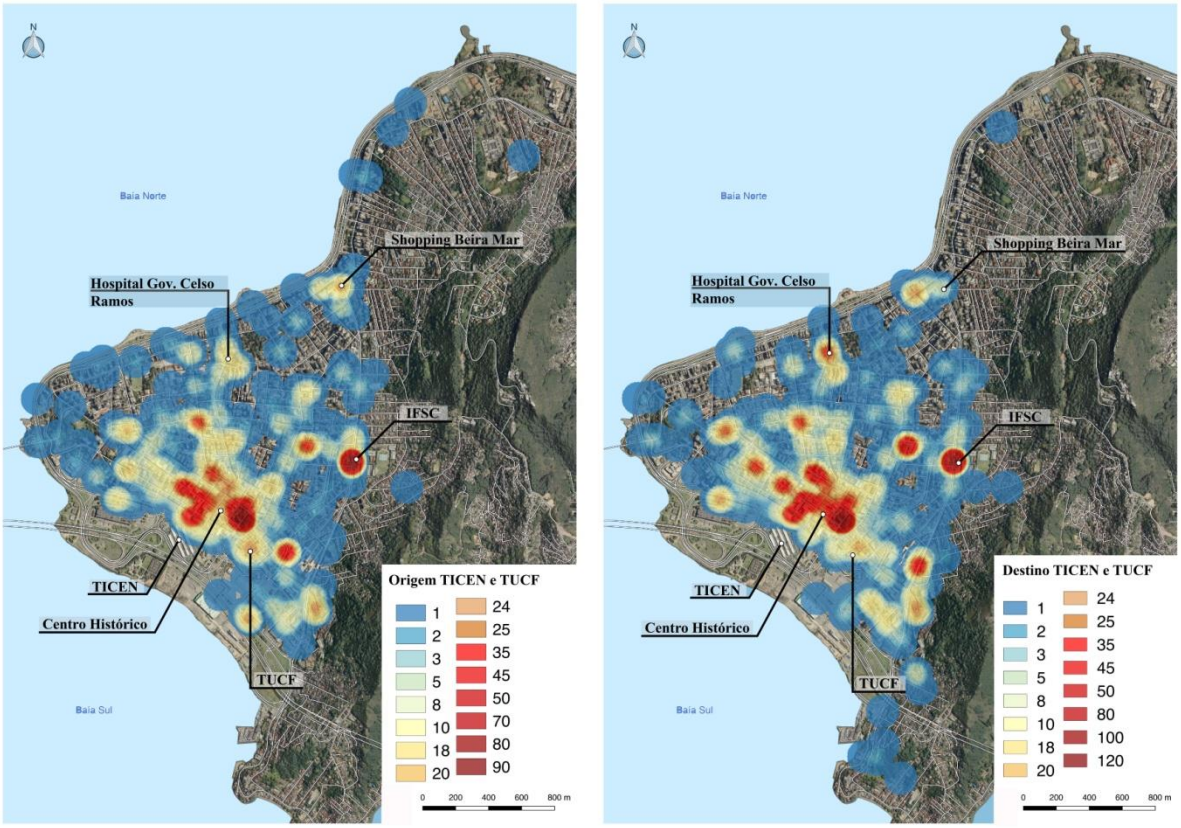



**Figura 6:** Mapa de calor com os pontos de destino e origem das caminhadas dos usuários do transporte público intermunicipal.

A distância média de caminhada obtida através da pesquisa é de 790 metros, o que equivaleria a um tempo médio de deslocamento de dez minutos. Esse valor é muito expressivo uma vez que literatura em geral sugere 800 metros como a distância limite para os deslocamentos a pé. Dessa forma, o fenômeno observado na área central de Florianópolis contrasta com o exposto na literatura, com boa parte dos deslocamentos de pedestres superando a distância de 800 metros.

A distribuição dessas distâncias de caminhada pode ser vista pelo histograma da Figura 7. Os intervalos de distância utilizados neste gráfico referem-se a comprimentos usualmente utilizados na literatura.

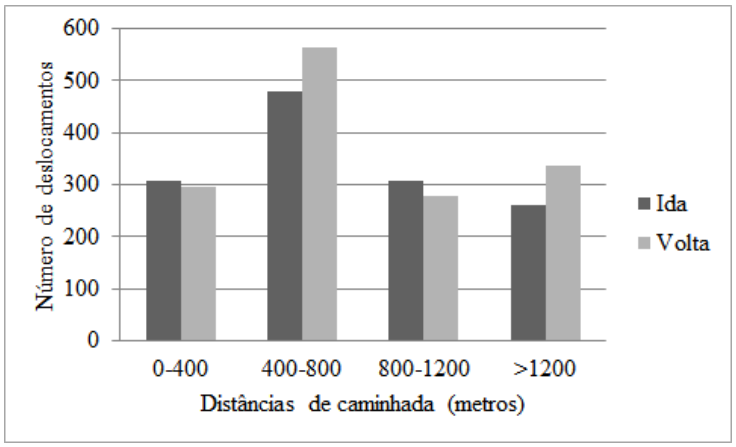



**Figura 7:** Histograma de distribuição das distâncias de caminhada.

Nota-se que o intervalo de 400 a 800 metros de distância de caminhada possui o maior número de registros. Esse intervalo representa - considerando uma velocidade de deslocamento de cerca de 5 km/h - um tempo médio de deslocamento a pé entre cinco e dez minutos. Da amostra total de 2.831 deslocamentos, somando-se os deslocamentos de ida e volta ao terminal de integração do centro, 1.044 (36,9%) situam-se no intervalo de 400 a 800 metros de distância.

Os demais intervalos de distância de caminhada de 0 a 400, 800 a 1.200, e acima de 1.200 metros exibiram um número de deslocamentos similar, em torno de 21%, com valores absolutos de 603, 586 e 598, respectivamente. No geral, 41,8% dos deslocamentos a pé superam distâncias de 800 metros.

A Figura 8 mostra a proporção de deslocamentos nesses mesmos intervalos de distâncias, discriminados pelo motivo de viagem.

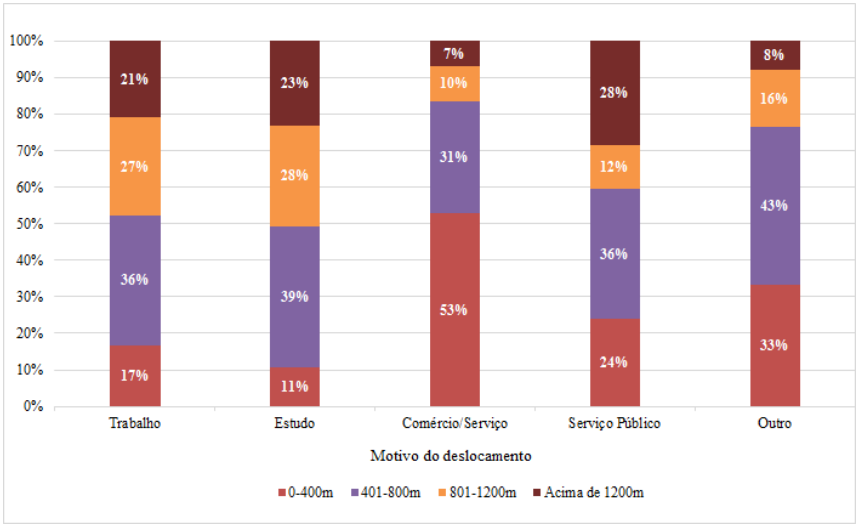



**Figura 8:** Motivo da viagem dos deslocamentos pedonais feitos com origem nos terminais, categorizados de acordo com distâncias de caminhada.

Pode-se observar na Figura 8 que para as distâncias de caminhada até 400 metros as pessoas andam principalmente em busca de comércio e serviços. Isso ocorre porque a principal concentração desses usos é abrangido dentro dessa distância, correspondente ao núcleo principal do centro histórico. As caminhadas de 400 a 800 metros se distribuem na mesma proporção entre os diferentes motivos; já os trajetos percorridos em distâncias acima de 800 metros são predominantemente para trabalho e estudo. A busca pelos serviços públicos na faixa acima de 1200 metros é reflexo da localização de alguns desses equipamentos na região central da cidade, ainda que afastados dos terminais de integração.

Tendo como base a referência de 400 e 800 metros, adotada pela literatura como distâncias aceitáveis, observa-se que 48% das pessoas deslocando-se a trabalho e 51% das pessoas deslocando-se por motivo de estudo estão dispostas a realizar caminhadas acima da distância considerada aceitável. Após os 800 metros, apenas 17% fazem o trajeto em função de comércio e serviço, enquanto 40% buscam serviços públicos.

## 5. DISCUSSÕES

Os dados obtidos na pesquisa apontam uma quantidade expressiva de usuários percorrendo distâncias a pé superiores às apontadas pela literatura como sendo as aceitáveis para esses tipos de deslocamento. Uma hipótese adotada neste trabalho é a de que essa realidade ocorre devido a fatores relacionados à desintegração do sistema de transporte coletivo intermunicipal e ao nível de serviço ofertado pelo serviço de transporte municipal.

Os sistemas de transporte coletivo existentes nos municípios da RMF funcionam de forma independente, ou seja, não têm integração física e tarifária com os demais. Portanto, o deslocamento de um município a outro acarreta na aquisição de duas tarifas, tornando o custo da viagem elevado (entre R$14/dia e R$25/dia). Esse alto valor pode ser um dos elementos associados à falta de utilização do sistema por parte dos usuários, dado observado na divisão modal obtida pelo PLAMUS, no ano de 2014, que mostra que apenas 26% das viagens são realizadas por transporte coletivo.

Florianópolis utiliza tarifa única no transporte coletivo em toda a extensão do município. Em decorrência disso, a tarifa se torna elevada para pequenas distâncias, desestimulando o uso do transporte coletivo para tal. Aliado a isso, em alguns casos, o empregador opta por não pagar o valor integral do vale transporte aos funcionários, tornando os deslocamentos por caminhadas superiores a 800 metros frequentes, evitando o pagamento de uma tarifa municipal. Isso também reflete na realidade dos estudantes, que optam por caminhar até seus destinos, situação bastante visível no IFSC, distante cerca de 1.500 metros dos terminais de integração do centro.

Além disso, a escolha da caminhada no lugar da utilização das linhas municipais de Florianópolis pelos usuários do transporte intermunicipal pode ser consequência da frequência insuficiente, itinerários longos, e altos tempos de espera e deslocamento entre origens e destinos.

Sendo assim, o presente trabalho teve como objetivo tecer reflexões e considerações sobre as distâncias de caminhada realizados pelos usuários do transporte público intermunicipal na RMF. Esse esforço preliminar apontou a desintegração dos diferentes sistemas de transporte

público como uma das principais hipóteses pela opção de caminhar dos usuários, mesmo com distâncias elevadas.

Algumas considerações devem ser feitas. O desconhecimento acerca do motivo de caminhada dos usuários, aspecto alvo de análises e reflexões durante o trabalho, não foi incorporado aos questionários aplicados na pesquisa de campo. Uma futura pesquisa deve incluir esse aspecto, de modo a determinar o porquê do baixo percentual de integração no transporte público e o alto percentual de deslocamentos a pé até o destino final das viagens. Além disso, para compreender de forma mais aprofundada a distribuição das distâncias de caminhada no centro de Florianópolis, uma etapa futura dessa pesquisa deve incluir a análise dos tipos de uso do solo existentes no local, a densidade de empregos e populacional e as áreas com maior produção e atração de viagens.

**Agradecimentos**
Os autores agradecem à equipe de pesquisadores do projeto Neotrans e à Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina – FAPESC, que através do projeto 2015TR1929 possibilitou a realização deste trabalho.

**REFERÊNCIAS**

Cervero, R.; Duncan, M. (2003) Walking, bicycling, and urban landscapes: Evidence from the San Francisco Bay area. *American Journal of Public Health*, v. 93, n. 9, p. 1478-1483.

Duncan, M. J. et al. (2010) Relationships of Land Use Mix with Walking for Transport: Do Land Uses and Geographical Scale Matter? *Journal of Urban Health-Bulletin of the New York Academy of Medicine*, v. 87, n. 5, p. 782-795.

Gomide, A. A. (2006) Mobilide Urbana, Iniqüidade e Políticas Sociais. *Políticas Sociais - acompanhamento e análise*, v. 12, p. 242-250.

Ker, I.; Ginn, S. (2003) Myths and realities in walkable catchments: The case of walking and transit. *Road & Transport Research*, v. 12, n. 2. p. 69-80.

PLAMUS. Plano de Mobilidade Urbana Sustentável da Grande Florianópolis. Gov. do Estado de Santa Catarina, 2015. Relatório final disponível em: http://www.plamus.com.br.

Rodriguez, D. A; Joo, J. (2004) The relationship between non-motorized mode choice and the local physical environment. Transportation Research Part D, v. 9, n. 2, p. 151-173.

Saelens, B. E.; Sallins, J. F.; Frank, L. D. (2003) Environmental correlates of walking and cycling: Findings from the transportation, urban design, and planning literatures. *Annals of Behavioral Medicine*, v. 25, n. 2, p. 80-91.

Schlossberg, M. et. al. (2007) *How far, by which route, and why? A spatial analysis of pedestrian preference*. Mineta Transportation Institute.

Yang, Y.; Diez-Roux, A. V. (2012) Walking Distance by Trip Purpose and Population Subgroups. *American Journal of Preventive Medicine*, v. 43, n. 1. p. 11-19.

# CONSISTÊNCIA DOS PLANOS DE MOBILIDADE NO BRASIL COM RELAÇÃO A AÇÕES EFETIVAS DE PRIORIDADE AO TRANSPORTE PÚBLICO

**Douglas Felipe de França**
**André Fillippe Farias de Oliveira**
**Anísio Brasileiro de Freitas Dourado**
Universidade de Federal de Pernambuco
Centro de Tecnologia e Geociências

**RESUMO**
Este artigo propõe uma análise qualitativa dos Planos de Mobilidade Urbana brasileiros, avaliando a eficácia das intervenções voltadas para a priorização do transporte público coletivo. Para tanto, motiva-se buscar na legislação vigente instrumentos exigidos para a efetivação de um Plano de Mobilidade eficaz, além da busca de experiências e práticas internacionais que sirvam de base de comparação com as ações implantadas no Brasil. São avaliados neste artigo 5 planos de mobilidade de capitais brasileiras focados na legislação nacional e boas práticas internacionais, observando-se a eficácia de seus instrumentos e oferecendo uma análise dos pontos críticos da estrutura de concepção. Com base nos resultados, este artigo conclui que os Planos de Mobilidade Urbana não são um instrumento de gestão eficaz como esperado.

**ABSTRACT**
This paper proposes a qualitative analysis of the Brazilian Urban Mobility Plans, evaluating the effectiveness of the interventions aimed at the prioritization of collective public transportation. Therefore, it is motivated to find in the law instruments required to implement an effective Mobility Plan, as well as the search for international experiences and practices that serve as a basis to compare with the actions implanted in Brazil. This paper evaluates 5 Brazilian capital mobility plans focused on national legislation and international best practices, observing the effectiveness of its instruments and offering an analysis of the critical points of the design structure. Based on the results, this paper concludes that Urban Mobility Plans are not an effective management instrument as expected.

## 1. INTRODUÇÃO

A problemática da mobilidade urbana no Brasil vem nos últimos anos ganhando bastante destaque nos debates sobre as cidades. Precariedade do transporte público, vias congestionadas, horas perdidas no trânsito, obras de infraestrutura ineficazes, acidentes de trânsito e poluição são apenas alguns dos problemas diários enfrentados pelos usuários de transporte motorizado e não motorizado, coletivo ou individual, público ou privado. Uma forma de intervenção estatal para resolver as externalidades ocasionadas pelo uso socialmente inadequado de modos de transporte individual é a implementação de políticas públicas voltadas para aumentar a eficiência da mobilidade urbana, com prioridade ao transporte público, como a gestão do uso das vias e da demanda de viagens.

No Brasil, um dos instrumentos disponíveis de gestão estatal é o Plano de Mobilidade Urbana, que deve elencar os princípios, objetivos e diretrizes necessários para garantir a efetivação da Política Nacional de Mobilidade Urbana (Lei Federal 12.587/2012), também conhecida como Lei de Mobilidade Urbana, que atende ao disposto no Estatuto das Cidades (Lei Federal 10.257/2001) em seu inciso VII do Art. 2º e o §2 do Art. 40º. Com base na Lei Federal 12.587/2012, cabe à união propor políticas públicas a serem aplicadas pelos estados e municípios, voltadas para a mobilidade urbana, que englobam programas, ações e atividades, com o intuito de garantir o direito de locomoção da população expresso na Constituição Federal. Ainda de acordo com a referida lei no inciso II do Art. 6º, os modos de transportes não motorizados devem ser priorizados sobre os motorizados, assim como os serviços de transporte público coletivo devem ter prioridade sobre o transporte individual motorizado.

De acordo com o princípio de priorização do transporte público coletivo, dentro da concepção de um bom Plano de Mobilidade, devem ser contempladas medidas de favorecimento à sua utilização, tal como a implantação de corredores exclusivos de ônibus, que contribuem para o aumento da confiabilidade do serviço ofertado à população, recuperação do espaço viário pertencente ao ônibus, redução de custos e aumento da velocidade operacional. Além disso, os planos devem ser integrados e compatibilizados com os planos já existentes, especialmente com os Planos Diretores.

No entanto, mesmo com a disponibilidade dos instrumentos e diretrizes estabelecidos por legislação federal para que os municípios proponham soluções para os problemas de mobilidade urbana, a população continua convivendo diariamente com a precariedade do transporte em todas as suas formas. Isto posto, uma questão surge: até que ponto são eficazes as legislações e os planos de mobilidade para modificar essa realidade?

Este artigo tem como objetivo avaliar se os Planos de Mobilidade Urbana de importantes cidades brasileiras estão obedecendo aos dispostos legais que os regulam. Para tanto, foi realizada uma avaliação qualitativa de alguns planos de mobilidade no Brasil, comparando se as ações descritas em cada um estão em acordo com as diretrizes estabelecidas na legislação vigente. No capítulo 2, serão abordados os conceitos de alguns temas importantes para a melhor compreensão do objeto de estudo do presente trabalho. No capítulo 3, serão elencados os planos de mobilidade brasileiros e suas respectivas análises. Por fim, o capítulo 4, com as devidas conclusões do estudo.

## 2. BASE LEGAL DO PLANEJAMENTO URBANO E DE TRANSPORTES NO BRASIL

De forma a fixar diretrizes para utilização de instrumentos de gestão na administração municipal, foi instituída a Lei Federal 10.257/2001, conhecida como Estatuto das Cidades (BRASIL, 2001), que visa “ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e garantir o bem-estar de seus habitantes”, regulamentando assim, os artigos 182 e 183 da Constituição Federal vigente (BRASIL, 1988). Essa lei tem como base as discussões geradas no movimento da Reforma Urbana, iniciado na década de 80, que inseriu no processo constituinte a temática da política urbana (IPEA, 2012).

O Estatuto das Cidades define as diretrizes gerais para o desenvolvimento urbano, os instrumentos da política urbana, o plano diretor e a gestão democrática da cidade. Quanto às diretrizes gerais, o Artigo 2, em seus incisos I, V, VI(d) e VII, trata do desenvolvimento das funções sociais do município, como a garantia do direito a cidades sustentáveis, que engloba o direito à infraestrutura urbana, ao transporte e aos serviços públicos, bem como a oferta adequada às características locais. Ainda com relação às diretrizes gerais, o Estatuto das Cidades define, no inciso IV do Artigo 3, a União como competente para instituir diretrizes específicas de desenvolvimento urbano, inclusive transporte e mobilidade urbana, introduzindo regras de acessibilidade a locais de uso público, dentre outros. Para tanto, o supracitado Estatuto define instrumentos de política urbana para execução da Lei, sendo um deles o plano diretor (BRASIL, 2001).

O Estatuto das Cidades (2001) define o plano diretor como “instrumento básico da política de desenvolvimento e expansão urbana” e dispõe sobre a territorialidade e requisitos de obrigatoriedade. O plano diretor “deverá englobar o território do município como um todo” e, dentre outras exigências, ser instrumento obrigatório em cidades “com mais de vinte mil habitantes”

e/ou “integrantes de regiões metropolitanas e aglomerações urbanas”. Desta forma, ao definir as diretrizes gerais, o instrumento e a forma de implantação dentro de uma gestão democrática do município, o Estatuto das Cidades (2001) embasa a criação de um outro instrumento para atendimento ao plano diretor, a Lei Federal 12.587/2012, conhecida como Política Nacional de Mobilidade Urbana.

A Lei Federal 12.587/2012, comumente denominada como Política Nacional de Mobilidade Urbana (PNMU), elaborada para atender ao disposto no inciso XX do Artigo 21 e o Artigo 182 da Constituição Federal; e o previsto no inciso VII do Artigo 2 e parágrafo 2º do Artigo 40 do Estatuto das Cidades, trata da integração entre os atores interessados para gestão da mobilidade de forma a “contribuir para o acesso universal à cidade” como uma forma de auxílio à política de desenvolvimento urbano. Para tanto, define um Sistema Nacional de Mobilidade Urbana como sendo a organização coordenada dos modos de transporte, dos serviços e das infraestruturas que asseguram os deslocamentos de pessoas e cargas dentro do território municipal. A PNMU também define tecnicamente os componentes englobados pelo *caput*, bem como os princípios, diretrizes e objetivos do mesmo (BRASIL, 2012). Desta forma, a Lei estabelece avanços quanto à segurança jurídica para que as cidades decidam sobre priorização efetiva e investimentos no tocante aos modos de transporte, como a prioridade do transporte público coletivo sobre o individual (IPEA, 2012). Com a necessidade de efetivação da Lei, o instrumento definido no Artigo 24 da PNMU é o plano de mobilidade (BRASIL, 2012), que, baseado nos princípios, objetivos e diretrizes da Lei, deve contemplar:

> I - os serviços de transporte público coletivo;
> II - a circulação viária;
> III - as infraestruturas do sistema de mobilidade urbana;
> IV - a acessibilidade para pessoas com deficiência e restrição de mobilidade;
> V - a integração dos modos de transporte público e destes com os privados e os não motorizados;
> VI - a operação e o disciplinamento do transporte de carga na infraestrutura viária;
> VII - os polos geradores de viagens;
> VIII - as áreas de estacionamentos públicos e privados, gratuitos ou onerosos;
> IX - as áreas e horários de acesso e circulação restrita ou controlada;
> X - os mecanismos e instrumentos de financiamento do transporte público coletivo e da infraestrutura de mobilidade urbana; e
> XI - a sistemática de avaliação, revisão e atualização periódica do Plano de Mobilidade Urbana em prazo não superior a 10 (dez) anos.

Ao pontuar os itens requisitados em um plano de mobilidade, como documento, tem-se o fechamento de um instrumento efetivo de aplicação das leis que visa contribuir para que haja melhoria nas condições de mobilidade das pessoas em cidades brasileiras, que caminham para a insustentabilidade gerada pelas externalidades negativas oriundas do uso intensivo de automóveis e o aumento desses índices nas últimas décadas (IPEA, 2012). O plano de mobilidade em questão deve ser elaborado e compatibilizado com o plano diretor até abril de 2018, conforme preconiza a Lei Federal 13.406/2016, que altera a PNMU (BRASIL, 2016).

## 3. EXPERIÊNCIAS INTERNACIONAIS EM PLANEJAMENTO DA MOBILIDADE URBANA

### 3.1. Portugal

Em um passado recente, o Governo de Portugal aprovou uma série de planos voltados para a solução de problemas de mobilidade e ordenamento territorial com orientações pertinentes ao

planejamento e operação de transportes em nível regional e local. Por meio do *Instituto da Mobilidade e dos Transportes Terrestres* - IMTT, instituto público sob tutela do *Ministro do Planeamento e das Infraestruturas* e também responsável pela regulamentação e planejamento dos transportes terrestres e fluviais, foi observado que algumas iniciativas, como os *Planos de Mobilidade Urbana Sustentável de Âmbito Supramunicipal* e os *Planos Intermunicipais de Mobilidade*, nem sempre tinham um devido embasamento conceitual e metodológico satisfatório do ponto de vista de sua eficácia, isonomia e sustentabilidade da acessibilidade, mobilidade e transportes (IMTT, 2011). Diante desse cenário, foi criado em 2011 pelo IMTT, junto a um corpo técnico, o "Pacote da Mobilidade", o qual consiste em um conjunto de documentos de referência para a abordagem das questões relacionadas ao território, acessibilidade, transportes e mobilidade, garantindo assim, diretrizes e uma base técnico-científica adequada para os futuros planos e programas de mobilidade.

O *Pacote da Mobilidade* contempla os seguintes documentos (IMTT, 2011): Diretrizes Nacionais para a Mobilidade; Guia Orientador - Acessibilidades, Mobilidade e Transportes nos Planos Municipais de Ordenamento do Território; Guia para Elaboração de Planos de Mobilidade e Transportes; Coleção de Brochuras Técnicas/Temáticas de Apoio à Elaboração de Planos de Mobilidade e Transportes e Guia para Elaboração de Planos de Empresas e Polos (Geradores e Atratores de Deslocações).

Sobre a legislação portuguesa vale destacar a Lei Federal 52/2015, denominada Novo Regime Jurídico do Serviço Público de Transporte de Passageiros – RJSPTPP, que estabelece novas regras para o setor. Essa lei define as competências para o setor de transportes de passageiros em três grandes níveis: Governo Federal, Município e Entidades Intermunicipais (Rocha e Ramos, 2016). Abaixo é mostrado o Quadro 1 com marcos legais importantes na área de transportes em Portugal.

**Quadro 1:** Marcos legais importantes na área de transportes em Portugal

| Ano | Instrumento Legal |
|---|---|
| **1948** | Lei nº 37272 - Regulamento do Transporte Automóvel (RTA). |
| **1976** | Constituição da República Portuguesa, aprovada em 02 de abril de 1976. |
| **1990** | Lei nº 10/90 - Lei de Bases do Sistema de Transportes Terrestres (LBTT). |
| **2007** | Regulamento 1370/2007 do Parlamento Europeu e do Conselho - trata das obrigações e contratos de serviço público de transporte de passageiros. |
| **2009** | Lei nº 1/2009 - São constituídas e entram em exercício de funções as Autoridades Metropolitanas de Transportes. |
| **2013** | Lei nº 75/2013 - Novo regime jurídico das autarquias locais que consagra a atribuição plena de competências às autarquias e CIM. |
| **2015** | Lei no. 52/2015 de 9 de junho de 2015 - Novo Regime Jurídico do Serviço Público de Transporte de Passageiros (RJSPTP). |

Fonte: Rocha e Ramos (2016)

### 3.2. Colômbia

Diferente dos países da Europa, que contam com diretrizes em nível continental para a regulamentação do planejamento urbano, na América do Sul não há um direcionamento nesse nível. No entanto, na Colômbia, especificamente em Bogotá é possível observar os bons resultados

do gerenciamento da mobilidade na região, em um sistema que prioriza o transporte público coletivo baseado em ônibus de alta qualidade e na confiança (Rocha, Frota, Tridapalli *et al*., 2006).

Em 2006, foi publicado o Decreto 319, que adota o Plano Mestre de Mobilidade para Bogotá. Esse decreto foi decorrente de uma série de outros documentos legais, tais como: a Lei 105 de 1993 – Lei do Setor e Sistema Nacional de Transporte; o Art. 79 da *Constitución Política* – que garante o direito de circulação livre para todo cidadão no território nacional; a Lei 769 de 2002 – Código Nacional de Transporte Terrestre e o Acordo 34 de 1991 – que estabeleceu o sistema de estacionamento em vias públicas de Bogotá.

O Plano Mestre de Bogotá (PMB) tem como objetivo idealizar os preceitos dos programas, estratégias, políticas e metas envolvidas com a mobilidade da capital colombiana, além de determinar normas gerais que possibilitem alcançar uma mobilidade segura, igualitária, inteligente, articulada, respeitosa ambientalmente, coordenada institucionalmente e sustentável. O PMB ainda apresenta como características (BOGOTÁ, 2006): priorizar sistemas de transporte mais sustentáveis, como o transporte público e o não motorizado; garantir a conformação entre as entidades responsáveis pelo planejamento, operação e controle; buscar recursos para os projetos do PMB; garantir a integração entre transporte urbano e interurbano de passageiros; garantir recursos tecnológicos suficientes para articular de forma eficiente os sistemas viários, de transporte, regulação e controle de tráfego e contribuir para o crescimento urbano, considerando as relações entre o uso do solo e os modos de transportes.

Dentre os vários projetos decorrentes desse decreto, destaca-se o Sistema Integrado de Transporte Púbico, que permite ao usuário percorrer toda a cidade com pagamento de uma única tarifa realizando transbordos. Um fator importante para o êxito da regulação e dos objetivos alcançados em Bogotá é a atuação contínua do estado, visando o bem-estar social. Segundo Baldwin, Cave e Lodge (2012), a atuação das instituições pode ser influenciada negativamente por interesses particulares, além de haver o risco de os agentes políticos comutarem a política partidária com a política pública, colocando em risco os objetivos dos planos voltados para o interesse público.

### 3.3. União Europeia

A União Europeia publicou em março de 2011, o novo White Book, o qual mostra os interesses da Comissão Europeia para o futuro do sistema de transporte em nível continental e define também as metas para esse setor até 2020. Nesse documento, a Comissão exige que os sistemas de transporte devam ser planejados de forma a minimizar externalidades nas esferas sociais, ambientais e econômicas. Além disso, o documento objetiva favorecer o advento de operadoras multinacionais e multimodais, quebrando barreiras entre os modos de transporte e os sistemas nacionais (Golinska, Hajsul, 2012):

O White Book apresenta quatro objetivos principais: reduzir as emissões de carbono causadas pelo transporte em 60% até 2050; criar um núcleo eficiente de rede multimodal; ampliar as rotas para o transporte de passageiros e de cargas; e desenvolvimento de um transporte urbano "limpo". Ademais, o documento descreve de forma explícita como pretende alcançar esses objetivos, como por exemplo no "Dez metas para um sistema de transporte competitivo eficiente - Referências para alcançar o objetivo de redução de emissão de gases em 60% ", onde são

descritas as metas para alcançar a redução de 60% da emissão de gases, por meio de desenvolvimento de novas tecnologias de combustíveis, otimização da performance da rede multimodal e o aperfeiçoamento da eficiência do uso dos transportes e das infraestruturas com o auxílio de sistemas de informação (EUROPEAN COMMISION, 2011). Outra forma clara da descrição das diretrizes do documento é a listagem de iniciativas presentes em anexo, que englobam ações sobre: eficiência e integração dos sistemas de mobilidade; inovações para o futuro, discutindo o desenvolvimento tecnológico e o comportamento; modernização das infraestruturas e financiamento inteligente (EUROPEAN COMMISION, 2011).

De forma geral, o documento da Comissão Europeia sobre regulamentação dos transportes fornece uma guia sobre as ações necessárias para o desenvolvimento de um bom sistema que irá permitir o crescimento urbano sustentável. No entanto, esse crescimento precisará de uma coordenação conjunta das instituições em nível nacional e internacional. Esse progresso também irá demandar novos investimentos, mudanças de culturas sobre a mobilidade e novos desenvolvimentos tecnológicos, como descritos no documento (Golinska, Hajsul, 2012).

### 3.4. Inglaterra

Na Inglaterra, a base legal para a elaboração dos planos de transporte é o *Transport Act 2000*. Esse ato exige que todas as autoridades locais inglesas produzam o *Local Transport Plan* (LTP) e o remeta ao *Departament of Transport*, a fim de receberem recursos do governo central para o financiamento desses planos. Além disso, o planejamento deve garantir a eficácia, integração, segurança e viabilidade econômica dos sistemas de transporte desenvolvidos (Dale *et al*., 2014; Baedeker, Kost e Merforth , 2014; OFT, 2003).

O Plano Local de Londres de 2015, exemplo de um plano baseado nas exigências do *Transport Act 2000*, tem como objetivo definir estratégias e políticas públicas que moldarão a cidade até 2026, tendo em vista a evolução do espaço urbano, alterações no cenário socioeconômico, demanda por habitação e a qualidade do meio ambiente. Além do embasamento jurídico do *Transport Act 2000*, o plano local de Londres é baseado no conceito *The City Together Strategy* que tem o ideal de criar uma comunidade sustentável. Essa visão é apoiada em cinco temas básicos: apoio às comunidades; preservação do meio ambiente; valorização cultural; segurança e promoção de oportunidades. Com a incorporação dessa visão às políticas e aos objetivos estratégicos para a cidade, o plano local visa criar medidas e metas não apenas voltadas para o transporte, mas também para a economia, saúde, serviços, questões ambientais e segurança, resultando na definição das diretrizes a serem tomadas em cinco temas (LONDON, 2015):

- Centro Mundial de Negócios: com o intuito de manter a região como lugar de grande importância econômica no cenário mundial.
- Áreas Estratégicas na Cidade: reconhecer as dificuldades enfrentadas nas áreas essências do planejamento (Zona Norte, St Paul's, Zona Leste, Aldgate e Thames), atuando de forma a complementar as principais funções comerciais da cidade, contribuindo para seu caráter único e distinguindo-as de outros distritos financeiros globais.
- Cultura e patrimônio da cidade: valorização e desenvolvimento das zonas urbanas como centro cultural para atrair as comunidades locais e turistas.
- Sustentabilidade: alcançar reconhecimento nacional e internacional de Londres como referência em ações voltadas para assegurar a sustentabilidade em centros urbanos altamente densos.

- Comunidade: assegurar a prestação e continuidade de serviços de grande demanda pela população, aumentando assim o nível de satisfação e qualidade de vida.

Entre as ações direcionadas para o transporte público, apresentadas nesse documento, destacam-se o aumento da capacidade de demanda dos sistemas de transporte através do Crossrail (nova rede ferroviária de alta capacidade de velocidade), melhorias nas estações *Northern Line/Bank*, além das estações de Aldgate e St. Paul's.

## 4. RESULTADOS

Por sua relevância para as análises propostas no presente artigo foram selecionados os Planos de Mobilidade de Porto Alegre, Belo Horizonte, São Paulo, Florianópolis e Curitiba. Através deles foram analisadas as condições de alinhamento das ações propostas com as diretrizes e instrumentos da Lei 12.587/2012, no sentido da eficácia da priorização do transporte público.

### 4.1. Porto Alegre

No caso Porto Alegre, o plano de mobilidade do ano de 2015 propõe a realização de licitações para o sistema de ônibus do município; análise constante da rede de transporte para a melhoria contínua do sistema; monitorar as regiões com pouca oferta dos serviços de transporte; ampliação da malha rodoviária e padronizar o sistema, com projeção para os próximos 10 anos (PORTO ALEGRE, 2015).

As ações mais específicas para melhoria do sistema de transporte são basicamente voltadas para provisão de infraestruturas, como no caso de corredores exclusivos, faixas preferenciais e novas estações de embarque e desembarque. De forma resumida, foram propostas obras de qualificação e implantação de corredores exclusivos e faixas preferenciais com extensão total de 73,30 quilômetros, além de 156 estações (PORTO ALEGRE, 2015). Entre as intervenções propostas, destacam-se a implantação dos corredores exclusivos nas avenidas Borges de Medeiros/Praia de Belas com 2,15 quilômetros, Cruzeiro do Sul/Moab Caldas/Teresópolis com 5,30 quilômetros e a faixa preferencial na Rua Costa Lima com 5,00 quilômetros.

### 4.2. Belo Horizonte

O Plano de Mobilidade de Belo Horizonte, PlanMobBH do ano 2010, considera que a não priorização do transporte público poderá acarretar custos elevados em um curto prazo, devido a saturação das vias públicas ocasionadas pela grande ocorrência de viagens em veículos particulares. Além disso, as metas são definidas para serem atendidas em um horizonte de 10 anos. Do total da malha viária de Belo Horizonte, 39% possui oferta de transporte público, no entanto, apenas existem 9km de faixas exclusivas localizadas ao lado direito das vias. Outro fator, importante na priorização do transporte público na região, é a grande quantidade de rotas que passam na região central da cidade e poucas alternativas para essas viagens, o que acaba saturando a malha viária disponível (BELO HORIZONTEa, 2010).

Com base nos fatos supracitados, o PlanMobBH 2010 propõe uma série de intervenções com o intuito de dar preferência ao transporte público, que englobam basicamente a construção de corredores exclusivos de BRT. Entre as intervenções tem-se (BELO HORIZONTEb, 2010): Corredor Anel Rodoviário; Corredor Anel Intermediário; Corredor Av. do Contorno; Corredor Av. dos Andradas e o Corredor Savassi/Belvedere. É importante salientar que esse plano foi concebido antes da aprovação da Lei de Mobilidade Urbana de 2015.

### 4.3. São Paulo

No caso de São Paulo, no PlanMob/SP é destacado que um dos principais motivos para priorização das ações para o transporte público é que o tempo médio de deslocamento por transporte coletivo é o dobro em relação ao transporte individual motorizado. Além disto, foi realizado um estudo comparando a classe social dos usuários com o modo de transporte utilizado, onde foi observado que nas viagens entre 1km a 5km, 51,5% foram realizados por veículos particulares e 48,5% por transporte público. Outra conclusão do estudo foi a relação direta entre a classe social e a utilização de veículos particulares, ou seja, quanto mais elevado o nível de renda, maior o percentual de usuários de carros. Dessa forma, o plano almeja dar prioridade ao transporte público para torná-lo mais atrativo e reduzir os tempos de viagem, com um horizonte de tempo de 15 anos para o atendimento das metas (SÃO PAULO, 2015).

As intervenções propostas pelo PlanMob/SP, para melhoria do transporte público, são agrupadas no VEIO, Sistema Viário Estrutural de Interesse dos Ônibus, projetando a implantação de corredores, determinação de faixas exclusivas a direita e desestímulos ao uso do veículo particular. Dessas ações, a implantação de corredores corresponde a 40% das intervenções do VEIO, com a meta de construir 150km de corredores a cada 4 anos, totalizando 600km até o ano de 2028. A inserção de faixas exclusivas a direita se deve ao baixo custo e rapidez de implantação, no entanto há uma dificuldade maior de fiscalização reconhecida no próprio plano. Os conflitos ocasionados por conversões à direta entre carros e ônibus, para acesso a estacionamentos ou ruas transversais, serão administrados por meio de campanhas educativas, fiscalização e restrições de acesso aos veículos particulares.

### 4.4 Florianópolis

O Plano de Mobilidade Urbana Sustentável de Florianópolis (PLAMUS) atende satisfatoriamente seis dos onze itens listados. O sistema de mobilidade urbana é bem detalhado quanto ao modo, objeto, característica, natureza do serviço, forma de operação, disciplinamento e polos geradores de viagens. O PLAMUS também traz informações detalhadas quanto à circulação viária, os impactos do transporte de carga na infraestrutura viária, o status das áreas de estacionamento público e privado, bem como os controles e restrições às categorias de tráfego, realizando projeções para os anos de 2020, 2030 e 2040. Em todos esses casos, o PLAMUS estabelece como *modus operandi* a definição de um diagnóstico detalhado do sistema na cidade e mais adiante a oferta de sugestões para melhoria do sistema em cenários distintos possíveis, indicando a escolha, justificada por uma análise de viabilidade socioeconômica (FLORIANÓPOLIS, 2015).

Os itens atendidos de forma parcial pelo PLAMUS se referem à infraestrutura do sistema de mobilidade urbana, a integração dos modos de transporte, os mecanismos de financiamento e a sistemática de sua atualização periódica. Grande parte da infraestrutura do sistema é devidamente abordada pelo PLAMUS, porém as paradas de ônibus são negligenciadas. Neste ponto, o PLAMUS apenas define o gestor responsável pela manutenção das paradas e as insere nos cálculos de obtenção de receitas com propaganda, mas não traça um plano explícito de manutenção e melhorias da rede.

No tocante à integração dos modos de transporte, o PLAMUS desenvolve uma boa abordagem da relação entre os modos motorizado coletivo público (ônibus e BRT) e não motorizado individual privado (caminhada e bicicleta), com previsão de bicicletários nas estações e adequações nos entornos. Porém, o PLAMUS deixa a desejar na integração dos modos motorizado coletivo

público (ônibus e BRT) com o motorizado individual privado (automóvel).

Quanto aos mecanismos e instrumentos de financiamento com relação ao transporte público coletivo (gestão e operação), o PLAMUS atende de forma satisfatória, mas há ausência de um maior detalhamento ou simulação de cenários no que se refere à infraestrutura de mobilidade urbana, onde um cronograma físico-financeiro se faz ausente nesse sentido. O PLAMUS também não define um cronograma da sistemática de atualização periódica do plano e suas etapas de avaliação e revisão, muito embora os aborde de forma menos objetiva em seu "Macroplano de Implantação" (FLORIANÓPOLIS, 2015).

O único item não atendido foi a acessibilidade para pessoas com deficiência, onde o tema é implícita e ligeiramente abordado na tratativa dos entornos dos terminais de integração e das estações de BRT, bem como na implantação do conceito de "Calçadas Contínuas" e "Ruas Completas", mas não há diagnóstico satisfatório desta questão específica na cidade e nem um plano claro e objetivo de ação bem definido para adequações nesse sentido, muito embora a abordagem tenha sido feita, mesmo que de forma generalista, inclusive constando subjacentemente no item de requalificação do sistema viário quanto ao financiamento das infraestruturas (FLORIANÓPOLIS, 2015).

Em geral, o PLAMUS atende à legislação na maioria de seus itens e define, de fato, um direcionamento para a priorização do transporte público não motorizado, estabelecendo a implantação de conceitos de reordenamento da malha viária e oferta de infraestrutura necessária para utilização dos respectivos modos, a exemplo das "zonas 30", "calçadas contínuas" e "ruas completas" em avenidas como a Presidente Kennedy, ruas como a Delfino Conti e rodovias como a SC-401 e BR-101, dentre outros (FLORIANÓPOLIS, 2015).

**4.5 Curitiba**

O Plano de Mobilidade de Curitiba 2013-2017 estabelece um horizonte de tempo de cinco anos para atendimento das metas. O documento em si não atende satisfatoriamente nenhum dos dispositivos da PNMU constantes no quadro 3. De forma parcial, atende a maioria dos onze itens e os demais sequer são citados ou são mencionados de forma insatisfatória. Os itens atendidos de forma parcial pelo Plano dizem respeito aos serviços de transporte público coletivo, circulação viária, infraestrutura, acessibilidade para pessoas com deficiência, integração entre modos de transporte público e destes com os privados e áreas de estacionamento públicos e privados. Em todos esses casos, são citadas as intenções de melhoria, o montante dos recursos demandados, em alguns casos, projetos e estudos prontos (não constantes no documento) e cronograma físico-financeiro, porém sem nenhum detalhamento ou instrumento efetivo de aplicação e implantação das políticas e infraestruturas (CURITIBA, 2013).

De forma global, o Plano de Mobilidade de Curitiba 2013-2017 atende de forma parcial e subjetiva o disposto no quadro 2 e consequentemente o Artigo 24 da PNMU, mas não define de forma clara, objetiva e efetiva o documento como um plano. No tocante à priorização do transporte público não motorizado, objetivo da PNMU, o documento demonstra intenção de atendimento e traça metas para tal, com obras de readequação viária, implantação de bonde turístico, monotrilho, metrô, porém, sem clareza e objetividade. Há deficiência no detalhamento, não se apresenta estudo de viabilidade socioeconômica, cenários de financiamento, dentre outros (CURITIBA, 2013).

### 4.6 Síntese das análises

O quadro 2 apresenta os resultados de uma análise qualitativa de atendimento aos pré-requisitos previstos nos dispositivos legais brasileiros, especificamente no Artigo 24 da Lei Federal 12.587/2012, por Planos de Mobilidade de cinco capitais brasileiras: Porto Alegre, Belo Horizonte, São Paulo, Florianópolis e Curitiba. Quanto à avaliação, foram utilizados três conceitos: Atende (A), Atende Parcialmente (AP) e Não Atende (NA). Esses conceitos são baseados no entendimento do que o próprio arcabouço jurídico nacional define como aceitável em consonância com a interpretação dos autores deste artigo, baseados nas experiências nacionais e internacionais, respeitando os respectivos contextos socioeconômicos e cenários geopolíticos.

**Quadro 2:** Análise resumida do atendimento à PNMU dos casos selecionados

| Item | Planos de Mobilidade | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | **Porto Alegre (2015)** | **Belo Horizonte (2010)** | **São Paulo (2015)** | **Florianópolis (2015)** | **Curitiba (2013)** |
| Serviços de transporte público coletivo | A | A | A | A | AP |
| Circulação viária | A | A | A | A | AP |
| Infraestruturas do sistema de mobilidade urbana | A | A | AP | AP | AP |
| Acessibilidade para pessoas com deficiência | A | A | A | NA | AP |
| Integração dos modos de transporte público e destes com os privados e os não motorizados | A | A | A | AP | AP |
| Operação e o disciplinamento do transporte de carga na infraestrutura viária | A | A | A | A | NA |
| Polos geradores de viagens | AP | AP | AP | A | NA |
| Áreas de estacionamentos públicos e privados, gratuitos ou onerosos | A | A | A | A | AP |
| Áreas e horários de acesso e circulação restrita ou controlada | A | A | A | A | NA |
| Mecanismos e instrumentos de financiamento do transporte público coletivo e da infraestrutura de mobilidade urbana | A | AP | NA | AP | NA |
| Sistemática de avaliação, revisão e atualização periódica do Plano de Mobilidade Urbana em prazo não superior a 10 (dez) anos | A | A | NA | AP | NA |

Legenda: Atende (A), Atende Parcialmente (AP) e Não Atende (NA).

## 5. CONCLUSÕES

Na realidade atual em que se encontra a mobilidade urbana nas grandes metrópoles brasileiras,

o plano de mobilidade se mostra um instrumento extremamente necessário para o desenvolvimento urbano. Porém, a Lei Federal 12.587/2012 não obriga as cidades a transformarem o plano em lei municipal, e em seu Artigo 24 não detalha explicitamente o conteúdo requerido do documento, deixando margem para que as cidades não atendam de forma satisfatória um formato de plano bem definido, factível e efetivo que, uma vez pactuado com a sociedade, seria executado à revelia de externalidades negativas e variáveis não previstas no processo, como o cenário político, por exemplo. Sendo assim, o Plano de Mobilidade, da forma como vem sendo concebido, torna-se mais uma formalização de intenções do que um plano de fato, servindo apenas como requisito para solicitação de recursos federais destinados à mobilidade urbana para parte das previsões e ações isoladas, sem integração, que por vezes até piora o *status quo* devido às relações de interdependência entre as infraestruturas e os modos de transporte. Curitiba é reconhecidamente um *case* de sucesso do planejamento urbano mundial e, conforme foi observado, conta com o plano menos efetivo dentre os pesquisados, cuja falta de eficácia é confirmada pela sua não execução até a presente data.

O que se observou na análise dos planos foi um atendimento não efetivo generalizado aos itens previstos na PNMU, porém, uma performance considerada satisfatória em alguns desses documentos devido à falta de objetividade da Lei aos requisitos de um plano. Há também alguns pontos primordiais que foram observados nas experiências internacionais que não foram aplicados nos planos, como a temática ambiental, por exemplo, presente fortemente no *case* da Colômbia. Essa temática não está contemplada nos incisos do Artigo 24 da PNMU, uma vez que se encontra requisitada no plano diretor, previsto no Estatuto das Cidades, bem como se encontra implícita no conceito de cidades sustentáveis, mas, de forma lógica, o lugar para o detalhamento dos impactos ambientais oriundos do sistema de mobilidade urbana deveria ser, justamente, o plano de mobilidade urbana. Ora, se a Lei Federal 13.406/2016 obriga que o Plano de Mobilidade Urbana seja compatibilizado com o plano diretor do município e este, por sua vez, demanda que haja políticas de mitigação dos passivos ambientais, em qual momento essa temática ambiental relacionada diretamente ao sistema de mobilidade urbana será abordada, detalhada e planejada?

Com o que foi apresentado, conclui-se que o plano de mobilidade urbana é um instrumento de gestão complexo, importante para o desenvolvimento urbano, que cumpre parcialmente o seu papel de priorização dos modos de transporte não motorizados e que carece de alterações estruturais para o aumento da sua efetividade.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Baedeker S. B.; C. Kost e M. Merforth (2014) *Urban Mobility Plans: National Approches and Local Practice.Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit*. Eschborn, *Deutschland*.

BELO HORIZONTE (2010a) Plano de Mobilidade Urbana de Belo Horizonte, Secretaria Municipal de Serviços Urbanos, Prefeitura de Belo Horizonte, Belo Horizonte, MG.

BELO HORIZONTE (2010b) Programa de Estruturação Viária de Belho Horizonte, Secretaria Municipal de Serviços Urbanos, Prefeitura de Belo Horizonte, Belo Horizonte, MG.

BRASIL (1988) Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/Constituicao.htm>. Acesso em: 30 jun. 2017.

BRASIL (2001) Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/LEIS_2001/L10257.htm>. Acesso em: 30 jun. 2017.

BRASIL (2012) Lei nº 12.587, de 3 de janeiro de 2012. Institui as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana. Disponível em:<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12587.htm> Acesso em: 30 jun. 2017.

BRASIL (2016) Lei nº 13.406, de 26 de dezembro de 2016. Altera os §§ 3o e 4o do art. 24 da Lei no 12.587, de 3

de janeiro de 2012. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2016/lei/L13406.htm>. Acesso em: 30 jun. 2017.

BOGOTÁ (2006) Decreto 319, de 15 de agosto de 2006. Disponível em: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=21066>. Acesso em: 30 jun. 2017

CURITIBA (2013) Plano de Mobilidade de Curitiba 2013-2017. Prefeitura de Curitiba, Curitiba, PR.

Dale, S. et al. (2014) Workplace Parking Levies: The Answer to Funding Large Scale Local Transport Improvements in the UK?. *Research In Transportation Economics*, v. 48, p. 410–421.

EUROPEAN COMMISION (2011) *White Paper on Transport: Roadmap to a Single European Transport Area. European Commission, Publications Office of the European Union, Luxembourg.*

FLORIANÓPOLIS (2015) Relatório Final – Consolidação das Propostas e Plano de Implantação, Prefeitura Municipal de Florianópolis, Florianópolis, SC.

Golinska P.; M. Hadjul (2012) *European Union Policy for Sustainable Transport System: Challenges and Limitations. Sustainable Transport*, p. 3–19.

IMTT (2011) *Guia para a Elaboração de Planos de Mobilidade e Transporte – 2011.* Instituto da Mobilidade e dos Transportes Terrestres, Lisboa, Portugal.

IPEA (2012) Comunicado nº 128. A Nova Lei de Diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/comunicado/120106_comunicadoipea128.pdf>. Acesso em: 30 jun. 2017.

*LONDON* (2015) *Local Plan. City of London Corporation, Department of the Built Environment, London, England.*

OFT (2003) *The Transport Act 2000 and The Transport (Scotland) Act 2001: Guidance on the Competition Test. Office of Fair Trading, United Kingdom*.

PORTO ALEGRE (2015) *Plano Diretor de Mobilidade Urbana*. Secretaria Municipal dos Transportes, Prefeitura Municipal de Porto Alegre, Porto Alegre, RS.

Rocha, A. C. B.; C. D. Frota; J. P. Tridapalli; N. Kuwahara; T. F. A. Peixoto e R. Balassiano (2006) Gerenciamento da Mobilidade: Experiências em Bogotá, Londres e Alternativas Pós-Modernas.

Rocha, F. U. S. e M. C. P. Ramos (2016) Lisboa (Portugal) e Salvador (Brasil): Duas Experiências de Gestão do Transporte Público Urbano de Passageiros. *XXX Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes*, ANPET, Rio de Janeiro.

SÃO PAULO (2015) Plano de Mobilidade de São Paulo, Secretaria Municipal de Transportes, Prefeitura do Município de São Paulo, São Paulo, SP.

---

Douglas Felipe de França (engcivdouglas@gmail.com)
André Fillippe Farias de Oliveira (andrefillippe@yahoo.com.br)
Anísio Brasileiro de Freitas Dourado (anisiobfd@hotmail.com)
Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade de Federal de Pernambuco
Av. da Arquitetura, s/n – Cidade Universitária, Recife, PE, Brasil

# IDENTIFICAÇÃO DOS PARÂMETROS DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE URBANO QUE INFLUENCIAM NA MOBILIDADE DO TURISTA

**Nathane Eva Santos Peixoto**
**Eliezé Bulhões de Carvalho**
**Elisangela Aparecida Machado da Silva**
Universidade de Brasília
Programa de Pós-Graduação em Transportes

**RESUMO**
Diante da relevância do setor de turismo para a economia bem como a importância do setor de transportes para seu funcionamento, esta pesquisa, ainda em andamento, tem como objetivo identificar os parâmetros de infraestrutura de transporte urbano para a mobilidade do turista. Para avaliar tais aspectos será construído um modelo em quatro etapas: (i) revisão da literatura; (ii) sistematização dos parâmetros e indicadores; (iii) aplicação do estudo de caso; (iv) validação e/ou ajustes do modelo. Ao final, espera-se que este trabalho contribua para a consolidação do conhecimento na área dos estudos de transportes e turismo, além de auxiliar órgãos gestores na formulação de políticas públicas.

Nathane Eva Santos Peixoto (nathaneeva@hotmail.com)
Eliezé Bulhões de Carvalho (elieze@unb.br)
Elisangela Aparecida Machado da Silva (elisangela-machado@hotmail.com)
Programa de Pós-Graduação em Transportes, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília
Anexo SG-12, 1º andar, UNB, Asa Norte, CEP: 70.910-900, Brasília-DF, Brasil.

# A MOBILIDADE URBANA E O TRANSPORTE COLETIVO POR ÔNIBUS EM BELO HORIZONTE: CENÁRIOS E PROJEÇÕES PARA 2022 E 2032

**Giovanni Candido Miranda**
**Carlos Lobo**
**Daniela Antunes Lessa**
Universidade Federal de Minas Gerais
Instituto de Geociências

**RESUMO**
A prevalência pelo transporte individual em detrimento do transporte público nas grandes cidades brasileiras tem provocado consequências econômicas, sociais e ambientais. Entender a dinâmica da demanda por transporte público e projetar tendências se faz necessário para o desenvolvimento de políticas públicas que busquem a melhoria da mobilidade urbana de forma democrática e eficiente. O presente trabalho propõe analisar os dados relacionados às viagens por ônibus em Belo Horizonte, extraídos da Pesquisa Origem e Destino dos anos de 1992, 2002 e 2012. Com a utilização de um modelo de regressão linear foram realizadas projeções para os anos de 2022 e 2032. Os resultados obtidos demonstram uma situação de aumento do uso do automóvel e queda acentuada nas viagens por ônibus, em um quadro de permanência da tendência observada entre 1992 e 2012.

**ABSTRACT**
The prevalence of individual transportation to the detriment of public transportation in large Brazilian cities has caused economic, social and environmental consequences. Understanding the dynamics of the demand for public transport and designing trends is necessary for the development of public policies that seek to improve urban mobility in a democratic and efficient way. The present work proposes to analyze the data related to the bus trips in Belo Horizonte, extracted from the Pesquisa Origem e Destino of the years 1992, 2002 and 2012. Using a linear regression model, projections were made for the years 2022 and 2032. The results obtained show a situation of increased use of the automobile and a marked fall in travel by bus, in a framework of continuity of the trend observed between 1992 and 2012.

## 1 - INTRODUÇÃO

Os dados do Censo Demográfico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística de 2010 revelam que 84,34% da população brasileira residiam em área urbana. Cabe destacar que o processo de urbanização no Brasil ocorreu de maneira rápida e concentrada, pelo menos até finais da década de 1970, motivado pelo processo de industrialização. O modelo de produção e organização do espaço predominante nas grandes cidades do país, com alto nível de periferização e dispersão locacional, resultou na exigência de grandes deslocamentos para atividades relacionadas ao trabalho, estudo e lazer. De forma análoga às principais cidades dos países periféricos, as grandes cidades brasileiras apresentam grande dependência dos deslocamentos a pé e dos meios públicos de transporte, se comparadas às cidades dos países centrais. Nos países periféricos, incluído o Brasil, o transporte coletivo por ônibus tem se consolidado como o modo mais utilizado (VASCONCELLOS, 2000).

Belo Horizonte foi projetada em 1895 para comportar uma população de 30 mil habitantes na área central e 200 mil habitantes em toda a cidade. Em 2017, o município apresentou uma população estimada de 2.523.794 habitantes, o que o caracteriza como o sexto mais populoso do Brasil. Por sua vez, a Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH) apresentou em 2017 uma população estimada de 5.915.536 habitantes (o IBGE inclui os 34 municípios metropolitanos e os 16 municípios do colar metropolitano para estimativas de PIB e população), a terceira região metropolitana em termos de população no Brasil (IBGE, 2017). Assim como a maior parte das grandes cidades brasileiras, Belo Horizonte apresentou problemas relacionados à sua acelerada e excludente urbanização, que resultam em um descompasso entre a demanda por transporte público e a capacidade do Estado em suprir a

necessidade de mobilidade de maneira adequada e justa.

A capital mineira tem historicamente o ônibus como principal modo de transporte. O próprio transporte coletivo ferroviário é pouco abrangente. Atualmente, Belo Horizonte possui uma linha de trem metropolitano (metrô de superfície) com 28,2 km de extensão que, em 2012, foi responsável por apenas 1,73% das viagens realizadas no município. Por sua vez, em 2012 as viagens por ônibus representaram 21,04% do total de deslocamentos realizados, enquanto que as viagens por automóvel e a pé envolviam, respectivamente, 30,12% e 36,64% dos deslocamentos nesse mesmo ano.

Os dados obtidos nas Pesquisas Origem e Destino de 1992, 2002 e 2012 demonstram a redução do uso do transporte coletivo, principalmente entre os anos de 2002 e 2012. Paralelamente, verifica-se o aumento do uso do transporte individual motorizado, com expressivo aumento das viagens por automóveis e motocicletas, além dos deslocamentos a pé. É importante salientar a influência do transporte clandestino na redução das viagens por ônibus até Julho de 2001, quando tal modalidade foi proibida no município. Porém, a dificuldade de se contabilizar o total de viagens realizadas por transporte clandestino, que em Belo Horizonte se utilizava principalmente de vans, impede uma melhor avaliação do impacto desse modo de transporte na redução das viagens por ônibus. Em 2002, de acordo com a Pesquisa OD, 3,05% das viagens foram realizadas por outros modos de transporte (dentre eles vans e peruas) e, em 2012, esse percentual foi de 5,04%.

A concessão de maior volume de subsídios ao transporte individual em detrimento do transporte público (VASCONCELLOS *et al.*, 2011), aliada ao aumento da renda e do crédito nos últimos anos, fomentou o maior número de veículos particulares nas vias, especialmente entre 2002 e 2012. Porém, mesmo com o aumento da renda, as parcelas de menor poder aquisitivo da população encontram dificuldades para arcar com os valores das tarifas do transporte público. Dessa maneira, o transporte por ônibus em Belo Horizonte apresenta perda de demanda no período estudado tanto pela ineficácia e perda de competitividade, quanto pelos valores das tarifas, impeditivos para parte da população.

Com base nos dados das Pesquisas Origem e Destino de 1992, 2002 e 2012, esse trabalho tem como objetivo descrever o atual cenário e realizar projeções para 2022 e 2032 do transporte coletivo por ônibus no município de Belo Horizonte/MG. A análise do cenário de queda no número de viagens por ônibus, bem como as projeções para os anos citados são fundamentais para o planejamento do urbano, especialmente para a elaboração de políticas de mobilidade. Os resultados apresentados no trabalho permitem identificar áreas no município com maior necessidade de intervenções, de maneira a amparar futuras ações do poder público que tenham como objetivo aumentar a competitividade e eficiência do transporte coletivo.

## 2 – ACESSIBILIDADE E MOBILIDADE NAS GRANDES CIDADES

A cidade representa a mediação de relações entre processos globais (econômicos, sociais políticos e culturais) e ritmos locais que modificam o espaço urbano (LEFEBVRE, 1969). É na cidade contemporânea que os anseios de mobilidade social e espacial dos indivíduos e grupos são traduzidos (BERMAN, 2007). De acordo com Vasconcellos (2001), é a circulação (mobilidade urbana) que liga fisicamente todas as atividades no espaço. A ligação entre os diferentes espaços da cidade, responsável pela mediação entre estruturas de produção e a vida social em geral, é realizada pelas estruturas construídas para permitir essa circulação (DEAR e SCOTT, 1981).

A literatura sobre a circulação de pessoas nas cidades, de maneira geral, se utiliza dos termos

acessibilidade e mobilidade de forma complementar, conjunta e por vezes indissociável. Em diversos trabalhos, ambos os termos são entendidos como sinônimos, gerando certa confusão e imprecisão em sua conceituação, como bem observam autores como Raia Jr (2000) e Cardoso (2007). A *acessibilidade* é definida por Hansen (1959) como uma medida da distribuição espacial de atividades sobre um ponto, relacionada com a capacidade e o desejo de pessoas ou empresas para superar a separação espacial. Esta definição se caracteriza como a primeira noção do termo acessibilidade, exercendo influência sobre os estudos posteriores a respeito do tema, em especial aqueles ligados ao planejamento dos transportes. Para Jones (1981), a acessibilidade está relacionada à potencialidade de participação do indivíduo a uma dada atividade, mediante a existência de sistemas de transporte em um determinado espaço.

Ingram (1971) define a acessibilidade como a vantagem inerente a um lugar com relação à superação de alguma fonte de atrito espacialmente operacional, tais como tempo ou distância. Ela pode ser subdividida em acessibilidade relativa e acessibilidade integral. A acessibilidade relativa se refere ao grau de conexão entre duas localidades ou pontos em uma mesma superfície, enquanto que a acessibilidade integral é entendida como o grau de interconexão de um ponto com todos os outros pontos de uma mesma superfície (INGRAM, 1971). Cardoso e Matos (2007) afirmam que a acessibilidade refere-se à facilidade com que os indivíduos interagem com diferentes locais no espaço por meio da utilização do sistema de transporte. Para esses autores, a acessibilidade é um dos indicadores de exclusão socioespacial:

> "A acessibilidade urbana é condicionada pela interação entre o uso do solo e transporte e se constitui como um importante indicador de exclusão social, ao lado, entre outros, da mobilidade, da habitação, da educação e da renda. Nesse sentido, a acessibilidade, ao ser parte integrante e fundamental da dinâmica e do funcionamento das cidades, passa a ser um elemento que contribui para a qualidade de vida urbana, na medida em que facilita o acesso da população aos serviços e bens urbanos, além de viabilizar sua aproximação com as atividades econômicas" (CARDOSO e MATOS, 2007, p. 95).

Hanson (1995), *apud* RAIA Jr (2000), afirma que a *mobilidade* se refere à capacidade de se mover entre diferentes locais de atividade. Morris *et al.* (1979) afirmam que a capacidade de um indivíduo efetuar viagens é influenciada pela mobilidade e pela acessibilidade em conjunto. De acordo esses autores, a mobilidade individual também é a capacidade do indivíduo se locomover de um lugar ao outro. A mobilidade é ainda dependente da disponibilidade dos diferentes tipos de modos de transporte, incluindo a caminhada.

Jones (1981) define a mobilidade como a capacidade de um indivíduo acessar determinada localidade, envolvendo, portanto tanto o serviço de transporte, quanto sua condição física e financeira para acessar o local desejado. Para Alves e Raia Jr. (2009), a mobilidade pode ser entendida, de maneira simplificada, como a facilidade de deslocamento de pessoas e bens. O conceito de mobilidade está relacionado com os deslocamentos diários (viagens) de pessoas no espaço urbano. Não apenas sua ocorrência efetiva, mas ainda a facilidade e a possibilidade de ocorrência desse deslocamento. Para esses autores, a abordagem convencional da mobilidade sempre relacionou o termo à quantidade de deslocamentos ou viagens nas cidades, utilizando como referência um local de origem e um local de destino, se referindo, na maior parte dos trabalhos, às viagens motorizadas.

Ao se analisar o deslocamento de pessoas no território, a definição de Jones (1981) sobre

*mobilidade* se apresenta útil para a análise dos fluxos de pessoas que se utilizam do modo de transporte ônibus em Belo Horizonte. Entende-se que, para a superação da separação espacial entre a demanda e oferta de bens, serviços, emprego e educação não basta a existência de meios de transporte que permitem ao indivíduo acessar pontos escolhidos no território. A escolha do modo de transporte a ser utilizado envolve os custos, o tempo de deslocamento, o conforto, a segurança e as oportunidades de maior vivência do urbano. Como defende Barbosa (2014), a mobilidade inclui a circulação, mas a supera, pois trata de um movimento que permite ampliar as possibilidades de apropriação e uso coletivo e individual do espaço urbano.

A desigualdade social, característica intrínseca e marcante das grandes cidades brasileiras, se expressa também nos diferentes graus de acessibilidade e mobilidade da população. Para Zandonade e Moretti (2012), a desigualdade social nas cidades brasileiras é na realidade um sistema de desigualdades, amenizado ou ampliado mediante a inserção nos três eixos principais de caracterização do padrão de mobilidade cotidiana – renda/trabalho, moradia, transporte/deslocamentos. A desigualdade de mobilidade se alimenta da desigualdade da urbanização, gerando um círculo vicioso. As condições precárias de atendimento do transporte público nas áreas periféricas faz com que o cidadão residente nesses locais tenha seu acesso às oportunidades de trabalho, estudo e lazer severamente reduzidas (ZANDONADE e MORETTI, 2012).

O novo modelo territorial desenvolvido no Brasil, marcado por descontinuidades físicas e territoriais, se relaciona à expansão da mobilidade ocorrida a partir da década de 70. Nesse novo modelo, a valorização da terra não está mais ligada à proximidade dos locais de interesse, mas sim à acessibilidade e mobilidade (ZANDONADE E MORETTI, 2012). Dessa maneira, a ação do Estado, responsável pela implantação da infraestrutura de transporte, se torna fundamental no processo de valorização da terra urbana e na superação de desigualdades socioespaciais. As políticas voltadas à democratização da mobilidade urbana se constituem, portando, em um instrumento de inserção social e superação de desigualdades no território.

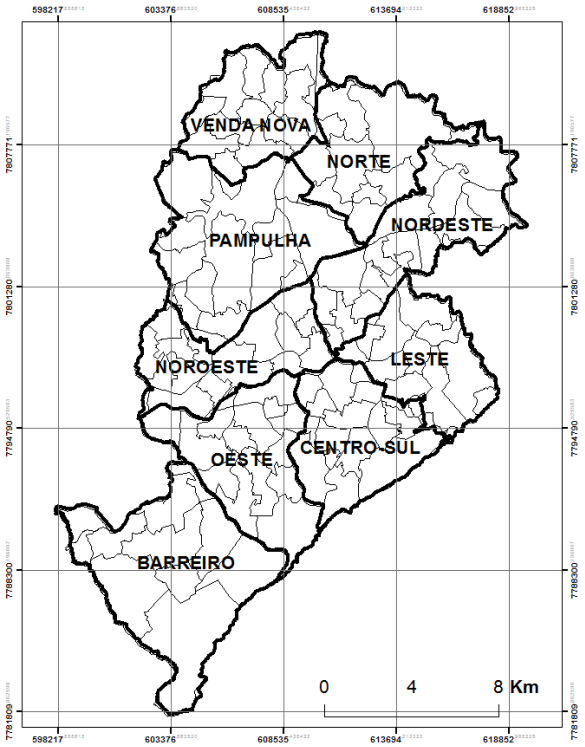
## 3 – MATERIAIS E MÉTODOS

As pesquisas Origem e Destino (ODs) são consideradas a mais completa base de dados sobre a demanda por transporte humano, e registram os movimentos realizados pelos indivíduos por meio de entrevistas domiciliares no Brasil. Elas apresentam informações sobre o deslocamento realizado (motivo, horário, modo, origem, destino e tempo de viagem) e sobre as pessoas envolvidas (idade, escolaridade e renda). No Brasil, a primeira pesquisa origem e destino foi aplicada em São Paulo no ano de 1967 (ANTP, 1997).

A Pesquisa Origem e Destino da Região Metropolitana de Belo Horizonte (Pesquisa OD/RMBH) foi realizada pela primeira vez em 1972, sendo repetida nos anos de 1982, 1992, 2002 e 2012. Nessa pesquisa, todos os ocupantes do domicílio objeto de estudo foram questionados a respeito do número de deslocamentos realizados no dia anterior, o modo de transporte, o motivo, a duração, horário e destino das viagens. Para conhecer a configuração espacial da Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH), foi implementado um sistema de unidades espaciais para assim analisar o movimento desses grupos e suas relações com transformações sócio espaciais. Esse sistema foi consolidado por equipes da Fundação João Pinheiro (FJP – entidade ligada ao Governo de Minas Gerais) de forma a possibilitar a análise de séries históricas. A menor unidade espacial é a área homogênea (AH), que engloba um conjunto de setores censitários agregados, conforme definidos pelos Censos Demográficos, de acordo com critérios socioeconômicos e de ocupação. As áreas homogêneas podem ser

agregadas em campos, subcomplexos diferenciados de campos, complexos diferenciados de campos e macrounidades (Minas Gerais, 2002).

No sistema de unidades espaciais da Pesquisa OD/RMBH o primeiro nível de agregação das áreas homogêneas é denominado *campo*. No aglomerado metropolitano, o campo é considerado o nível que melhor retrata o cotidiano e seu conceito se aproxima do que constituiria um bairro ideal, onde a identidade de seus moradores é mantida (Minas Gerais, 2012). No presente trabalho, optou-se em analisar as viagens por ônibus em Belo Horizonte nos anos de 1992, 2002 e 2012 adotando os *campos* como unidade espacial**,** já que sua delimitação se aproxima dos limites territoriais dos bairros do município. Foi utilizada a compatibilização espacial adotada pela Fundação João Pinheiro (FJP) entre os anos de 1992 e 2002, e pela Empresa de Transporte e Trânsito de Belo Horizonte (BHtrans) entre as ODs de 2002 e 2012, estabelecendo um total de 106 campos. A *figura 1* apresenta as nove regionais administrativas de Belo Horizonte e o número de campos em cada uma.




| REGIONAL | CAMPOS |
|---|---|
| BARREIRO | 11 |
| CENTRO-SUL | 15 |
| LESTE | 10 |
| NORDESTE | 14 |
| NOROESTE | 13 |
| NORTE | 8 |
| OESTE | 12 |
| PAMPULHA | 11 |
| VENDA NOVA | 12 |
| **TOTAL** | **106** |




**Figura 1:** Campos por regionais administrativas de Belo Horizonte. Fonte dos dados: IBGE e Fundação João Pinheiro (FJP). Elaboração própria.

A *figura 2*, que representa a renda média domiciliar em 2010 para cada campo do município de Belo Horizonte, foi obtida pela compatibilização dos campos da pesquisa OD e dos setores censitários do IBGE. Observa-se que as áreas de maior renda se concentram na regional Centro-Sul e Pampulha, enquanto que as áreas de menor renda predominam nas regionais Barreiro, Nordeste, Norte, Venda Nova.

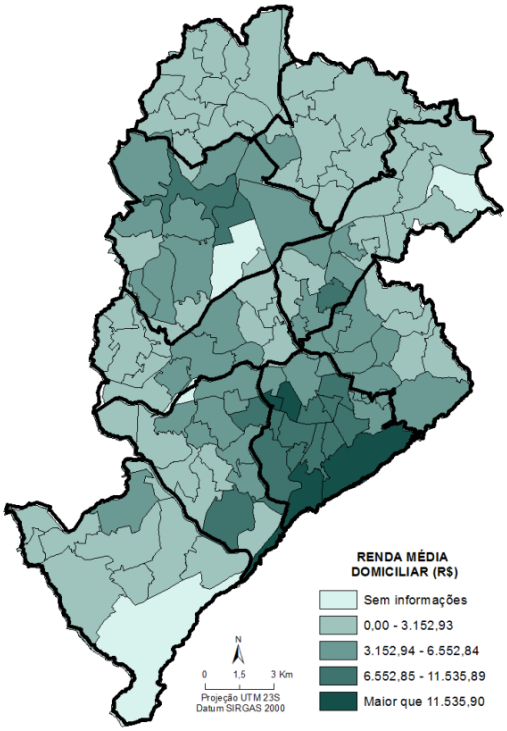



**Figura 2:** Renda média domiciliar por campos de Belo Horizonte – 2010. Fonte dos dados: IBGE e Fundação João Pinheiro (FJP). Elaboração própria.

Para o desenvolvimento das análises e projeções, foram selecionados e tratados os dados de viagens realizados por ônibus com origem e destino no município de Belo Horizonte, obtidos nas Pesquisas Origem e Destino dos anos de 1992, 2002 e 2012. Com base nesses dados, foram construídos cenários e projeções para a mobilidade por ônibus no município. Para a análise dos cenários, além da matriz de origem dos fluxos por campo, foi possível elaborar um indicador capaz de representar o peso que o transporte coletivo por ônibus representa em cada campo do município. O indicador, denominado *razão ônibus/automóvel*, é dado pela divisão entre o número observado de viagens por ônibus e por automóveis. Com base nesse indicador, torna-se possível identificar o *número de viagens por ônibus para cada viagem realizada por automóvel* em um determinado campo. Dessa maneira, torna-se possível comparar a redução ou aumento do uso do automóvel em relação ao transporte coletivo por ônibus em cada campo e ano pesquisado.

A elaboração das projeções se utiliza dos princípios da análise de regressão, tendo como base a linha de tendência linear, e a equação que tenta explicar alterações na variável dependente (Y) pela variação dos níveis da(s) variável(is) independente(s) (X). O estabelecimento do modelo para a explicação do fenômeno deve verificar qual tipo de curva e equação de um modelo matemático mais se aproxima dos pontos representados no diagrama de dispersão. Haverá, porém, na maior parte dos pontos, uma distância entre os pontos do diagrama e a curva do modelo matemático, já que os pontos são influenciados por fatores externos não identificados no modelo. Dessa forma, o objeto da regressão é obter um modelo matemático que melhor se ajuste aos valores observados de Y, em função da variação dos níveis da variável X.

O modelo estatístico para a regressão linear simples é dado por:

$$y = ax + \beta + \epsilon$$

em que:

$y$: Valor observado (variável dependente).
$a$: Coeficiente angular (inclinação da reta).
$x$: Variável explicativa (variável independente).
β: Intercepto
ϵ: Componente aleatória (erro)

O modelo se utiliza de uma regressão linear simples, em que a variável dependente (Y) é expressa pelo número de viagens por ônibus em cada campo e a variável independente (X) é expressa pelo tempo (1992, 2002 e 2012). Com base nos dados de viagens e no tempo foi definida uma equação da reta com tendência linear para cada campo. O modelo linear se baseia na hipótese de que as causas da variação nos anos anteriores devem se manter constantes no tempo.

Os resultados iniciais do modelo demonstraram elevados percentuais de redução de viagens em alguns campos do município. O Centro de Belo Horizonte, por exemplo, apresentou número inferior a uma viagem com origem nesse campo, dado que o modelo segue a tendência linear de queda. Dessa maneira, o modelo preditivo adota um limite no percentual de redução de viagens para cada campo. Caso o percentual de redução encontrado pelo modelo linear seja superior ao identificado nos decênios anteriores (1992-2002, 2002-2012) para determinado campo, o percentual de redução a ser adotado para 2022 e/ou 2032 nesse campo será o maior encontrado até então. O valor da variável aleatória (erro) no modelo foi de 0,04.

## 4 - ANÁLISE DOS RESULTADOS

A análise da série histórica da Pesquisa Origem e Destino da RMBH demonstrou uma significativa redução no número de viagens por ônibus e aumento das viagens por automóveis no município de Belo Horizonte entre os anos de 1992 a 2012. Como pode ser observado na *figura 3*, em 1992 foram realizadas 1.523.634 viagens por ônibus, e 462.161 viagens por automóveis. Em 2012, as viagens por automóveis superam as viagens realizadas por ônibus no município. De acordo com os dados da OD, ocorreram 1.264.348 viagens por ônibus e 1.465.628 viagens por automóveis, tendo como origem e destino o município de Belo Horizonte.

A redução do número de viagens por ônibus tem relação com o círculo vicioso da mobilidade urbana, caracterizado por uma situação em que o aumento das distâncias e dos custos, gerados pela expansão da urbanização, proporcionam um menor uso do transporte público e aumento no uso do automóvel. Dessa maneira, ampliam-se os congestionamentos, a poluição e a ineficiência do sistema de transporte público. Com a ineficiência do transporte público, ocorre o maior uso do transporte individual, retroalimentando o sistema (ANPT, 1997). A ampliação da renda e do crédito nos últimos anos, aliada à importância do automóvel enquanto valor simbólico na sociedade capitalista são fatores importantes nos resultados obtidos.

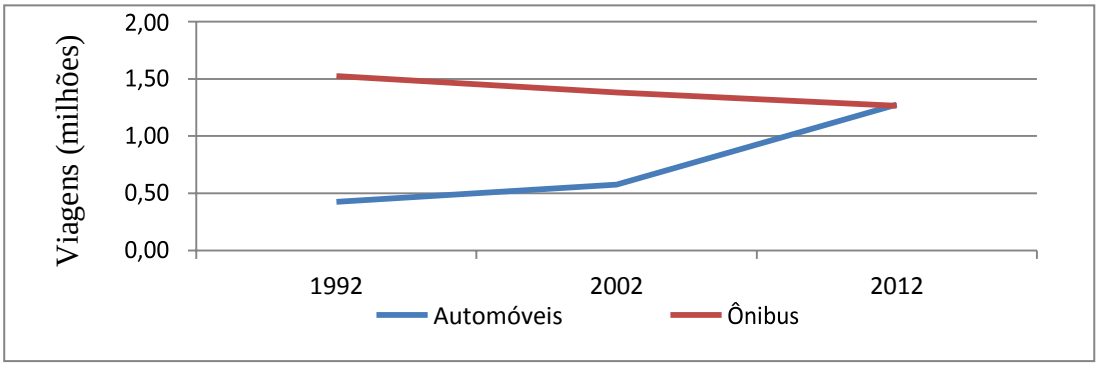



**Figura 3**: Totais de viagens realizadas por modo ônibus e modo automóvel (condutor) no município de Belo Horizonte. Fonte: Pesquisa Origem e Destino 1992, 2002 e 2012. Elaboração própria

A espacialização do número de viagens por ônibus em Belo Horizonte, dividida por campos, entre 1992 e 2012 (*figura 4*) revela a concentração da origem dessas viagens no centro da cidade, área com maior densidade de estabelecimentos de comércio e serviços. Observa-se uma crescente descentralização das origens das viagens por ônibus, em especial para as regiões Barreiro e Venda Nova. A implantação de infraestruturas de transporte, como os terminais de ônibus do Barreiro (Estação Diamante em 1997; Estação Barreiro em 2002) e o terminal intermodal de Venda Nova no ano de 2002, contribuiu com a desconcentração espacial das atividades econômicas em Belo Horizonte. Ocorre ainda o aumento do número de viagens originadas em alguns bairros da região Centro-Sul da capital, como Belvedere e Sion, localidades inseridas em um dos principais vetores de expansão imobiliária da capital nesse período.

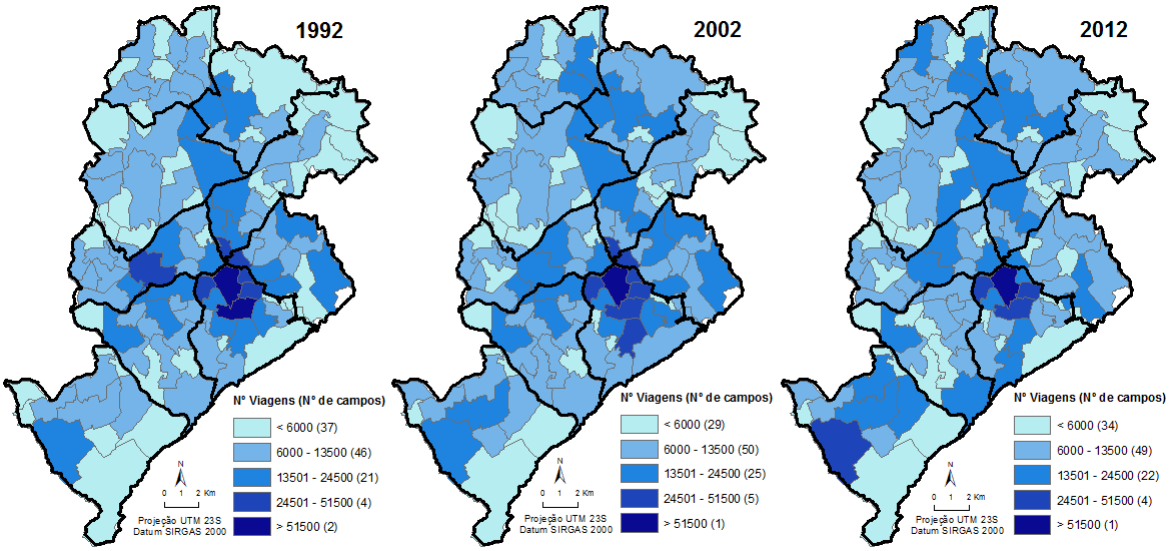



**Figura 4**: Número de viagens por ônibus por campo em Belo Horizonte. Fonte dos dados: Pesquisa Origem e Destino da RMBH 1992, 2002 e 2012. Elaboração própria.

A análise da *razão ônibus/automóvel* (*figura 5*) indica uma maior demanda por viagens pelo modo ônibus nas periferias do município, onde se localizam os bairros de menor renda per capita, especialmente nos anos de 1992 e 2002. Nesses anos, o indicador demonstra baixa demanda por viagens em áreas com reduzida ocupação no município, como o sul da regional Barreiro e periferias ao norte e noroeste da cidade (razão menor que 0,5). Os bairros

da regional Centro-Sul com população de renda elevada, como Belvedere, Sion e Mangabeiras, apresentaram razão entre 0,5 e 1,0, o que indica a maior utilização do automóvel em detrimento do transporte por ônibus.

A acentuada redução do índice, observada entre 2002 e 2012, revela a inversão na relação entre o uso do ônibus e do automóvel, com o aumento do modo de transporte individual em todas as regiões da cidade, incluindo as áreas de menor renda. Em 1992, 93,4% dos campos apresentaram *razão ônibus/automóvel* superior a 1, revelando maior uso do transporte por ônibus. Em 2012, esse percentual é de 50,4%. Assim como nos anos anteriores, o indicador demonstra o maior uso do automóvel nas áreas de maior renda do município, como os bairros Belvedere, Mangabeiras e Sion, na Regional Centro-Sul, e Bandeirantes, Ouro Preto e São Luíz, na Regional Pampulha.

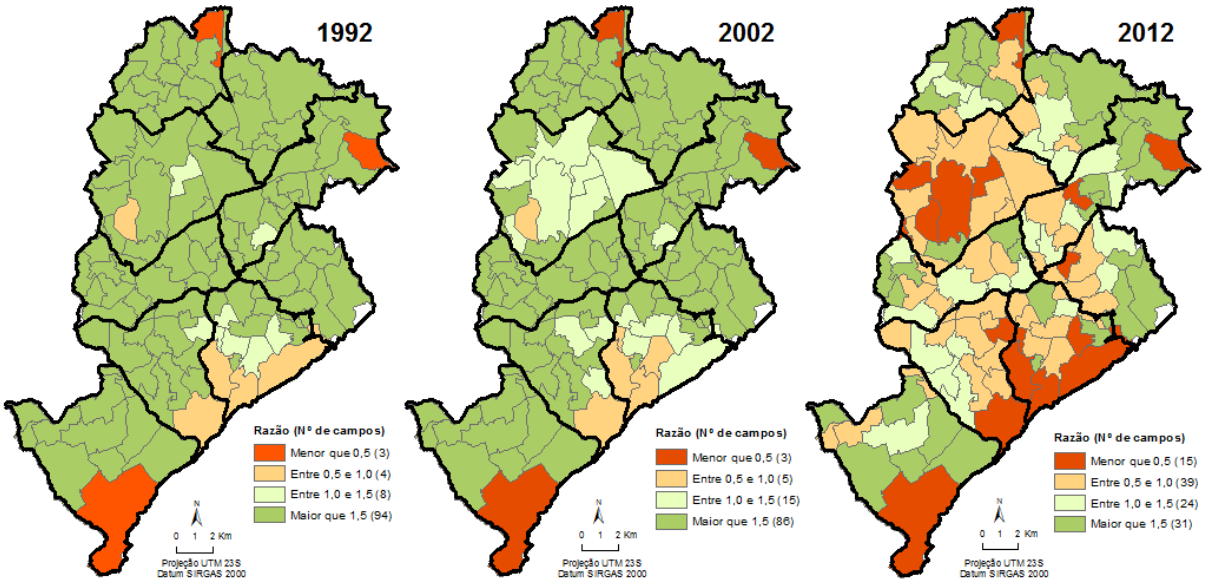



**Figura 5**: Razão ônibus/automóvel por campos em Belo Horizonte. Fonte dos dados: Pesquisa Origem e Destino 1992, 2002 e 2012. Elaboração própria.

A *figura 6* apresenta a espacialização dos resultados das projeções para os anos de 2022 e 2032. Observa-se a continuidade da tendência de queda no número de viagens por ônibus em Belo Horizonte, especialmente na região central e pericentral. Contudo, regiões como o Barreiro e Venda Nova, que receberam durante o período estudado intervenções direcionadas ao transporte público, apresentam aumento do número de viagens nas projeções para 2022 e 2032. Cabe ainda destacar os bairros como Belvedere e Sion, na região Centro-Sul, também apresentaram crescimento relativo das viagens por ônibus, seguindo a tendência dos decênios anteriores.

É importante salientar que os efeitos das intervenções recentes ligadas à mobilidade urbana em Belo Horizonte, como a implantação em 2014 do sistema BRT (*Bus Rapid Transport)* e a criação de corredores de transporte coletivo, possivelmente não foram sensíveis à estimação do modelo de projeções, dado o ano de coleta de dados da pesquisa OD. Tais intervenções fazem parte do Plano Diretor de Mobilidade de Belo Horizonte – PlanMob – elaborado entre 2003 e 2010 pela Prefeitura Municipal de Belo Horizonte.

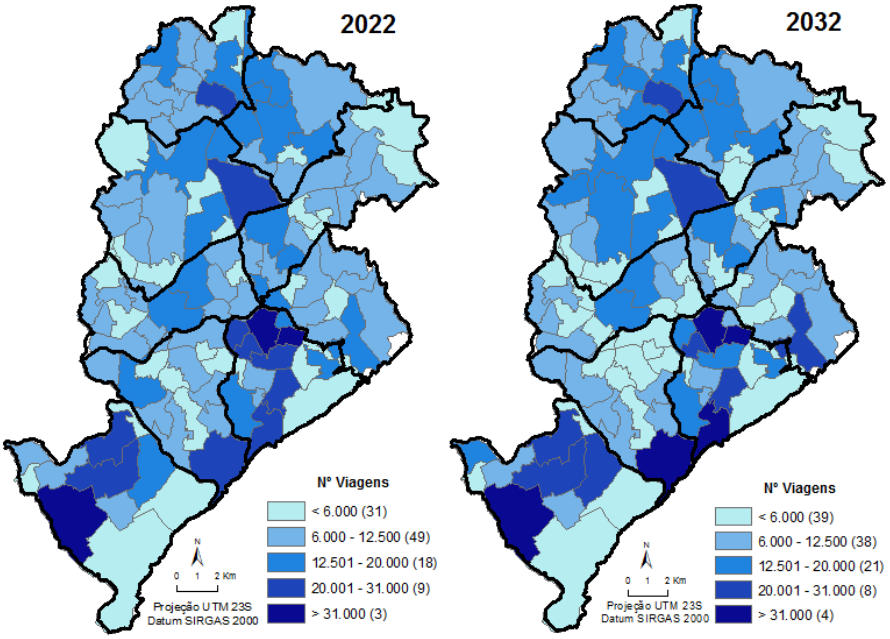



**Figura 6**: Projeção das viagens por ônibus em Belo Horizonte por campos - 2022 e 2032 – modelo de regressão linear. Base de dados: Pesquisa Origem e Destino 1992, 2002 e 2012. Elaboração própria.

A análise da variação percentual das viagens por ônibus (*figura 7*), tendo como origem as unidades espaciais campos de Belo Horizonte, indica que o eixo leste-oeste do município concentra os maiores índices de redução das viagens por ônibus para os anos projetados. Importante salientar que, no modelo adotado, quedas superiores aos índices encontrados nos decênios anteriores foram ajustados. Dessa maneira, os maiores percentuais de queda permitidos foram os observados nos decênios 1992-2002 e 2002- 2012, entendendo-se que o poder público tende a intervir nas áreas com elevada redução do número de viagens.

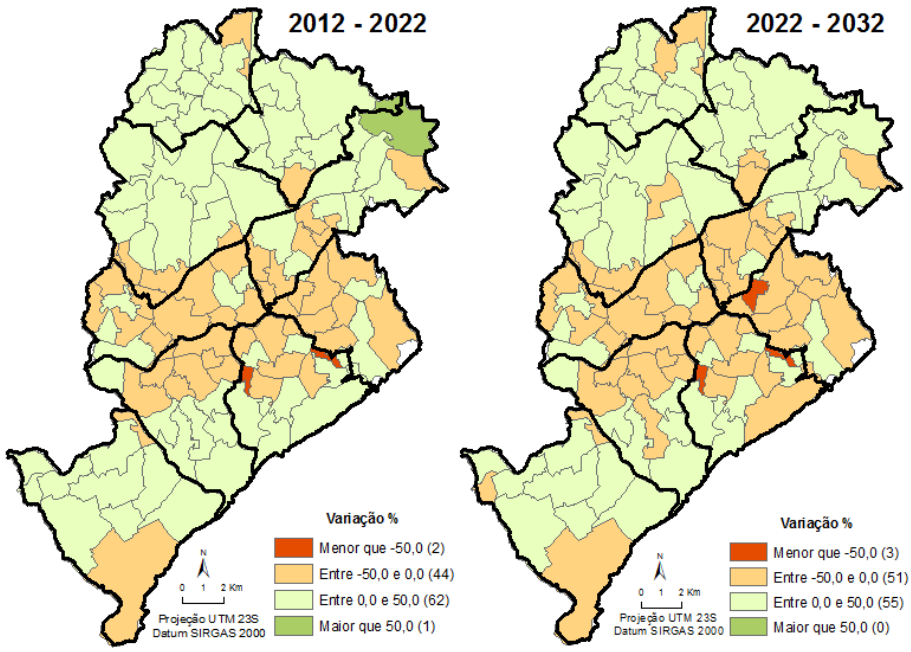



**Figura 7:** Variação percentual das viagens por ônibus em Belo Horizonte por campos – 2022 e 2032. Base de dados: Pesquisa Origem e Destino 1992, 2002 e 2012. Elaboração própria.

## 5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

A predominância do transporte individual frente ao transporte coletivo é uma das principais questões a serem enfrentados pelas políticas de mobilidade urbana. As consequências do maior uso do automóvel tendem a alimentar o já citado círculo vicioso da mobilidade urbana, além de ampliar o conflito no espaço público entre pedestres e veículos automotores. As políticas econômicas desenvolvidas na escala nacional na primeira década do século XXI, em especial a ampliação do crédito e a desoneração do setor automobilístico, devem ser levadas em conta na análise do aumento da frota de veículos em Belo Horizonte. Porém, a baixa competitividade do sistema de transporte público por ônibus e a inadequação da linha de trem metropolitano existente (responsável por apenas 1,73% das viagens realizadas em 2012) demonstram a necessidade de ações por parte do Estado.

A análise do número de viagens por ônibus, tendo como origem e destino os campos de Belo Horizonte, permite identificar a permanência da concentração da origem das viagens por ônibus na região central da cidade. É possível verificar a tendência de desconcentração das atividades econômicas no município, com a maior participação de centralidades como o Barreiro e Venda Nova como área de origem das viagens por ônibus. A instalação de shoppings centers e estabelecimentos comerciais de grande porte no eixo sul do município justificam o aumento das viagens por ônibus em bairros como Sion e Belvedere. As projeções para 2022 e 2032 indicam a concentração das viagens por ônibus na área central, Centro Sul, Barreiro e Venda Nova. Nesse sentido, tais regiões exigem maiores intervenções voltadas para o transporte público, como a ampliação do transporte ferroviário, tendo em vista que as regiões Barreiro e Centro-Sul não são atendidas pela linha de trem urbano existente.

Os resultados indicam o aumento das viagens por automóveis em todas as regiões do município, principalmente nas regionais Centro-Sul, Pampulha e Oeste. Essas regiões concentraram os menores valores para o indicador *razão ônibus/automóvel*, o que revela o maior uso do automóvel nos deslocamentos efetuados pela população. A concentração da população de maior renda em bairros como São Luiz, Ouro Preto e Bandeirantes (regional Pampulha); Belvedere, Sion e Mangabeiras (regional Centro-Sul), e o espraiamento da expansão imobiliária voltada a essa faixa de renda para o bairro Buritis (regional Oeste) justificam tais indicadores de maior uso do automóvel nessas áreas. Em 2012, a área central, embora atendida por diversas linhas de ônibus e pelo transporte ferroviário, apresentou índices abaixo de 1 para o indicador desenvolvido no trabalho. Tal situação indica que o maior uso do automóvel se relaciona não apenas à renda e inexistência de opções de transporte, mas também ao conforto, tempo de deslocamento e flexibilidade de trajetos.

É importante salientar que, embora diversas medidas tenham sido implementadas nas últimas gestões, o poder público municipal deve atuar de maneira mais incisiva, de maneira a tornar o transporte público mais atrativo aos usuários. Ações direcionadas à adequação de itinerários e horários, redução dos tempos de espera nos pontos e estações de transbordo, integração com outros modos de transporte e maior conforto dos veículos, além da prática de tarifas mais acessíveis e/ou políticas de subsídio podem tornar o transporte público uma opção preferencial de locomoção.

Em Belo Horizonte, a aplicação de políticas públicas voltada ao uso do transporte público fez parte do conjunto de intervenções durante a preparação da cidade para receber os jogos da Copa de Mundo de 2014. A implantação do sistema de BRT (*Bus Rapid Transport*), nas avenidas Cristiano Machado, Presidente Antônio Carlos, Dom Pedro I e Vilarinho, bem como a criação de pistas exclusivas para o transporte público em corredores de tráfego da capital

podem apresentar resultados expressivos quanto ao aumento do uso do transporte público. Espera-se que tais resultados sejam observados na próxima pesquisa origem e destino, prevista para o ano de 2022.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ANTP (1997) *Transporte Humano – cidades com qualidade de vida*. Coordenadores: Ailton Brasiliense Pires, Eduardo Alcântara Vasconcellos, Ayrton Camargo e Silva. São Paulo, Associação Nacional de Transportes Públicos, 312 p.

Barbosa, J. L. (2014) A mobilidade urbana como expressão do Direito à Metrópole. In: Limonad, E. e Castro, E.R. (Org.). *Um novo planejamento para um novo Brasil?* 1ªed. Rio de Janeiro: Letra Capital, v. 01, p. 187-201.

Berman, Marshall (2007) *Tudo o que é sólido desmancha no ar: a aventura da modernidade*. São Paulo. Companhia das Letras.

Cardoso, L. (2007) *Transporte público, acessibilidade urbana e desigualdades socioespaciais na Região Metropolitana de Belo Horizonte***.** Tese de doutorado em Geografia, Universidade Federal de Minas Gerais.

Cardoso, L.; Matos. R. (2007) Acessibilidade urbana e exclusão social: novas relações, velhos desafios. *Anais X Simpósio Nacional de Geografia Urbana*, Florianópolis: UFSC.

Dear. M.; Scott, A. (1981) *Urbanization and urban planning in capitalist societies*. London, Methuen.

Hansen, W. G. (1959) How Accessibility Shapes Land-Use, *Journal of the American Institute of Planners*, Vol. 25, No. 2, pp. 73-76.

IBGE (2017) *Estimativas populacionais dos municípios em 2017*. Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/v4, acesso em 05 de Setembro de 2017.

Ingram, D. R. (1971) The Concept of Accessibility: A Search for an Operational Form, *Regional Studies*, 5, pp. 101 – 107.

Jones, S.R. (1981) Accessibility measures: a literature review. *TRRL Report 967*, Transport and Road Research Laboratory, Crowthorne, Berkshire.

Lefébvre, Henri (1969). *O direito à cidade*. São Paulo. Ed. Documentos.

Minas Gerais. (2003) *Relatório consolidado pesquisa origem e destino 2001-2002*. Fundação João Pinheiro.

Minas Gerais. (2012) *Pesquisa Origem e Destino 2012* – Base de dados. Agência de Desenvolvimento da Região Metropolitana de Belo Horizonte.

Raia JR., Archimedes Azevedo. (2000) *Acessibilidade e mobilidade na estimativa de um índice de potencial de viagens utilizando Redes Neurais Artificiais e Sistemas de Informação Geográficas*. São Carlos, 217p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

Vasconcellos, E. A. (2000) *Transporte urbano nos países em desenvolvimento: reflexões e propostas*. 3ªed. – São Paulo, Annablume.

Vasconcellos, E. A. (2001). *Transporte urbano, espaço e equidade: análise das políticas públicas*. São Paulo, Annablume.

Vasconcellos, E. A.; Carvalho, C. H. R.; Pereira, R. H. M. (2011) *Transporte e mobilidade urbana***.** Brasília. CEPAL\IPEA.

Waches, M., Kumagi, T. G. (1973) Physical Accessibility as a Social Indicator. *Socio-Economic Planning Science*, 7, pp. 437-456.

Wingo, L. (1961) *Transportation and urban land*. Washington, D. C.: Resources for the Future Inc.

Zandonade, P. **;** Moretti, R. S. (2012). O padrão de mobilidade de São Paulo e o pressuposto de desigualdade. *EURE*,v.38, Santiago, Impresa, p.77-97.

Giovanni Candido Miranda (gtrmiranda@gmail.com.br)
Carlos Lobo (carlosfflobo@gmail.com)
Daniela Antunes Lessa (dani.antunes@gmail.com)
Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais
Av. Antônio Carlos, 6627 - Pampulha, Belo Horizonte, MG, Brasil

# PROPOSIÇÃO DE UM MÉTODO DE AVALIAÇÃO DO IMPACTO DO SISTEMA DE BRT NA ACESSIBILIDADE E EQUIDADE: CASO DE FORTALEZA

**Juliana Brito Barbosa**
**Mário Angelo Nunes de Azevedo Filho**
Universidade Federal do Ceará
Programa de Pós-graduação em Engenharia de Transportes

**RESUMO**
Os investimentos em mobilidade, especialmente aqueles decorrentes da realização de megaeventos esportivos, podem não concretizar a função social do transporte, que é o acesso igualitário dos usuários independente da localização territorial. É crescente o número de análises do transporte público que vão além daquelas tradicionais de custo-benefício, incorporando impactos não monetários e socioeconômicos. Este tipo de análise tem grande importância em cidades como Fortaleza, que apresentam grandes disparidades sociais. O presente trabalho busca contribuir no avanço das discussões sobre o acesso equitativo ao transporte público, explorando formas de medir a desigualdade do acesso com a proposta de um método de avaliação de projetos de transporte. Assim, a pesquisa busca propor indicadores que quantifiquem a acessibilidade equitativa de uma infraestrutura, calculados com auxílio de ferramentas de análise espacial.

Juliana Brito Barbosa (julianabrito@det.ufc.br)
Mário Angelo Nunes de Azevedo Filho (azevedo@det.ufc.br)
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes
Departamento de Engenharia de Transportes, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará
Campus do Pici – Bloco 703 – CEP 60440-900 Fortaleza, CE, Brasil

# COMPATIBILIZAÇÃO DE UM CORREDOR BRT COM UM CORREDOR VLT

**Priscila Lopes**
Universidade Federal de Santa Catarina
Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil

**RESUMO**
O BRT (*Bus Rapid Transit*) tem sido a principal escolha de cidades brasileiras que estão reformulando o seu sistema de transporte coletivo, devido ao seu baixo custo e baixo tempo de implantação, se comparado ao VLT (Veículo Leve sob Trilhos), outro modo muito popular. Porém, em futuras expansões do sistema, com aumento de demanda ou necessidade de inserir-se em locais com seção transversal reduzida ou grande movimentação de pedestres, pode ser preciso considerar alternativas, entre as quais o próprio VLT. Esse artigo procurou abordar os principais elementos de projeto geométrico e de pavimentação de um corredor de transporte coletivo, identificar quais representariam maior influência nessa alteração e teceu, assim, recomendações para um projeto compatibilizado entre BRT e VLT. Conclui-se que dentre os elementos de projeto geométrico e de pavimentação, rampas, abaulamento, seção transversal e material de revestimento são os que exigiriam mais atenção na fase de projeto.

**ABSTRACT**
The BRT (Bus Rapid Transit) has been main choice of the Brazilian cities that has been reformulating their transportation system, because of it low costs and short time of deployment compared to LRT (Light Rail Vehicle), another very popular transportation mode. However, in system expansion in the future, with increased ridership or the need of attending narrow streets or crowded places, it may be necessary to consider alternatives, such as LRT itself. This paper tried to approach the main geometric design and paving's elements of a transportation corridor, to identify which of them would represent a greater influence in this conversion and thus provide recommendations to a compatible project between BRT and LRT. It's concluded that among geometric design and paving's elements, gradient, camber, cross section and coating material are those that would require more attention in the design phase.

## 1. INTRODUÇÃO

Apesar do maior potencial de poluição atmosférica do BRT, comparado ao VLT, uma vez que utiliza combustível fóssil, e apesar de não ser muito atrativo para os usuários de automóveis, o BRT continua sendo a escolha de muitas cidades no Brasil que estão reformulando o seu sistema de transporte coletivo, como é o caso, por exemplo, de São José dos Campos, SP (PINI, 2014a), Belo Horizonte, MG (PINI, 2014b), Recife, PE (PINI, 2014a) e Florianópolis, SC (LOGIT et al., 2015). Nessas cidades, as principais justificativas oferecidas são o menor custo e tempo de implantação do BRT frente ao VLT.

O BRT tem sido utilizado como um termo genérico para diferentes sistemas de ônibus operando em faixa segregada e sua capacidade está relacionada às características de operação adotadas, tais como: pagamento com pré-embarque, embarque/desembarque em nível, porta à esquerda, preferência semafórica, quantidade de cruzamentos (FTA, 2002; LEVINSON et al., 2003; CALTRANS, 2007; ARIAS et al., 2008; CERVERO, 2013). Por essas características apontadas, o BRT pode transportar de 3 mil a 45 mil passageiros/hora/sentido, sendo que apenas o BRT de Bogotá tem alcançado os valores máximos (LEVINSON et al., 2003; ARIAS et al., 2008).

O VLT seria uma alternativa mais ecológica e urbanística muito boa (ALOUCHE, 2012). Apesar do nome "leve", por pertencer à categoria ferroviária é muito mais pesado do que um ônibus, contudo mais leve do que trens e metrôs. Por não ser tão poluidor do ar, uma vez que circula à tração elétrica, não provocar ruídos ou vibrações nas construções adjacentes e por

conseguir realizar curvas de raios pequenos (25 metros), o VLT pode trafegar por centros urbanos e históricos, em um espaço compartilhado com outros modos (pedestres, ciclistas e carros), algo que, no momento, é impensável para os ônibus (GRAEBNER, JACKSON e LOVEJOY, 2007; ALOUCHE, 2012; ALBUQUERQUE, 2011). O VLT possui uma capacidade de até 35 mil passageiros/hora/sentido e, devido sua aparência moderna, conforto e facilidade de inserção nos centros urbanos, exerce grande atratividade aos usuários de automóveis (ALOUCHE, 2012).

Projetos de transporte urbano que necessitam de um sistema de alta capacidade no futuro, podem desenvolver um sistema de BRT para a fase inicial, com menor demanda de passageiros, incluindo em suas considerações de projeto a conversão, no futuro quando a demanda for maior, para o VLT (WOOD, SHELTON e SHELDEN, 2006). Esse planejamento pode referir-se tanto à substituição completa do modo, quanto a coexistência dos veículos no mesmo corredor. Independente da intenção do planejador, é imprescindível que o projeto do sistema de transporte coletivo compatibilize os elementos de projeto dos dois modos a fim de evitar, quando da conversão, demolições e reconstruções desnecessárias, isto é, gastos excessivos (Sound Transit, 2005; WOOD, SHELTON e SHELDEN, 2006; Committee for Perth, 2014).

O objetivo do presente artigo é, portanto, avaliar as particularidades técnicas que precisam ser consideradas na compatibilização do BRT com o VLT, de modo a permitir a troca de modo ou sua operação compartilhada, se assim o planejamento determinar. Além disso, buscar ser uma contribuição à área

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

Um projeto de sistema de transporte coletivo, seja de BRT ou de VLT, congrega em si diversos subprojetos e estudos, tais como: estudo de demanda, de impacto ambiental, projeto geométrico, arquitetônico, de operacionalização das linhas, dentre outros. Há pesquisas que avaliaram a influência de elementos, como o alinhamento, as rampas, a largura da seção transversal, os elementos estruturais (incluindo carga, pavimento e proteção de corrente elétrica), a acomodação de serviços públicos (realocação, novos serviços e drenagem) e detalhes futuros da construção da guia para facilitar posterior remoção e substituição com trilho (Sound Transit, 2005). Ou ainda, tipos de veículo (VLT, ônibus e ônibus guiado), configurações operacionais (separação de faixas, adoção de faixas de tráfego misto ou com HOV (veículos de alta capacidade, em português), estações e corredores (WOOD, SHELTON e SHELDEN, 2006).

Esta pesquisa optou por dar maior ênfase às adequações no projeto geométrico e de pavimentação, considerando os elementos principais de dimensionamento. E dentro destes projetos, foram escolhidos alguns elementos de projeto a fim de avaliar sua maior ou menor influência em um projeto de compatibilização: alinhamento, rampas, curvas, superelevação, superlargura, abaulamento seção transversal e revestimento, pois modificações posteriores nesses elementos significaria a reconstrução do corredor.

### 2.1. Alinhamento

O alinhamento (traçado) é uma entidade tridimensional contínua (DNER, 1999) e a sua definição, seja rodoviária ou ferroviária, irá impactar fortemente nos custos da obra, em função da quantidade de cortes, aterros e obras de arte que possam vir a serem executadas

(ALBUQUERQUE, 2011).

**2.2. Rampas**

As rampas, aclives (rampas positivas) e declives (rampas negativas) são utilizadas para vencer os obstáculos geográficos que possuem alturas diferenciais ao longo do desenvolvimento do traçado de qualquer estrada e são expressas em porcentagens, representando a tangente do ângulo formado com a horizontal (ALBUQUERQUE, 2011).

**2.3. Curvas**

De modo semelhante às rampas, as curvas têm por objetivo vencer os obstáculos geográficos, porém, contornando-os. Quanto maior o raio de curvatura empregado, menor será a redução na velocidade a ser imprimida a fim de permanecer no alinhamento da via, proporcionando maior conforto ao usuário.

**2.4. Superelevação**

Outro elemento que busca oferecer conforto e segurança aos usuários, nas curvas, é a superelevação, a qual pode ser definida como a declividade transversal da pista nos trechos em curva (DNER, 1999). A superelevação é utilizada para contrabalancear o efeito da força centrífuga, que pode vir a retirar o veículo da pista.

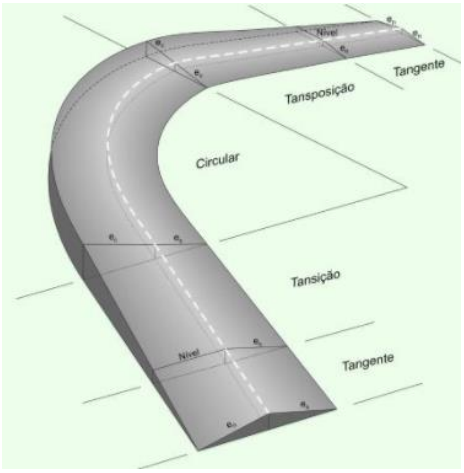



**Figura 1:** Representação da superelevação da pista.

**2.5. Superlargura**

Em decorrência da variação de posicionamento em relação à trajetória longitudinal e/ou efeitos de deformação visual, os projetos geométricos preveem uma superlargura nas curvas. Nas rodovias, ela refere-se a uma faixa adicional (DNER, 1999), enquanto para as ferrovias, a superlargura corresponde ao excesso de distância em relação à bitola utilizada (ALBUQUERQUE, 2011).

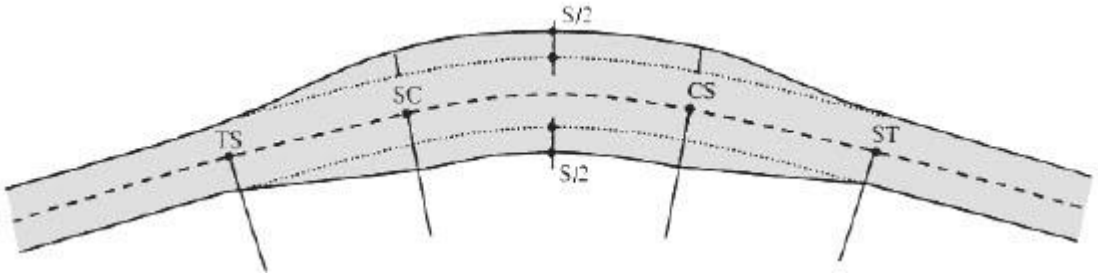


**Figura 2:** Representação da superlargura da pista.

### 2.6. Abaulamento

O abaulamento da pista é uma inclinação transversal, tendo o centro da pista como o ponto mais elevado e as laterais como os pontos mais baixos, destinada à drenagem da água da pista, sendo expressa em porcentagem.

### 2.7. Seção transversal

Para fins de projeto, a seção transversal de uma rodovia representa o alinhamento superficial transversal à via, incluindo a pista de rolamento, faixas de segurança, acostamentos, plataforma, sarjetas, valetas e taludes, entre as intersecções com o terreno (DNER, 1999). De modo a simplificar o conceito, nesta pesquisa, a seção transversal da via compreenderá apenas a faixa da via que o veículo requer para trafegar.

### 2.8. Revestimento

Quanto à pavimentação, a estrutura do pavimento, composta por múltiplas camadas, é dimensionada de modo a resistir aos esforços solicitantes, sendo que são definidos os materiais a serem empregados e as espessuras das camadas de cada material.
A base e a sub-base são construídas, geralmente, com material granular, enquanto o revestimento geralmente, com concreto asfáltico ou concreto de cimento Portland (BERNUCCI et al., 2006).

## 3. COMPARATIVO DOS ELEMENTOS DE PROJETO PARA CORREDOR BRT E CORREDOR VLT

Há poucos estudos de caso sobre conversões de BRT para VLT efetivas ou em fase de planejamento, no mundo, mas todas visam realizar a mudança quando a demanda de passageiros for tão alta que tornaria o VLT mais adequado do que o BRT (FTA, 2008; LAMBERT, 2012; Committee for Perth, 2014).

Após compreender os conceitos dos principais elementos de projeto, é preciso comparar e analisar as recomendações técnicas para rodovias e ferrovias. Complementarmente, serão feitas considerações acerca da demanda energética e do impacto que o VLT pode gerar na rede de distribuição de energia do local onde for instalado.

### 3.1. Alinhamento

Em rodovias não são recomendados traçados com tangentes (retas) muito longas, pois proporcionam um ambiente monótono ao usuário, contribuindo para o relaxamento e, consequente, perda de atenção na rodovia. É aconselhável a inserção, no projeto, de curvas de raios amplos ao longo do traçado (DNER, 1999). Já para ferrovias, longos trechos em tangente são convenientes e devem ser estimulados (ALBUQUERQUE, 2011). De acordo com 18, o alinhamento do projeto será definido pelas restrições do VLT, mais do que do BRT.

### 3.2. Rampas

O valor das rampas, nas ferrovias, é determinado em função do volume de carga que se deseja transportar. Para possibilitar o transporte de grandes volumes de carga, portanto, aplica-se baixos valores de aclives e declives nas ferrovias, porém o VLT é mais leve do que os trens tradicionais, por isso o valor máximo de rampa praticado é 7% (Sound Transit, 2005; ALBUQUERQUE, 2011). As rodovias, no entanto, possuem diferentes valores de rampas, em

função da classe da rodovia e não da carga transportada. A Tabela 1 sistematiza os valores praticados, tanto para rodovias, quanto para ferrovias e VLT.

**Tabela 1:** Rampas máximas admissíveis para rodovias, ferrovias e VLT.

| | Classe de projeto | Relevo (%) | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Plano | Ondulado | Montanhoso |
| Rodovia | Classe 0 | 3 | 4 | 5 |
| | Classe I | 3 | 4,5 | 6 |
| | Classe II | 3 | 5 | 7 |
| | Classe III | 4 | 6 | 8 |
| | Classe IV-A | 4 | 6 | 8 |
| | Classe IV-B | 6 | 8 | 10 |
| Ferrovia | - | 0,6 | 0,9 | 1,3 |
| VLT | - | 7 | | |

Também neste item de projeto, a restrição do VLT exercerá maior influência que a do BRT (Sound Transit, 2005). A grande variação de valores máximos de rampa torna-se um grande desafio à compatibilização dos projetos.

### 3.3. Curvas

O raio mínimo adotado para as curvas do traçado varia de acordo com a classe da rodovia, a velocidade de projeto e o tipo de relevo, para as rodovias, sendo que o menor raio previsto é de 25 metros, para a Classe IV-B, velocidade de 30km/h em terreno montanhoso (DNER, 1999). Isto é, uma classe inferior à geralmente utilizada em corredores de BRT, os quais possuem longos raios de curvatura e faixas de rolamento largas, por exemplo, e por isso podem praticar velocidades maiores.

Em contrapartida, para ferrovias, especificamente para veículos leves, a recomendação mínima é de 25 metros, entretanto em diversos lugares no mundo têm-se utilizados raios menores, tais como 10,8 metros, na Filadélfia, EUA (GRAEBNER, JACKSON e LOVEJOY, 2007). Esse desempenho melhor a raios menores é obtido com veículos com design diferenciado, onde o piso do mesmo é mais baixo, combinado com articulações. Assim, é possível realizar curvas de raios menores sem perder a capacidade de velocidade (GRAEBNER, JACKSON e LOVEJOY, 2007).

### 3.4. Superelevação

Ao realizar uma curva, a força centrífuga desloca o VLT no sentido do trilho externo, gerando forte atrito através dos frisos das rodas. A fim de reduzir o atrito gerado e o desconforto em função da mudança de direção, a superelevação para a ferrovia consiste em elevar o nível do trilho externo na curva (ALBUQUERQUE, 2011). Semelhantemente à ferrovia, a superelevação na rodovia também representa a elevação de um lado da faixa de rolamento. Deste modo, nas curvas, exceto em curvas de raios muito grandes, elimina-se o abaulamento criando um plano inclinado transversal, ao elevar um lado externo da faixa mais do que o outro. Os requisitos a serem atendidos pela superelevação para o VLT são balanço e conforto, enquanto para o BRT o critério de limite está relacionado ao fator de atrito (WOOD,

SHELTON e SHELDEN, 2006).

### 3.5. Superlargura

Para as rodovias, a superlargura é função basicamente das características do veículo, raio da curva e velocidade de projeto, sendo, portanto bastante variável. O valor mínimo recomendado é de 0,40 metros (DNER, 1999; ALBUQUERQUE, 2011). Por outro lado, nas ferrovias a superlargura consiste no deslocamento do trilho interno, variando de 1 a 2 cm, sendo que a distribuição desse aumento na bitola é realizada antes da curva circular ou durante a de transição, a uma taxa de 0,5mm/m a 1mm/m, em função a velocidade da via (ALBUQUERQUE, 2011).

### 3.6. Abaulamento

O abaulamento, em uma rodovia, tem a função de drenar a água do pavimento, contribuindo com a segurança viária. Porém, em uma ferrovia os trilhos devem estar a uma mesma altura, na tangente, sob o risco de desalinhamento dos mesmos. Um abaulamento de 2%, valor comumente utilizado em pavimentos flexíveis com concreto asfáltico convencional, representa uma diferença entre os trilhos de 3 cm (GRAEBNER, JACKSON e LOVEJOY, 2007).

Em rodovias, usualmente adota-se abaulamento de 1,5% em pavimentos de concreto de cimento Portland (CP) e de 2,5% a 3%, em pavimentos com revestimento asfáltico poroso ou drenante, além de 2%, para asfaltos convencionais.

### 3.7. Seção transversal

A seção transversal recomendada para um corredor de BRT é de 3,60 m, mas também é comum adotar 3,50 m (LEVINSON et al., 2003; ARIAS et al., 2008). Para o corredor de VLT ela varia com o tipo de veículo, de 2,50 a 3,40 m (Sound Transit, 2005). Entretanto, como o VLT é um veículo com trilhos, ele tem a capacidade de permanecer dentro do espaço determinado, enquanto essa capacidade para o ônibus é definida pela velocidade em que ele trafega e a destreza do motorista (ARIAS et al., 2008; CERVERO, 2013).

Por outro lado, o sistema de BRT também pode fazer uso de um sistema de guia, onde os ônibus terão pequenas rodas laterais e trafegarão em canaletas com trilhos nas laterais que, combinados às rodas, proporcionarão uma trajetória mais retilínea ao ônibus (WEBB, 2004). Com essa medida, é possível construir faixas de rolamento com seção transversal menores (Sound Transit, 2005; CERVERO, 2013).

### 3.8. Revestimento

O projeto de pavimentação compatível com os dois modos de transporte precisa prever o acréscimo de peso do VLT, como e quando ele será implantado (Sound Transit, 2005). Projetos de grande volume de tráfego, como o BRT e o VLT, requerem materiais de pavimentação altamente resistentes, preferencialmente placas de concreto CP (LEVINSON et al., 2003; ARIAS et al., 2008). Em Belo Horizonte (MG), o corredor de BRT implantado foi executado do início ao fim com pavimento rígido (concreto CP) (PINI, 2014b) e o de Recife (PE) recebeu reforço com revestimento de concreto asfáltico nas pistas e alargamentos e de concreto CP nas paradas do BRT (PINI, 2014a).

De fato, o concreto de CP é o material estrutural para lastros mais durável. Entretanto, se mal

dimensionado e, principalmente, mal executado trará muitos problemas à obra, como trincas, por falta ou erro na colocação das juntas de dilatação, e desintegração (GRAEBNER, JACKSON e LOVEJOY, 2007).

De acordo com Graebner, Jackson e Lovejoy (2007), muitos sistemas utilizam concreto asfáltico no lastro, devido sua conveniência, porém torna-se uma composição de vida muito curta. Os autores indicam a combinação de uma camada fina de concreto CP encimada por uma de concreto asfáltico, a qual tem obtido bons resultados. Nessa técnica, o asfalto trabalha como uma camada de sacrifício, com uma taxa de desgaste muito maior do que a do trilho, e que deve ser substituída regularmente.

Há duas soluções principais para a inserção dos trilhos no pavimento: permitir que o pavimento seja cortado ou sobrepor uma laje de concreto asfáltico, ou CP, onde seria entalhado os trilhos (Sound Transit, 2005). A fixação direta do trilho no pavimento de concreto remove a necessidade de grandes modificações ou reconstrução do pavimento (WOOD, SHELTON e SHELDEN, 2006). Ao incorporar o trilho à placa do revestimento proporciona-se aos demais veículos uma superfície de rodagem suave (quando a via é compartilhada); gera-se um caminho seguro e desimpedido aos pedestres que necessitam cruzar a via; e, facilita-se a limpeza, ou o não acúmulo de sujeiras, entre os trilhos (GRAEBNER, JACKSON e LOVEJOY, 2007).

Sobre o aspecto da acessibilidade dos pedestres torna-se importante destacar outras particularidades a serem previstas em projeto, tais como: é desaconselhável a implementação de faixas de pedestres na região de trilhos especiais, muitos trilhos e pontos de comutação e vice-versa; e, sendo o aço um material escorregadio, quando úmido ou molhado, trilhos largos devem ser instalados de maneira segregada à calçada (GRAEBNER, JACKSON e LOVEJOY, 2007).

### 3.9. Impacto na rede de distribuição de energia

O VLT é um veículo com tração elétrica e, na concepção do projeto de implantação de um VLT, é imprescindível o estudo sobre o impacto que a inclusão desse modo pode gerar tanto na demanda por energia quanto na rede de distribuição local.

Estudos mostraram que a rede de distribuição de energia local pode ser significativamente impactada pela introdução de veículos à tração elétrica (GRENIER & PAGE, 2012). Por este motivo, cabe ao planejador de transporte urbano coletivo analisar e prever onde e quando esse acréscimo por energia será exigido, bem como analisar a infraestrutura existente, comparando demanda com produção (GRENIER & PAGE, 2012). Uma vez que o VLT trafegará com maior frequência nos horários de pico, o sistema sofrerá maior pressão nesses horários, quando a demanda já é significativamente maior em função das demais atividades realizadas nesse período na cidade.

A demanda energética de um VLT é diferente de uma frota de veículos elétricos. O VLT possui uma demanda de energia por passageiro/km percorrido menor do que para os veículos, segundo os estudos de Newman e Kenworthy (1999). No entanto, o sistema de trilho elétrico requer energia dos horários de pico, matutino e noturno, por isso seu impacto é potencialmente maior do que uma frota veículos elétricos, os quais podem ser reabastecidos em períodos fora do pico (NEWMAN & KENWORTHY, 1999).

Em função disso e buscando transformar o VLT em uma opção mais atrativa financeiramente para os gestores públicos, atualmente, grande parte da pesquisa sobre o VLT é referente à redução da demanda de energia, usando baterias regenerativas e baterias/supercondensadores a bordo (GUNSELMANN, 2005; STEINER, KLOHR e PAGIELA, 2007; BARRERO, TACKOEN e MIERLO, 2008; GONZÁLEZ-GIL, PALACIN e BATTY, 2013; GONZÁLEZ-GIL et al., 2014). De acordo com os estudos realizados por Yu, Schroeder e Teumin (2010) o armazenamento de bateria combinado com quebra regenerativa pode melhorar o desempenho de economia de energia.

## 4. COMPATIBILIZAÇÃO DOS ELEMENTOS DE PROJETO DOS CORREDORES BRT E VLT

A revisão dos elementos considerados nos projetos geométrico e de pavimentação para BRT e VLT permitiu comparar as características técnicas de ambos os modos de transporte, ressaltando as diferenças fundamentais e onde seria necessário uma maior adaptação e compatibilização de projeto.

Dentre os oito elementos analisados – alinhamento, rampas, curva, superelevação, superlargura, abaulamento, seção transversal e pavimentação –, quatro representariam as maiores dificuldades de compatibilização: rampa, abaulamento, seção transversal e revestimento.

O VLT não tem capacidade motora para trafegar por rampas muito inclinadas e consumiria muita energia nesse processo, especialmente em aclive, necessitando, portanto, de um terreno bastante plano ou então de longas rampas pouco inclinadas. Tendo em vista que um ônibus não teria tanta dificuldade em subir aclives, os projetos geométricos, usualmente, não preveem rampas pouco inclinadas. Observa-se, entretanto, que pode ocorrer de alguns corredores possuírem aclives maiores em apenas um sentido do tráfego e, portanto, a engenharia de tráfego poderia auxiliar no gerenciamento da rede, de modo que o VLT trafegue sempre no sentido que fornece aclives menores.

Há uma tendência a construir os corredores BRT com pavimentação rígida, o que eliminaria dificuldades de compatibilização com o lastro para o VLT. Porém, o pavimento rígido necessita de um investimento maior inicialmente – porém longo prazo, devido à pouca manutenção requerida, torna-se mais econômico do que o pavimento flexível – e, por isso, os projetistas acabam por projetá-lo apenas para as zonas de frenagem e aceleração, isto é, nas paradas do ônibus. Uma solução viável seria adicionar uma laje de concreto CP ao pavimento, onde os trilhos seriam inseridos. É importante enfatizar, ainda, que o dimensionamento do pavimento precisa prever a implantação do VLT, quando, onde e como, projetando uma estrutura resistente e segura.

O abaulamento é fundamental em uma rodovia e não pode ser dispensado. Por isso, quando da implementação do VLT, a superfície do corredor pode ser regularizada, eliminando o abaulamento, ao mesmo tempo que se ajusta a superelevação (WOOD, SHELTON e SHELDEN, 2006).

Como há diferença na largura da seção transversal de um corredor de BRT para o VLT, o projeto geométrico deve estabelecer uma largura que comportaria aos dois modos. A

construção de guias-fixas auxilia na dirigibilidade do ônibus ao mesmo tempo que possibilita a construção de seções transversais mais estreitas, tais quais as de um corredor de VLT consegue ser. Nesse sentido também, as guias-fixas permitem a não pavimentação da banda de rodagem, que poderia ser substituída por gramíneas ou material granular, os quais contribuiriam com a retenção de água do corredor.

Além disso, o projeto para o VLT precisaria ainda levar em consideração a acessibilidade dos pedestres, se o uso seria compartilhado com veículos rodados e a demanda, produção e capacidade da rede elétrica que alimentaria o veículo.

## 5. CONCLUSÃO

O BRT tem sido o modo escolhido em diversas cidades brasileiras para o deslocamento em massa de pessoas devido ao seu baixo custo e tempo de implantação, comparado ao VLT. Entretanto, o VLT possui maior atratividade aos usuários de veículos motorizados individuais – público-alvo nas políticas de atração de usuários cativos do transporte individual –,têm condições de circular de modo compartilhado com outros modos, especialmente pedestres e ciclistas e consegue transportar mais passageiros/hora/sentido Tornando-se, assim, uma opção para futuras ampliações da malha viária e da capacidade do transporte coletivo.

Frente a esse cenário, um projeto compatibilizado de corredor BRT e VLT traria, nessa primeira análise, economia às cidades, pois reduziria grandes intervenções e retrabalho, na hora de implantar o VLT Esse projeto compatibilizado precisaria, portanto, atentar sobre quatro elementos de projeto geométrico e de pavimentação cruciais: rampas, abaulamento, seção transversal e revestimento de pavimentação.

Além das características técnicas e geométricas da via, uma avaliação do sistema de fornecimento de energia elétrica deverá ser efetivada, assim como considerar novas tecnologias relacionadas a baterias e sistemas de recuperação de energia.

**Agradecimentos**

Agradeço às sugestões dos professores Dr. Werner Kraus Jr. e Dr. Arnoldo Debatin Neto e ao colega Arq. Célio Sztoltz.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ALBUQUERQUE, S. M. (2011) *Ferrovias: Aspectos Técnicos de Projeto.* Divisão de Ciência da Computação. Instituto Tecnológico de Aeronáutica. São José dos Campos.

ALOUCHE, P. L. (2012) *VLT – Transporte de Média Capacidade para São Paulo.* SEESP. São Paulo. Disponível em: < http://www.seesp.org.br/mobilidade/SEESP_Peter_definitivo_r.pdf>. Acesso em: 08 dez. 2016.

ARIAS, C.; CASTRO, A.; MARTINS, Wagner C. M.; CUSTODIO, P.; DIAZ, J. C.; FJELLSTROM, K.; HIDALGO, D.; HOOK, W.; KING, M.; WEI, L.; LITMAN, T.; MENCKHOFF, G.; MIDGLEY, P.; PARDO, C. F.; SANDOVAL, E. E.; SZASZ, P.; TIWARI, G.; VLASAK, J.; WILLUMSEN, L.; WRIGHT, L.; ZIMMERMAN, S. (2008) *Manual de BRT: Guia de Planejamento.* ITDP, New York, USA.

BARRERO, R.; TACKOEN; X.; MIERLO, J. Van (2008) Analysis and Configuration of Supercapacitor Based Energy Storage System on-board Light Rail Vehicles. *Power Electronics and Motion Control Conference*, EPE-PEMC 2008, 13th, IEEE, pp. 1512-1517.

BERNUCCI, L. B.; MOTTA, L. M. G. da; CERATTI, J. A. P.; SOARES, J. B (2006) *Pavimentação Asfáltica: Formação Básica para Engenheiros.* Petrobras/ABEDA, Rio de Janeiro.

CALTRANS (2007) *Bus Rapid Transit: A Handbook for Partners.* California Department of Transportation, California.

CERVERO, R. (2013) *Bus Rapid Transit (BRT): An Efficient and Competitive Mode of Public Transport.*

*Institute of Urban and Regional Development*. University of California. Berkeley, USA.

Committee for Perth (2014) *Bus Rapid Transit and Light Rail Transit, An Overview of Costs and Benefits*. Research Report.

DNER (1999) *Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais*. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Diretoria de Desenvolvimento Tecnológico. Divisão de Pesquisas e Desenvolvimento. DCTec, Rio de Janeiro.

FTA (2002) *Bus Rapid Transit Demonstration Program*. Federal Transit Administration. Department of Transportation. D.C. FTA, Washington, USA.

FTA (2008) *Advanced Network Planning for Bus Rapid Transit: The "Quickway" Model as a Modal Alternative to "Light Rail Lite"*. Federal Transit Administration. Department of Transportation. D.C. FTA, Washington, USA.

GONZÁLEZ-GIL, A.; PALACIN, R.; BATTY, P. (2013) Sustainable Urban Rail Systems: Strategies and technologies for Optimal Management of Regenerative Braking Energy. *Energy Conversion and Management*, v. 75, pp. 374-388.

GONZÁLEZ-GIL, A.; PALACIN; R.; BATTY, P.; POWELL, J.P (2014) Systems Approach to Reduce Urban Rail Energy Consumption. *Energy Conversion and Management*. v. 80, pp. 509–524.

GRAEBNER, J. H.; JACKSON, R. E.; LOVEJOY, L. G. (2007) *Trackway Infrastructure Guidelines for Light Rail Circulator Systems.* APTA Streetcar and Heritage Trolley Subcommittee.

GRENIER, A.; PAGE, S. (2012) The Impact of Electrified Transport on Local Grid Infrastructure: A Comparison Between Electric Cars and Light Rail. *Energy policy*, v. 49, p. 355-364.

GUNSELMANN, W. (2005) Technologies for Increased Energy Efficiency in Railway Systems. *Power Electronics and Applications*, European Conference on, IEEE, pp. 10-pp.

LAMBERT, B. (2012) *How BRT to LRT Conversions are Addressed in the Transit Corridor Planning Process*. American Public Transportation Association. Conference Paper.

LEVINSON, H. S.; ZIMMERMAN, S.; CLINGER J.; GAST, J. (2003) *Bus Rapid Transit: Volume 2 Implementaiton Guidelines.* Transit Cooperative Research Program. Report 90, Washington, D.C., USA.

LOGIT, Engenharia Consultiva; STRATEGY&; SENDACZ, Machado Meyer; OPICE ADVOGADOS (2015) *Plano de Mobilidade Urbana Sustentável da Grande Florianópolis – PLAMUS.* Logit Engenharia Consultiva, Florianópolis.

NEWMAN, P.; KENWORTHY, J. (1999) *Sustainability and Cities, Overcoming Automobile Dependence.* Island Press, Washington.

PINI. *BRT de BH.* Planejamento Urbano. Infraestrutura urbana – projetos, custos e construção. Ano 4. n. 35. 2014a.

PINI. *BRT ou VLT?* Planejamento Urbano. Infraestrutura urbana – projetos, custos e construção. Ano 4. n. 39. 2014b.

Sound Transit (2005) *Convertibility of BRT to Light Rail.* Sound Transit Long-Range Plan Update.

Superelavação. Aquaplanagem e Segurança do Tráfego em Vias de Alta Velocidade. Disponível em: < https://pt.linkedin.com/pulse/aquaplanagem-e-seguran%C3%A7a-do-tr%C3%A1fego-em-vias-de-alta-alvaro-santos>. Acesso em: 30 jun. 2017.

Superlargura. Desenho de Projeto de Engenharia Civil. Disponível em: < http://uff-desprojcivil.blogspot.com.br/2009/10/superlargura.html>. Acesso em: 30 jun. 2017.

STEINER, M.; KLOHR, M.; PAGIELA, S. (2007) Energy Storage System with Ultracaps on board of Railway Vehicles. *Power Electronics and Applications*, European Conference on, IEEE, pp. 1-10.

WEBB, Mary (ed.) (2004) *Jane's Urban Transport Systems: 2004-2005*. 23rd ed. Alexandria, Virg.: Jane's Information Group.

WOOD, E.; SHELTON, D. S.; SHELDEN, M (2006) Designing Bus Rapid Transit for Light Rail Transit Convertibility: Introduction for Planners and Decision Makers. *Transportation Research Board*. n. 1995, pp. 47–55, Washington, D.C., USA.

YU, J.G.; SCHROEDER, M.; TEUMIN, D. (2010) Utilizing Wayside Energy Storage Substations in Rail Transit Systems — Some Modelling and Simulation Results. *Proceedings of the American Public Transport Association. Rail Conference, Vancouver.* Disponível em: </http://apta.com/mc/rail/previous/2010/Papers/Utilizing-Wayside-Energy-Storage-Substations-in-Rail-Transit-Systems-Some-Modelling-and-Simulation-Results.pdf>. Acesso em: 08 dez. 2016.

# O PAPEL DA INTEGRAÇÃO MODAL NA CONSTRUÇÃO DA MOBILIDADE URBANA SUSTENTÁVEL

**Maíra Mesquita Maciorowski**
Universidade Federal de Santa Catarina
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial
**Maria Luiza Tremel de Faria Lima**
Universidade Federal de Santa Catarina
Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo
**João Carlos Souza**
Universidade Federal de Santa Catarina
Departamento de Arquitetura e Urbanismo

**RESUMO**
A integração dos diferentes modos de transporte é uma alternativa para o aumento da mobilidade urbana sustentável, visto que, possibilita incremento no número de trajetos, reduz custos, minimiza impactos ambientais e contribui na redução dos congestionamentos das vias urbanas. Portanto, para melhorar as circulações nas cidades e aumentar a qualidade de vida dos habitantes, deve-se otimizar o sistema com o aumento da integração entre os diversos modos. O objetivo desta pesquisa é (i) realizar um estudo referencial sobre conceitos e soluções em mobilidade urbana sustentável e integração modal a fim de identificar as principais variáveis referentes aos temas, (ii) analisar um caso de sucesso na integração -Copenhague na Dinamarca- e assim, (iii) vislumbrar perspectivas para planejamentos futuros. A partir da análise desenvolvida, percebeu-se que a implantação da integração modal passa, necessariamente, pelo aprofundamento do planejamento urbano integrado, onde os diferentes sistemas possam interagir e oferecer oportunidades de escolha aos usuários.

**ABSTRACT**
The integration of different modes of transport is an alternative to increase sustainable urban mobility, since it allows an increase in the number of routes, reduces costs, minimizes environmental impacts and contributes to the reduction of urban congestion. Therefore, in order to improve circulation in the cities and increase the quality of life, the system must be optimized by increasing the integration between modes. The objective of this research is (i) carry out a reference study on concepts and solutions in sustainable urban mobility and modal integration to identify the variables related to the themes, (ii) to analyze a successful case of integration in Copenhagen - Denmark and thus, (iii) to envision perspectives for future planning. From the analysis developed, it was noticed that the implementation of modal integration necessarily involves the deepening of integrated urban planning, where different systems can interact and offer users opportunities of choice

## 1. INTRODUÇÃO

Os estudos relacionados aos transportes e à mobilidade são de especial interesse para o desenvolvimento urbano, já que os atuais padrões de transportes e mobilidade têm refletido em fortes impactos à sustentabilidade das cidades, afetando de forma direta a qualidade de vida de seus cidadãos. Assim, a maneira de planejar as cidades e seus sistemas de circulação tem sofrido fortes revisões, resultando em novas estratégias de atuação e na construção de um novo paradigma para a mobilidade urbana.

Conforme Costa (2008), este novo paradigma reconhece que os problemas de mobilidade não se limitam apenas ao acesso a esses meios de transporte. Estes problemas envolvem também questões ambientais, econômicas, sociais e comportamentais mais complexas, aspectos ligados ao planejamento físico das cidades, além de preocupações com o financiamento e a gestão sistêmica da mobilidade. Desta forma, o novo paradigma em desenvolvimento volta-se para a melhoria das condições de mobilidade e acessibilidade da população buscando, em última análise, a melhoria da qualidade de vida e a construção e manutenção do que se denomina de mobilidade urbana sustentável.

Entre as questões que mais afetam a qualidade de vida dos centros urbanos, certamente os aspectos relacionados à mobilidade têm impacto significativo, especialmente no que se refere ao aumento dos custos e tempos de viagem, poluição atmosférica, ruído, acidentes de trânsito, fragmentação do espaço urbano, entre outros (COSTA, 2008).

A integração dos diferentes sistemas de transporte é uma alternativa para o aumento da mobilidade urbana, uma vez que, aumenta as possibilidades de trajetos (nem todos os percursos são atendidos pelo ônibus, por exemplo), reduz custos e ainda pode reduzir os problemas de congestionamento nas vias urbanas. Em cidades maiores, mostra-se necessário o transporte eficiente de massas, priorizando o transporte coletivo no lugar do transporte individual.

Muitas vezes um único meio de transporte não consegue resolver por si só a necessidade de deslocamento do cidadão. A caminhada ou a bicicleta, por exemplo, não permitem que o cidadão percorra grandes distâncias; o ônibus, por sua vez, muitas vezes não permeia toda a malha viária e; o metrô assim como o trem possuem sistemas ainda mais rígidos no que se refere à malha que percorre. Uma boa alternativa para atingir maiores distâncias com mais rapidez, eficiência e ocupando menos espaço é a integração das diversas formas de transporte, isto é, permitir que mais de um meio de transporte seja associado a fim de alcançar mais destinos. Para isso, a preparação do espaço urbano para a transição dos usuários entre os diversos modais deve ser incorporada ao planejamento do transporte urbano.

Assim, o presente trabalho visa discutir a mobilidade urbana sustentável, seu conceito e aspectos integrantes, as alternativas de integração entre modos disponíveis, seus impactos na mobilidade urbana das cidades e o seu papel na construção da mobilidade urbana sustentável.

Para tanto, foram realizados: (I) revisão bibliográfica sobre a mobilidade urbana e integração entre modos com vistas a reunião do referencial teórico necessário ao desenvolvimento do trabalho; (II) estudo de caso na cidade de Copenhague/Dinamarca e; (III) análise dos dados levantados e proposição de recomendações com o intuito de estimular o poder público a estruturar a implantação de soluções que fomentem a integração entre modos.

## 2. MOBILIDADE URBANA SUSTENTÁVEL

A mobilidade urbana é um atributo associado à cidade, e corresponde à facilidade de deslocamento de pessoas e bens na área urbana. A mobilidade traduz as relações dos indivíduos com o espaço que habitam, com os objetos e meios empregados para seu deslocamento e com os demais indivíduos que integram a sociedade (Ministério das Cidades, 2004).

O aumento da demanda por transporte, resultado do incremento dos fluxos de pessoas e bens, tem implicado em impactos negativos sobre o ambiente local e global, sobre a qualidade de vida e sobre o desempenho econômico das cidades. Estes impactos incluem congestionamentos, emissão de poluentes, ruído, fragmentação de comunidades, acidentes, uso de energia não-renovável e produção de resíduos sólidos (BERTOLINI *et al*., 2008 *apud* COSTA, 2008).

Para Costa (2008), o agravamento dos problemas de transportes e a necessidade de uma nova

abordagem para o planejamento da mobilidade têm motivado a adoção dos conceitos de sustentabilidade, resultando em uma série de estudos e documentos, os quais apresentam definições distintas para o tema.

O conceito dado pelo grupo de especialistas em transportes e meio ambiente da comissão europeia e aceito como referência pelo conselho europeu de ministros de transportes, define o transporte sustentável como aquele que contribui para o bem-estar econômico e social, sem prejudicar a saúde humana e o meio ambiente. Integrando as dimensões social, econômica e ambiental, além disto, pode ser definido como aquele que:

- Permite a satisfação das necessidades básicas de acesso e mobilidade de pessoas, empresas e sociedade, de forma compatível com a saúde humana e o equilíbrio do ecossistema, promovendo igualdade dentro das gerações e entre as mesmas;
- Possui custos aceitáveis, funciona eficientemente, oferece a possibilidade de escolha do modo de transporte e apoia uma economia dinâmica e o desenvolvimento regional;
- Limita as emissões e os resíduos em função da capacidade da Terra para absorvê-los, utiliza recursos renováveis a um ritmo inferior ou igual à sua renovação, utiliza os recursos não renováveis a um ritmo inferior ou igual ao desenvolvimento de substitutos renováveis e reduz ao mínimo o uso do solo e a emissão de ruído" (OECD, 2000).

Conforme Gudmundsson (2004), algumas questões incorporadas na definição de transporte sustentável dizem respeito a: (1) Maior integração entre as questões econômicas e ambientais na tomada de decisão e a necessidade de maior participação e engajamento dos cidadãos nos processos políticos; (2) Mudanças para novas tecnologias e energias alternativas; (3) Otimização da logística dos fluxos de transporte; (4) Mitigação dos congestionamentos urbanos, poluição do ar e ruído; (5) Conservação de recursos e eficiência econômica dos transportes.

No Brasil, a difusão do conceito de mobilidade sustentável tem sido coordenada pelo Ministério das Cidades, por meio da Secretaria Nacional de Transportes e da Mobilidade Urbana. Conforme a referida secretaria, mobilidade sustentável é o conjunto de políticas de transporte e circulação que visa proporcionar o acesso amplo e democrático ao espaço urbano, por meio da priorização dos modos de transporte coletivo e não-motorizados de maneira efetiva, socialmente inclusiva e ecologicamente sustentável (SEMOB, 2016).

No que se refere à relação entre mobilidade e sustentabilidade urbana, as cidades que implementam políticas de mobilidade sustentável garantem maior dinamismo das funções urbanas, maior e melhor circulação de pessoas e mercadorias. Todos estes aspectos se traduzem na valorização do espaço público, na sustentabilidade e no desenvolvimento econômico e social da cidade (Ministério das Cidades, 2004).

Campos e Ramos (2005), a fim de estabelecerem um conjunto de temas voltados à mobilidade sustentável, consideraram como principais objetivos a serem atingidos: aumentar o uso do transporte público e do transporte não motorizado; integrar transporte e uso do solo; melhorar a qualidade ambiental; racionalizar o uso de automóveis; e promover a economia urbana.

Em outro trabalho, Campos (2005), conclui que podemos identificar como estratégias para alcançar a mobilidade sustentável no contexto social, econômico e ambiental, aquelas que

visem: o desenvolvimento urbano orientado ao transporte; o incentivo a deslocamentos de curta distância; Restrições ao uso do automóvel; a oferta adequada de transporte público; uma tarifa adequada a demanda e a oferta do transporte público; a segurança para circulação de pedestres, ciclistas e pessoas de mobilidade reduzida; a segurança no transporte público; investimento em transporte público utilizando energia limpa; políticas de restrição de uso do transporte individual em áreas já poluídas; aumento da qualidade do transporte público; implantação de sistemas de controle de tráfego e de velocidade; adequação de veículos de carga, vias e pontos de parada e; conforto urbano: calçadas adequadas, ciclovias, segurança em travessias e arborização de vias.

## 3. A INTEGRAÇÃO MODAL

Para Carvalho (2005), a integração é a base para solucionar os desafios da mobilidade urbana e regional, sendo um dos pilares para a sustentabilidade. Para este autor, a integração possibilitará ao transporte público reinventar-se e tornar-se um serviço que oferecerá soluções de mobilidade complementar e global, não mais restritas ao papel do transporte de alta capacidade.

Segundo Gray & Hoel (1979), os sistemas de integração são um conjunto de técnicas de gestão aplicadas para um grupo de funções que atualmente estão administradas de maneira independente, as quais poderiam ser mais eficientes se forem tratadas como partes inter-relacionadas de um único sistema.

A implantação dos sistemas de integração entre modos traz uma contribuição significativa à problemática do transporte, no entanto, existem outras medidas que devem executar-se paralelamente, com a finalidade de complementar e ajudar ao desempenho do gerenciamento da mobilidade nas cidades que estão em processo de desenvolvimento (AYURE, FERREIRA, LEITE, 2014).

Para a ANTP (1999), a integração concebida como um sistema funcionando em rede é um procedimento de organização operacional com os seguintes objetivos:

- Otimizar os recursos utilizados no transporte, racionalizando seu uso e reduzindo seus custos;
- Racionalizar o uso do espaço viário melhorando a circulação urbana e;
- Melhorar a qualidade de vida urbana e a preservação ambiental, na medida em que racionaliza o uso de fontes energéticas não renováveis.

A intermodalidade nos sistemas de transportes proporciona complementaridade e soluções em cadeia que permitem a conexão entre diferentes modos de transporte, com o objetivo de satisfazer da melhor forma, determinada deslocação entre a origem e um destino pré-definidos. Engloba a utilização de, pelo menos, dois modos diferentes de transporte de forma integrada e implica numa articulação entre os modos, o dimensionamento cuidadoso das interfaces, sistemas de informação e bilhetagem integrada (RUXA, 2013).

O transporte intermodal é um fator chave para a atratividade do transporte público de qualidade e para o nível de integração entre estes. Mais intermodalidade significa mais integração e complementaridade entre os modos, que prevê a possibilidade de uma utilização mais eficiente do sistema de transportes (REIS *et al*. *apud* RUXA, 2013).

Cada modo de transporte apresenta valências e desvantagens ao nível da capacidade, flexibilidade, consumo de energia, segurança e desempenho ambiental. Assim, para maximizar os benefícios subjacentes a cada um, é fundamental que se combinem e enquadrem numa cadeia de transportes globalmente mais eficiente, com custos acessíveis e mais favorável ao ambiente (FERREIRA, 2011).

Segundo a Comissão Europeia, para tornar as cidades mais sustentáveis é essencial desenvolver uma nova visão integrada para o transporte urbano, com mais eficiência, infraestruturas seguras e condicionar o transporte individual no centro das cidades, atenuando em simultâneo o ruído do tráfego e a poluição (HEGGER, 2007).

Para Carvalho (2005), um sistema de transporte integrado é vital para o bom funcionamento de uma cidade. O universo da população é beneficiado com uma operação conjunta de todos os serviços, públicos ou privados, que elimina duplicações desnecessárias, possibilita a transferência eficaz e confortável entre os diferentes modos com uma única tarifa, estende a disponibilidade de serviço e melhora as condições viárias. A unificação e integração da tarifa é um dos elementos chaves da integração entre modos, e a correta implantação pode garantir em grande parte a eficácia do sistema.

Conforme observado por Gray & Hoel (1979), a integração de um sistema modal acontece em três níveis, institucional, operacional e física:

- A integração institucional se refere à criação uma estrutura organizacional dentro da qual o planejamento e a operação de serviços de transporte podem ser realizados em conjunto.
- A integração operacional envolve a aplicação de técnicas de gerenciamento para aperfeiçoar a alocação dos recursos do transporte e coordenar serviços.
- A integração física se refere à provisão de instalações de uso comum e equipamento para operação manutenção do sistema.

Ruxa (2013), entretanto, afirma que não existe uma receita universal. Porém, a implantação de sistemas multimodais depende sempre de fatores locais como a tipologia da via, velocidade de circulação do tráfego de automóveis, número de veículos e objetivo final dos usuários, e ainda, é de extrema importância (em todos os casos) que o desenvolvimento e implementação das infraestruturas sejam feitos com rigor técnico e que garantam a segurança e conforto para os utilizadores.

## 4. O CASO DE COPENHAGUE

Quando o assunto é mobilidade urbana, Copenhague ocupa uma posição de destaque mundial. A capital dinamarquesa conta com transporte público eficiente que engloba diversos modais como: trem, metrô, bicicleta, ônibus, ônibus aquático além de transmitir confiabilidade pela diversidade de horários e pontualidade. A cidade possui, ainda, segundo o programa cidades sustentáveis, quase 400km de ciclovias e praticamente 50% da população usando diariamente a bicicleta para se deslocar, sendo, por esses motivos, internacionalmente conhecida como a capital das bicicletas.

A população construiu ao longo dos anos a cultura da utilização da bicicleta que veio em conjunto com o fornecimento de infraestrutura e informação adequada que viabilizou o

crescimento do número de usuários mesmo sendo um transporte individual utilizado em uma cidade localizada em um país com inverno muito rigoroso.

A prefeitura disponibiliza para os que não possuem sua própria bicicleta a possibilidade de pegar uma bicicleta emprestada depositando uma moeda de 20 coroas (aproximadamente R$12,00) que será devolvida ao se fixar a bicicleta em um dos diversos pontos espalhados pela cidade. No ano de 2014, foi inaugurada a Cykelslangen (Figuras 1 e 2), que é uma via suspensa de uso exclusivo para ciclistas com 365m de extensão.



**Figura 1**: Ponte Cykelslangen

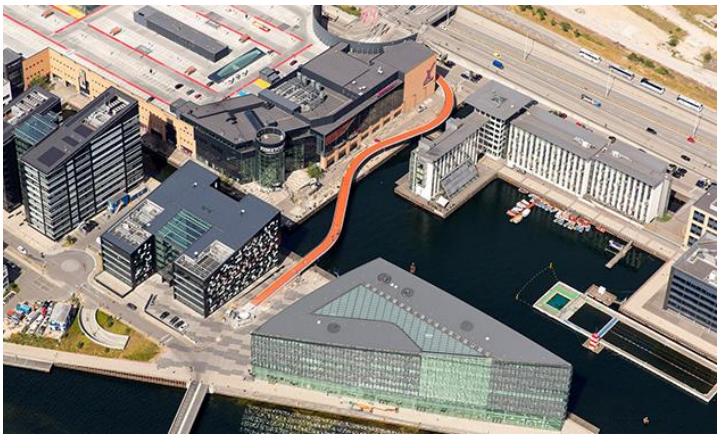


**Figura 2**: Ponte Cykelslangen vista de cima

Porém, a população nem sempre teve essa consciência e a estrutura existente hoje nem sempre foi adequada. Segundo Ameni e Beloni (2014), foi a partir da década de 1950, com a popularização do automóvel, que a cidade começou a vivenciar problemas de congestionamentos. A partir daí, o arquiteto Jan Gehl prescreveu uma possível solução que seria o fechamento das ruas do centro da cidade para carros. Esta solução não foi prontamente aceita pela população, principalmente pelos comerciantes que viram nesta proposta a possibilidade de perda de clientes. Entretanto, algum tempo depois, os calçadões para pedestres passaram a ser uma grande atração turística e os comerciantes passaram a lucrar muitos mais. Com isso, o arquiteto passou a ser mais respeitado comprovando a teoria de que quanto mais ruas construíssem, mais trânsito seria gerado. Em contrapartida, quanto mais ciclovias eram executadas, mais ciclistas surgiam. Segundo os autores, esse processo de apropriação da ciclovia por parte da população da cidade levou cerca de 20 anos.

Mas nem só de bicicleta se locomove o cidadão de Copenhague. O transporte público se mostra, também, muito eficiente. Estima-se que apenas 26% das pessoas se locomovem de carro pela cidade. Isto se deve principalmente às facilidades dos demais meios de transporte bem como da dificuldade da utilização de carro que tem o acesso bloqueado em áreas centrais que são, por sua vez, muito bem servidas de transporte público.

O Gráfico 1, elaborado no ano de 2011, por um grupo de pesquisas do site "cidade para pessoas" mostra como as pessoas (incluindo os turistas) se locomovem pela cidade evidenciando que a minoria (26%) utiliza o carro.

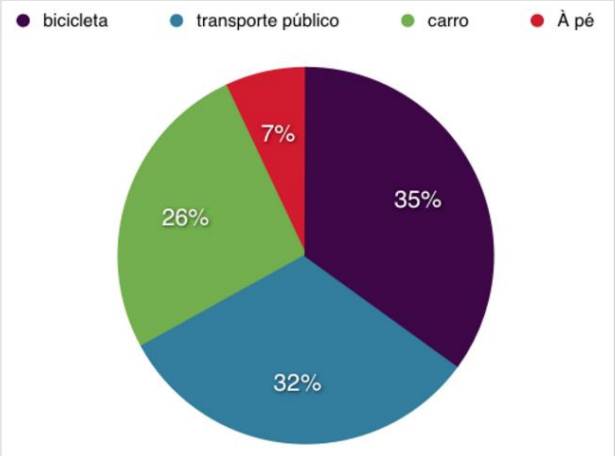



**Gráfico 1**: Transporte utilizado pela cidade

Já o Gráfico 2, por sua vez, elaborado pela mesma pesquisa, mostra como a população da cidade (excluindo turistas) se locomove na cidade, demonstrando um número ainda menor do uso do automóvel particular.

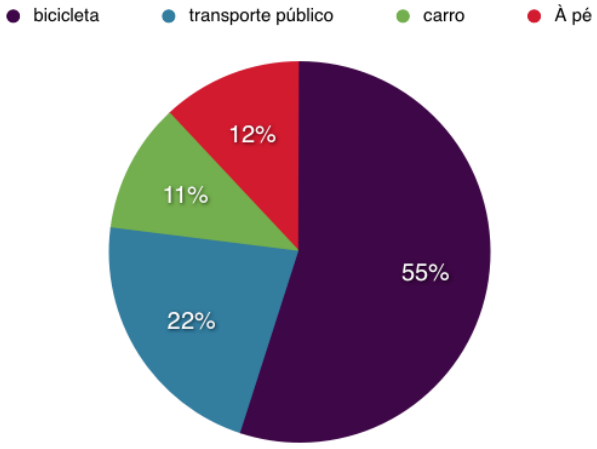



**Gráfico 2**: Transporte utilizado pela população

Para que tudo funcione com harmonia, existe um grande esforço do poder público que investe em sinalização adequada, ampliação da estrutura e na integração dos diversos modos. Nas estações de trens e metrôs existem vastos estacionamentos para bicicletas (Figuras 3 e 4). Caso seja necessário transportar a bicicleta, porém, o cidadão está servido com locais apropriados para o transporte nos ônibus, metrôs e trens, viabilizando a utilização de mais de

um modo harmonicamente pela população que já se apropriou dos sistemas e vive hoje em uma cidade de fácil trânsito.



**Figura 3** - Estação de trem com estacionamento de bicicletas




**Figura 4** - Estação de metro com estacionamento de bicicleta

Os tickets funcionam de forma integrada sendo validados por zonas e períodos, podendo o usuário escolher qual meio de transporte é mais conveniente usar ou, se preferir, utilizar mais de um meio com o mesmo bilhete. De acordo com o site da empresa dinamarquesa (dsb), acessado no dia 15 de janeiro de 2016, o ticket para quatro zonas da capital para o período de 24 horas com uso ilimitado, permitindo a um adulto levar sem custos até duas crianças menores de 12 anos, custa 80 coroas (equivalente a aproximadamente R$47,00). Os preços para os habitantes ou para aqueles que comprarem antecipadamente mais viagens são reduzidos e a compra de bilhetes pode ser online, por meio de aplicativo de celular, máquinas localizadas nas estações, supermercado, entre outros, facilitando o acesso e reduzindo o tempo de parada, tornando o tempo das viagens mais rápido.

As figuras 5 e 6, extraídas do site oficial da cidade, demonstram a facilidade de se transportar bicicletas particulares no transporte público da cidade.




**Figura 5**: ônibus aquático em Copenhague



**Figura 6**: Transporte público acessível a bicicletas

Tanto investimento em transporte resulta em uma ótima estatística para a mobilidade urbana e serve como um ótimo exemplo a ser seguido por todo o mundo.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O modelo de crescimento dos centros urbanos e por consequência a forma que esse modelo impacta a mobilidade para satisfazer esta nova demanda não poderá mais seguir somente parâmetros de crescimento das infraestruturas. É necessário que se implantem estratégias que reduzam a demanda de viagens, principalmente por transporte individual e implantar sistemas de transporte coletivo ambientalmente sustentáveis, mais adequados e associados ao contexto sócio econômico da região. Isto significa uma "oferta inteligente de transporte", que atraia a demanda para um sistema coletivo sustentável que atenda às necessidades da população.

A implantação das medidas necessárias para promoção da referida qualidade ambiental depende de uma atuação conjunta entre poder público, as operadoras de transporte e até mesmo dos fabricantes de veículos. A população também possui importante papel na apropriação do sistema como um todo.

A implantação de sistemas de transporte integrados exige planejamento urbano integrado, permitindo que os diferentes sistemas possam interagir e oferecer oportunidades de escolha aos usuários do transporte público. O exercício de tal direito de escolha, implica em uma forte atenção a todas as formas de deslocamento, com um cuidado especial àqueles que consomem menos energia e criam menos dependência. Para tanto, a administração pública deve agir no sentido de garantir a oferta de espaços públicos adaptados a cada forma de mobilidade.

Na análise da cidade de Copenhague pode-se observar que o desenvolvimento dos sistemas de integração deve vir acompanhado por extensas campanhas, junto à população, de conscientização ao uso dos novos e diversos modos. Existe uma forte aposta na sensibilização para a mobilidade integrada na população mais jovem que se mostra mais flexível às mudanças.

Toda quebra de paradigma demanda grandes esforços e representa uma ruptura com o cotidiano. Portanto, a inclusão de um sistema de integração modal trata-se de tarefa complexa, que merece estímulo, desenvolvimento e aprofundamento de pesquisas com vistas ao planejamento integrado dos sistemas e a inclusão de soluções em mobilidade urbana sustentável a fim de propiciarem cidades melhores para seus habitantes.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:**

ANTP, Associação Nacional de Transportes Públicos (1999). A integração do transporte público urbano, um procedimento eficiente de organização operacional, está sob suspeita? Revista dos Transportes Públicos. Ano 21, 1999 - 3º trimestre.

AYURE. D; FERNANDES. A; LEITE. A. Contextualização da integração do Transporte Público "SITP" – o Caso de Bogotá. XVI Congresso Chileno de Ingeniería de Transporte. Santiago. 2013.

CAMPOS, V. B. G. (2005). Uma Visão da Mobilidade Urbana Sustentável. IME - Instituto Militar de Engenharia. Rio de Janeiro, 2005.

CARVALHO, A. (2005). Desenho universal, acessibilidade e integração modal - estudo exploratório no transporte coletivo no Rio de Janeiro. Tese de Mestrado, Programa de Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Rio de Janeiro

COSTA, M. S. (2008). Um Índice de Mobilidade Urbana Sustentável. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.

FERREIRA, D. (2011). A Cultua da Mobilidade Sustentável no Instituto Politécnico de Leiria. Dissertação de Mestrado. Universidade de Aveiro.

GUDMUNDSSON, H. (2004). Sustainable Transport and Performance Indicators. In: Hester, R.E. & Harrison, R.M. (Eds). Issues in Environmental Science and Technology, n. 20, p. 35- 63.

GELPI. A; KALIL. R. M. L; SPIELMANN. T. Cidades Capitais e Mobilidade Urbana: O Caso de Barcelona. Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo. 2011.

GRAY, G. E, e HOEL, L. A. (1979). Public transportation: planning, operation, and management. 205-211. New Jersey.

HEGGER, R. (2007). Pubblic transport and cycling: living apart or together? Public Tansport International. Holanda.

MCIDADES - Política Nacional de Mobilidade Urbana Sustentável – Disponível em: http://www.capacidades.gov.br/media/doc/acervo/5a1566905bdf787cb0385521af19a938.pdf. Acesso em 16 mai. 2016.

PLUME (2003) – Synthesis Report on Urban Sustainability and its Appraisal, PLUME- Planning for Urban Mobility in Europe.

PROPOLIS (2004) - Final report. Disponível em: www.ltcon.fi/propolis/PROPOLIS_Abstract_Summary.pdf. Acesso em: 14 mai; 2016

RUXA, M. S. C. Integração da Bicicleta na Mobilidade Urbana- Análise de Casos de Estudos e Ensinamentos para Portugal. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Ciências e Tecnologia. Universidade Nova de Lisboa. Lisboa. 2013.

SEMOB (2008). Secretaria Nacional de Transporte e da Mobilidade Urbana. Disponível em: <http://www.cidades.gov.br/secretarias-nacionais/transporte-e-mobilidade/>. Acesso em: 16 mai. 2016.

Maíra Mesquita Maciorowski (maira.maciorowski@gmail.com)
Maria Luiza Tremel de Faria Lima (marialuizatfaria@hotmail.com)
João Carlos Souza (joao.carlos@ufsc.br)
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Departamento de Arquitetura.
Caixa Postal 476 - Cep 88040900 - Trindade, Florianópolis/SC - Brasil