CONFORMIDADE DOS OPERADORES DE TRANSPORTE MULTIMODAL DE CARGAS NO BRASIL EM RELAÇÃO À QUANTIDADE DE MODOS DE TRANSPORTE DEFINIDA PELA LEI Nº 9.611/98

Letícia do Valle Pires Martinovic
Sérgio Ronaldo Granemann
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental
Universidade de Brasília
Programa de Pós Graduação em Transportes

RESUMO
O Transporte Multimodal de Cargas é aquele que utiliza duas ou mais modalidades de transporte, desde a origem até o destino, sendo executado sob a responsabilidade única de um Operador de Transporte Multimodal e de um contrato único. No Brasil, o órgão responsável pelo cadastro e fiscalização do transporte multimodal é a Agência Nacional de Transportes Terrestres. Neste contexto, o presente artigo tem como objetivo verificar se os operadores atendem ao requisito de operar em pelo menos dois modos de transporte. Para isso, pesquisou-se uma amostra de operadores por região e concluiu-se que 64% de todas as empresas consideradas operam apenas um modo de transporte e contradizem a definição do Transporte Multimodal de Cargas.

1. INTRODUÇÃO

No contexto do transporte de cargas, a busca pela redução dos custos e tempos de viagem, transferência e manipulação da carga, além da melhoria do nível de serviço, contribuiu para a evolução da gestão logística (Nunes, 2007). A operação do transporte passou por várias inovações, sendo uma das principais a integração física entre dois ou mais modos, denominada intermodalidade. O conceito de multimodalidade surge a partir da integração total da cadeia de transporte, na qual todos os modos e operações de transferência passam a ser geridos de maneira integrada (Nazário, 2000).

A Lei n.º 9.611, de 1998, definiu a operação do Transporte Multimodal de Cargas (TMC), bem como as responsabilidades dos agentes envolvidos. O TMC é caracterizado por um único contrato, envolve duas ou mais modalidades de transporte desde a origem até o destino e é de responsabilidade única de um Operador de Transporte Multimodal (OTM). O Conhecimento de Transporte Multimodal de Cargas (CTMC) evidencia o contrato do TMC e conduz toda a operação desde o recebimento da carga na origem até a sua entrega no destino desejado (Brasil, 1998).

O exercício da atividade dos OTM depende de prévia habilitação e registro na Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT) (Brasil, 1998). A Lei n.º 10.233, de 2001, estabelece que a habilitação do OTM é designada à ANTT, mas em articulação com as demais agências reguladoras de transportes (Brasil, 2001). De acordo com a ANTT (2017), há 505 OTM habilitados, sendo 499 de empresas brasileiras e 6 de empresas estrangeiras.

A presente pesquisa auxiliará na compreensão do serviço de TMC a partir do seu objetivo de verificar se os OTM atendem ao requisito de operar em pelo menos dois modos de transporte, conforme definido em lei. Assim, o problema de pesquisa consiste em responder a seguinte questão: os OTM registrados estão de acordo com a legislação quanto à quantidade de modos de transporte envolvidos na sua operação? E a hipótese que se propõe é a de que há OTM que atuam em apenas uma modalidade de transporte.

Além desta seção introdutória, o presente trabalho possui outras quatro seções. A seção 2 traz

a revisão da literatura referente ao Transporte Multimodal de Cargas no Brasil. A seção 3 apresenta a metodologia da pesquisa. A seção 4 contém a análise dos dados. A seção 5, por fim, traz as considerações finais e recomendações para trabalhos futuros.

2. TRANSPORTE MULTIMODAL DE CARGAS NO BRASIL

A definição do OTM surgiu a partir da Lei nº 9.611/98 e consiste na pessoa jurídica, transportadora ou não, contratada como principal para a realização do TMC da origem até o destino, por meios próprios ou por intermédio de terceiros. Assim, o operador assume todas as responsabilidades de execução do serviço, além dos prejuízos resultantes de perda, danos ou avaria às cargas e atrasos de entrega (Brasil, 1998).

Os OTM se diferenciam dos Operadores Logísticos quanto à emissão do CTMC, na medida em que o OTM realiza o contrato com o cliente por todo o serviço, emitindo este CTMC. Em seguida, contrata os transportadores de cada modo de transporte, bem como os serviços adicionais que forem necessários, sendo responsável pelo transporte da carga até o destino (serviço porta a porta). Todavia, o Operador Logístico, além de não emitir o conhecimento, apenas estabelece o contrato entre o cliente e cada prestador de serviço, gerenciando o abastecimento ou a distribuição para o contratante (ANTT, 2016).

Conforme a Lei nº 9.611/98, a abrangência do TMC pode ser nacional ou internacional. No TMC nacional, os pontos de embarque e destino estão situados no território brasileiro e, no internacional, o ponto de embarque ou desembarque está situado fora do território nacional (Brasil, 1998). As empresas cuja origem seja de países do Mercado Comum do Sul (MERCOSUL) podem ser amparadas pelo Decreto nº 1.563/95, que facilita o transporte multimodal de mercadorias entre as nações participantes: Brasil, Argentina, Paraguai e Uruguai. Além disso, este decreto também descreve, em seu artigo 26, que o Certificado de Registro outorgado pelo Organismo Nacional Competente de qualquer dos Estados Parte autorizará o OTM a operar nos demais Estados Parte (Brasil, 1995).

A Resolução nº 794, de 2004, regulamenta os procedimentos para uma pessoa jurídica nacional ou representante de uma empresa estrangeira habilitar-se como OTM (Brasil, 2004). Segundo o Decreto nº 3.411, de 12 de Abril de 2000, este último é beneficiário do regime especial de trânsito aduaneiro para desembaraço de carga e depende habilitação pela Secretaria da Receita Federal do Brasil para exercer o transporte multimodal internacional de cargas (Brasil, 2000).

3. METODOLOGIA DE PESQUISA

A seleção de uma amostra de 25 OTM dentre os 505 existentes justifica-se pela tentativa de representar todas as regiões do Brasil, ao passo em que foram selecionados cinco operadores de cada região. O acesso aos dados iniciais dos OTM de cada estado brasileiro foi realizado por meio do sítio eletrônico da ANTT, que contém todos os operadores habilitados (dados secundários). Objetivou-se selecionar empresas dos mais variados estados possíveis, ordenados em ordem decrescente quanto à quantidade de habitantes. Em caso de o estado não apresentar nenhum OTM, considerou-se o estado consecutivo da lista.

A partir da consulta ao Cadastro Nacional da Pessoa Jurídica (CNPJ) das empresas selecionadas, foi possível verificar quais modos de transporte estavam envolvidos nas suas atividades econômicas (principal e secundárias), conforme a análise quantitativa de dados

apresentada na seção subseqüente (Receita Federal do Brasil, 2017).

4. ANÁLISE DOS DADOS

Após a coleta de dados, foram elaboradas as Tabelas 1 a 5, correspondentes às cinco regiões brasileiras, conforme mostrado a seguir.

Tabela 1: Operadores de Transporte Multimodal da região Norte

Razão Social dos OTM	Modos de Transporte
TRANSGLOBAL SERVIÇOS LTDA	1- Rodoviário 2- Aquaviário 3- Aéreo
TRANSGLOBAL NORTE TRANSPORTES LTDA	1- Rodoviário 2- Aquaviário
PIARARA TRANSPORTES LTDA	1- Rodoviário 2- Aquaviário
ASA LOG TRANSPORTE E LOGISTICA LTDA – ME	1- Rodoviário 2- Aquaviário
BSS SOLUÇÕES INTEGRADAS LTDA	1- Rodoviário

A região Norte representa 15% do total de OTM habilitados no Brasil (ANTT, 2017). Conforme pode ser observado na Tabela 1, é possível perceber que todas as empresas operam pelo menos o modo de transporte rodoviário. Os outros modos mais comuns são o aquaviário (80%) e aéreo (20%). Nesta região, apenas uma das empresas pesquisadas não está de acordo com o requisito de operação em no mínimo duas modalidades de transporte.

Tabela 2: Operadores de Transporte Multimodal da região Nordeste

Razão Social dos OTM	Modos de Transporte
TRANSULOG LOGÍSTICA E TRANSPORTE LTDA.	1- Rodoviário
TRANSNORDESTINA LOGÍSTICA S.A.	1- Ferroviário
CTCOMEX SERVIÇOS DE COMÉRCIO EXTERIOR LTDA	1- Rodoviário
RAFER- TRANSPORTE RODOVIÁRIO DE CARGAS LTDA	1- Rodoviário
LSA TRANSPORTES ESPECIALIZADOS LTDA	1- Rodoviário 2- Aéreo

A região Nordeste representa 6% do total de OTM habilitados no Brasil (ANTT, 2017). De acordo com a Tabela 2, conclui-se que 80% das empresas operam pelo menos o modo de transporte rodoviário, já que uma delas opera somente o modo ferroviário. Observa-se que há quatro OTM envolvidos com apenas uma modalidade de transporte, não estando de acordo com a legislação referente ao transporte multimodal.

Tabela 3: Operadores de Transporte Multimodal da região Sul

Razão Social dos OTM	Modos de Transporte
Rocha Terminais Portuários e Logística S.A.	1- Rodoviário 2- Aquaviário
Interlink Transportes Internacionais Ltda.	1- Rodoviário 2- Aquaviário
MULTILOG S/A	1- Rodoviário
TRANSPORTADORA AMIZADE LTDA	1- Rodoviário
Kieling Multimodais de Transportes Ltda.	1- Rodoviário

A região Sul representa 15% do total de OTM habilitados no Brasil (ANTT, 2017). Segundo a

Tabela 3, conclui-se que todas as empresas operam o modo de transporte rodoviário e 40% o aquaviário. Apenas duas das empresas consideradas nesta região estão de acordo com a definição da Lei nº 9.611/98, no que se refere à quantidade de modalidades de transporte.

Tabela 4: Operadores de Transporte Multimodal da região Sudeste

Razão Social dos OTM	Modos de Transporte
Tora Transportes Industriais Ltda	1- Rodoviário
Usifast Logística Industrial S/A	1- Rodoviário
TRANSPORTE EXCELSIOR LTDA	1- Rodoviário
UTC Overseas do Brasil Ltda	1- Aquaviário
PSN TRANSPORTES LTDA	1- Rodoviário

A região Sudeste representa aproximadamente 55% do total de OTM habilitados no Brasil (ANTT, 2017). Da Tabela 4, percebe-se 80% operam apenas o modo de transporte rodoviário e 20% somente o aquaviário. Portanto, nenhuma das empresas consideradas atendeu ao requisito de atuar em pelo menos duas modalidades de transporte.

Tabela 5: Operadores de Transporte Multimodal da região Centro-Oeste

Razão Social dos OTM	Modos de Transporte
CARAMURU ALIMENTOS S.A.	Rodoviário
RG LOG Logística e Transporte Ltda	Rodoviário
Quick Delivery Goiânia Entregas Rápidas de Encomendas Ltda-ME	Rodoviário Aéreo
YWY-X Logística Ltda ME	Rodoviário
GLOBAL CARGAS TRANSPORTES NACIONAIS E INTERNACIONAIS LTDA – ME	Rodoviário Aéreo

A região Centro-Oeste representa quase 9% do total de OTM habilitados no Brasil (ANTT, 2017). Observa-se na Tabela 5 que todas as empresas operam pelo menos o modo de transporte rodoviário e 40% delas também estão envolvidas com o aéreo. Assim, 60% dos operadores considerados não atende ao requisito de duas ou mais modalidades de transporte.

Os dados quantitativos foram sintetizados na Tabela 6, para facilitar a análise da porcentagem dos modos de transporte.

Tabela 6: Síntese dos modos de transporte dos OTM considerados

Modos de Transporte	
Rodoviário	92%
Aquaviário	28%
Aéreo	16%
Ferroviário	4%

A partir da Tabela 6, conclui-se que o modo rodoviário está presente na maioria das empresas analisadas (92%), seguido do aquaviário (28%), aéreo (16%) e ferroviário (4%). Em relação à quantidade de modos de transporte operados por cada um dos 25 OTM analisados, a Tabela 7 traz as porcentagens sintetizadas.

Tabela 7: Síntese da quantidade de modos de transporte dos OTM considerados

Quantidade de Modos de Transporte	
1 modo	64%
2 modos	32%
3 modos	4%

Com base na tabela anterior, nota-se que 64% dos OTM considerados na presente pesquisa não estão de acordo com o requisito definido em lei sobre a quantidade mínima de modos de transporte envolvidos na operação. Portanto, a hipótese de que há OTM que atuam em apenas uma modalidade de transporte não é rejeitada.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa atingiu seu objetivo de verificar se os OTM atendem ao requisito de operar em pelo menos dois modos de transporte, de acordo com a Lei nº 9.611/98. Além disso, foi possível perceber que 64% das empresas analisadas operam apenas um modo de transporte e contradizem a definição do Transporte Multimodal de Cargas, que exige pelo menos dois modos de transporte envolvidos na operação. Portanto, a hipótese de que existem operadores com apenas uma modalidade de transporte não foi rejeitada.

Ao analisar as regiões brasileiras separadamente, a região Sudeste, que representa mais da metade dos operadores totais (55%), se destaca negativamente por ser a única na qual 100% dos OTM considerados não estão em conformidade com o mínimo de modos de transporte necessários. Além disso, percebe-se que as regiões Nordeste, Centro-Oeste e Sul apesar de representarem uma pequena parcela do total de OTM no Brasil - 6%, 9% e 15% respectivamente - possuem grande parte de sua amostra com apenas uma modalidade de transporte (80%, 60% e 60%). Portanto, supõe-se que a fiscalização destas regiões necessite de suporte e melhorias. A região Norte, que representa 15% do total de OTM, merece destaque positivo por conter apenas 20% das empresas com somente uma modalidade de transporte.

Assim como na análise por região do Brasil, a síntese de todos os 25 OTM considerados apresentou o modo de transporte rodoviário como o mais presente nas operações das empresas. Isto condiz com o fato de a malha rodoviária brasileira constituir o principal sistema logístico do país (CIA, 2016). Segundo o Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil (2015), ela abrange 1,7 milhões de quilômetros de estradas.

Como recomendação para trabalhos futuros, sugere-se que a metodologia seja replicada para todos os operadores habilitados na ANTT a fim de analisar a população de empresas. Além disso, considerar outros requisitos do transporte multimodal definidos pela legislação como a utilização de um contrato único e responsabilidade única de um OTM.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTT (2016) *Multimodal.* Disponível em: <http://www.antt.gov.br/cargas/Multimodal.html>. Acesso em: 2 nov. 2016.

ANTT (2017) *Consulta Operadores de Transporte Multimodal cadastrados.* Disponível em: <http://appweb2.ANTT.gov.br/multimodal/otms_habilitadas.asp>. Acesso em: 9 mar. 2017.

Brasil (1995) *Decreto nº 1.563, de 19 de julho de 1995. Dispõe sobre a execução do Acordo de Alcance Parcial para a Facilitação do Transporte Multimodal de Mercadorias, entre Brasil, Argentina, Paraguai e Uruguai, de 30 de dezembro de 1994.* Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF.

Brasil (1998) *Lei nº 9.611, de 19 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre o Transporte Multimodal de Cargas e dá outras providências.* Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF.

Brasil (2000) *Decreto nº 3.411, de 12 de Abril de 2000. Regulamenta a Lei nº 9.611, de 19 de fevereiro de 1998, que dispõe sobre o Transporte Multimodal de Cargas, altera os Decretos nºs 91.030, de 5 de março de 1985, e 1.910, de 21 de maio de 1996, e dá outras providências.* Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF.

Brasil (2001) *Lei nº 10.233, de 5 de junho de 2001. Dispõe sobre a reestruturação dos transportes aquaviário e terrestre, cria o Conselho Nacional de Integração de Políticas de Transporte, a Agência Nacional de Transportes Terrestres, a Agência Nacional de Transportes Aquaviários e o Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes e dá outras providências.* Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF.

Brasil (2004) *Resolução nº 794, de 22 de novembro de 2004. Dispõe sobre a habilitação do Operador de Transporte Multimodal, de que tratam a Lei nº 9.611, de 19 de fevereiro de 1998, e o Decreto nº 1.563, de 19 de julho de 1995.* Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF.

CIA (2016) *The World Factbook*. Disponível em: < https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/br.html >. Acesso em: 29 nov. 2016.

Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil. Transporte Rodoviário (2016) *Transporte Rodoviário*. Disponível em: < http://www.transportes.gov.br/transporte-rodoviario.html>. Acesso em: 29 nov. 2016.

Nazário, P. (2000) *Intermodalidade: importância para a logística e estágio atual no Brasil.* Disponível em:< http://www.ilos.com.br/web/intermodalidade-importancia-para-a-logistica-e-estagio-atual-no-brasil/>. Acesso em: 6 jun. 2017.

Nunes, A. O. (2007) *Análise da Oferta de Operadores de Transporte Multimodal de Cargas no Brasil: Uma aplicação da Teoria dos Custos de Transação.* Dissertação de Mestrado em Transportes, Publicação T.DM-011 A/2007, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 98p.

Receita Federal do Brasil (2017) *Emissão de Comprovante de Inscrição e de Situação Cadastral.* Disponível em: < https://www.receita.fazenda.gov.br/pessoajuridica/cnpj/cnpjreva/cnpjreva_solicitacao2.asp >. Acesso em: 19 jun. 2017.

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE NO TRANSPORTE FLUVIAL DE PASSAGEIROS NA REGIÃO DO BAIXO TOCANTINS

Hugo Rodolpho Silva Lopes
Faculdade de Engenharia Civil
Universidade Federal do Pará
Eduarda Silva de Sousa
Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental
Universidade Federal do Pará
Marlon Braga dos Santos
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Barragem e Gestão Ambiental
Universidade Federal do Pará

RESUMO
Este trabalho busca avaliar o panorama do transporte fluvial de passageiros na cidade de Tucuruí-PA, com foco na rota Tucuruí-Cametá, e fornecer subsídios para a melhoria do mesmo. A metodologia adotada consistiu em pesquisas bibliográficas e de campo com o intuito de identificar as circunstâncias em que este transporte é realizado no porto de Tucuruí, analisando desde a sua infraestrutura até a satisfação dos usuários, através da aplicação de questionários. Com base nos resultados obtidos, observou-se que, de maneira geral, as condições de transporte foram avaliadas como satisfatórias pelos usuários, apesar de ocorrerem de maneira precária. Essa avaliação ocorreu porque, conforme informado pelos próprios entrevistados, mesmo longe das condições ideais, ocorreram melhorias significativas nos últimos anos. Ainda, constatou-se que apesar de haver uma demanda considerável pelo transporte fluvial, faltam políticas públicas de investimento por parte dos órgãos responsáveis para que possa haver o desenvolvimento adequado deste modal.

1. INTRODUÇÃO

Segundo Oliveira (2011), o transporte fluvial ocorre em rios e é utilizado para o transporte de cargas e passageiros para cidades próximas ou países limítrofes. Filho *et al.* (2011), ao realizarem uma abordagem comparativa desse modo de transporte frente ao modo rodoviário, afirmam que há como vantagem competitiva, menor consumo de combustível, menor número de acidentes, menor custo de infraestrutura, menor emissão de poluentes e, consequentemente, um menor impacto ambiental.

No Brasil, um dos mais importantes sistemas de transporte hidroviário de passageiros encontra-se na Amazônia, uma vez que na região há grande disponibilidade de vias navegáveis e para a maioria dos habitantes dessa região esse é o único meio de transporte disponível (Moraes, 2013). No entanto, a região amazônica ainda possui uma infraestrutura de serviços ao transporte fluvial de passageiros precária, principalmente devido à carência de políticas de regulamentação eficazes e à qualidade dos serviços oferecidos, tanto no que se refere à infraestrutura dos portos quanto à qualificação dos funcionários (Ferreira, 2011).

No município de Tucuruí-PA, localizado às margens do Rio Tocantins, uma das opções economicamente viáveis para a movimentação de pessoas e cargas para municípios vizinhos é o transporte fluvial. Entretanto, conforme Ferreira *et al.* (2013), esse transporte é realizado de maneira precária e com instalações primitivas, gerando insegurança e riscos aos seus usuários.

Partindo desse pressuposto, neste artigo procura-se analisar o nível de satisfação dos usuários com os serviços ofertados pelas empresas que disponibilizam o transporte fluvial de passageiros e cargas no município de Tucuruí-PA, com foco na linha Tucuruí-Cametá, além de realizar a caracterização técnica da linha em análise e levantar informações sobre a infraestrutura portuária disponível, a fim de fornecer subsídios para futuras melhorias.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Conforme resguardado pela Constituição Federal (1998), o transporte fluvial é público e deve ser executado de modo adequado. Machado (2014) destaca que os principais atores envolvidos, direta ou indiretamente, no desenvolvimento do modal hidroviário são: Marinha do Brasil, responsável por garantir a proteção da vida humana, a segurança da navegação e prevenir a poluição ambiental; o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), que possui como principal atribuição o estabelecimento de padrões, normas e especificações técnicas para a sinalização de vias, terminais e instalações; a ANTAQ, que objetiva regular, supervisionar e fiscalizar as atividades de prestação de serviços de transporte aquaviário e de exploração da infraestrutura portuária e aquaviária, exercida por terceiros; e a Agência Nacional de Águas (ANA), sendo responsável por, entre outras coisas, outorgar o direito de uso de recursos hídricos em corpos de água de domínio da União.

Entretanto, Ferreira (2008) afirma que na Região Amazônica existem precariedades na oferta de serviços adequados no transporte fluvial de passageiros, deficiências essas provenientes da carência de políticas de regulamentação efetiva e da qualidade dos serviços oferecidos. Tal carência é revelada pela inexistência de infraestrutura portuária em grande parte dos municípios da região, oferta do transporte fluvial em embarcações não regulamentadas e, muitas vezes, com profissionais sem a capacitação técnica necessária, o que reduz a segurança de seus usuários, assim como a qualidade do serviço.

Uma ferramenta importante para mudar esse panorama e garantir que o transporte fluvial de passageiros ocorra de maneira adequada, de acordo com a ANTAQ (2015), é a Pesquisa de Satisfação dos Usuários (PSU), que permite a obtenção de informações sobre a qualidade dos serviços prestados, materializando a percepção dos usuários e servindo como embasamento científico. Além disso, seus resultados servem de indicadores para a avaliação desses serviços, permitindo um diagnóstico claro do que deve ser melhorado, contribuindo para a formação de estratégias que proporcionem aperfeiçoamentos no transporte aquaviário de passageiros.

3. METODOLOGIA DA PESQUISA

A primeira etapa da pesquisa consistiu na análise do trajeto realizado para o transporte fluvial de passageiros na rota Tucuruí-Cametá, definindo assim as principais cidades e vilas atendidas. Além disso, observaram-se os tipos de embarcações utilizadas e, após diálogo com os responsáveis pelas embarcações, tornou-se possível obter a demanda mensal aproximada. Ainda, levantaram-se dados relativos à forma de operação da linha em análise: dias e horários das viagens e valor da tarifa; e a situação da infraestrutura do porto e embarcações, através de uma avaliação visual e por levantamento fotográfico.

Posteriormente, buscando-se minimizar os erros das estimativas e, consequentemente, aumentar a confiabilidade da pesquisa a ser realizada com os usuários, determinou-se o tamanho mínimo da amostra a ser coletada a partir da Equação 1, proposta por Morettin e Bussab (2010), que é utilizada para populações finitas.

$$n = \frac{Z_\gamma p(1-p)}{\varepsilon^2} \quad (1)$$

em que n: amostra calculada;
Z_γ: variável normal padronizada associada ao nível de confiança;
p: verdadeira probabilidade do evento; e
ε: erro amostral.

Neste cálculo, admitiu-se um nível de confiança de 95% (Z_{γ}=1,96). Para a verdadeira probabilidade do evento adotou-se um valor de 80%, tendo em vista que esse parâmetro está relacionado à diversidade da população, que neste caso foi considerada homogênea, pois os questionários foram aplicados a um universo menos variado (as entrevistas ocorreram apenas no porto com os passageiros). Além disso, a população considerada é de 1000 pessoas, dado que é o número aproximado de passageiros que viajam por mês nessa linha. Por fim, permitiu-se um erro amostral de aproximadamente 8%.

A partir disso, foram levantados dados que permitissem caracterizar os usuários do transporte fluvial, através da aplicação, durante um mês, de 110 questionários aos passageiros dentro das embarcações atracadas no porto. Levou-se em consideração o seu perfil (sexo, idade, renda salarial e escolaridade), os principais motivos da viagem e a frequência de utilização desse meio de transporte.

Ademais, analisou-se o grau de satisfação dos usuários, tomando como base os critérios mostrados na Tabela 1, estabelecidos pela resolução 912/97 da ANTAQ, que definem se a prestação de um serviço está ocorrendo de modo adequado, tornando possível a avaliação do transporte fluvial de acordo com as respectivas atividades prestadas. Durante as entrevistas, os usuários foram orientados a avaliar o serviço em relação aos atributos qualificando sua percepção como: Bom, Regular e Ruim. Vale ressaltar que também se permitiu ao passageiro a sugestão de melhorias ou reclamações. Após a coleta dos dados, aplicaram-se procedimentos estatísticos com o auxílio da planilha eletrônica *Microsoft Excel*.

Tabela 1: Atributos avaliados pelos usuários do transporte fluvial

Atributos	Parâmetros de avaliação
Atendimento da empresa	Facilidade de aquisição da passagem, considerando questões como acesso, eventual tempo em fila e opções de pagamento.
Atualidade da embarcação	Estado de conservação da embarcação.
Conforto	Bem-estar do usuário na prestação do serviço. Envolve a qualidade dos assentos, espaços para redes, camarotes, espaços internos para trânsito dos usuários, temperatura e nível de ruído.
Continuidade	Quantidade e tempo de paradas ao longo da viagem.
Cortesia	Gentileza e educação dos funcionários (tripulação e pessoal da empresa).
Higiene	Condições, técnicas, procedimentos ou hábitos relacionados ao bem-estar, à saúde e à limpeza nas instalações portuárias e no barco.
Tarifa	Impacto do valor do serviço na renda mensal do usuário. Comparação com outras rotas de extensão semelhante.
Pontualidade	Cumprimento dos horários estipulados no esquema operacional.
Regularidade	Opção de horários, dias e embarcações nesta linha.
Segurança	Percepção na segurança com relação a assaltos e furtos dentro da embarcação, condução da embarcação (manobras, velocidade) e orientação de procedimentos de emergência (saídas de emergência, uso dos coletes).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Caracterização da linha Tucuruí – Cametá

Levando em consideração a rota do transporte hidroviário de linha Tucuruí-Cametá, conforme a Figura 1 verifica-se que, além de Cametá, as principais cidades e vilas atendidas por este percurso são: Vila de Nazaré dos Patos, Vila de São Joaquim do Ituquara, Vila Cardoso,

Baião e Mocajuba, correspondendo a um itinerário de aproximadamente 200 Km e tempo médio de viagem de oito horas.



Figura 1: Localidades atendidas pela linha Tucuruí – Cametá. **Fonte:** Google Earth Pro (2017).

Este transporte é realizado por dois tipos de embarcações, comumente chamadas de barcos e voadeiras, de uso misto (passageiros e cargas), sendo que a primeira é constituída majoritariamente de madeira, transportando um número maior de cargas em relação a passageiros (Figura 2) e a segunda constituída por estrutura metálica, tendo como predomínio o transporte de pessoas (Figura 3). As viagens são efetuadas diariamente, saindo de Tucuruí ao meio-dia, com uma demanda de aproximadamente 1.000 passageiros ao mês. O valor da passagem varia de R$ 30,00 a R$ 60,00 conforme a cidade e, de acordo com a presença, ou não, de outras embarcações concorrentes.



Figura 2: Embarcação de madeira para transporte majoritário de cargas.



Figura 3: Embarcação metálica para transporte majoritário de passageiros.

4.2. Infraestrutura portuária de Tucuruí e perfil dos usuários

Constatou-se que, com a inexistência de um terminal hidroviário, a infraestrutura de embarque e desembarque de cargas e passageiros consiste apenas em pontos de atracação, como pode ser observado na Figura 4. Sem qualquer fiscalização ou administração por parte do poder público, esses locais funcionam de modo precário.



Figura 4: Vista do atracadouro destinado às embarcações.

Além destes, outros fatores que podem ser destacados, como: a desorganização no entorno dos pontos de atracação e a falta de higiene na área, uma vez que se localiza logo atrás do Mercado Municipal, onde há uma grande comercialização de peixes e outros produtos sem os devidos cuidados com limpeza, tornando-se um ponto de acúmulo de resíduos sólidos e, por conseguinte, ponto atrativo de agentes patógenos que podem transmitir doenças infecciosas aos passageiros, conforme o observado na Figura 5.



Figura 5: Falta de higiene na área dos pontos de atracação.

Em relação ao perfil do usuário, a análise constatou que a maior parte dos passageiros é do sexo feminino (53%) e possuem entre 15 a 25 anos de idade (44%). Os passageiros com até o ensino médio completo totalizam 29% dos entrevistados e, além do mais, grande parte detém como renda até R$1.000,00 mensais (34%), o que evidencia o baixo nível de renda dos usuários.

Levando em consideração o destino dos usuários do transporte hidroviário na linha Tucuruí-Cametá, verificou-se que 46% viajavam para a cidade de Cametá, 29% para Baião e 26% para Mocajuba. No que se refere aos principais motivos de viagens, destacam-se turismo/lazer com 44,5% e trabalho 29,1%, sendo que 36% das viagens ocorrem de maneira eventual.

4.3. Avaliação do transporte fluvial sob a ótica do passageiro

No que se refere ao aspecto de atendimento da empresa, de acordo com o Gráfico 1, 71% dos usuários avaliam de maneira positiva. A principal justificativa para este resultado está na facilidade de aquisição da passagem e inexistência de filas. Em contrapartida, a única forma de pagamento é à vista e não há desconto na passagem intermunicipal para os estudantes, o que resulta em discussões entre passageiros e funcionários. Além disso, não há um preço fixo para as passagens, variando com a presença, ou não, de embarcações concorrentes. Em relação à atualidade da embarcação, como exposto no Gráfico 2, 40% dos passageiros avaliaram com boa, 50% como regular e 10% como ruim. Sobre esse aspecto, a principal reclamação é a falta de manutenção nas embarcações, que gera medo durante as viagens.

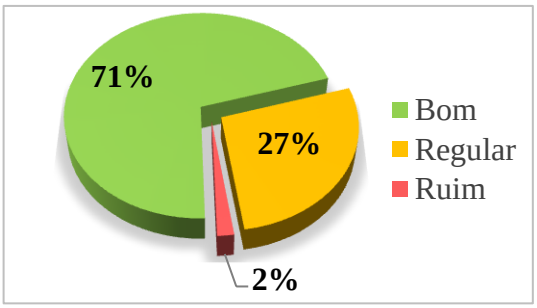


Gráfico 1: Avaliação dos entrevistados em relação atendimento da empresa.

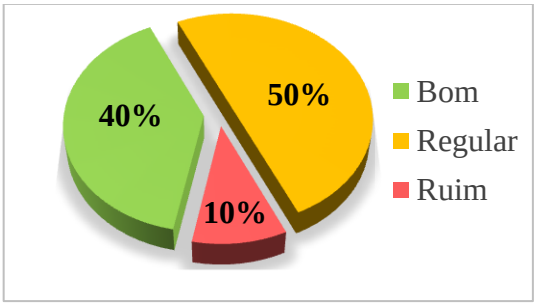


Gráfico 2: Avaliação dos passageiros em conformidade com a atualidade da embarcação.

O conforto da embarcação foi avaliado, como demonstra o Gráfico 3, como bom por 48% dos usuários, regular por 46% e ruim por 6%. Neste fator, a principal observação dos passageiros trata-se de uma melhor climatização dentro da embarcação, tendo em vista que durante a locomoção a temperatura é muito elevada, já que a viagem ocorre em um dos horários com maiores temperaturas do dia na região (meio-dia). No que diz respeito à continuidade da viagem, como apresentado no Gráfico 4, 50% dos passageiros avaliaram como boa, 38% como regular e 12% como ruim, pois afirmam que a quantidade de interrupções durante a viagem varia de acordo com o tempo de embarque e desembarque de cargas e pessoas, tendo assim grande variabilidade.

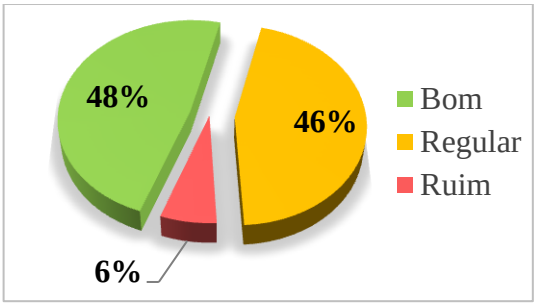


Gráfico 3: Avaliação dos usuários de acordo com o conforto das embarcações.

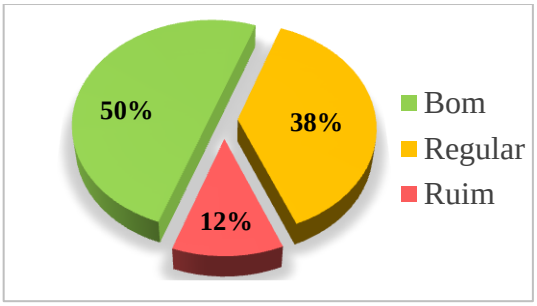


Gráfico 4: Avaliação dos usuários conforme a continuidade do transporte.

Tendo em vista a cortesia dos funcionários, referente ao Gráfico 5, 77% dos usuários avaliaram como boa, sendo as principais reclamações relacionadas à falta de comunicação e atenção com os passageiros e, também, à falta de auxílio no desembarque, o que acaba gerando diversos transtornos, principalmente para passageiros mais velhos. Em relação à higiene das embarcações (Gráfico 6), 55% dos usuários avaliaram como boa, 30% como regular e 15% como ruim. Segundo os passageiros, por mais que o local destinado aos assentos e redes esteja consideravelmente limpo, os banheiros apresentam péssimas condições de limpeza.

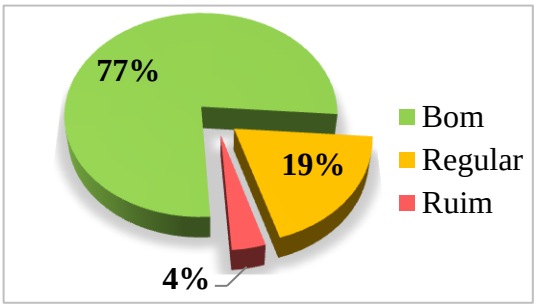


Gráfico 5: Avaliação dos passageiros tendo em consideração a cortesia dos funcionários.

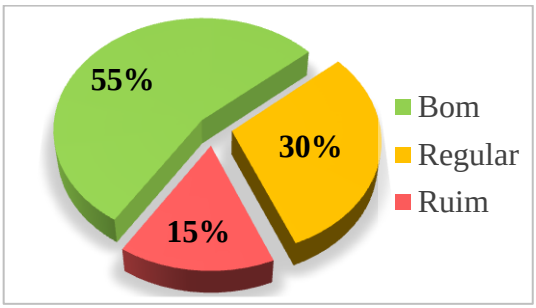


Gráfico 6: Avaliação da higiene nas embarcações de acordo com os entrevistados.

Levando em consideração a tarifa, observa-se no Gráfico 7 que 40% dos usuários avaliaram como boa, 36% como regular e 24% como ruim. Os principais comentários tecidos baseiam-se no fato de que, comparado à maneira como o transporte era realizado anteriormente, hoje houve grande melhora, mesmo que ainda esteja ocorrendo de forma precária e, por isso, julgam o preço da passagem como justo. Quanto à pontualidade, segundo o Gráfico 8, 65% dos entrevistados julgaram como boa, 25% como regular e 10% como ruim. No geral, grande

parte dos usuários afirmou que as embarcações cumprem os horários de embarque e desembarque.

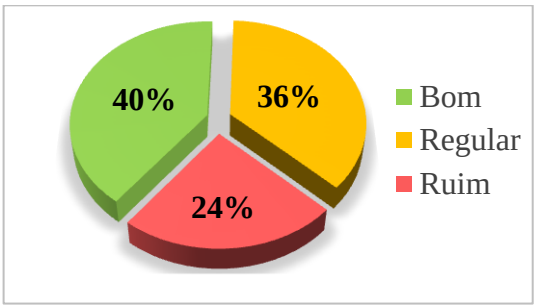


Gráfico 7: Avaliação dos usuários tendo em vista a tarifa.

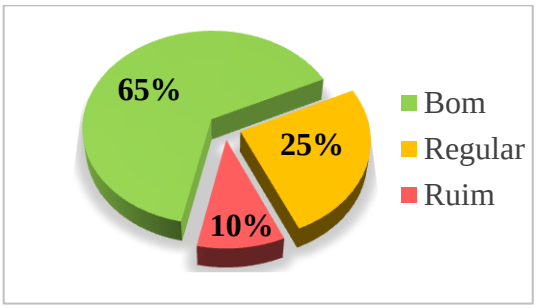


Gráfico 8: Avaliação da pontualidade do transporte segundo os entrevistados.

No que concerne à regularidade, tendo em conta o Gráfico 9, 48% dos passageiros avaliaram como boa, 41% como regular e 11% como ruim. A única reclamação nesse atributo se refere à necessidade de uma maior oferta de horários para partida, de preferência pela manhã, pois, segundo os entrevistados, o horário atualmente ofertado faz com que, muitas vezes, cheguem ao seu destino final durante a noite, o que gera certo desconforto. No que corresponde à segurança (Gráfico 10), 41% dos usuários avaliaram como boa, 30% como regular e 29% como ruim. Esse é o aspecto que gerou um maior número de reclamações dos entrevistados, pois, apesar das embarcações possuírem dispositivos de segurança (boias e coletes salva-vidas), a sensação de insegurança ainda é frequente ao longo da viagem, tanto no que se refere a acidentes quanto a assaltos, sendo que esse fator é agravado pela falta de fiscalização por parte dos órgãos responsáveis no trecho analisado.

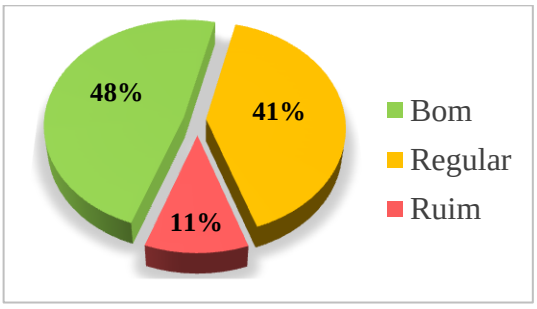


Gráfico 9: Avaliação dos usuários levando em consideração à regularidade.

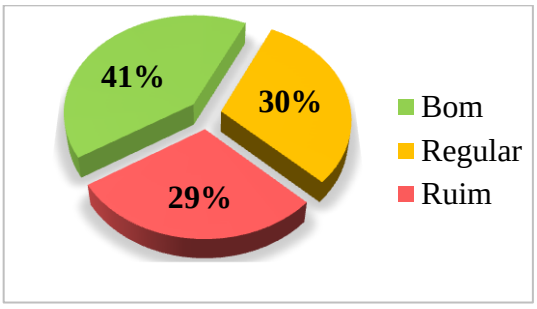


Gráfico 10: Avaliação dos entrevistados tendo em conta a segurança nas embarcações.

A avaliação global do transporte fluvial de passageiros em Tucuruí foi satisfatória, ou seja, a maioria dos usuários considera-se satisfeita apesar das condições em que o transporte se realiza. Contudo, vale destacar o fato do transporte apresentar melhorias consideráveis nos últimos anos, conforme informado pela maioria dos passageiros, não significa, necessariamente, que as condições atuais estejam boas do ponto de vista técnico.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Sabe-se que é responsabilidade do Estado fornecer um transporte de qualidade à sociedade. Contudo, é possível constatar, através da pesquisa realizada, o abandono em relação ao transporte fluvial de passageiros no município de Tucuruí-PA, onde é notória a falta de políticas públicas voltadas para este modal. Isso pode ser observado ao levar em consideração

a inexistência de uma infraestrutura portuária adequada, uma vez que existem apenas pontos de atracação para as embarcações e que as condições higiênicas no local são precárias.

Além disso, mesmo que as condições do transporte fluvial na linha Tucuruí-Cametá tenham sido consideradas satisfatórias pelos usuários, nota-se que as circunstâncias de operação estão longe do ideal e com elevados riscos de acidentes. Tal observação é comprovada pela falta de fiscalização na área por parte dos órgãos responsáveis, pela flutuação do preço das passagens, pela insegurança nas viagens, devido ao número insuficiente de coletes e à falta de treinamento dos funcionários das embarcações, além da precariedade em relação à higiene no interior dos barcos, especialmente nos banheiros.

Desse modo, acredita-se que a principal maneira de reverter essa situação é através da conscientização do poder público a respeito da realidade em que esse transporte é realizado atualmente, fazendo com que seja dada a devida atenção e, consequentemente, que o transporte fluvial seja inserido na agenda governamental de forma efetiva, com a criação de uma infraestrutura portuária que atenda às necessidades de todos os usuários e, que garanta a execução dos serviços com fiscalização adequada, satisfazendo a todos os requisitos pertinentes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTAQ (2007) Resolução nº 912, de 23 de novembro de 2007. *Norma para outorga de autorização para prestação de serviço de transporte de passageiros e de serviço de transporte misto na navegação interior de percurso longitudinal interestadual e internacional*, Brasília.

ANTAQ (2015) *Pesquisa de Satisfação dos Usuários do Serviço de Transporte Longitudinal de Passageiros e Misto (Passageiros e Cargas) na Navegação Interior da Região Amazônica*, Brasília.

BRASIL, Constituição Federal. (1988) Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988. 292 p.

Ferreira, M. A. C. (2008) *Proposição de indicadores de desempenho aplicado ao transporte de passageiros na Região Amazônica*. Dissertação de mestrado em Engenharia de Produção. Universidade Federal do Amazonas, Manaus.

Ferreira, R. C. B. (2011) *Análise dos circuitos de produção, reprodução e subsistência do transporte hidroviário de passageiros nas ilhas da região metropolitana de Belém: Uma contribuição para a revitalização do setor*. Tese, Núcleo de Altos Estudos Amazônicos, Universidade Federal do Pará, Belém.

Ferreira, R. C. B.; I. S. Miranda; J. L. S. Oliveira; M. F. O. Neto e R. C. S. Araújo. (2013) Modelo de terminal para o transporte hidroviário na cidade de Tucuruí-PA. *Anais do XXVII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes*, ANPET, Belém.

Filho, A. C. D.; L. M. Gonçalves; M. T. A. Alves; S. M. R. Nascimento e G. S. Maciel. (2011) cabotagem uma alternativa econômica de transporte eficaz para o Brasil. *Perspectivas Online, Ciências Exatas e Engenharia*, v. 1, n. 1, p. 13-22.

Machado, P. C. (2014) *Segurança da Navegação em Hidrovias: Fator fundamental para o desenvolvimento da região Amazônica*. Monografia, Departamento de Estudos da Escola Superior de Guerra – EGS, Rio de Janeiro.

Moraes, R. C. M. (2013) *Ferramenta de avaliação do transporte hidroviário de passageiros da Região Amazônica*, Belém.

Morettin, P. A. e W. O. Bussab (2010) *Estatística Básica*. Ed. Saraiva, São Paulo.

Oliveira, G. M. e A. S. Cervila. (2011) *Logística: Uso, tipos de modais e a importância da logística para a região de Franca.* Uni-FACEF, Centro Universitário de Franca v. 3 n. 1 p 115-133.

Hugo Rodolpho Silva Lopes (hugo_rodolpho@yahoo.com)
Eduarda Silva de Sousa (eduarda-jr@hotmail.com)
Marlon Braga dos Santos (marlonbraga19@gmail.com)
Campus Universitário de Tucuruí, Universidade Federal do Pará
Rod. BR 422 Km13 S/N Canteiro de Obras da UHE-Tucuruí, PA, Brasil

ANÁLISE DA ABORDAGEM BIBLIOGRÁFICA DO TRANSPORTE HIDROVIÁRIO INTERIOR NO BRASIL

Eliezé Bulhões de Carvalho
Universidade de Brasília – Programa de Pós-Graduação em Transportes
Bruna Renata Cavalcante de Barros
Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
André Cavalcante Moreira
STE – Serviços Técnicos de Engenharia S.A.

RESUMO
O setor hidroviário tem potencial considerável no Brasil, caracterizado como um modal de transporte de cargas e pessoas de baixo custo de implantação, operação e manutenção, tendo em vista a extensa malha hidroviária brasileira existente. Embora apresente vantagens em relação aos demais modais, como destaque para a eficiência energética, é o modal de transporte de carga menos utilizado, com apenas 5% de participação na matriz de transportes brasileira. Este artigo investiga a produção científica voltada para o Transporte Hidroviário Interior (THI), por meio da análise e da classificação de artigos científicos publicados nos anais dos congressos da Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes (ANPET) e nos seminários da Sociedade Brasileira de Engenharia Naval (SOBENA). Propõe-se o incremento da produção científica e a difusão do conhecimento como estratégias para o fortalecimento do THI no Brasil.

ABSTRACT
Inland navigation demonstrates considerable potential in Brazil, characterized by cargo and passenger transportation with low implantation, operation and maintenance costs, considering the extensive Brazilian waterway network. Despite the many advantages, in comparison to other transportation systems, waterway navigation in Brazil lacks investments to provide a better competitiveness in worldwide market, and responds for only 5% of Brazilian Transportation Matrix. This paper investigates academic production concerning inland navigation, through a comprehensive analysis of scientific articles published in the annals of the congress promoted by National Association in Transportation Research and Teaching (ANPET) and seminars sponsored by Brazilian Society of Naval Engineering (SOBENA). The proposition is to increase scientific production and knowledge sharing about the matter as strategies to strengthen Inland Navigation in Brazil.

1. INTRODUÇÃO

O modal hidroviário se caracteriza pela grande capacidade de carga, baixo custo de implantação, manutenção e operação. Em 2016, foram transportados cerca de 29 milhões de toneladas de carga por meio do Transporte Hidroviário Interior – THI (ANTAQ, 2017). Embora apresente vantagens em relação aos demais modais, é o meio de transporte de carga menos utilizado no Brasil e carece de investimentos para apresentar melhor competitividade. O presente trabalho propõe a pesquisa científica como aliada do fortalecimento institucional para incrementar a participação do THI na matriz de transportes brasileiras. Para isso, serão avaliadas as produções apresentadas no mais importante evento científico de transportes brasileiro, o congresso anual da Associação Nacional de Ensino e Pesquisa em Transportes – ANPET – e nos seminários de Transporte e Desenvolvimento Hidroviário Interior, promovidos pela Sociedade Brasileira de Engenharia Naval a cada dois anos, único evento nacional exclusivamente dedicado ao setor.

Este artigo foi organizado em quatro partes: a primeira contextualiza o setor do THI do ponto de vista dos seus potenciais no Brasil, sua capacidade de movimentação de cargas, distribuição das principais hidrovias brasileiras e uma breve descrição de dois principais eventos do setor de transportes. Na segunda parte é apresentada a metodologia que lastreou a pesquisa relativa aos dos dois eventos científicos. Depois, foram apresentados os resultados do estudo, seguidos das considerações finais (Figura 1).

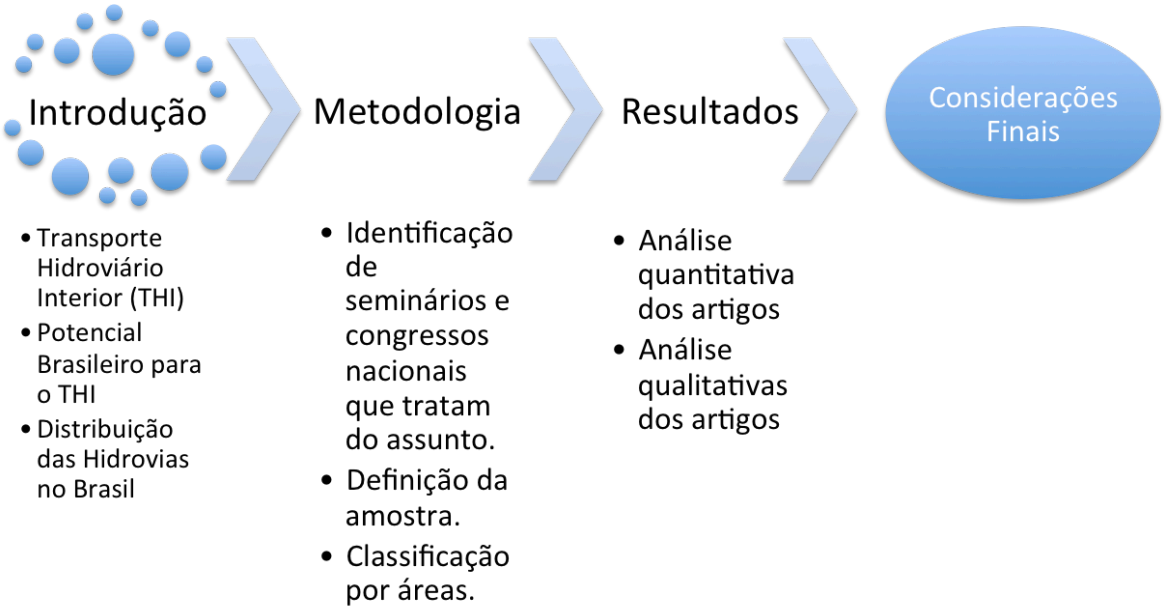


Figura 1: Metodologia do Artigo

O Brasil dispõe de 21 mil quilômetros de hidrovias economicamente navegáveis, em um sistema que conta com 43 Instalações Portuárias Públicas de Pequeno Porte (IP4), 51 Portos Públicos, 11 Estações de Transbordo de Cargas e 13 eclusas (EPL, 2017). Entre 2010 e 2016, houve um crescimento de 69,6% na quantidade de embarcações atuantes na navegação interior. A carga transportada também teve aumento, de 22% no mesmo período, o que representa, em números absolutos, uma evolução de 23 para 29 milhões de toneladas. Ainda assim, representa pouco em relação à cabotagem e à navegação de longo curso: é apenas 3% do total transportado pelo modal aquaviário. (ANTAQ, 2017). As vantagens do direcionamento de incentivos ao uso do modo hidroviário tornam-se mais claras ao analisar aspectos de eficiência: uma só barcaça pode equivaler a 15 vagões de trem ou, ainda, 58 carretas. Esses valores podem se multiplicar, considerando que os comboios usados na navegação interior podem ser formados por várias barcaças (Figura 2).

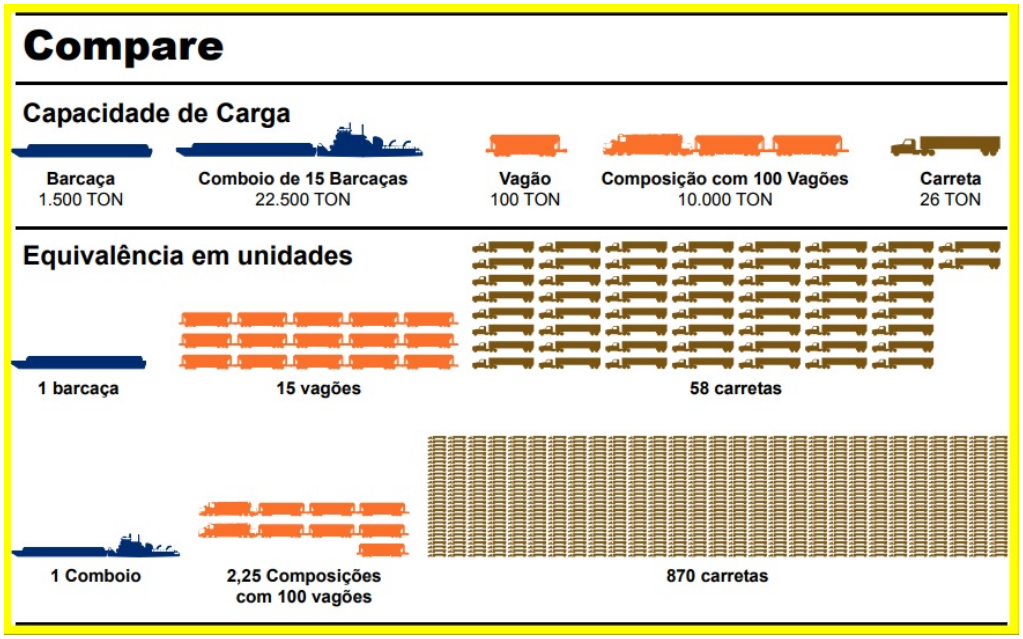


Figura 2: Comparativo de capacidade de cargas por modal. Adaptado de USACE, 2017.

Usar as hidrovias pode representar também menor consumo de combustível, com menos emissão de poluentes na atmosfera: para transportar uma tonelada de carga, utiliza-se 4 litros de combustível em hidrovias, 6 litros em ferrovias e 15 litros de combustível. Além disso, o custo de implantação da infraestrutura também é menor: o quilômetro tem um custo estimado de US$ 34 mil, contra US$ 440 mil necessários à construção de um quilômetro de rodovia. Apesar dessas vantagens, apenas 46% da malha hidroviária, aproximadamente 20 mil quilômetros, são vias economicamente navegadas atualmente, conforme dados apresentados no PHE (Tabela 1).

Tabela 1: Vias economicamente navegadas, Brasil, 2013. Fonte: PHE.

Sistema hidroviário	Extensão	%
Região Amazônica	16.797	80,15%
Paraná-Tietê	1.495	7,13%
Tocantins	982	4,69%
Paraguai	592	2,82%
São Francisco	576	2,75%
Sul	514	2,45%
Total	**20.956**	**100%**

Identifica-se, portanto, uma desconexão entre o potencial do modal de transporte e o aproveitamento do setor hidroviário, que hoje é caracterizado pela subutilização, com as principais hidrovias: Tocantins-Araguaia, Solimões-Amazonas, São Francisco, Madeira, Tietê-Paraná e Jacuí-Taquari-Lagoa dos Patos representando menos da metade da malha prevista em 1973 (Figura 3).

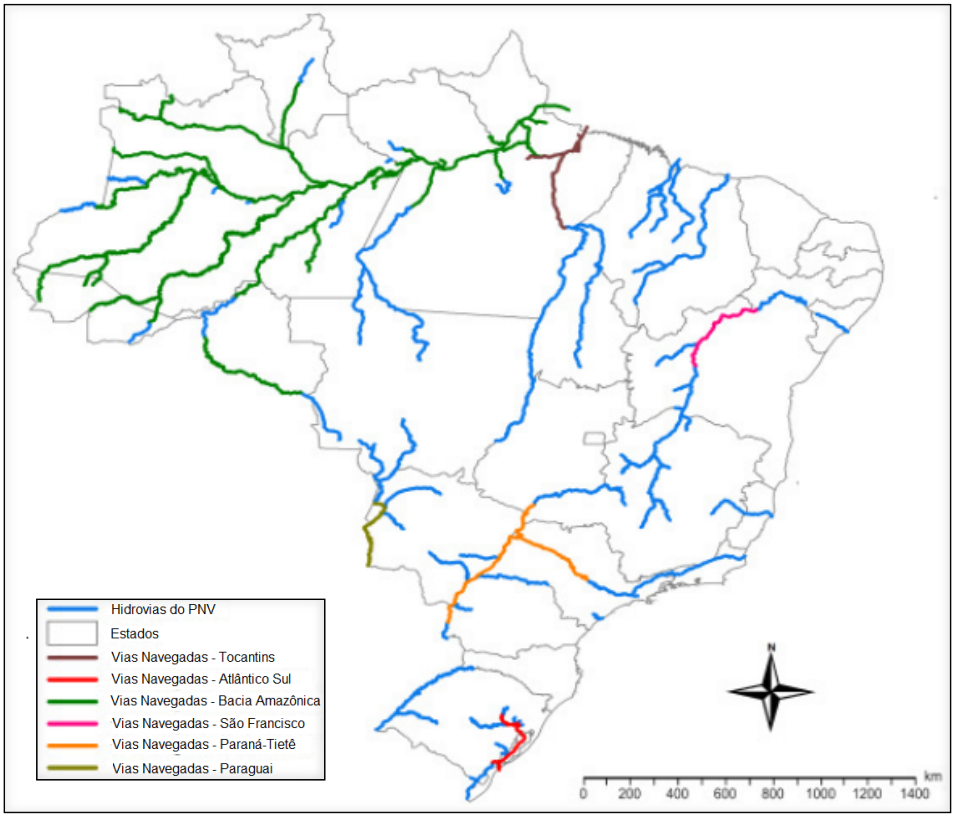


Figura 3: Mapa das vias economicamente navegadas e da malha hidroviária prevista no PNV. Adaptado de Brasil (1973).

A instabilidade institucional tem colaborado para o baixo aproveitamento desse potencial. No século XX, quatro órgãos federais diferentes foram responsáveis gestão do setor (BULHÕES *et al*., 2016). A criação do DNIT, por meio da Lei nº 10.233/2001 (BRASIL, 2001), pode ser observada como um movimento do Governo Federal em direção a uma integração entre o transporte aquaviário e terrestre. A Autarquia congrega os modais hidroviário, ferroviário e rodoviário, e implementa a política formulada para a administração da infraestrutura do Sistema Nacional de Viação. Em outras palavras, o DNIT opera, mantém, restaura e repõe, faz adequação de capacidade, amplia e constrói novas vias e terminais. A mesma lei determina que a esfera de atuação do Departamento é constituída de vias navegáveis, ferrovias, rodovias e instalações e vias de transbordo e de interface multimodal, com exceção dos portos. Além de criar o DNIT, o dispositivo legal estabelece o Conselho Nacional de Integração de Políticas de Transporte, a Agência Nacional de Transportes Terrestres, a Agência Nacional de Transportes Aquaviários, o Sistema Nacional de Viação – SNV - e o Sistema Federal de Viação - SFV.

Após a edição da Lei nº 10.233, o Governo Federal deu mais passos rumo a um novo equilíbrio para a matriz de transportes brasileira, com a elaboração de instrumentos para o planejamento do setor. O Plano Nacional de Logística de Transportes – PNLT – foi desenvolvido pelo Ministério dos Transportes, em cooperação com o Ministério da Defesa, para dar suporte ao planejamento de intervenções em infraestrutura e organização dos transportes. Com caráter indicativo, e marcado por um processo de avaliação periódica, representou a retomada do processo de planejamento para o setor de transportes. Em 2007, foi elaborada a primeira versão do Plano, após um hiato de 21 anos desde o lançamento do estudo anterior de abrangência similar: o Programa de Desenvolvimento do Setor de Transportes –

PRODEST – datado de 1986. Entre os principais objetivos, do PNLT destacam-se: identificar, otimizar e racionalizar os custos em toda a cadeia logística, além de adequar a matriz de transportes do país no sentido de utilizar as modalidades mais eficientes do ponto de vista produtivo (MT, 2007). A terceira revisão do Plano data de 2011. Por ser a versão mais atual disponível, ela será um dos elementos balizadores do presente trabalho. A matriz de transportes brasileira ainda tem forte tendência rodoviarista, com 52% da carga movimentada, enquanto apenas 5% são transportados pelo modo hidroviário. A figura 4 apresenta a participação de cada modal, com percentuais estimados em Toneladas-Quilômetro-Úteis (TKU). O PNLT declara intenção de equilibrar essa distribuição, e aponta para uma maior utilização de modos não rodoviários.

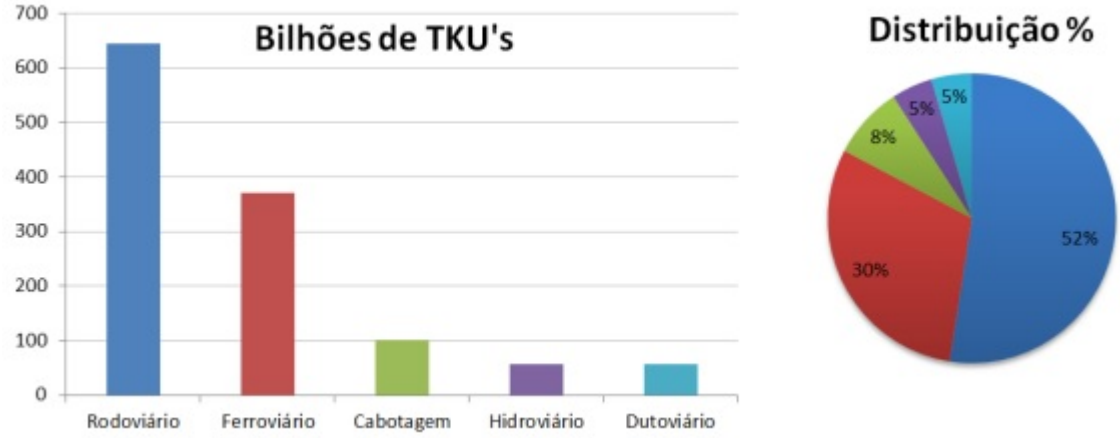


Figura 4: Distribuição modal da matriz brasileira de transporte de cargas. Fonte: PNLT (MT, 2013).

Em 2012, o Governo Federal sinalizou a intenção específica de incrementar o Transporte Hidroviário Interior – THI, a fim de aumentar a sustentabilidade da economia brasileira. Destaca-se a elaboração do Plano Hidroviário Estratégico – PHE, a partir de julho daquele ano, com o objetivo de aumentar a participação desse modal na matriz de transportes do país até o ano de 2031. O Plano serviria de subsídio às discussões do Ministério dos Transportes com os atores envolvidos no THI (MT, 2013). O documento oferece uma visão geral dos pontos fracos e fortes, bem como as ameaças e oportunidades ao desenvolvimento do Setor. Foram analisadas oito regiões hidrográficas brasileiras, nas quais foram estudados 63 rios e um canal, todos constantes do Plano Nacional de Viação (BRASIL, 1973), em um total de 36.368 quilômetros de extensão navegável.

A Agência Nacional de Transportes Aquaviários publicou, ainda em 2013, o Plano Nacional de Integração Hidroviária. O documento também visa contribuir para a readequação da matriz de transportes, por meio da apresentação de características físico-geográficas, de demandas e ofertas de cada segmento da produção de cargas. O intuito é compreender melhor os espaços produtivos brasileiros em relação à movimentação de cargas, a fim de produzir conhecimentos específicos voltados para o THI, no que diz respeito à indicação de áreas propícias para instalações portuárias (ANTAQ, 2013).

Descrita a tendência de fortalecimento institucional em que o Governo Federal colocou o THI nos últimos anos, o presente trabalho visa investigar outro pilar do crescimento do Setor: a produção técnico-científica. Serão categorizados artigos científicos publicados nos anais do congresso nacional de maior relevância no contexto de transportes, promovido há 31 anos

pela Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes – ANPET. Os mesmos procedimentos de quantificação e categorização serão efetuados para os artigos publicados nos anais do Seminário de Transporte e Desenvolvimento Hidroviário Interior, promovido, a cada dois anos, desde 1999 pela Sociedade Brasileira de Engenharia Naval. Trata-se do mais tradicional evento técnico-científico especificamente voltado para a temática do THI.

A Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes tem o propósito de atuar como fórum especializado de discussão da pesquisa e ensino de transportes no Brasil. A instituição sem fins lucrativos foi fundada em 1986, com a missão de representar e integrar estudantes e profissionais de ensino e pesquisa, órgãos governamentais e empresas. O objetivo é contribuir para a formação de pessoas, e fomentar a transferência de tecnologia entre centros de pesquisa e setor produtivo (ANPET, 2017). Os congressos da ANPET, que em 2017 terão sua 31ª edição, recebem artigos científicos (AC), comunicações técnicas (CT), relatórios de teses e dissertações (RT), bem como relatórios de iniciação científica (RIC) voltadas para sete áreas temáticas estabelecidas e relacionadas ao setor de transporte: infra-estrutura, modelos e técnicas de planejamento, logística, aspectos econômicos sociais políticos e ambientais do transporte, gestão de transportes, planejamento territorial do transporte e tráfego urbano e rodoviário.

A Sociedade Brasileira de Engenharia Naval – SOBENA – tem por intuito congregar engenheiros, técnicos e outros profissionais que exercem atividades de construção e reparo naval, projetos e serviços de engenharia, construção e conversão de plataformas e outras unidades *offshore*, transporte marítimo, transporte fluvial, hidrovias, portos, bases de apoio, exploração e produção de recursos naturais, energia no mar e proteção do meio ambiente marinho. A instituição foi fundada em 1962, e tem usado conferências, seminários, palestras, debates e congressos como instrumentos de desenvolvimento tecnológico em suas áreas de interesse (SOBENA, 2017). A cada biênio, em anos ímpares, a Sociedade organiza o Seminário de Transporte e Desenvolvimento Hidroviário interior. Desde 1999, foram nove eventos, realizados nas seguintes cidades: Brasília, Corumbá/MS, Manaus, Porto Alegre, Rio de Janeiro, Jaú/SP, e Belém. Estas três últimas localidades, abrigaram o evento por duas vezes cada. Belém foi a cidade escolhida para sediar o evento novamente, em setembro de 2017.

2. METODOLOGIA

A identificação e análise da abordagem científica ao setor hidroviário no Brasil, objeto deste artigo, foi realizada por meio do estudo bibliográfico das produções cientificas aprovadas para os congressos da ANPET realizados nos anos de 2012 a 2016; e nos seminários e congressos realizados pela SOBENA nos anos ímpares entre 1999 e 2015. As amostras foram definidas sob dois enfoques. Para a ANPET, foi determinado como limite temporal o ano de 2012, quando foi iniciada a elaboração do primeiro instrumento de planejamento lançado pelo Governo Federal especificamente para o setor: o PHE. Devido à quantidade total significativamente menor de eventos realizados e ao caráter exclusivamente voltado para o THI, analisaram-se os anais de todas as edições do Seminário de Transporte e Desenvolvimento Hidroviário Interior da SOBENA, ao qual o presente artigo referir-se-á também como SOBENA-Hidroviário, nome popular do evento.

Serão apresentados quantitativos de trabalhos relacionados ao THI nos eventos da amostra selecionada. Em seguida, essas produções serão classificadas por áreas de abordagem. A classificação das produções científicas relacionadas ao setor hidroviário foi realizada com

base na própria temática abordada. O intuito foi produzir uma visão global dos assuntos relacionados ao setor, bem como ressaltar a diversidade dos subtemas, e identificar aqueles que carecem de atenção da comunidade científica. As classes estabelecidas para o presente artigo, com títulos intuitivos, são: análise bibliográfica; estudos e projetos; operação e manutenção; e meio ambiente. A esses foi somada uma quinta classificação, denominada "outros", a fim de abranger produções que não puderam ser enquadradas em nenhuma das classificações anteriores.

3. RESULTADOS

A análise bibliográfica das publicações da amostra escolhida pode ser um indicador, em termos quantitativos, da atenção dispensada ao setor hidroviário por pesquisadores. A quantidade de artigos dedicados ao tema não chega a representar 5% das produções cientificas da amostra da ANPET (Tabela 2), ou seja, foram apenas 24, de um total de 1.428 artigos analisados.

Tabela 2: Produções Científicas do Setor Hidroviário - ANPET (2012-2016).

Eventos	Produções		%
	Amostra Considerada	Setor Hidroviário	
ANPET 2012	236	2	0,81%
ANPET 2013	297	11	3,87%
ANPET 2014	285	4	1,40%
ANPET 2015	322	7	2,47%
ANPET 2016	341	5	1,52%
Total	**1481**	**29**	**2,03%**

Os seminários promovidos pela SOBENA apresentaram uma quantidade maior de produções sobre transporte hidroviário (Tabela 3), por tratar-se de evento técnico-científico exclusivamente voltado ao tema. Ao longo de nove edições, foram 227 trabalhos dedicados ao THI.

Tabela 3: Produções Científicas do Setor Hidroviário - SOBENA (2009-2015).

Eventos	Produções		%
	Amostra Considerada	Setor Hidroviário	
SOBENA 1999	10	10	100%
SOBENA 2001	22	22	100%
SOBENA 2003	25	25	100%
SOBENA 2005	37	37	100%
SOBENA 2007	19	19	100%
SOBENA 2009	14	14	100%
SOBENA 2011	33	33	100%
SOBENA 2013	27	27	100%
SOBENA 2015	40	40	100%
Total	227	227	100%

Observa-se que o universo dos artigos apresentados desde a criação do SOBENA-Hidroviário em 1999 representa apenas 15,89% do total de artigos publicados nos anais da ANPET analisados na amostra escolhida. Quando se contabiliza os trabalhos exclusivamente voltados ao Transporte Hidroviário Interior, os resultados se invertem: os artigos publicados na ANPET equivalem a 10,57% da quantidade da SOBENA.

Os congressos da ANPET, conforme apresentado na Tabela 4, apresentam pouca produção nos temas relacionados ao transporte hidroviário em geral. No ano de 2013 foi observado um discreto aumento no número de artigos relativos ao setor. Infere-se que o local de realização do evento, Belém/PA, influenciou esse crescimento, pois a região amazônica concentra as maiores bacias hidrográficas do país (MT, 2013), e tem forte inclinação para a navegação interior. Naquele ano, houve sessões técnicas especialmente dedicadas ao tema analisado neste artigo.

A classificação temática dos trabalhos sobre THI desenvolvidos para os congressos da ANPET demonstra grande concentração na categoria Estudos e Projetos: 51,72% do total (Tabela 4).

Tabela 4: Categorias das Produções Científicas do Setor Hidroviário - ANPET (2012 – 2016).

Categorias	Anos de realização dos congressos da ANPET					Total	%
	2012	2013	2014	2015	2016	Geral	
ESTUDOS E PROJETOS	1	6	2	2	4	15	51,72%
BIBLIOGRAFIA	-	4	1	4	-	9	31,03%
OPERAÇÕES E MANUTENÇÃO	1	-	1	1	-	3	10,34%
MEIO AMBIENTE	-	1	-	-	-	1	3,45%
OUTROS	-	-	-	-	1	1	3,45%
TOTAL	2	11	4	7	5	29	100%

A classificação temática dos artigos desenvolvidos no setor hidroviário pela SOBENA apresenta outra distribuição (Tabela 5). Os trabalhos relativos a “Operações e Manutenção” aparecem em quantidade parecida com aqueles sobre “Estudos e Projetos”. Somadas, as duas categorias representam dois terços do total. O terço restante é dividido entre as categorias “Outros”, “Meio Ambiente” e “Bibliografia”, pela ordem de quantidade.

Tabela 5: Categorias das Produções Científicas do Setor Hidroviário - SOBENA (1999-2015).

Categorias	Anos de realização dos eventos									Total	%
	1999	2001	2003	2005	2007	2009	2011	2013	2015	geral	
OPERAÇÕES E MANUTENÇÃO	1	10	5	9	2	9	9	11	20	76	33%
ESTUDOS E PROJETOS	4	6	5	9	7	2	15	9	14	71	31%
OUTROS	4	3	9	9	7	1	3	1	1	32	14%
MEIO AMBIENTE	1	3	6	8	6	0	1	0	0	25	11%
BIBLIOGRAFIA	-	-	-	2	3	2	5	6	5	26	10%
TOTAL	10	22	25	37	19	14	33	27	40	227	100%

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O potencial hidrográfico brasileiro é considerado um diferencial a ser utilizado como via de transporte importante, da mesma forma de outros países detentores de grandes rios com

vocação para a navegação. Entretanto, a mera existência de meios naturais não é suficiente para inserir o THI em um contexto de relevância na matriz de transportes. Dispor de projetos estruturantes de uma rede de transportes que consigam atingir seus objetivos com perenidade de execução e elaboração é preciso. Um cenário de estabilidade institucional que tem sido construído pelo Governo Federal desde 2001, com a criação do DNIT, e intensificado a partir de 2012 com a elaboração de importantes planos nacionais. O presente artigo propõe somar a esses esforços a produção técnica e acadêmica da comunidade científica como pilar de sustentação de um círculo virtuoso de exploração e criação de projetos e programas para as fronteiras em desenvolvimento no país.

Observou-se que no mais relevante evento anual em transportes, o Congresso da ANPET, poucas pesquisas sobre o THI foram publicadas. O Seminário exclusivamente dedicado ao setor, ocorre apenas em anos ímpares, e observou-se um número total bem menos significativo de trabalhos publicados. A totalidade dos trabalhos publicados na história do SOBENA-Hidroviário, 227, não atinge a quantidade de produções constantes dos anais da edição da ANPET menos numerosa da amostra estudada, para a qual foram aprovados 236 trabalhos. Nota-se ainda um predomínio de trabalhos com a temática “Estudos e Projetos” nos congressos da ANPET. Infere-se esta característica da produção acadêmica como simulacro da realidade vivida pelos atores envolvidos setor hidroviário, ainda incipiente perante os demais modos de transporte.

Recomenda-se o aprofundamento das pesquisas bibliográficas sobre o Transporte Hidroviário Interior, a fim de compreender melhor as características e condições da produção científica. Com um maior desenvolvimento técnico e acadêmico, será possível contribuir para a definição de políticas públicas e para a tomada de decisões que incrementem a utilização de hidrovias para transportar as riquezas e trazer mais sustentabilidade ao desenvolvimento econômico do país.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES - ANPET (2012). Anais do XXVI Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes. Rio de Janeiro: Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes.

_____ (2013). Anais do XXVII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes. Rio de Janeiro: Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes.

_____ (2014). Anais do XXVIII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes. Rio de Janeiro: Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes.

_____ (2015). Anais do XXIX Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes. Rio de Janeiro: Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes.

_____ (2016). Anais do XXX Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes. Rio de Janeiro: Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes.

_____ (2017) Site institucional da Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes. Disponível em: http://www.anpet.org.br/portal/>. Acesso em 8 jun. 2017.

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES AQUAVIÁRIOS - ANTAQ (2013). Plano Nacional de Integração Hidroviária. Brasília: Agência Nacional de Transportes Aquaviários.

_____(2017). Anuário estatístico 2016. Brasília: Agência Nacional de Transportes Aquaviários. Disponível em: http://web.antaq.gov.br/Anuario/, acesso em 4 jul. 2017.

BRASIL (1973). Lei nº 5.917, de 10 de setembro de 1973.

_____(2001). Lei nº 10.233, de 5 de junho de 2001.

BULHÕES, E.; BARROS, B.R.C.; MOURA, G.A.; CALDEIRA, L.K.O (2016). O setor hidroviário brasileiro: histórico e perspectivas para os próximos 15 anos. In: XXX Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes (XXX ANPET). Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: ANPET. pp. 2385-2396.

EMPRESA DE PLANEJAMENTO E LOGÍSTICA S.A. - EPL (2017). Anuário estatístico de transportes 2010-

2016. Brasília: Empresa de Planejamento e Logística.
Ministério dos Transportes - MT (2007). Plano Nacional de Logística de Transportes – Relatório Executivo. Brasília: Ministério dos Transportes. Disponível em http://www.transportes.gov.br/images/Relatorio_Executivo_2007.pdf, acesso em 4 jul. 2017.
_____ (2013). Plano Hidroviário Estratégico. Brasília: Ministério dos Transportes.
SOBENA(1999). Anais do Seminário de Transporte e Desenvolvimento Hidroviário Interior. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Engenharia Naval.
_____ (2001). Anais do 2º Seminário de Transporte e Desenvolvimento Hidroviário Interior. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Engenharia Naval.
_____ (2003). Anais do 3º Seminário de Transporte e Desenvolvimento Hidroviário Interior. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Engenharia Naval.
_____ (2005). Anais do 4º Seminário de Transporte e Desenvolvimento Hidroviário Interior. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Engenharia Naval.
_____ (2007). Anais do 5º Seminário de Transporte e Desenvolvimento Hidroviário Interior. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Engenharia Naval.
_____ (2009). Anais do 6º Seminário de Transporte e Desenvolvimento Hidroviário Interior. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Engenharia Naval.
_____ (2011). Anais do 7º Seminário de Transporte e Desenvolvimento Hidroviário Interior. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Engenharia Naval.
_____ (2013). Anais do 8º Seminário de Transporte e Desenvolvimento Hidroviário Interior. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Engenharia Naval.
_____ (2015). Anais do 9º Seminário de Transporte e Desenvolvimento Hidroviário Interior. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Engenharia Naval.
_____ (2017). Site institucional da Sociedade Brasileira de Engenharia Naval. Disponível em: http://www.sobena.org.br/?page_id=7, acesso em 8 jun. 2017.
USACE (2017). Site institucional do Distrito de Little Rock do US Army Corps of Engineers. Disponível em: http://www.swl.usace.army.mil/Missions/Navigation/Lock-Dewatering/, acesso em 8 jul. 2017.

Eliezé Bulhões de Carvalho (eliezec@gmail.com)
Programa de Pós-Graduação em Transportes. Anexo SG-12, 1º andar. Campus Universitário Darcy Ribeiro – Universidade de Brasília. Brasília – DF.
Bruna Renata Cavalcante de Barros (buru.renata@gmail.com)
Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. SAN Quadra 3 lote A Sala 12.24. Brasília – DF.
André Cavalcante Moreira (webmaster.andre@gmail.com)
Serviços Técnicos de Engenharia – STE S.A

USO DE MÉTODOS DE ENSINO-APRENDIZAGEM ATIVA NO ENSINO DE ENGENHARIA

Carlos Alberto Prado da Silva Junior
Heliana Barbosa Fontenele
Universidade Estadual de Londrina
Centro de Tecnologia e Urbanismo
Departamento de Construção Civil

RESUMO
O objetivo desta pesquisa é analisar o uso de métodos de ensino-aprendizagem inovadores ou aprendizagem ativa entre professores que atuam em cursos de engenharia civil no Brasil. Para isto foi realizada uma pesquisa *online* com uma amostra de docentes de instituições de ensino superior federais, estaduais e privadas. A pesquisa online foi preparada e encaminhada por meio da plataforma *Google Drive* que permite desenvolver e enviar questionários de pesquisa. Os resultados indicam que os entrevistados têm dificuldades para gerenciar atividades de ensino-aprendizagem em formato de aprendizagem ativa devido ao excesso de carga horária de ensino ou ao número de disciplinas que precisam lecionar ao longo de um ano letivo.

ABSTRACT
The aim of this study is to analyze the use of innovative teaching-learning methods or active learning among teachers who work in civil engineering programs in Brazil. For this purpose, an online survey was conducted with a sample of teachers from federal, state and private higher education institutions. The online survey was prepared and submitted through the Google Drive platform that allows you to develop and submit research questionnaires. The results indicate that the interviewees seem to have difficulties in managing teaching-learning activities in an active learning format due to the excessive teaching load or the number of courses they need to teach over a school year.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente a maior parte do processo de formação de engenheiros civis ainda acontece em salas de aula e laboratórios específicos das subáreas da engenharia civil. Por outro lado, nas últimas quatro décadas têm sido desenvolvidas e testadas várias metodologias de ensino-aprendizagem consideradas inovadoras. Estas metodologias possuem como principal enfoque o ensino-aprendizagem centrado no aluno sob a orientação de professores e tutores. Porém, o ambiente educacional brasileiro ao nível de ensino de engenharia civil ainda é muito tradicional e oferece resistência ao uso destes novos métodos de ensino-aprendizagem. Desta forma, promover mudanças neste ambiente, segundo Silva Junior *et al*. (2014) significa mudar procedimentos perpetuados por décadas de acomodação.

É preciso construir institucionalmente um processo de apoio e renovação das atividades de ensino-aprendizagem em engenharia e aperfeiçoar a formação de engenheiros. As demandas da sociedade, principalmente na área urbana, mudaram substancialmente nos últimos anos e as soluções requeridas precisam ser inclusivas e amparadas em conceitos de sustentabilidade ambiental. Além disso, as habilidades e competências requeridas dos engenheiros, na maioria das vezes, não são estimuladas pelos processos de ensino-aprendizagem tradicionais centrados na exposição oral do professor seguida de exercícios didáticos de fixação. Sendo assim, o objetivo desta pesquisa é analisar o uso de métodos de ensino-aprendizagem inovadores ou aprendizagem ativa entre professores que atuam em cursos de engenharia civil no Brasil.

2. ENSINO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA

O ensino de graduação em engenharia atualmente é regulamentado pelas diretrizes curriculares do Ministério da Educação (MEC), conforme a resolução CNE/CES 11, de 11 de

março de 2002. Estas diretrizes definem os procedimentos mínimos para a formação de engenheiros e foram estabelecidas pela Câmara de Educação Superior do Conselho Nacional de Educação. As diretrizes são usadas nacionalmente como guia para organizar, acompanhar e avaliar os cursos de engenharia das instituições de ensino superior no Brasil.

Os egressos dos cursos de engenharia, conforme as diretrizes curriculares devem possuir formação generalista, humanista, crítica e reflexiva. Além disso, devem estar capacitados a adquirir e desenvolver novas tecnologias e terem estimulados seu senso crítico e criatividade orientados para a identificação e resolução de problemas. Porém, a resolução dos problemas atuais da sociedade deve considerar aspectos gerais que envolvem questões políticas; econômicas; sociais; ambientais; culturais; visão ética e humanística.

Do ponto de vista da formação de engenheiros ressalta-se que os cursos de engenharia por meio dos processos de ensino-aprendizagem devem garantir o perfil desejado de seu egresso e o desenvolvimento das competências e habilidades esperadas para cada área da engenharia. Além disso, devem possuir reduzido tempo em sala de aula e favorecido o trabalho em grupos de estudantes. Esta recomendação das diretrizes curriculares do MEC pode ser perfeitamente atendida transferindo-se o foco do ensino centrado no professor para aquele que torna os estudantes responsáveis pela sua formação. Porém, mesmo depois de 15 anos da entrada em vigor das diretrizes curriculares do MEC, parece que os cursos de engenharia, inclusive engenharia civil, ainda possuem dificuldades em substituir parcialmente e principalmente integralmente métodos de ensino-aprendizagem passivos por métodos ativos.

2.1. Métodos de ensino-aprendizagem

A formação de engenheiros que tem como base o ensino-aprendizagem focado apenas no professor (o estudante é considerado um mero receptor de informações) deveria ser substituída ou complementada por métodos voltados a atuação ativa do estudante. Neste processo de formação o aluno passaria a ter maior responsabilidade na sua formação de engenheiro. Além disso, os métodos centrados na atuação do estudante podem contribuir para o desenvolvimento de habilidades para atuar em equipes interdisciplinares e adquirir habilidades de liderança.

Segundo Silvestre *et al*. (2010) o desafio é implantar métodos dinâmicos de construção de conhecimento e que estes métodos possam aproximar o estudante da realidade em que irá atuar como engenheiro. Desta forma, as aulas expositivas, que são centradas apenas na preleção do professor, deveriam ser substituídas ou combinadas com metodologias de ensino-aprendizagem consideradas ativas, que são direcionadas à atuação do aluno, sob a orientação do professor e/ou tutor.

Conforme ressaltam Cardoso e Silva Lima (2011) várias abordagens de ensino-aprendizagem consideradas inovadoras têm sido avaliadas nos últimos anos e submetidas à comparação com o ensino-aprendizagem tradicional. Ainda segundo estes autores, o importante é encontrar formas de aproveitar melhor o tempo disponível à formação dos alunos de engenharia. Além disso, devem ser criadas condições de transmitir conhecimentos, habilidades e até mesmo atitudes necessárias. Com base no exposto até o momento pode-se observar que planejar o processo de ensino-aprendizagem é muito importante para melhorar o uso do tempo em aula e gerar melhor formação.

2.1.1. Planejamento do processo de ensino-aprendizagem

O planejamento do processo de ensino aprendizagem deve ser encarado como algo dinâmico e que pode ocorrer ao longo do ano letivo. Porém, podem existir etapas anteriores ao inicio das aulas letivas, ao longo das aulas letivas e após o término do ano letivo para que sejam feitos ajustes para anos posteriores. Segundo Libâneo (2009) o planejamento inicia com a análise dos conteúdos. A partir da análise dos conteúdos pode-se estabelecer o nuclear que expressa o essencial do tema a ser estudado. Ainda segundo Libâneo (2009) este núcleo também se caracteriza pela relação que existe entre os vários elementos que constituem um determinado objeto de estudo.

2.1.2. Ensino-aprendizagem passiva e ativa

O ensino de engenharia precisa se modernizar e adotar formas mais atuais para a formação de profissionais que irão atuar em um contexto muito diferente daquele da época em que foram implantados os primeiros cursos de engenharia no Brasil. Segundo Escrivão Filho e Ribeiro (2009) os projetos pedagógicos dos cursos de engenharia ainda são exclusivamente tradicionais e não existe integração entre os componentes curriculares e relação entre teoria e prática.

O processo de ensino-aprendizagem tradicional compreende basicamente o uso intensivo de aulas expositivas por meio do quadro de giz, transparências ou projetor multimídia. Além disso, são realizadas resoluções de exercícios, os trabalhos são realizados individualmente ou em equipe e a avaliação é realizada apenas por provas. No método considerado tradicional o foco do processo de ensino-aprendizagem está na atuação do professor (Silva Junior, 2014).

O processo de ensino-aprendizagem tradicional basicamente está associado à memorização. Geralmente envolve a preleção de conteúdos e experiências práticas para manter a atenção do aluno (Anastasiou, 1998). Este método existe deste os primórdios da humanidade e os conteúdos e métodos de ensino passaram a ser desvinculados da prática cotidiana e tornaram-se relativamente abstratos (Haper *et al.*, 1987). Desta forma, este processo se caracteriza principalmente pelas exposições ou preleções do professor, que é o centro do processo. A principal estratégia deste processo é a aula expositiva tradicional.

Com o advento dos métodos considerados inovadores de ensino-aprendizagem começaram a surgir iniciativas para modernizar o processo de formação de engenheiros no Brasil. Os métodos de ensino-aprendizagem considerados ativos apesar de serem relativamente diferentes da aula puramente expositiva, podem ter exposições orais, mas apenas como uma parte do processo e não a principal parte.

Sendo assim, a aprendizagem ativa pode ser considerada aquela em que o professor usa breves aulas expositivas, apresenta contextos de problematização ou resolução de problemas, todos os trabalhos são realizados em equipes, a avaliação pode ser feita por meio de provas, pelos pares e por meio de seminários de apresentações dos resultados dos trabalhos em equipe. Na aprendizagem ativa o foco do processo de ensino-aprendizagem está direcionado ao aluno, sob a orientação do professor e/ou tutor. Sendo assim, podem ser citados como exemplos de métodos de ensino-aprendizagem ativos: aprendizagem baseada em problemas (do inglês *PBL-Problem Based Learning*); metodologia da problematização conforme Berbel (1998); P_3BL - *Problem, Project and Practice Based Learning*; avaliação pelos pares; aprendizagem baseada em pesquisa; *team based learning* etc. podem ser perfeitamente

adaptados para diversos tipos de aulas e cursos de engenharia.

Segundo Bergamo (2010) a aula expositiva tradicional pode ser redescoberta e reelaborada ou transformada desde que o professor tenha tempo para dinamizar suas atividades de ensino. Porém, segundo Silva Junior (2014) as atividades de pesquisa em algumas instituições de ensino superior podem consumir a maior parte do trabalho docente, principalmente nas instituições públicas. As políticas educacionais e de apoio à pesquisa têm feito que professores concentrem seus esforços na produção de trabalhos científicos. A produção científica é com certeza o pilar do desenvolvimento de uma nação e deve ser fomentada. Porém, muitos docentes e estudantes têm deixado as atividades de ensino-aprendizagem em segundo plano, e isto pode gerar uma série de problemas para a formação profissional de engenheiros (Silva Junior, 2014).

3. MÉTODO DE PESQUISA

A amostra de entrevistados foi obtida com base na rede de cursos de engenharia das diversas regiões do Brasil. O público alvo era os docentes dos cursos de engenharia civil, porém alguns desses docentes também informaram que atuavam em outros cursos de engenharia, tais como: engenharia ambiental, mecânica, elétrica e produção. O formulário de pesquisa foi elaborado por meio da ferramenta *Google Formulários*, continha 14 perguntas e era composto de três partes: *i*) informações relativas ao formato das aulas; *ii*) perfil profissional; e *iii*) perfil sociodemográfico. Ele foi encaminhado a uma amostra de 100 docentes de cursos de graduação em engenharia civil.

Na primeira parte do questionário *online* o respondente foi esclarecido sobre o objetivo do formulário e os métodos de ensino-aprendizagem considerados nesta pesquisa. Os métodos de ensino-aprendizagem considerados neste estudo foram os chamados tradicionais e inovadores. Os métodos tradicionais foram definidos como aqueles que estão mais alinhados ao chamado *passive learning*, ou aprendizagem passiva. Os métodos inovadores estão mais alinhados ao *active learning*, ou aprendizagem ativa.

Desta forma, a parte inicial do questionário apresentava um conjunto de instruções sobre como identificar se o formato usado pelo respondente estava mais alinhado com aprendizagem passiva ou ativa, conforme foi apresentado no início do formulário: *i*) método tradicional - é aquele em que o professor faz uso intensivo de aulas expositivas apresentadas no quadro de giz, transparências ou por meio de projetor multimídia, usa também exemplos em classe, resolução de exercícios, trabalhos individuais ou em equipe e avaliação somente por provas, o foco do processo de ensino-aprendizagem está na atuação do professor; e *ii*) aprendizagem ativa - é aquele em que o professor usa breves aulas expositivas, apresentação de contextos para problematização ou resolução de problemas, trabalhos somente em equipes, avaliação por provas, avaliação pelos pares e por meio da apresentação de seminários dos resultados dos trabalhos em equipe, o foco do processo de ensino-aprendizagem está direcionado à atuação do aluno, sob a orientação do professor e/ou tutores.

Na segunda parte do formulário *online* os entrevistados foram perguntados sobre sua atuação profissional, conforme segue: tempo de magistério; regime de trabalho; quantidade de horas semanais dedicadas às atividades de ensino; tipo de instituição que atua (pública e/ou privada); curso de graduação em que atua; formação; titulação; e se na instituição que atuava na época da pesquisa havia fomento para práticas de ensino-aprendizagem consideradas

inovadoras. As respostas a estas perguntas permitiram identificar o perfil profissional da amostra de entrevistados. Na última parte do questionário foi possível conhecer o perfil sociodemográfico dos respondentes. Duas perguntas identificaram o sexo e a região do Brasil que o respondente atuava na época da pesquisa.

Ao final de 24 meses do inicio da distribuição dos questionários apenas 34 formulários tinham suas respostas completas e estas puderam ser usadas nas análises deste estudo. A partir destas respostas foram feitas análises para identificar o formato predominante das aulas de graduação, considerando métodos de ensino-aprendizagem tradicional ou inovador. Também foi possível identificar o perfil profissional e sociodemográfico dos respondentes.

O cruzamento de algumas informações também permitiu gerar pelo menos uma evidência sobre o que pode dificultar o uso de métodos de ensino-aprendizagem considerados ativos. O cruzamento de informações envolveu o tempo dedicado às atividades de ensino ao longo do ano letivo, o percentual de carga horária dedicada a cada método de ensino-aprendizagem considerado nesta pesquisa e a existência de práticas de fomento ao uso de métodos inovadores por parte da instituição de ensino.

4. RESULTADOS

O perfil profissional e sociodemográfico dos entrevistados estão apresentados na Tabela 1. O perfil profissional dos entrevistados indica que 88% possuem pelos menos cinco anos de experiência docente, 85% atuam em instituições públicas (federais ou estaduais) e 73% trabalham 40 horas em regime de dedicação exclusiva (DE). Com relação ao perfil sociodemográfico, existem entrevistados das cinco regiões do país, sendo que a maioria dos respondentes atua na região sul. A maioria é do sexo masculino, atua em cursos de graduação em engenharia civil (62%) e tem formação de engenheiro civil (71%).

Tabela 1: Perfis profissional e sociodemográfico

Perfil profissional	Tempo de docência (anos)					Tipo de instituição			Regime de trabalho semanal		
	< 4	5 a 10	11 a 20	21 a 30	> 30	Pública	Privada	Pública e Privada	40 h	40h DE	Outro
	12%	21%	40%	21%	6%	85%	9%	6%	15%	73%	12%

Perfil sociodemográfico	**Região do país**					**Sexo**	
	N	NE	CO	SE	S	Masculino	Feminino
	6%	3%	12%	15%	65%	76%	24%

Legenda:
Sigla das regiões brasileiras: N - Norte; NE - Nordeste; CO - Centro-Oeste; SE - Sudeste; S - Sul.
Regime de trabalho: DE - Dedicação exclusiva; Outro - menos de 40 horas semanais e sem DE.

4.1. Abordagens de ensino-aprendizagem da amostra de entrevistados

Nesta seção serão apresentados os formatos de ensino-aprendizagem adotados pelos entrevistados que participaram deste estudo. Conforme já mencionado no item 3 (método de pesquisa) os docentes entrevistados tiveram uma breve explicação sobre o que seria considerado aprendizagem passiva e ativa neste estudo. A seguir são apresentados os resultados com base nas respostas sobre o percentual de horas que dedicavam ao ensino de

graduação, percentual da carga horária das disciplinas em formato de aprendizagem passiva e/ou ativa, se havia algum tipo de prática na instituição para fomentar métodos de ensino-aprendizagem considerados ativos e quantidade de entrevistados que revelou já ter usado algum método de ensino-aprendizado inovador.

Os entrevistados estimaram a distribuição da carga horária semanal conforme os seguintes itens apresentados no formulário *online*: ensino; pesquisa; extensão e administração. Na Figura 1 pode-se observar que 70,6% dos entrevistados dedicam pelo menos metade das horas semanais ao ensino de graduação em engenharia. Isto representaria pelo menos 20 horas semanais dedicadas ao ensino. Não estão incluídas nesta carga horária as horas dedicas ao ensino de pós-graduação *lato* e *stricto sensu*.

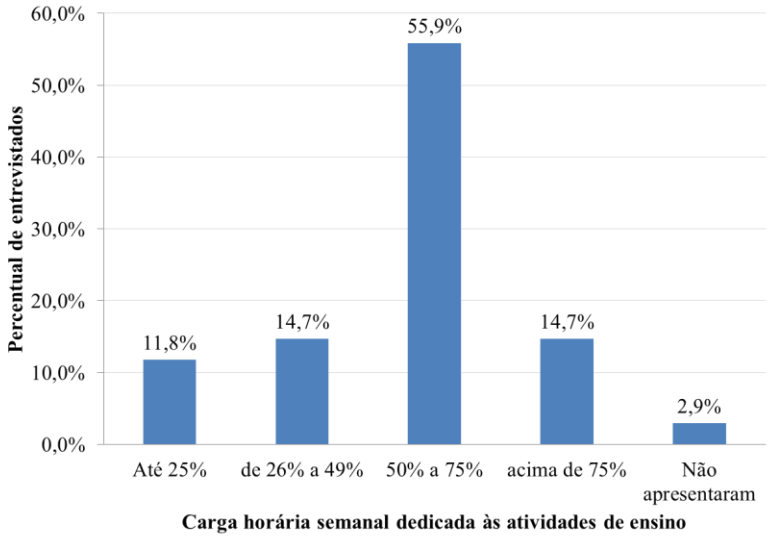


Figura 1: Carga horária semanal dedica às atividades de ensino de engenharia pelos entrevistados da amostra

Com base nos critérios apresentados no formulário *online* para diferenciar aprendizagem passiva de aprendizagem ativa, os entrevistados foram solicitados a estimar o percentual de carga horária das disciplinas que era em formato tradicional e/ou aprendizagem ativa. Na Figura 2 tem-se que 76,6% dos entrevistados utilizam pelo menos 60% da carga horária das disciplinas em formato de aprendizagem passiva ou tradicional. Por outro lado, apenas 5,8% dos entrevistados dedicam pelo menos 60% da carga horária em métodos considerados de aprendizagem ativa. Vale ressaltar que existe um percentual de 17,6% dos entrevistados que dividem a disciplina em metade no formato tradicional e metade no formato de aprendizagem ativa.

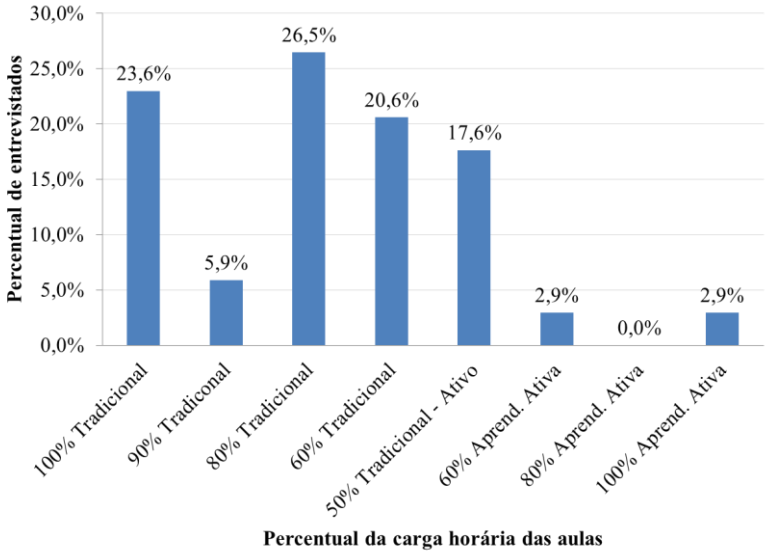


Figura 2: Percentual de carga horária das aulas que os entrevistados dedicam conforme o método de ensino-aprendizagem

O apoio institucional para auxiliar os docentes na aplicação de métodos de aprendizagem ativa também foi investigado junto aos participantes da amostra de estudo. De acordo com a Figura 3 tem-se que 50% da amostra revelou haver fomento para incentivar o uso de método de aprendizagem ativa nas instituições que atuam. Por outro lado, a outra metade indicou não haver ou desconhecer a existência de incentivos.

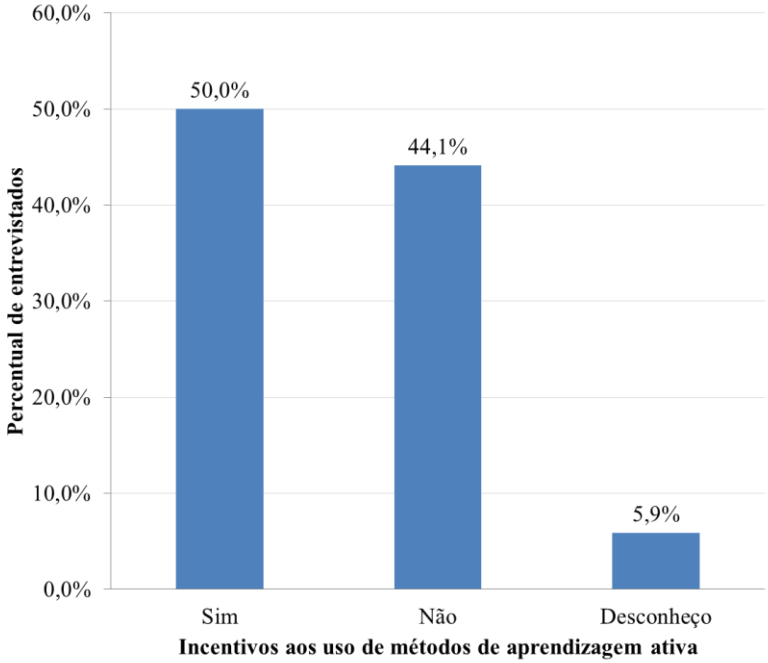


Figura 3: Percentual de entrevistados conforme a existência ou não medidas de incentivo aos métodos de ensino-aprendizagem considerados ativos

Na Figura 4 observa-se que a maioria dos entrevistados em algum momento, até a data desta pesquisa, já havia utilizado algum dos métodos de aprendizagem ativa apresentados no

formulário *online* de pesquisa. Observa-se que apenas cinco dos respondentes indicaram que não utilizam e nem utilizaram nenhum dos métodos de aprendizagem ativa apresentados no questionário de pesquisa. Desta forma, pode-se dizer que os métodos de aprendizagem ativa são conhecidos pelos respondentes para o caso específico deste estudo. Porém, a carga horária das disciplinas dedicada ao formato de ensino-aprendizagem inovador é relativamente pequena. Ainda conforme a Figura 4, dos cinco entrevistados que declararam não ter utilizado nenhum dos métodos considerados inovadores, apenas três indicaram não haver fomento nas suas instituições.

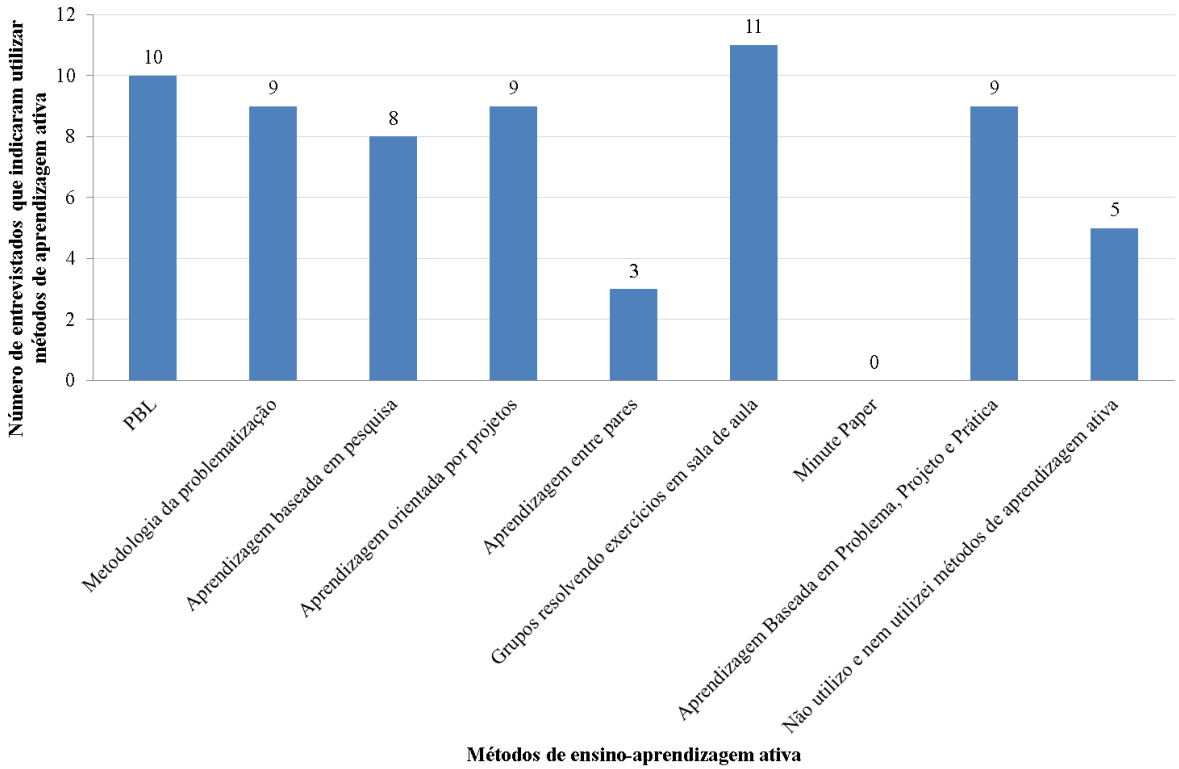


Figura 4: Quantidade de entrevistados que indicou usar ou ter usado aprendizagem ativa

Ao relacionar entre si os dados apresentados, pode-se evidenciar que dos 34 entrevistados 24 dedicam pelos menos 50% da carga horária às atividades de ensino, conforme a Figura 1. Sendo que 10 entrevistados dedicam menos de 50% da carga horária às atividades de ensino. Além disso, do total de entrevistados tem-se que 26 dedicam pelo menos 60% da carga horária das aulas ao formato tradicional, segundo a Figura 2. Os demais entrevistados, neste caso 8, dedicam a partir de 50% da carga horária das aulas ao formato de aprendizagem ativa. Isto pode sugerir que aqueles entrevistados que dedicam maior carga horária às atividades de ensino ao longo do ano letivo podem possuir maior dificuldade em gerenciar atividades em formato de aprendizagem ativa. Vale ressaltar que dois entrevistados indicaram que no momento do preenchimento do formulário *online*, que eles estavam desenvolvendo somente atividades de pesquisa e administração institucional.

A literatura sobre métodos de ensino-aprendizagem ativos geralmente apresenta algumas dificuldades que os docentes podem ter para administrar disciplinas neste formato. Uma dessas dificuldades está relacionada ao fato que atividades no formato de aprendizagem ativa exigem maior planejamento e tempo de preparo e execução ao longo do ano letivo.

Com base nas respostas a uma pergunta aberta que constava do formulário *online*, dos 34 entrevistados 14 apresentaram comentários. Estes entrevistados fizeram menção a três fatos: *i*) dificuldades em gerenciar aulas em formato de aprendizagem ativa devido à quantidade de disciplinas ao longo do ano letivo; *ii*) elevada carga horária em sala de aula; e *iii*) resistência dos alunos às aulas em formato de aprendizagem ativa.

O percentual de carga horária dedicada a cada método de ensino-aprendizagem e a existência de práticas de fomento ao uso de métodos inovadores por parte da instituição de ensino foi um aspecto que pode ser perguntado aos entrevistados. Foi possível evidenciar que dentre aqueles que declararam haver fomento para incentivar práticas de ensino-aprendizagem ativas na instituição que atuava, conforme as Figuras 2 e 3, apenas 24% utilizam pelo menos 50% da carga horária em métodos de aprendizagem ativa. Isto pode evidenciar falhas no processo de incentivo ao uso destes métodos. Estas falhas podem estar relacionadas ao projeto pedagógico do curso e à falta de acompanhamento efetivo das atividades docentes e discentes por parte da coordenação do curso e/ou Núcleo Docente Estruturante (NDE). Um acompanhamento mais efetivo poderia auxiliar tanto professores quanto alunos a trabalharem com os métodos de ensino-aprendizagem considerados ativos e a entender e solucionar dificuldades no cenário de sala aula.

5. CONCLUSÕES

A maioria dos entrevistados atua em instituição pública federal ou estadual, em regime de dedicação exclusiva, possui pelos menos cinco anos de experiência como docente do ensino superior e tem a maior parte da sua carga horária semanal dedicada às atividades de ensino. Para o caso específico desta pesquisa, fica evidente que a elevada carga horária dedicada ao ensino de muitas disciplinas cria dificuldades para ministrar atividades de ensino-aprendizagem ativas ou inovadoras.

Os entrevistados desenvolvem a maior parte da carga horária das disciplinas por meio de métodos de ensino-aprendizagem considerados tradicionais. Em termos percentuais tem-se que 76% dos entrevistados dedicam pelo menos 60% da carga horária das disciplinas a métodos considerados tradicionais. Por outro lado, pode-se afirmar que a predominância dos métodos tradicionais nas aulas de engenharia pode estar relacionada ao excesso de carga horária dedicada ao ensino e/ou combinação de atividades de ensino, pesquisa, extensão e administração ao longo da semana e do ano letivo.

Em função do percentual de entrevistados que disse usar métodos de aprendizagem ativa e também revelou existir apoio institucional ao uso desses métodos, percebe-se que existem dificuldades tanto por parte de docentes quanto de discente para gerenciar o uso de métodos de aprendizagem ativa. Desta forma, pode-se sugerir que existem dificuldades institucionais ao nível de docentes e discentes, coordenações pedagógicas e até mesmo falhas do projeto de curso. Sendo assim, em função dos dados apresentados, e para caso específico deste estudo, parece haver necessidade de se desenvolver mecanismos institucionais mais efetivos para motivar e acompanhar o uso de métodos de ensino-aprendizagem inovadores em cursos de engenharia.

Agradecimentos
Os autores agradecem aos professores que responderam o formulário *online* de pesquisa e a Universidade Estadual de Londrina (UEL) que forneceu a infraestrutura necessária para a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Berbel, N. A. N (1998) A Problematização e a Aprendizagem Baseada em Problemas: Diferentes Termos ou Diferentes Caminhos? Interface - Comunicação, Saúde, Educação. v. 2, n. 2, p. 139-154.

Bergamo, M (2010) O Uso de Metodologias Diferenciadas em Sala de Aula: Uma Experiência no Ensino Superior. Revista Interdisciplinar Eletrônica das Faculdades Unidas do Vale do Araguaia. v. 2, n. 4. Artigo acessado em 04/2013. Disponível em: http://revista.univar.edu.br/read.php?doc=downloads/metodologiasdiferenciadas.pdf.

Cardoso, I. M. e R. da Silva Lima (2011). Métodos Ativos de Aprendizagem: O Uso do Aprendizado Baseado em Problemas no Ensino de Logística e Transportes. Transportes. v. 20, n. 3, p. 79-88. DOI:10.4237/transportes.v20i3.561.

Escrivão Filho, E. e L. R. Camargo Ribeiro (2009) Aprendendo com PBL - AprendizagemBaseada em Problemas: Relato de uma experiência em cursos de engenharia da EESC-USP. Minerva: Pesquisa e Tecnologia. v. 6, no 1, pp 23-30.

Harper, B.; C. Ceccon; M. Darcy de Oliveira; R. Darcia de Oliveira (1987) Cuidado Escola! Desigualdade Domesticação e Algumas Saídas. Editora Brasiliense, 24ª Ed. São Paulo.

Libâneo, J. C. (2009) Conteúdos, Formação de Competências Cognitivas e Ensino com Pesquisa: Unindo Ensino e Modos de Investigação. Cadernos de Pedagogia Universitária, n. 11. Universidade de São Paulo, Pró-Reitoria de Graduação, Faculdade de Educação.

MEC-MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO - BRASIL (2002) Diretrizes Curriculares Nacionais para os Cursos de Graduação em Engenharia - Resolução CNE/CES 11/2002. Ministério da Educação - Conselho Nacional de Educação, Brasília, DF.

Prado da Silva Junior, C. A.; H. B. Fontenele e A. N. Rodrigues da Silva (2014) Transportation Engineering Education for Undergraduate Students: Competencies, Skills, Teaching-Learning, and Evaluation. Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice, v. 1, p. 05014006-05014006-9.

Silva Junior, C. A. P. (2014) Engenharia de Transportes no Ensino de Graduação: Competências, Habilidades, Processo de Ensino-Aprendizagem e Avaliação. Tese (Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos-USP. São Carlos.

Silvestre, V; A. Schunemann; A. Ordoñez; e J. C. VAZ (2010) PBL e Agenda 21 - Problemas Socioambientais na Graduação de Gestão de Políticas Públicas para Sustentabilidade. Proceedings of the PBL 2010 International Conference - Problem-Based Learning and Active Learning Methodologies, São Paulo - SP (em CD-ROM). São Paulo: University of São Paulo/Pan-American Network of Problem-Based Learning.

Carlos Alberto Prado da Silva Junior (cprado@uel.br)
Heliana Barbosa Fontenele (heliana@uel.br)
Universidade Estadual de Londrina, Centro de Tecnologia e Urbanismo, Departamento de Construção Civil
Rodovia Celso Garcia Cid - Campus Universitário - Londrina, PR, Brasil

FATORES ESTRESSORES NO AMBIENTE DE TRABALHO: UM ESTUDO EM UMA EMPRESA DO SISTEMA BRT-RIO

Gilean Teixeira da Rocha
Faculdade de Administração e Ciências Contábeis – FACC
Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ
Camila Avosani Zago
Faculdade de Administração e Ciências Contábeis – FACC
Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ

RESUMO
Este estudo parte do seguinte questionamento de pesquisa: Quais são os estressores das condições e organizações do trabalho que influenciam no desempenho e na qualidade de vida de um grupo de motoristas de uma empresa do BRT do Rio de Janeiro? Para tanto, esta pesquisa tem por objetivo elencar estes fatores estressores. Como instrumentos metodológicos foram utilizados a pesquisa bibliográfica e o estudo de caso em uma empresa pertencente ao sistema BRT do Rio de Janeiro, na qual foram aplicados 28 questionários *in loco* aos motoristas de acordo com a oportunidade. Os dados coletados foram tabulados e analisados a partir do *software Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS) versão 21. Como resultados foram encontrados, entre outros fatores estressores, as condições da via e o vandalismo que são fatores também presentes nos sistemas convencionais de ônibus urbanos.

ABSTRACT
This study is based on the following research question: What are the stressors of work conditions and organizations that influence the performance and quality of life of a group of drivers from a BRT company in Rio de Janeiro? In order to do so, this research aims to list these stressors factors. As methodological instruments, the bibliographic research and the case study were used in a company belonging to the BRT system of Rio de Janeiro, in which 28 questionnaires were applied in loco to the drivers according to the opportunity. The data collected were tabulated and analyzed from the Statistical Package for Social Sciences (SPSS) software version 21. As results were found, among other stressors factors, road conditions and the vandalism that they are factors that are also present in conventional urban bus systems.

1. INTRODUÇÃO

Os ônibus articulados começaram a ser testados nos Estados Unidos no transporte entre cidades depois do término do confronto militar. O ônibus articulado pode ser definido como: "um ônibus extenso com duas carrocerias unidas por uma articulação que permite ao veículo uma movimentação horizontal da parte traseira em relação à dianteira, facilitando sua operação nas curvas" (VUCHIC, 1981 apud PAMPLONA, 2000, paginação irregular).

No município do Rio de Janeiro, de acordo com dados do Departamento de Trânsito do Estado do Rio de Janeiro (DETRAN/RJ, 2017), a frota de automóveis cresceu 33,6% entre dezembro de 2007 e dezembro de 2016, o que tem ocasionado inúmeros engarrafamentos em diversas regiões da cidade, inclusive fora do horário de pico, o que mostra o papel do transporte público e como o BRT veio se somar aos demais modais. Segundo dados do Rio Ônibus (2016), até o segundo trimestre de 2016, foi constatada uma média de 105.982.428 passageiros/mês circulando pela cidade por ônibus convencionais e BRT, o que já denota a relevância da categoria para a mobilidade dos cidadãos.

Outro aspecto a se observar é que o corredor BRT TransOeste, o primeiro a ser inaugurado na cidade do Rio de Janeiro, já foi criado com uma previsão de demanda abaixo da realidade para atender a Zona Oeste, ou seja, a superlotação também tem feito parte deste sistema (ZUAZO, 2015). Percebe-se que o planejamento para os ônibus articulados não atendeu à quantidade de passageiros trazida pelas linhas alimentadoras.

Com isso e com a evolução dos meios de transporte, os grandes deslocamentos de pessoas e o aprofundamento dos estudos referentes a estresse, verificou-se que passageiros e motoristas estavam sendo afetados por diversos fatores estressores relacionados a aspectos específicos das viagens, como trânsito, convivência com pessoas estranhas, tempo de trajeto, entre outros, e a organização da circulação de ônibus por meio do sistema BRT pode ter surgido para resolver alguns desses problemas.

Dessa forma, o tema deste estudo consiste nos estressores inerentes ao ambiente de trabalho sob a perspectiva de um grupo de motoristas de ônibus articulados em corredores BRT. O problema de pesquisa investigado é: *Quais são os estressores das condições e organizações do trabalho que influenciam no desempenho e na qualidade de vida de um grupo de motoristas de uma empresa do BRT do Rio de Janeiro?* Para tanto, esta pesquisa tem por objetivo elencar os fatores estressores que influenciam no desempenho e qualidade de vida de um grupo de motoristas de ônibus articulados de uma empresa atuante no sistema BRT do Rio de Janeiro.

Por ser uma classe numerosa no estado do Rio de Janeiro, este estudo enfoca os motoristas de uma empresa de ônibus que está inserida no sistema BRT – modal implantado na cidade do Rio de Janeiro em 2012. A construção dos corredores de ônibus foi priorizada para atender aos Jogos Olímpicos realizados em 2016 (MAGALHÃES; LIMA; ZOBARAN, 2010).

Em diálogo com Gabriel Tenenbaum de Oliveira, Mestre em Engenharia de Transportes pelo Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa em Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (COPPE/UFRJ) e Coordenador de Transporte Público no Instituto de Políticas de Transporte e Desenvolvimento (ITDP) ocorrido em 2015, foi salientado a necessidade de se estudar os estressores que afetam os motoristas do BRT, por ser um sistema novo na cidade e devido às características de operação diferentes de linhas urbanas convencionais. Sem contar que foi selecionado um grupo de motoristas que saiu de linhas comuns para dirigir estes veículos, os quais, tiveram treinamento diferenciado dos demais motoristas de ônibus desta cidade (PREFEITURA DO RIO DE JANEIRO, 2014a).

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 BRT

O termo BRT foi utilizado pela primeira vez em 1966 em um estudo realizado para *American Automobile Association* por Wilbur Smith and Associates (NIKITAS; KARLSSON, 2015). Porém, ele só começou a ser empregado a partir da década de 1990, iniciando na América do Norte, e fez a troca de antigas expressões como *"express buses"*, *"busways"* e "*Bus à Haut Niveau de Service* (BHNS)" (JAIME LERNER ARQUITETOS ASSOCIADOS, 2009).

O idealizador do sistema define BRT como: "um termo utilizado para sistemas de transporte urbano com ônibus, onde melhorias significativas de infraestrutura, veículos e medidas operacionais resultam em uma qualidade de serviço mais atrativa" (JAIME LERNER ARQUITETOS ASSOCIADOS, 2009, p. 14). O sistema BRT, além de contar com estações e terminais construídos com plataformas no mesmo nível do piso dos veículos, também conta com via exclusiva de circulação, prioridade em cruzamentos semafóricos, flexibilidade de trajetos e capilaridade de rede através de linhas alimentadoras (OLIVEIRA; ROSA, 2013).

O sistema BRT está presente em mais de 70 cidades (HIDALGO; CARRIGAN, 2010), entre elas Curitiba e Rio de Janeiro (Brasil), Bogotá (Colômbia), Chicago (EUA), Cidade do México, Guadalajara e Leon (México); Istambul (Turquia); Ahmedabad (Índia); Los Angeles (Estados Unidos); Santiago (Chile); Xangai (China); Guayaquil e Quito (Equador) (ANDRADE, 2011).

Pereira et al (2013) listam alguns fatores que interferem no projeto e na operação de um sistema BRT encontrados em fontes de outros autores, conforme indicado a seguir na Tabela 1. Santos (2015) acrescenta que as vias de rolamento do sistema devem ter boa conservação para garantir o funcionamento normal dele.

Tabela 1 – Elementos que influenciam o desempenho de um sistema BRT

Elemento	*Possível influência no desempenho*	*Fonte*
Ultrapassagem	A ultrapassagem permite a operação de serviços diferenciados: locais, acelerados e expressos. Resulta em maior velocidade operacional e capacidade.	Gardner *et al.* (1991)
Ciclo semafórico e coordenação entre semáforos	Redução do atraso nas interseções, aumento na confiabilidade do sistema e aumento da velocidade operacional.	Gardner et al. (1991); Janos e Furth (2002)
Distância entre estações	Quanto maior a distância entre estações, menor o tempo perdido com a aceleração e desaceleração dos veículos e maior a velocidade operacional do BRT. A distância média ideal entre estações de sistemas de ônibus é de 400 metros, não devendo ser maior do que 800 metros.	Furth e Rahbee (2000); Kittelson & Associates, Inc *et al.* (2003); Farewell e Marx apud Ceder (2007)
Posicionamento da estação em relação à interseção	Interfere no perfil de acelerações e velocidades do corredor e no instante ideal para deixar a estação.	Mercedes-Benz do Brasil (1987); Wright e Hook (2007)
Interface do veículo com a plataforma	A relação entre o veículo e a plataforma (diferença de nível, tempo de abertura de portas e docagem) influencia no tempo de embarque e desembarque por passageiro e, assim, na velocidade operacional do BRT.	Vuchic (2007)
Tamanho do veículo	Influi no dimensionamento e layout das estações, nas frequências, no número de canais e na dirigibilidade. Em sistemas que almejam capacidades elevadas ocorre uma tendência pelo uso de veículos articulados e biarticulados.	Wright e Hook (2007); Ceder (2007)
Número de baias por estação	O número de baias influencia na capacidade da estação e na saturação das plataformas.	Wright e Hook (2007)
Fator de carregamento dos veículos	Indica a relação entre a capacidade prática do veículo e a lotação máxima. Quanto menor o fator, maior a frota necessária.	Vuchic (2007)
Headway	Quanto menor o *headway* (1/frequência), menor é o tempo de espera dos passageiros nas estações.	Vuchic (2007)
Comboios	Permitem que ônibus acelerem e desacelerem quase que simultaneamente. Podem aumentar tanto a capacidade quanto a velocidade operacional de um corredor de ônibus.	Gardner *et al.* (1991)

Fonte: Pereira et al (2013, p. 7).

Com relação ao projeto do BRT na cidade do Rio de Janeiro, a ideia de implantação não é muito recente. O corredor TransCarioca, por exemplo, foi criado aproveitando um plano urbanístico de 1965, também conhecido por Plano Doxiadis ou Policromático, que previa a abertura de vias expressas. A Linha Azul prevista nesta proposta é parte do trajeto do corredor, que passou a se chamar T5 (PREFEITURA DO RIO DE JANEIRO, 2014b).

Porém, de acordo com Mello (2007), em 1990, o Governo do Estado tinha intenção de implantar a Linha 6 do Metrô que faria o trajeto do Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro

(Galeão) até o Terminal Alvorada, na Barra da Tijuca. Esta possui o mesmo desenho do corredor TransCarioca com algumas pequenas alterações. Outro corredor que possuía projeto praticamente pronto é a TransOlímpica. Romero (2011) afirma que esta via corresponde a "Ligação C" no Plano Diretor de Transporte Urbano (PDTU) da Região Metropolitana do Rio de Janeiro elaborado pelo Governo do Estado em 2005. Quanto ao corredor TransOeste, a ligação entre os bairros de Santa Cruz, Campo Grande e Barra da Tijuca pela antiga Estrada Rio-Santos (BR-101) já existia e era realizada principalmente por três linhas de ônibus (853, 854 e 882) de forma muito desconfortável, o que ocasionou o surgimento da oportunidade de implantar o sistema na região (PEREIRA, 2015).

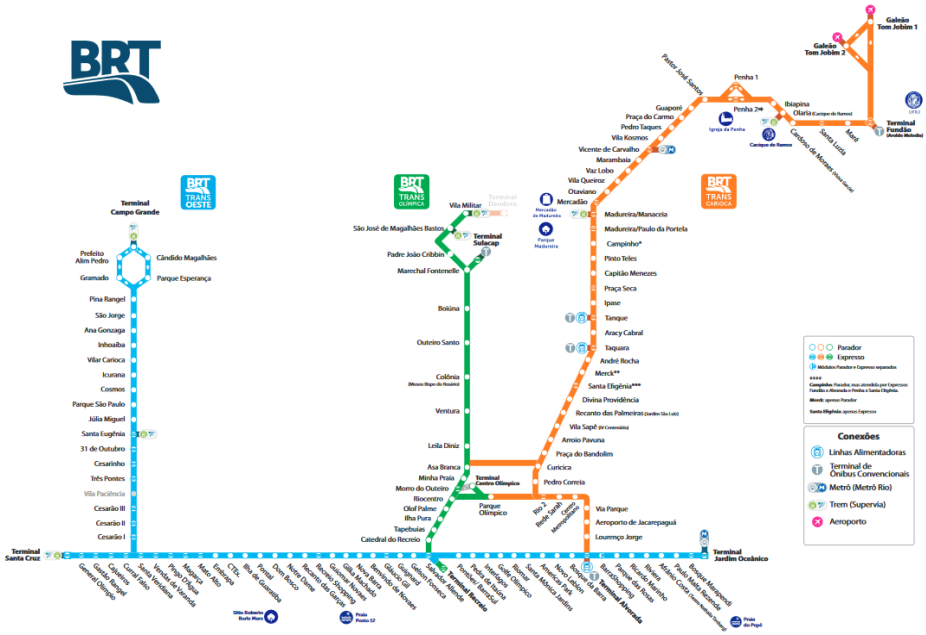
Mesmo diante dos fatos apresentados, o sistema BRT na cidade do Rio de Janeiro somente começou a ser construído em 2009 por meio das desapropriações para as obras do corredor TransCarioca e o que motivou a implantação foi a escolha da capital fluminense para sediar alguns jogos da Copa do Mundo de Futebol de 2014 e as Olimpíadas e Paralimpíadas de 2016 (CARUSO, 2015). Em 2016, a cidade do Rio de Janeiro possuía 125 quilômetros de vias segregadas em seus 3 corredores de BRT (TransCarioca, TransOeste e TransOlímpica), transportando cerca de 450 mil pessoas por dia com funcionamento 24 horas (BRT RIO, 2017). A seguir, a Tabela 2 mostra mais informações sobre os eixos de transporte e a Figura 1 apresenta o mapa do sistema no município.

Tabela 2 – Informações gerais dos três corredores de BRT do Rio de Janeiro

Corredores	Inauguração	Ligação	Extensão	Estações	Quantidade de Passageiros/dia
TransOeste	2012	Santa Cruz/Campo Grande x Jardim Oceânico	60 km	62	216.000
TransCarioca	2014	Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro x Terminal Alvorada	39 km	45	234.000
TransOlímpica	2016	Vila Militar x Recreio dos Bandeirantes	26 km	18	70.000

Fonte: Elaborado a partir de BRT RIO (2017a).

Figura 1 – Mapa do Sistema BRT do Rio de Janeiro



Fonte: BRT RIO (2017b)

Por possuir um custo baixo e rapidez de implantação, o sistema BRT tem se apresentado como uma alternativa viável para diversas cidades do mundo que estão procurando formas de aumentar a sua rede de transportes públicos em comparação com os tradicionais meios de transporte sobre trilhos. Boa parte do sucesso do BRT se deve a organização do sistema como um todo que é semelhante ao arranjo do transporte ferroviário.

No entanto, apesar da operação do sistema ser semelhante a dos trens, o estresse envolvido na profissão de motorista de BRT pode ser diferente de outros condutores, visto que o relacionamento com o passageiro tende a ser reduzido devido às especificidades da atividade nos corredores, por exemplo.

2.2 ESTRESSE E FATORES ESTRESSORES NO TRABALHO

Selye (1976), após estudar o tema por mais de 40 anos, cria o conceito relacionado a estresse e a fatores estressores: "O estresse é a resposta não específica do corpo a qualquer demanda. Um estressor é um agente que produz estresse a qualquer momento" (SELYE, 1976, p. 53, tradução livre). Baker e Karasek (2000 apud FRANÇA; RODRIGUES, 2009, p. 72) analisam o estresse no trabalho e o conceituam como "as respostas físicas e emocionais prejudiciais que ocorrem quando exigências do trabalho não estão em equilíbrio com as capacidades, recursos ou necessidades do trabalhador".

Dejours (2007 apud LIMA, 2015) acrescenta que outros fatores, como as condições e o tipo de trabalho, influenciam na vida dos trabalhadores e, por isso, podem gerar estresse, desconforto e sofrimento. Este mesmo autor também declara que, até nas atividades laborais mais felizes, existe a presença de estresse (DEJOURS, 2007 apud VASCONCELOS et al, 2009). Por mais que o estresse possa causar modificações em vários aspectos da vida, ele não é de todo negativo. Quando os estressores são amenos e administráveis (intitulado como *eustress*), eles podem trazer boas experiências e fazer com que um indivíduo melhore o seu lado comportamental. Porém, quando eles passam de certo grau de intensidade (nomeado como *distress*), podem ocasionar o contrário, ou seja, problemas em diversas áreas de uma pessoa (BENEVIDES-PEREIRA, 2002 apud ZANELATO, 2008).

No que tange ao estresse em motoristas de ônibus urbano, pois não foram encontrados trabalhos científicos sobre estresse em motoristas de ônibus articulados em corredores BRT, Kompier (1996) elencou 32 estudos realizados sobre trabalho e saúde dos motoristas de ônibus e uma de suas conclusões é que uma das maiores causas de estresse na profissão é a falta de autonomia e suporte na atividade exercida por eles. Outro achado interessante da pesquisa do autor mencionado é a Tabela 2 abaixo com os fatores estressores relatados pelos profissionais no estudo de Duffy e McGoldrick (1990 apud KOMPIER, 1996).

Tabela 2 – Fatores Estressores Reportados (Porcentagens para "Regular ou Grandes Problemas")

Possibilidade de assalto	70%
Engarrafamento	69%
Risco em carregar grandes somas de dinheiro	67%
Não saber o suficiente sobre como a empresa é gerenciada	59%
Nenhuma chance de sugerir mudanças no trabalho	59%
Horário de operação de pico	55%
Pessoas perguntando sobre outros ônibus / tempos de serviço	53%
Falta de reconhecimento por um bom trabalho	53%
Passageiros cobrando o troco	49%

Falta de segurança no trabalho	42%
Pouca ajuda dos inspetores	42%
Mau tratamento pelos passageiros	36%
Problemas dentro de casa	36%
Atendimento médico deficiente na empresa	34%
Problemas para dormir	29%
Ajustar estilo de vida nos turnos de trabalho	27%
Dificuldades com a família devido a longa jornada de trabalho	25%
Preocupação com problemas de saúde	21%
Aprender os trajetos	14%

Fonte: Elaborado a partir de Duffy e McGoldrick (1990 apud KOMPIER, 1996, tradução livre).

Werneck et al (2014) listaram outras pesquisas realizadas no país sobre fatores estressores envolvidos na profissão de motoristas de ônibus, conforme mostra a Tabela 3 a seguir.

Tabela 3 – Pesquisas realizadas sobre o tema

Autor (Ano)	Objetivo da Pesquisa	Resultados
Ramos (1991)	Avaliar as condições de trabalho dos motoristas de ônibus. Realizada no RJ.	**Principais Queixas da Categoria:** - Manutenção do Veículo; - Inexistência de Condições Sanitárias; - Pausas para descanso inadequadas; - Trânsito.
Almeida (2002)	Identificar principais fatores causadores de estresse nos motoristas. Realizada em Recife.	**Fatores Apontados como Causas de Estresse:** - Horas extras de acordo com a conveniência das empresas; - Falta de sanitário nos pontos finais; - Pressões para cumprimento de horário; - Esforço físico demasiado; - Relacionamento conflituoso com usuários e chefias.
Tavares (2010)	Identificar os fatores de estresse no trabalho percebidos pelos motoristas de ônibus. Realizada em Uberlândia (MG).	**Principais Categorias apontadas como fonte de stress:** - **Condições físicas do ambiente:** ruído, calor, manutenção do veículo; - **Baixo poder de decisão:** cobrança excessiva, notificações por coisas mínimas, não tem como atingir metas devido ao trânsito, abusos de autoridade; - **Escalas de Trabalho:** escala ruim, carga horária pesada, troca de horário; - **Insegurança:** medo de acidentes, assaltos, passageiros agressivos.

Fonte: Werneck et al (2014, p. 11 e 12).

Diante de todos os trabalhos científicos citados, percebeu-se a interferência de diversos fatores estressores e a influência destes na saúde dos motoristas de ônibus urbanos, alguns mencionados mais de uma vez nos estudos consultados como, por exemplo, aspectos relacionados à convivência com os passageiros. Porém, como o BRT possui características diferenciadas de operação de linhas de ônibus convencionais, o presente estudo visa verificar se os estressores também são os mesmos ou não.

3. METODOLOGIA

A pesquisa em questão foi caracterizada como mista, pois foram utilizadas informações qualitativas e quantitativas por meio da coleta de dados, cuja natureza do estudo é aplicada, utilizando conceito enunciado por Gerhardt e Silveira (2009), visto que objetiva trazer melhorias para o trabalho dos motoristas de ônibus em corredores BRT e um pouco de conhecimento da rotina deles, o que é de interesse dos atores envolvidos com transportes públicos da cidade do Rio de Janeiro, pois foi feito nesta localidade. Com relação aos objetivos, esta pesquisa é exploratória e a estratégia utilizada foi o estudo de caso. No tocante aos procedimentos de coleta de dados, este trabalho foi tipificado como uma pesquisa de campo, uma vez que o instrumento de coleta de dados foi aplicado *in loco* aos motoristas de ônibus em seu ambiente de trabalho.

O Consórcio Operacional BRT (denominado apenas de BRT Rio) foi criado no ano de 2012, mesmo ano de início das operações do modal na cidade do Rio de Janeiro. A Secretaria Municipal de Transportes do Rio de Janeiro (SMTR/RJ), órgão fiscalizador do sistema, não o reconhece como consórcio, mas sim como um Acordo Operacional entre as companhias que podem fazer parte do BRT (MAGALHÃES; BERTA, 2013). Em 2016, o consórcio contava com 14 companhias participantes e, neste mesmo ano, a frota do modal como um todo, incluindo os ônibus alimentadores, conforme dados informados pela SMTR/RJ e pelo Rio Ônibus (Sindicato das Empresas de Ônibus da Cidade do Rio de Janeiro), era composta segundo mostra a Tabela 4 abaixo:

Tabela 4 – Composição da Frota do BRT em 2016

Tipo de Ônibus	Quantidade
Articulado	440
Alimentador	310
Biarticulado	2
Padron	14
Total	766

Fonte: Elaborado a partir de dados fornecidos pela SMTR/RJ e pelo Rio Ônibus.

Com relação aos motoristas, eles não fazem parte do consórcio e sim das empresas operadoras do BRT. De acordo com dado informado pelo Rio Ônibus referente a Setembro de 2016, o modal contava com 808 motoristas de ônibus articulados e 1.442 motoristas de ônibus alimentadores e padrons. Os motoristas pesquisados fazem parte de uma empresa participante do consórcio que possui 74 condutores de ônibus articulados e 380 funcionários ao todo. Ela possui uma frota composta por 126 ônibus, sendo 36 articulados que operam nos corredores do BRT. A organização foi escolhida através do critério de acessibilidade que, segundo Vergara (2007 apud ALMEIDA, 2006), é caracterizado pela escolha de algo devido à facilidade de acesso do pesquisador a ele. A amostra desta pesquisa foi composta por 28 motoristas de ônibus articulados que foram abordados na troca de turno realizada entre 11 e 15 horas em um terminal rodoviário na cidade do Rio de Janeiro, o que caracteriza uma amostra por conveniência. Este tipo de amostra foi utilizado, visto que os participantes não estavam em serviço no momento da aplicação do questionário (FREITAS et al, 2000), pois eles estavam iniciando ou terminando a jornada de trabalho.

O instrumento utilizado para a coleta de dados foi o questionário com itens fechados. Este questionário foi adaptado de Silva (2014) para se aproximar mais a realidade dos motoristas

de ônibus articulados em corredores BRT. Para isso, além de verificar os fatores estressores apontados por outros estudos, foram ouvidos 5 condutores do sistema, em outubro de 2016, para identificar possíveis outros fatores não citados em trabalhos acadêmicos. Além disso, o questionário possui 5 possíveis respostas (Extremamente Estressante, Muito Estressante, Mais ou Menos Estressante, Pouco Estressante e Não Causa Estresse) se baseando na escala *Likert*, de forma que os entrevistados pudessem mostrar a intensidade da influência daquele fator estressor no exercício da profissão.

Para dirimir possíveis incongruências, foi realizado pré-teste do instrumento com três motoristas em um terminal do BRT em Março de 2017 e outros ajustes precisaram ser feitos. Os questionários foram aplicados pessoalmente pelo autor *in loco* no Terminal Alvorada durante os finais de semana e feriados do mês de Abril de 2017, em razão de que os motoristas da empresa selecionada iniciam e terminam a jornada de trabalho neste lugar. A aplicação foi individual.

Com relação à análise dos dados, foi utilizado o programa *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS) versão 21 para fazer o tratamento estatístico das informações coletadas através do questionário.

4. DISCUSSÃO E RESULTADOS

Os 28 motoristas que responderam ao questionário são do sexo masculino e possuem entre 29 e 57 anos, distribuídos de acordo com as seguintes porcentagens: 35,71% (29 a 38 anos); 39,29% (39 a 48 anos) e 25% (49 a 57 anos). Dos condutores abordados, 21,4% cursaram até o Ensino Fundamental, 53,6% cursaram até o Ensino Médio, 21,4% fizeram Curso Técnico e 3,6% responderam estar cursando Ensino Superior.

Com relação ao horário de trabalho, 39,3% dos motoristas interrogados responderam trabalhar no turno Manhã/Tarde, 57,1% responderam estar alocados no turno Tarde/Noite e 3,6% assinalaram trabalhar em Turno Único, que é quando um motorista executa a jornada de trabalho parte em um turno e o restante em outro turno. Em relação ao tempo de serviço no sistema BRT, 17,86% dos condutores responderam dirigir ônibus articulados há menos de 1 ano, 25% responderam estar dirigindo no BRT entre 1 e 2 anos, 50% responderam que estão dirigindo nos corredores há mais de 2 anos e 7,14% dos motoristas não preencheram este campo. No tocante ao tempo de experiência como motorista, 26 respondentes afirmaram ter entre 3 e 30 anos de profissão e 2 não souberam ou não informaram. Eles estão distribuídos da seguinte maneira: 60,71% (3 a 10 anos de experiência); 14,29% (11 anos a 20 anos de experiência); 17,86% (21 a 30 anos de experiência) e 7,14% (Não responderam).

Os fatores estressores apurados foram ordenados do maior para o menor com base no somatório das porcentagens obtidas em respostas que revelam algum tipo de estresse naquele aspecto, conforme Tabela 5 seguinte.

Tabela 5 – Fatores Estressores Ordenados com base nas respostas dos Motoristas Abordados

Fatores Estressores	%
Condições da Via (Buracos, obras, etc)	100,0
Vandalismo	100,0
Veículos fazendo Retornos Proibidos	96,4
Defeitos Mecânicos (Problemas em freios, amortecedor, etc)	92,9

Bagunça	92,9
Risco de Assaltos	92,9
Temperatura Interna	89,3
Ciclistas e Pedestres na Via Exclusiva	89,3
Barulho	85,7
Sujeira no Ônibus	85,7
Falta de Informação (Horários, itinerários, etc)	82,1
Interrupção da Viagem (Ônibus Quebrado)	75,1
Superlotação	71,4
Comportamento do Passageiro	71,4
Bloqueio de Cruzamentos	67,9
Condições Físicas do Ônibus (Bancos, barras, etc)	67,9
Atrasos na Viagem	64,2
Movimentar o Veículo antes do Embarque/Desembarque	60,7
Freadas / Arrancadas Bruscas	53,5
Tempo para Realizar a Viagem	46,4

Cabe destacar que dois dos três fatores apontados na primeira abordagem aos motoristas de ônibus articulados no sistema BRT do Rio de Janeiro sobre desafios e dificuldades enfrentadas na profissão ficaram na segunda e terceira colocação (Vandalismo e Veículos fazendo Retornos Proibidos), o que mostra que o grupo pesquisado também compartilha do mesmo problema citado pelos colegas anteriormente questionados.

Assim sendo, após a apresentação dos resultados obtidos por este estudo, a próxima e última seção aborda as considerações finais, além das contribuições que podem ser deixadas para o sistema BRT da cidade do Rio de Janeiro, limitações encontradas ao longo desta pesquisa e sugestões para estudos futuros com base no que foi retratado.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo procurou verificar os estressores presentes no ambiente de trabalho de um grupo de motoristas de ônibus articulados que trabalham no sistema BRT da cidade do Rio de Janeiro, de forma a saber o que pode impactar na qualidade de vida e no desempenho desses profissionais, pois trata-se de um posto de trabalho recriado em 2012 para atender exclusivamente a operação dos corredores exclusivos.

Foi escolhida uma empresa participante do consórcio operador do modal, pois devido a limitação de tempo e recursos estatísticos, não era possível a adoção de uma amostra probabilística capaz de dar uma perspectiva do problema de pesquisa em relação a todos os motoristas de ônibus articulados que trabalham no sistema BRT. Por causa disso, a pesquisa foi realizada *in loco* no Terminal Alvorada, o principal terminal do sistema, por recomendação da empresa selecionada e do sindicato da categoria e, com isso, os condutores foram abordados no horário da troca de turno (entre 11 e 15 horas). Em virtude de um incidente financeiro com a companhia escolhida, somente 28 motoristas responderam ao questionário sobre fatores estressores, pois a aplicação do instrumento teve que ser interrompida.

Outro limitante da pesquisa foi o fato dela ter sido realizada somente aos finais de semana e feriados, o que também diminuiu a quantidade de respondentes, uma vez que a frota circulante é reduzida nestes dias. Devido a dinâmica de trabalho no terminal, alguns motoristas não puderam responder a pesquisa pelo fato de chegarem para começar a jornada de trabalho próximo ao horário da escala ou por estarem indo almoçar, pois tinham terminado o expediente para aquele dia.

O questionário utilizado para aplicação aos motoristas continha 21 fatores estressores encontrados em pesquisas com motoristas de ônibus urbanos e também através de contribuições de 5 motoristas de ônibus articulados do sistema BRT, além de um referente a reclamações de passageiros, e 5 perguntas referentes a relação do estresse com a raiva, a agressividade, o ambiente de casa e do trabalho.

Porém, em razão das adições e substituições de itens no questionário original para se adequar a realidade do sistema, dado que o instrumento foi retirado de um estudo realizado com motoristas de ônibus urbanos de Brasília/DF, não foi realizada nova validação ao fazer estas modificações e o que é sugerido no caso de utilização deste em uma posterior publicação cientifica sobre o tema.

Como resultado, percebeu-se que a maioria dos fatores estressores apontados para motoristas de ônibus urbanos também são estressantes para os condutores de ônibus articulados do grupo pesquisado. O único que foi indicado pela maioria como não estressante foi o Tempo para Realizar a Viagem, pois segundo os próprios motoristas, não há uma cobrança de tempo por parte do consórcio ou das empresas operadoras para cumprir um trajeto.

Com isso, observou-se que, o sistema BRT, que trouxe aperfeiçoamento a operação de ônibus através da priorização dele em estações e vias exclusivas, pode não ter trazido uma melhoria significativa na atividade exercida pelos motoristas de ônibus, visto que os fatores estressores são praticamente os mesmos. Outros fatores estressores de destaque foram Condições da Via e Vandalismo, já que nenhum motorista do grupo pesquisado os considerou como aspectos que não causam estresse. Ambos tem sido motivo de embate entre o BRT Rio e a Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro, posto que a responsabilidade por conservação das vias e segurança dos ônibus e das estações é do poder público municipal e estadual, esse último com responsabilidade compartilhada de patrulhamento somente.

Por mais que os resultados deste estudo não possam ser generalizados devido à reduzida quantidade de respondentes, espera-se que esta pesquisa possa trazer melhorias ao trabalho dos motoristas de ônibus articulados em corredores BRT de modo geral e também aos demais envolvidos com o sistema (passageiros e trabalhadores do sistema). Além disso, almeja-se contribuir com o desenvolvimento e implantação de futuros projetos de BRTs.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, C. M. *A influência do correio eletrônico na comunicação organizacional.* 2006. 171 f. Dissertação (Mestrado em Administração) – Departamento de Administração, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2006. Disponível em: http://www2.dbd.puc-rio.br/pergamum/biblioteca/php/mostrateses.php?open=1&arqtese=0410653_06_Indice.html. Acesso em: 30 abr. 2017.

ANDRADE, C. J. *Transporte público massivo: BRT Manaus.* Prefeitura de Manaus, Manaus, 2011. Disponível

em: http://www.mobilize.org.br/estudos/62/transporte-publico-massivo-brt-em-manaus.html. Acesso em: 11 dez. 2016.

BRT RIO. *Conheça o BRT*. 2017a. Disponível em: http://www.brt.rio/conheca. Acesso em: 13 jan. 2017.

BRT RIO. *Estações*. 2017b. Disponível em: http://www.brt.rio/estacoes. Acesso em: 13 jan. 2017.

CARUSO, A. C. F. B. *Modelos de intervenções de mobilidade urbana na cidade do Rio de Janeiro* – o planejamento x a implantação: o caso BRT. 2015. 47 p. Trabalho de Conclusão (Curso de Especialização em Engenharia Urbana) – Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: http://www.peu.poli.ufrj.br/arquivos/Monografias/Ana_Carolina_Caruso.pdf. Acesso em: 4 jan. 2017.

DEPARTAMENTO DE TRÂNSITO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO (DETRAN/RJ). *Estatísticas de frota por tipo de veículo.* Disponível em: http://www.detran.rj.gov.br/_estatisticas.veiculos/02.asp?menuzinho=02.asp. Acesso em: 16 jan. 2017.

FRANÇA, A. C. L.; RODRIGUES, A. L. *Stress e trabalho:* uma abordagem psicossomática. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2009. 192 p.

FREITAS, H. et al. O método de pesquisa survey. *Revista de Administração*, São Paulo, v. 35, n. 3, p. 105-112, jul./set. 2000. Disponível em: http://www.clam.org.br/bibliotecadigital/uploads/publicacoes/1138_1861_freitashenriquerausp.pdf. Acesso em: 30 abr. 2017.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. (Org.). *Métodos de pesquisa*. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009. 120 p. Disponível em: http://www.ufrgs.br/cursopgdr/downloadsSerie/derad005.pdf. Acesso em: 27 fev. 2017.

HIDALGO, D.; CARRIGAN, A**.** *Modernizing public transportation:* lessons learned from major bus improvements in latin america and asia. Washington: World Resources Institute, out. 2010. Disponível em: http://www.wri.org/publication/modernizing-public-transportation. Acesso em: 11 dez. 2016.

JAIME LERNER ARQUITETOS ASSOCIADOS. *Avaliação comparativa das modalidades de transporte público urbano.* Curitiba: Athalaia Gráfica e Editora, 2009. Disponível em: http://www.ntu.org.br/novo/upload/Publicacao/Pub635109537433018893.pdf. Acesso em: 29 nov. 2016.

KOMPIER, M. A. J. *Bus drivers:* occupational stress and stress prevention. Genebra: International Labour Office, 1996. Disponível em: http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_protect/---protrav/---safework/documents/publication/wcms_250105.pdf. Acesso em: 25 jan. 2017.

LIMA, D. S. *Prazer e sofrimento no trabalho:* estudo sobre os motoristas de uma empresa de ônibus da cidade de Belo Horizonte. 2015. 108 f. Dissertação (Mestrado em Administração) – Faculdade Novos Horizontes, Belo Horizonte, 2015. Disponível em: http://www.unihorizontes.br/mestrado2/wp-content/uploads/2015/06/DIRCE-SANTANA-DE-LIMA.pdf. Acesso em: 17 fev. 2017.

MAGALHÃES, L. E.; BERTA, R. *Quinto conglomerado foi criado para operar BRT*. Jornal O Globo. Rio de Janeiro, 29 jun. 2013. Disponível em: http://oglobo.globo.com/rio/quinto-conglomerado-foi-criado-para-operar-brt-8853704. Acesso em: 27 fev. 2017.

MAGALHÃES, L. E.; LIMA, L.; ZOBARAN, E. *Mais um legado olímpico.* Jornal O Globo. Rio de Janeiro, 4 set. 2010, p. 16. Disponível em: https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/422609/noticia.htm?sequence=1. Acesso em: 12 out. 2016.

MELLO, A. C. V. *Potencial de captação de demanda adicional da linha dois do metropolitano do Rio de Janeiro.* 2007. 183 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007. Disponível em: http://docplayer.com.br/7330240-Potencial-de-captacao-de-demanda-adicional-da-linha-dois-do-metropolitano-do-rio-de-janeiro-antonio-carlos-velloso-de-mello.html. Acesso em: 2 jan. 2017.

NIKITAS, A; KARLSSON, M. A worldwide state-of-the-art analysis for bus rapid transit: looking for the success formula. *Journal of Public Transportation*, Huddersfield, v. 18, n. 1, 2015, p. 1-33. Disponível em: http://eprints.hud.ac.uk/24832/1/Nikitas_BRT.pdf. Acesso em: 20 nov. 2016.

OLIVEIRA, G. T.; ROSA, B. O. *Comparativo de desempenho de sistemas de transporte público de média capacidade via AHP* **–** estudo BRT x VLT no Rio de Janeiro. Trabalho apresentado ao 27° Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Transporte da ANPET, Belém, 2013. Disponível em: http://www.anpet.org.br/ssat/interface/content/autor/trabalhos/publicacao/2013/375_AC.pdf. Acesso em: 18 set. 2016.

PAMPLONA, M. R. *Considerações sobre o emprego dos diferentes tipos de ônibus no transporte público urbano.* 2000. 156 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 2000. Disponível em:

http://www.geocities.ws/qqbis/magda/mag1.htm. Acesso em: 17 set. 2016.

PEREIRA, B. M. et al. Avaliação do desempenho limite de corredores Bus Rapid Transit (BRT) sem ultrapassagem. *Transportes*, Rio de Janeiro, v. 21, n. 1, p. 5-13, 2013. Disponível em: https://www.revistatransportes.org.br/anpet/article/download/497/460. Acesso em: 19 dez. 2016.

PEREIRA, P. A. S. *Análise operacional do terminal rodoviário urbano alvorada***.** 2015. 72 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2015. Disponível em: http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10013976.pdf. Acesso em: 12 jan. 2017.

PREFEITURA DO RIO DE JANEIRO. *Motoristas em sintonia com a Transcarioca*. Cidade Olímpica, Rio de Janeiro, 30 maio 2014a. Disponível em http://www.cidadeolimpica.rio/noticia/motoristas-em-sintonia-com-transcarioca/. Acesso em: 19 set. 2016.

PREFEITURA DO RIO DE JANEIRO. *Prefeitura apresenta plano de implantação do BRT Transcarioca.* Apresentação realizada sobre os corredores Transcarioca e Transoeste, Rio de Janeiro, 29 maio 2014b. Disponível em: http://www.rio.rj.gov.br/web/guest/exibeconteudo?id=4751991. Acesso em: 2 jan. 2017.

RIO ÔNIBUS. *Dados operacionais mensais do município do Rio de Janeiro.* 2016. Disponível em: http://www.rioonibus.com/rioonibus-wordpress/wp-content/uploads/2016/12/TB4_Dados-operacionais-mensais-do-MUNIC%C3%8DPIO-DO-RIO-DE-JANEIRO-ano-de-2016_1TRI-1.xls. Acesso em: 24 fev. 2016.

SELYE, H. Forty years of stress research: principal remaining problems and misconceptions. *Canadian Medical Association Journal*, Montreal, v. 115, n. 1, p. 53-56, jul. 1976. Disponível em: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1878603/pdf/canmedaj01483-0055.pdf. Acesso em: 21 fev. 2017.

SILVA, A. M. M. *Fatores de estresse para o motorista e o usuário do transporte coletivo do Distrito Federal e a percepção de um em relação ao outro.* 2014. 200 f. Dissertação (Mestrado em Transportes) – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília. 2014. Disponível em: http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/16566/1/2014_AnaMariaMoreiradaSilva.pdf. Acesso em 13 fev. 2017.

SILVA, A. V.; GUNTHER, H. Características de itinerário urbano e comportamentos inadequados de um motorista de ônibus. *Psicologia: Pesquisa e Trânsito,* Belo Horizonte, v. 1, n. 1, p. 33-44, jul./dez. 2005. Disponível em: http://pepsic.bvsalud.org/pdf/ppet/v1n1/v1n1a06.pdf. Acesso em 1° fev. 2017.

SILVA, E. A. T.; MARTINEZ, A. Diferença em nível de s*tress* em duas amostras: capital e interior do estado de São Paulo. *Estudos de Psicologia*, Campinas, v. 22, n. 1, p. 53-61, jan./mar. 2005. Disponível em: http://pepsic.bvsalud.org/pdf/epc/v22n1/v22n1a07.pdf. Acesso em: 24 fev. 2017.

VASCONCELOS, F. et al. *Estresse ocupacional:* um estudo de caso com motoristas de transporte urbano do município do Rio de Janeiro. In: ENCONTRO DE GESTÃO DE PESSOAS E RELAÇÕES DE TRABALHO, 2., 2009, Curitiba. *ANAIS*... Curitiba: ANPAD, 2009. Disponível em: http://www.anpad.org.br/admin/pdf/2009_ENGPR203.pdf. Acesso em: 7 fev. 2017.

WERNECK, D. et al. *Motoristas de ônibus no Rio de Janeiro:* impactos na profissão que "movimenta" a cidade. In: JORNADA GIULIO MASSARANI DE INICIAÇÃO CIENTIFICA, TECNOLÓGICA, ARTÍSTICA E CULTURAL, 36., 2014, Rio de Janeiro. *Tópicos Temáticos…* Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2014.

WRIGHT, L.; FULTON, L. Climate change mitigation and transport in developing nations. *Transport Reviews*, Londres, v. 25, n. 6, p. 691-717, nov. 2005. Disponível em: http://planning.cityenergy.org.za/Pdf_files/planning/climate_change_devel/Climate%20Change%20Mitigation%20and%20Transport.pdf. Acesso em: 6 dez. 2016.

ZANELATO, L. S. *Manejo de stress, coping e resiliência em motoristas de ônibus urbano.* 2008. 110 f. Dissertação (Mestrado em Psicologia do Desenvolvimento e Aprendizagem) – Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista, Bauru. 2008. Disponível em: http://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/97479/zanelato_ls_me_bauru.pdf?sequence=1. Acesso em: 22 fev. 2017.

ZUAZO, P. *Em apenas três anos, BRT transoeste já está saturado.* Jornal Extra. Rio de Janeiro, 14 abr. 2015. Disponível em: http://extra.globo.com/noticias/rio/em-apenas-tres-anos-brt-transoeste-ja-esta-saturado-15864648.html. Acesso em: 19 set. 2016.

Gilean Teixeira da Rocha (gileanteixeira@id.uff.br)
Camila Avosani Zago (camila.avosani@facc.ufrj.br)
Faculdade de Administração e Ciências Contábeis, Universidade Federal do Rio de Janeiro
Avenida Pasteur, 250 – Urca, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

PROJETO PONTO DE PARTIDA: USO DE INDICADORES DE DESEMPENHO PARA O MÉTODO DE AVALIAÇÃO DA "NOTA DE PROPOSTA TÉCNICA" DE PROJETOS DE RODOVIAS

Daniel Sergio Presta García
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Alejandro Ruiz-Padillo
Universidade Federal de Santa Maria-Campus Cachoeira do Sul - Laboratório de Mobilidade e Logística
Gustavo Rubén Di Rado
Universidad Nacional del Nordeste, Argentina
César Luís Andriola, Cristhiane Paludo Demore e Tiago Kirsch Lanes
Universidade Federal do Rio Grande do Sul – alunos de graduação

RESUMO
O Projeto Ponto de Partida é um jogo educacional, com componentes de Aprendizagem Baseada em Projetos (PBL), direcionado a disciplinas de graduação em Rodovias. Neste, as equipes formadas por alunos, disputam uma Concorrência Pública simulada, com o objetivo de apresentar o melhor projeto de rodovia. Tradicionalmente, a composição da Nota Final de um projeto decorre da ponderação entre a Nota Técnica e a Nota de Preço. Este artigo tem por objetivo propor um método de avaliação da Nota Técnica de projetos rodoviários utilizando Indicadores de Desempenho. O peso de cada indicador na composição da Nota Técnica foi obtido a partir da utilização das técnicas de Processo Analítico Hierárquico – AHP e do Painel de Especialistas para grupos de professores, alunos, projetistas e fiscais. Entre os principais resultados destaca-se a importância dada pelo conjunto de entrevistados para os indicadores referentes ao estudo de traçado, em detrimento dos indicadores da fase de projeto de terraplanagem.

ABSTRACT
The *Projeto Ponto de Partida* (Start Point Project) is an educational game with Project-Based Learning (PBL) components directed to undergraduate Highways courses. In this Project, the groups formed by classmates compete for a simulated Public Bid with the aim of presenting the best road project. Typically, the composition of the Final Grade of a project stems from the weighting between the Technical Grade and the Price Grade. The goal of this paper is to propose an evaluation method that uses Performance Indicators for the Technical Grade of highway projects. The weight of each indicator in the composition of the Technical Grade was obtained from techniques of the use of the Analytic Hierarchy Process (AHP) and Expert Panel for professors, students, designers and auditors groups. Among the main results, the importance given by the set of interviews for the alignment study indicators, to the detriment of indicators of the phase of earth-moving project, stands out.

1. INTRODUÇÃO

O processo de ensino-aprendizagem, por meio de jogos educacionais, é uma realidade em disciplinas de graduação no Brasil e no mundo (Savi e Ulbricht, 2008). Embora existam várias referências em jogos educacionais em engenharia (Bodnar *et al.*, 2016), ainda se faz necessário evidenciar os benefícios destes para a aprendizagem e engajamento dos estudantes.

Em Engenharia de Transportes existem iniciativas como a do projeto STREET (Liao, 2009), da University of Minessota, que utiliza módulos de simulação em diversos tópicos da área. Outra iniciativa, da mesma universidade, decorre da utilização de jogos de tabuleiro, no ensino de planejamento de transportes (Huang e Levinson, 2012), onde os alunos se reúnem em noites durante a semana e são questionados sobre a validade desse tipo de iniciativa. Ambos projetos têm como objetivo o engajamento e melhor absorção de conteúdos por parte dos alunos (Huang e Levinson, 2012).

A Aprendizagem Baseada em Projetos (do inglês *Project* ou *Problem Based Learning* – PBL) é outra técnica que vem se difundindo no meio acadêmico. O PBL é um recurso didático centrado no aluno, fazendo deste o principal agente responsável pelo seu aprendizado (Barrows, 1984). As principais características do PBL no modelo central descrito por Barrows

(1996) são: (i) aprendizagem centrada no aluno, em pequenos grupos e sob a orientação de um tutor (facilitador), (ii) os problemas são apresentados na sequência de aprendizagem e são usados como uma ferramenta para alcançar o conhecimento e habilidades necessárias para sua resolução, (iii) novas informações precisam ser adquiridas através da aprendizagem autodirigida e (vi) os alunos aprendem através da análise e resolução de problemas.

A aplicação em conjunto de PBL e de Jogos Educacionais é válida, pois ambos os métodos de ensino atuam como complementares um do outro. No ensino de engenharia, em particular, a utilização de problemas e cenários reais proporciona um melhor entendimento sobre o conteúdo, e a 'ludificação' motiva os alunos no seu autodesenvolvimento (Kapp *et al*., 2013).

O Projeto Ponto de Partida, segundo García *et al.* (2016), visa proporcionar aos alunos de graduação um ambiente lúdico-real-didático para formação e qualificação no seu primeiro contato com uma disciplina de transportes. Tem por objetivo principal capacitar os alunos de graduação de Engenharia Civil e Engenharia de Transportes em projeto de rodovias nas áreas específicas: (i) Estudos de Traçado, (ii) Projeto Geométrico e (iii) Projeto de Terraplenagem.

Além dos conhecimentos e competências técnicas, o Projeto visa aprimorar os atributos relacionados por Nguyen (1998), que permitem avaliar o desenvolvimento de um engenheiro. Em particular, as habilidades associadas ao atributo atitude: (i) competência, (ii) integridade, (iii) comprometimento, (iv) tolerância, (v) flexibilidade, (vi) compromisso com a aprendizagem ao longo da vida, (vii) confiabilidade, (viii) consciência, (ix) pontualidade e (xi) abordagem.

O Projeto se desenvolve ao longo do semestre (16 semanas) e procura simular uma Concorrência Pública, para um projeto de rodovias, conforme estabelecido na Lei 8666/93. As equipes, formadas por até quatro alunos, concorrem entre si de forma a vencer a licitação.

Em editais do DNIT para "Tomada de Preços para Seleção de Empresas de Consultoria para Execução de Projeto" (BRASIL, 2003) a avaliação dos projetos se dá por meio de uma Nota Final (NF) formada pela Nota da Proposta Técnica (NPT) e Nota da Proposta de Preços (NPP), usualmente calculada a partir da equação 01.

$$NF = \frac{(7 \times NPT + 3 \times NPP)}{10} \qquad (01)$$

Onde: NF é a Nota Final, NPT é a Nota da Proposta Técnica e NPP a Nota da Proposta de Preço.

A Nota da Proposta de Preço (NPP) é obtida por meio da equação 02, ou outra específica expressa no edital.

$$NPP = 100 \times \frac{MPVO}{P} \qquad (02)$$

Onde: NPP é Nota da Proposta de Preço, MPVO é o Menor Preço Válido Ofertado e P o valor da Proposta de Preço do licitante considerado.

A composição da Nota da Proposta Técnica (NPT) geralmente utiliza os critérios: (i) Conhecimento do Problema – 30% da nota, (ii) Plano de Trabalho – 30% da nota e (iii) Equipe Técnica – 40% da nota, e tem a mesma amplitude da NPP, variando entre 0 e 100.

A impossibilidade de avaliar de forma objetiva as equipes, pelos critérios que compõem a Nota da Proposta Técnica resultou na justificativa do presente trabalho que tem por objetivo a proposição de Indicadores de Desempenho para avaliar projetos de rodovias concorrentes

quanto às etapas de Estudos Topográficos, Projeto Geométrico e Projeto de Terraplenagem.

Este artigo esta organizado em cinco seções, incluindo esta introdução. Na seção 2 são revisados conceitos e propostos os Indicadores de Desempenho do Projeto. Os procedimentos metodológicos adotados são descritos na seção 3. Na seção 4 são apresentados e analisados os resultados obtidos. Na seção 5 têm-se as considerações finais em relação à pesquisa realizada.

2. INDICADORES DE DESEMPENHO PROPOSTOS PARA O PROJETO

Indicadores de Desempenho são ferramentas de gestão que permitem medir e avaliar o desempenho de processos e/ou organizações. Um exemplo de Indicador de Desempenho é o IDH (Índice de Desenvolvimento Humano) (UNDP, 2016). Uma crítica comum aos Indicadores de Desempenho decorre da simplificação de valores tangíveis e intangíveis a um único número.

O termo “indicadores chave de desempenho” (*Key Performance Indicators* – KPI) ainda não é comumente empregado em projeto e construção de estradas (Molenaar and Navarro 2011). A oportunidade de adoção de KPIs de forma contratual resultaria em um processo menos subjetivo, ou seja, mais transparente. Pesquisas focadas na seleção de projetos (*Project Delivery System)* vêm apresentando resultados em diferentes setores da indústria, embora segundo o *Georgia Department of Transportation* – GDOT, no setor de transportes ainda sejam limitadas (Baabak Ashuri, Mostaan, and Hannon 2013).

Iniciativas para tornar mais objetiva a avaliação de projetos concentram-se no processo e nos critérios de seleção. Touran *et al*. (2009) avalia o processo de seleção como: (i) definição dos fatores de seleção com base nas metas alvejadas; (ii) definição do peso dos fatores, conforme sua influência no sucesso do projeto; e (iii) a definição do método de pontuação e obtenção da pontuação final. Já Love *et al*. (2012) caracterizam como critérios importantes na seleção de projetos públicos: (i) tempo (prazo), (ii) certeza do cumprimento do tempo (cronograma), (iii) certeza do custo (precisão), (iv) competividade do preço (seleção de custos), (v) flexibilidade (variabilidade necessária), (vi) complexibilidade (especialização), (vii) qualidade (conceito), (viii) responsabilidade (sintonia com o cliente) e (ix) risco (reflexo nos custos).

No Projeto Ponto de Partida as áreas de conhecimento a serem avaliadas, contribuindo para a formação da Nota da Proposta Técnica, foram divididas em três: (i) Estudos Topográficos, (ii) Projeto Geométrico e (iii) Projeto de Terraplenagem. Os Indicadores de Desempenho selecionados devem considerar dimensões complementares, capazes de caracterizar uma adequada representação do todo. Outro aspecto relevante decorre da simplicidade para obtenção dos dados necessários para calcular o indicador nas diferentes etapas do projeto.

Os indicadores propostos devem permitir o confronto entre alternativas e a construção de uma base de dados que será utilizada para caracterizar diferentes configurações de projeto. Para tanto, foi fundamental a utilização de indicadores relativos, em detrimento de indicadores absolutos. Dos nove indicadores propostos neste artigo, apenas um é absoluto, sem produzir prejuízo a comparações de diferentes projetos, neste caso.

As áreas avaliadas no projeto são as definidoras da Dimensão Sequencial (ordem) atribuída aos indicadores. Neste contexto, o Estudo de Traçado faz parte da dimensão sequencial classificada como **prévia**, o Projeto Geométrico como **decorrente** e o Projeto de Terraplenagem como **subsequente**. Tal dimensão estabelece a sequencia lógica do projeto e as possíveis relações de causa e efeito entre os indicadores (Quadro 1).

Quadro 1: Indicadores de Desempenho segundo Dimensões – Fonte: autor

		Dimensão Espacial			Dimensão Contextual
		Planimetria	Altimetria	Seções Transversais	
Dimensão Sequencial	Estudo de Traçado (Prévia)	Acréscimo sobre a diretriz (%)	Porcentagem de declividades anômalas (%)	Interferências por quilômetro (un/km)	
	Projeto Geométrico (Decorrente)	Tortuosidade média (°/mkm)	Esforço altimétrico adicional percentual (%)	Acréscimo sobre a plataforma(%)	
	Projeto de Terraplenagem (Subsequente)	Distância média de transporte – DMT (km)	Volume de terraplenagem transportado por quilômetro (m³/km)		Porcentagem de volumes externos ao trecho (%)

A outra dimensão adotada, para a seleção dos indicadores, foi a **Espacial-Contextual**. A dimensão espacial foi subdividida nas vistas características de um Projeto Geométrico de Rodovias (planimétrica, altimétrica e seções transversais). A dimensão contextual reúne os elementos anteriores a elaboração do projeto, referentes ao cenário proposto. A existência de rios, sistema viário, edificações, mata nativa e relevo fazem parte da dimensão Contextual.

Os Indicadores de Desempenho (Quadro 1) foram selecionados de forma a preencher o máximo de quadriculas da matriz com o menor número de indicadores possível, sem perder a caracterização das etapas dispostas nas referidas dimensões. O total de nove indicadores resultou da distribuição de três indicadores para cada uma das etapas da dimensão sequencial.

2.1. Indicadores para Estudo de Traçado – ET

O Estudo de Traçado é uma etapa prévia ao Projeto Geométrico. Sobre mapas, cartas geográficas, restituições e/ou bases de dados em um Sistema de Informação Geográfica (SIG) o projetista avalia as condicionantes de relevo, hidrológicas, geológicas, de uso do solo, entre outras, para definir alternativas de traçado com viabilidade técnica, econômica e ambiental.

Os indicadores de desempenho para Estudo de Traçado caracterizam-se por sua simplicidade de obtenção. Conforme apresentado no Quadro 1, os indicadores desta área, apresentados a seguir, avaliam características planimétricas, altimétricas e de contexto, sendo esta última associada à seção transversal a partir da análise das interferências sobre a faixa de domínio:

- **ET1 – Acréscimo sobre a diretriz:** tradicional indicador planimétrico relativo do projeto geométrico. No Projeto Ponto de Partida é utilizado para avaliar a etapa de Estudos de Traçado. É calculado dividindo-se a distância percorrida ao longo do trecho pela distância em linha reta (diretriz). Como o indicador refere-se a acréscimo, deve ser subtraído o valor 1 da divisão (equação 03). É apresentado em porcentagem e seu sentido indica: quanto menor melhor. O valor 0% é o menor possível, não existindo um limite superior. Traçados em regiões montanhosas, geralmente, apresentam índices superiores aos das regiões onduladas e estes aos dos traçados em regiões planas;

$$ET1 = \left(\frac{E}{D} - 1\right) \times 100 \qquad (03)$$

  Onde: ET1 é o acréscimo sobre a diretriz (%), E a extensão do trecho (m) e D a distância em diretriz (m).

- **ET2 – Porcentagem de declividades anômalas:** indicador altimétrico relativo, que avalia a proporção de trechos do perfil longitudinal do terreno em aclives e declives, com declividade superior à estabelecida para o projeto por norma, sobre a extensão total do trecho (equação 04). O sentido do indicador é: quanto menor melhor. O indicador pode variar entre 0% e 100%;

$$ET2 = \left(\frac{\sum E_A + \sum E_D}{E}\right) \times 100 \quad (04)$$

Onde: ET2 é a porcentagem de declividades anômalas (%), E a extensão do trecho (m) e E_A e E_D as extensões em aclives ou declives com declividade superior à de norma (m).

- **ET3 – Interferências por quilômetro:** indicador relativo de registro de situações adversas pontuais (corpos d'água, mata nativa, edificações, redes de alta tensão, etc). O indicador resulta da divisão das ocorrências pela extensão do trecho (equação 05). O valor 0,0 un/km é o menor possível, não existindo limite superior. O sentido da escala é: quanto menor melhor. Em caso de situações com interferências não pontuais (mata nativa, área inundável e incorporação de vias existentes) deve-se determinar uma extensão com equivalência a uma unidade. No Projeto Ponto de Partida, a unidade do indicador é definida para extensões de interferências contínuas de 100 metros (um segmento de 160 metros sobre área inundável resultará em duas interferências).

$$ET3 = \left(\frac{\sum I}{E}\right) \times 100 \quad (05)$$

Onde: ET3 é o indicador de interferências por quilômetro (un/km), E a extensão do trecho (km) e I o número de interferências (un).

2.2. Indicadores para Projeto Geométrico – PG

O Projeto Geométrico decorre do Estudo de Traçado e produz efeitos sobre o Projeto de Terraplenagem. A configuração espacial (tridimensional) do corpo estradal está bem caracterizada nos indicadores selecionados por meio das vistas planialtimétricas e das seções transversais. A dimensão contextual, nesta etapa, contribui na caracterização dos offsets e consequentes taludes da seção transversal. Os indicadores são apresentados a seguir:

- **PG1 – Tortuosidade média:** indicador planimétrico relativo clássico do projeto geométrico. A tortuosidade de uma curva circular é obtida a partir da divisão do ângulo central pelo seu raio (equação 06). Curvas com transição em espiral possuem uma equação própria e são menos tortuosas que as circulares de mesmo raio (equação 07). A tortuosidade média resulta da soma de todas as tortuosidades dividida pela extensão do trecho (equação 08). O valor 0,000 °/mkm indica um trecho viário sem curvas. O sentido da escala é: quanto menor melhor. Regiões montanhosas geralmente apresentam tortuosidades mais elevadas em relação a tortuosidade de regiões onduladas e planas;

$$T_C = Ac/R \quad (06)$$

$$T_T = \frac{\theta + (Sc_1 + Sc_2)/3}{R} \quad (07)$$

$$PG1 = \frac{\sum T_C + \sum T_T}{E} \quad (08)$$

Onde: PG1 é a tortuosidade média (°/mkm); E a extensão do trecho (km); T_C e T_T as tortuosidades na curva circular simples e na curva com transição (°/m); R o raio da curva (m); Ac o ângulo central da curva (° decimais); θ o ângulo central do trecho circular para curva com transição (° decimais) e Sc_1 e Sc_2 os ângulos da transição na entrada e na saída da curva (° decimais).

- **PG2 – Esforço altimétrico adicional percentual:** o esforço altimétrico adicional decorre da divisão do comprimento virtual médio pela extensão do trecho, descontado da unidade (equação 11). O comprimento virtual é um indicador altimétrico absoluto clássico do projeto geométrico. Tem por propósito transformar a extensão do trecho viário em uma extensão equivalente para um trecho em nível, majorando as distâncias em aclive, em virtude da queda de desempenho mecânico dos veículos. Como uma rodovia geralmente possui dois sentidos, com rampas em aclive e declive, deve-se determinar o comprimento virtual em ambos (ida e volta, equações 09 e 10). O

comprimento virtual resulta da média entre estes. Como o comprimento virtual é um indicador absoluto, este não se presta para comparações entre trechos de forma que, o indicador Esforço altimétrico adicional percentual passa a ser relativo, permitindo o confronto entre projetos distintos. O sentido da escala é: quanto menor melhor. O menor valor possível é de 0,0% para um trecho viário em nível;

$$CV_{IDA} = E + \sum E_A \times \frac{i}{r} \quad (09)$$

$$CV_{VOLTA} = E + \sum E_D \times \frac{i}{r} \quad (10)$$

$$PG2 = [(CV_{IDA} + CV_{VOLTA})/E - 1] \times 100 \quad (11)$$

Onde: PG2 é o esforço altimétrico adicional (%); E a extensão do trecho (m); E_A e E_D as extensões em aclive e declive (m); CV_{IDA} e CV_{VOLTA} os comprimentos virtual de ida e volta (m); i a declividade da rampa (decimal) e r o coeficiente de resistência ao rolamento (0,02 para rodovias pavimentadas).

- **PG3 – Acréscimo sobre a plataforma:** indicador relativo para seções transversais de projeto. O acréscimo sobre a plataforma de uma seção de projeto resulta da divisão da distância (horizontal) entre seus offsets pela largura da plataforma de terraplenagem. O indicador para o trecho resulta do somatório das proporções por estaca, dividido pelo número de estacas (equação 12). Como o indicador refere-se a acréscimo, deve ser subtraído o valor 1 do resultado obtido. A relação estabelecida indica o 'grau de aderência' da seção de projeto ao terreno natural. O valor mínimo de 0,0% indica aderência plena. O sentido da escala é: quanto menor melhor. Cortes e/ou aterros elevados com banquetas e bermas podem fazer com que este indicador ultrapasse 100%.

$$PG3 = \left(\sum \frac{l_O}{l_P} - 1\right)/n \times 100 \quad (12)$$

Onde: PG3 é o acréscimo sobre plataforma (%); l_O e l_P as larguras entre offsets e da plataforma de terraplenagem de uma seção (m) e n o número de estacas (un).

2.3. Indicadores para Projeto de Terraplenagem – PT

O Projeto de Terraplenagem é resultante do Projeto Geométrico. Um bom Projeto Geométrico deverá contemplar aspectos a serem considerados no Projeto de Terraplenagem. Tentar minimizar e equilibrar materiais de origem (cortes, empréstimos e jazidas) e destino (aterros, depósitos e bota-foras) são questões a serem consideradas no Projeto de Terraplenagem que podem ser antevistas no Projeto Geométrico. Os indicadores selecionados são:

- **PT1 – Volume de terraplenagem transportado por quilômetro:** indicador relativo de projetos de terraplenagem. Resulta do total dos volumes de material de origem de terraplenagem transportados, dividido pela extensão do trecho (equação 13). Os volumes de origem contemplam maciços de cortes, empréstimos laterais, jazidas e todos aqueles onde é executado algum tipo de escavação. De forma a simplificar o cálculo do indicador, não são utilizados fatores de homogeneização e/ou empolamento, sendo os volumes considerados na origem de forma geométrica. O sentido da escala é: quanto menor melhor. Não existe um valor mínimo e nem máximo preestabelecido;

$$PT1 = \frac{\sum V_O}{E} \quad (13)$$

Onde: PT1 é o volume de terraplenagem transportado por quilômetro (m^3/km); E a extensão do trecho (km) e V_O o volume geométrico de materiais de origem (m^3).

- **PT2 – Distância média de transporte (DMT):** tradicional indicador de projetos de terraplenagem. Decorre da média ponderada das distâncias de transporte obtida a partir da distribuição de terraplenagem (Quadro Origem-Destino). O fator de ponderação utilizado é o volume transportado medido na origem (geométrico). O valor mínimo

usual é de 0,050 km para um trecho viário com compensação lateral (transversal) de volumes. Em compensações longitudinais, entre os centros de gravidade dos maciços, a DMT resultante será mais elevada. O sentido da escala é: quanto menor melhor. Embora o indicador não seja relativo, permite o confronto de diferentes projetos de terraplenagem de rodovias (equação 14);

$$PT2 = \frac{\sum(V_O \times d)}{\sum V_O} \quad (14)$$

Onde: PT2 é a distância média de transporte (m); V_O o volume geométrico de materiais de origem (m^3) e d a distância de transporte entre os centros de massa dos maciços (m).

- **PT3 – Porcentagem de volumes externos ao trecho:** indicador relativo de projetos de terraplenagem. Avalia a proporção entre volumes transportados externos ao trecho sobre os volumes de material de origem de terraplenagem transportados (equação 15). Volumes externos ao trecho decorrem do somatório dos volumes geométricos de maciços importados (empréstimos, jazidas, etc.) e exportados (depósitos, bota-foras, etc.). O valor mínimo é de 0,0% e indica que a compensação da terraplenagem se dá entre os volumes de corte e aterro dos maciços do trecho. O sentido da escala é: quanto menor melhor. Como os maciços importados integram os volumes de origem de terraplenagem, estes impactam menos o indicador que os maciços exportados.

$$PT3 = \frac{\sum V_{OE} + \sum V_{DE}}{\sum V_O - \sum V_{OE}} \times 100 \quad (15)$$

Onde: PT3 é a porcentagem de volumes externos ao trecho (%); V_O o volume geométrico de matérias de origem (m^3); V_{OE} o volume geométrico de matérias de origem externos ao trecho – jazidas (m^3) e V_{DE} o volume geométrico de matérias de destino externos ao trecho – bota-foras (m^3)

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para a ponderação dos indicadores, o procedimento metodológico adotado utiliza as técnicas do Processo Analítico Hierárquico – AHP e do Painel de Especialistas apresentadas a seguir.

3.1. A técnica do Processo Analítico Hierárquico - AHP

O método AHP é uma técnica de análise multicritério da família de metodologias de ajuda na tomada de decisão de tipo de atribuição indireta e constitui uma das ferramentas mais potentes, atualmente, dentre das metodologias de análise multicritério discretas (Nosal e Solecka, 2014). O processo de aplicação baseia-se na estruturação e comparação dos elementos do problema de forma hierárquica e na análise da consistência lógica dos resultados.

Neste trabalho, a finalidade fundamental de aplicação do método AHP foi a obtenção dos pesos dos Indicadores de Desempenho definidos para a avaliação de projetos concorrentes. Para alcançar a ponderação destes indicadores, definidos como critérios e subcritérios do modelo de decisão, é necessário construir matrizes quadradas para cada grupo de atributos (tamanho $n \times n$, sendo n o número de elementos), onde cada valor da matriz representa o número de vezes que o atributo da linha é mais importante que o atributo localizado na coluna. Nestas comparações por pares, o método AHP utiliza uma escala predefinida, chamada escala fundamental de Saaty, que assume valores entre 1 e 9 (e sua recíproca, entre 1 e 1/9) (Saaty, 1980; Kablan, 2004). Estas matrizes de comparações pareadas são simétricas inversas, ou seja, os valores localizados acima da diagonal são os inversos dos localizados abaixo e os valores da diagonal são iguais à unidade (visto que representam a comparação de um atributo com ele mesmo). Estas características peculiares das matrizes fazem que o autovetor associado ao autovalor dominante ou valor característico médio de cada matriz

represente o conjunto de pesos de cada grupo de indicadores na hierarquia estabelecida em relação ao elemento do nível superior (Barba-Romero e Pomerol, 2000; Kablan, 2004).

O procedimento de cálculo desses vetores de pesos estabelecido no AHP é aproximado, já que, na prática, o decisor pode cometer certas inconsistências na estimação das comparações de importância por pares de critérios. Para diminuir estes erros e a influência da subjetividade das avaliações nos resultados, os elementos das matrizes de comparações são obtidos a partir das avaliações dos participantes do painel de especialistas. Igualmente, o método AHP conta com uma estimativa da consistência do processo, que avalia o nível de aproximação alcançado com o resultado (Saaty, 1980; Kablan, 2004), mediante a denominada razão de consistência (*RC*). A *RC* é obtida mediante a comparação do índice de consistência (*IC*) do autovetor com o índice de consistência aleatório ou randômico médio (*IR*) apropriado ao tamanho da matriz de comparações (Saaty, 1980) (equações 16 e 17):

$$RC = \frac{IC}{IR} \quad (16)$$

$$IC = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (17)$$

Onde: λ_{max} é o autovalor dominante da matriz; *n* o tamanho da matriz; e IR é derivado de uma amostra de 500 matrizes recíprocas inversas geradas aleatoriamente utilizando a escala fundamental de Saaty em que *IR* é o índice de consistência aleatório ou randômico, parâmetro estabelecido por Saaty em função do tamanho da matriz de comparações pareadas.

Em geral, se a razão de consistência for maior que 0,10 (10%), é recomendável estudar novamente o problema e revisar as avaliações realizadas. Para *n*=3, este limiar é fixado em 5% e para *n*=4 em 8% (Ruiz-Padillo *et al.*, 2016).

Finalmente, os pesos obtidos devem ser normalizados, para apresentá-los de forma adimensional. Dentre as diferentes técnicas de normalização, a presente pesquisa utilizou o procedimento linear, que apresenta cada valor como uma percentagem do total, ou seja,

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^{m} x_{ij}} \quad (18)$$

Onde: r_{ij} são os valores normalizados e x_{ij} são os valores obtidos diretamente da avaliação dos indicadores.

3.2. A técnica do Painel de Especialistas

Com o objetivo de evitar resultados tendenciosos e reduzir o grau de subjetividade presente nas avaliações individuais dos indicadores, foi utilizada a técnica do painel de especialistas para obter os dados das comparações por pares dos critérios hierarquizados do problema, que serviram para preencher as matrizes de comparações onde aplicar o método AHP (Egilmez *et al.*, 2015; Sun *et al.*, 2015; Ruiz-Padillo *et al.*, 2016).

Sendo assim, foi elaborado um questionário informático que foi enviado por correio eletrônico aos integrantes do painel de especialistas. Previamente, foi testado por em uma amostra restrita selecionada por conveniência e as dificuldades apontadas neste pré-teste foram analisadas com o objetivo de aprimorar o questionário, tornando-o definitivo.

Os participantes do painel de especialistas foram escolhidos dentre quatro grupos de profissionais competentes no objeto de estudo, no âmbito do Estado do Rio Grande do Sul: (i) professores (docentes das disciplinas de projeto de rodovias e pesquisadores); (ii) projetistas (diretores, coordenadores e projetistas com experiência no desenho geométrico; (iii) fiscais (representantes da Administração Pública, tanto federal quanto estadual, relacionados com a infraestrutura de rodovias) e (iv) alunos (discentes que participaram do projeto).

Em total, foram enviados 60 questionários e destes foram recebidas 36 respostas, com representação suficiente de todos os grupos definidos (Turoff, 1970). Os questionários foram apresentados em planilhas dinâmicas, onde as perguntas oferecidas aos especialistas eram elaboradas em função das respostas prévias dadas pelo respondente. Os questionários incluíam uma breve explicação do processo e de alguns conceitos importantes na pesquisa, além das instruções para seu preenchimento. Em seguida, foram apresentados e definidos cada grupo de indicadores utilizados na pesquisa, assim como um *link* para breves vídeos explicativos do conceito avaliado com cada indicador. Os respondentes deviam ordenar os atributos de maior a menor importância dentro de cada grupo em relação ao objetivo da pesquisa. Após isso, os especialistas deviam atribuir um grau de importância sobre a comparação de cada critério ou subcritério com os demais, utilizando a escala pré-estabelecida de campos semânticos, vinculada à escala de avaliação de Saaty, levando em conta o objetivo e a hierarquia estabelecidos na pesquisa.

Preenchido o questionário, o especialista devia enviar o arquivo aos autores do estudo. Finalizado o processo de recepção de questionários respondidos, todos os dados recebidos foram agregados para realizar as avaliações globais representativas do painel de especialistas. Para isso foi utilizada a média geométrica dos dados individuais de cada grupo e dos grupos entre si, já que esta foi a técnica de agregação proposta por Saaty no caso da obtenção das comparações pareadas entre critérios e subcritérios a partir de diversos especialistas ou decisores para aplicação do AHP (Saaty, 1990; Ruiz-Padillo *et al.*, 2016).

4. ANÁLISES DOS RESULTADOS

A síntese dos resultados obtidos pode ser observada no Quadro 2. É importante destacar que a Razão de Consistência (RC) foi obtida para os dados totais e para os dados de todos os grupos com uma única exceção: indicadores na área de Estudo de Traçado para o grupo professores. Por tratar-se de uma única inconsistência em quinze possíveis resolveu-se registrar esta ocorrência e persistir nas demais análises.

Quadro 2: Peso e razão de consistência para os Indicadores de Desempenho – Fonte: autor

Área	Peso Área	Código	Denominação	Unid.	Peso por grupos				Peso Ind.
					Prof.	Proj.	Fisc.	Alunos	
Estudo de Traçado	54%	ET1	Acréscimo sobre a diretriz	%	6%*	9%	17%	9%	10%
		ET2	Porcentagem de declividades anômalas	%	21%*	15%	29%	28%	24%
		ET3	Interferências por km	un/km	24%*	25%	19%	14%	20%
		Razão de consistência (RC) dos indicadores na área			13%	3%	1%	0%	0%
Projeto Geométrico	34%	PG1	Tortuosidade média	°/mkm	12%	17%	8%	19%	14%
		PG2	Esforço altimétrico adicional percentual	%	17%	13%	12%	9%	13%
		PG3	Acréscimo sobre a plataforma	%	7%	9%	3%	11%	7%
		Razão de consistência (RC) dos indicadores na área			0%	0%	5%	0%	1%
Projeto de Terrap.	12%	PT1	Vol. de terraplenagem transportado / km	m^3/km	4%	4%	6%	3%	4%
		PT2	Distância média de transporte (DMT)	km	5%	4%	3%	3%	4%
		PT3	Porcentagem de vol. externos ao trecho	%	4%	4%	3%	4%	4%
		Razão de consistência (RC) dos indicadores na área			0%	1%	4%	0%	1%
Razão de consistência (RC) de área					3%	5%	3%	4%	4%

* Valores não são consistentes visto que o RC do grupo ficou acima de 5%

A primeira observação que pode ser feita a partir da análise do Quadro 2, decorre da relevância dada à área Estudo de Traçado sobre as demais (peso da área equivalente a 54%). Entre os grupos, o peso da área Estudo de Traçado variou entre 49% (Projetistas) e 65%

(Fiscais). Professores e alunos indicaram um peso intermediário equivalente a 51%. Tal magnitude e distribuição indicam que, para todos os grupos, a dimensão sequencial prévia, Estudo de Traçado, é a mais relevante para análise da qualidade do projeto.

Os pesos por área indicam um significativo decréscimo da relevância conforme se avança na dimensão sequencial. O Projeto Geométrico (etapa decorrente) obteve 34% do peso por área e o Projeto de Terraplenagem (etapa subsequente) apenas 12%. A homogeneidade de valores entre os diferentes grupos se verifica, em especial no Projeto de Terraplenagem.

A distribuição dos pesos por indicador (Figura 1) permite visualizar a importância dada para cada uma das três áreas e para cada indicador. Entre os indicadores, o ET2 foi o que apresentou o maior peso (24%). Tal importância provavelmente esteja associada à compreensão de que este indicador seja o mais relevante na hora de se avaliar a viabilidade técnica de um projeto rodoviário, em especial em regiões montanhosas. Em segundo lugar, o indicador ET3 (20%) sugere que elementos da dimensão contextual sejam significativos para um projeto rodoviário. Enquanto o indicador ET2 foi considerado como o mais importante por fiscais e alunos o indicador ET3 foi o escolhido por professores e projetistas (fazendo a ressalva que o grupo professores não apresentou razão de consistência para a área).

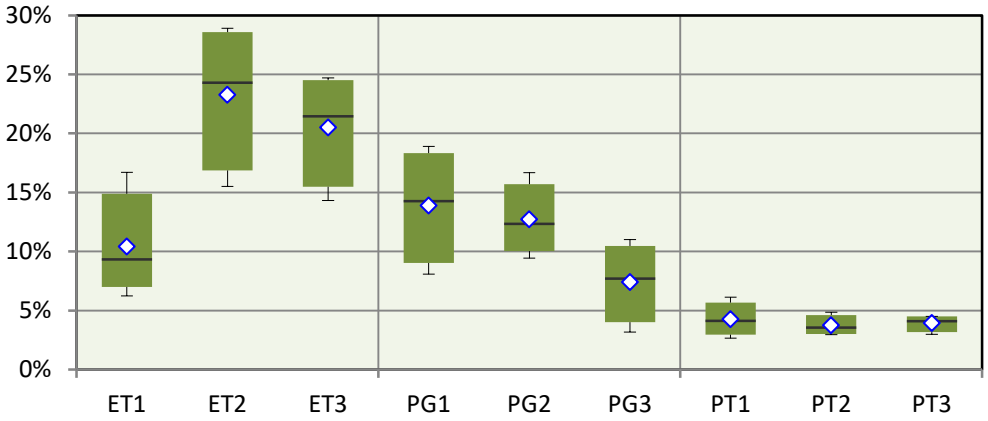


Figura 1: *Boxplot* dos Indicadores de Desempenho – Fonte: autor

Entre os indicadores da área de Projeto Geométrico o PG1 (14%) e PG2 (13%) foram os de maior peso. Verifica-se a predominância das dimensões espaciais planimétrica e altimétrica sobre as seções transversais e a dimensão contextual. Tal importância pode estar associada ao grau de exigência por norma de parâmetros mínimos e máximos (raios de curvas horizontais, intertangentes, rampas, parábolas de curvas verticais) vinculados ao projeto planialtimétrico. Na área do Projeto de Terraplenagem não foi possível registrar nenhum dos indicadores como o mais relevante. A importância dada pelos grupos além de homogênea foi a mais baixa. Tal avaliação sugere a percepção do Projeto de Terraplenagem como uma consequência do Projeto Geométrico e das definições prévias no Estudo de Traçado, indicando pouca "margem de manobra" para melhorias no projeto, como um todo, nesta etapa do projeto.

Uma análise do tipo Curva ABC (Carvalho, 2002) para os indicadores estabelece que 22% do número de critérios (ET2 e ET3) respondem por 44% da importância acumulada, 33% (PG1, PG2 e ET1) equivalem a 37% da importância acumulada e os demais 45% (PG3, PT1, PT2 e PT3) contribuem com apenas 19%. Para a obtenção de um bom projeto rodoviário deve-se dar uma ênfase especial aos indicadores que ocupam a posição A na Curva ABC, que são: a Porcentagem de declividades anômalas e Interferências por quilômetro.

5. CONCLUSÕES

O objetivo da pesquisa descrita no presente artigo foi o de desenvolver um método de avaliação de projeto rodoviário utilizando Indicadores de Desempenho para emprego em um jogo educacional denominado Projeto Ponto de Partida. Em tal jogo, é simulada uma concorrência pública entre equipes e na fase da Abertura de Envelopes estas são classificadas através de uma Nota da Proposta de Preços – NPP e de uma Nota da Proposta Técnica – NPP.

Para compor a NPT foram concebidos nove Indicadores de Desempenho classificados nas dimensões Sequencial e Espacial-Contextual. Os indicadores foram nomeados, codificados, descritos e suas equações e unidades representadas. Para avaliar o peso de cada indicador na composição da NPT foram utilizadas as técnicas de Processo Analítico Hierárquico – AHP e a técnica do Painel de Especialistas.

O Painel de Especialistas utilizou quatro grupos atuantes na área de projetos rodoviários. O Processo Analítico Hierárquico – AHP indicou uma Razão de consistência (RC) válida para o conjunto dos grupos testados. Dentre as principais contribuições desta pesquisa pode-se citar:

- a concepção de Indicadores de Desempenho para avaliar projetos rodoviários;
- os pesos identificados para os Indicadores de Desempenho;
- a análise de relevância da área de Estudo de Traçado sobre o Projeto Geométrico e o Projeto de Terraplenagem, indicando a supremacia da dimensão sequencial Prévia sobre a Decorrente e Subsequente;
- a relevância dos indicadores ET2 – Porcentagem de declividades anômalas e ET3 – Interferências por quilômetro na Curva ABC;
- a representatividade da dimensão Espacial-Contextual nos três indicadores mais importantes (ET2 – altimétrico, ET3 seção transversal/contextual e PG1 – planimétrico);
- a homogeneidade dos pesos entre os diferentes grupos, identificando percepções bastante próximas.

É importante ressaltar que boa parte das disciplinas de Rodovias das universidades brasileiras não vem desenvolvendo atividades massivas de projeto com a inclusão da etapa de Estudo de Traçado. Como observado ao longo de todo este artigo, é nesta etapa que as definições têm o potencial de produzir os maiores benefícios ou os mais comprometedores prejuízos a um projeto rodoviário. O Projeto Ponto de Partida disponibiliza aos alunos de graduação em rodovias um cenário lúdico-real-didático que permite seu desenvolvimento mais abrangente. Com os Indicadores de Desempenho pretende-se disponibilizar uma ferramenta de avaliação de projetos rodoviários objetiva, simples, eficiente e didática.

Agradecimentos

Os autores agradecem à empresa TRIUNFO CONCEPA pelo apoio no desenvolvimento deste projeto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Baabak Ashuri, Kia Mostaan, and David Hannon. (2013). *How Can Innovative Project Delivery Systems Improve The Overall Efficiency Of GDOT In Transportation Project Delivery?* Georgia Institute of Technology. doi:10.13140/2.1.2627.4088.

Barba-Romero, S. e J. C. Pomerol (2000) *Multicriterion Decision in Management: principles and practice.* Kluwer Academic Publishers, Boston.

Barrows, H. S. (1984). *A Specific, problem-based, self-directed learning method designed to teach medical problem-solving skills, self-learning skills and enhance knowledge retention and recall.* In H. G. Schmidt, & M. L. de Volder (Eds.), Tutorials in problem-based learning. A new direction in teaching the health profession. Assen: Van Gorcum.

Barrows, H. S. (1996). *Problem-Based Learning in Medicine and Beyond: A Brief Overview. New Directions for Teaching and Learning*, 1996, 3-12.

Bodnar, Cheryl A., D. Anastasio, J. A. Enszer, e D. D. Burkey. (2016) *Engineers at Play: Games as Teaching Tools for Undergraduate Engineering Students: Research Review: Games as Teaching Tools in Engineering.* Journal of Engineering Education 105, no. 1: 147–200. doi:10.1002/jee.20106.

BRASIL. (2003) Ministério dos Transportes. Departamento Nacional de Infra – Estrutura de Transportes. Assessoria de Cadastro e Licitação – ACL/DG/DNIT. EDITAL Nº 318/2003-00, *Tomada De Preços Para Seleção De Empresas De Consultoria Para Execução De Projeto*. Processo nº 50600006278/2003-51. <http://www1.dnit.gov.br/anexo/Edital/Edital_edital0318_03-00_0.pdf>. Dezembro de 2003.

Carvalho, J. M. C. (2002). *Logística*. 3ª ed. Edições Silabo, Lisboa.

Egilmez, G.; S. Gumus e M. Kucukvar (2015) *Environmental sustainability benchmarking of the U.S. and Canada metropoles: An expert judgment-based multi-criteria decision making approach*. Cities, v. 42.

García, D. S. P. *et al.* (2016) *Projeto Ponto de Partida: o ensino de projeto de rodovias através de uma abordagem lúdico-real-didática*. In: Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes da ANPET (30. : 2016 : Rio de Janeiro, RJ). Anais [recurso eletrônico], Rio de Janeiro: ANPET, 2016. [12] f.

Huang, A., e D. Levinson. (2012) *To Game or Not to Game: Teaching Transportation Planning with Board Games*. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board 2307: 141–49. doi:10.3141/2307-15.

Kablan M. M. (2004) *Decision support for energy conservation promotion: analytic hierarchy process approach*. Energy Policy, v. 32, n. 10, p. 1151-1158.

Kapp, K., Blair, L., & Mesch, R. (2013). *The gamification of learning and instructional field-book*. Hoboken, NJ: Wiley Publishers Inc.

Liao, Chen-Fu, H. Liu, e D. Levinson. (2009) *Simulating Transportation for Realistic Engineering Education and Training: Engaging Undergraduate Students in Transportation Studies*. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board 2109: 12–21. doi:10.3141/2109-02.

Love, P. E. D., D. J. Edwards, Z. Irani, e A. Sharif. (2012). *Participatory Action Research Approach to Public Sector Procurement Selection*. Journal of Construction Engineering and Management 138 (3): 311–22. doi:10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000440.

Molenaar, K., e D. Navarro. (2011). *Key Performance Indicators in Highway Design and Construction*. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board 2228 (December): 51–58. doi:10.3141/2228-07.

Nosal, K. e K. Solecka (2014) *Application of AHP method for multi-criteria evaluation of variants of the integration of urban public transport.* Transportation Research Procedia, v. 3, p. 269-278.

Ruiz-Padillo, A.; D. P. Ruiz; A. Torija e A. Ramos-Ridao (2016) *Selection of suitable alternatives to reduce the environmental impact of road traffic noise using a fuzzy multi-criteria decision model*. Environmental Impact Assessment Review, v. 61, p. 8-18.

Saaty, T. L. (1980) *The Analytic Hierarchy Process*. McGraw-Hill, New York.

Saaty, T. L. (1990) *How to Make a Decision. European Journal of Operational Research*, v. 48, p. 9-26.

Savi, R.; Ulbricht, V. R. (2008) *Jogos Digitais Educacionais: Benefícios e Desafios*. RENOTE - Revista Novas Tecnologias na Educação, v. 6, p. 1-10, 2008.

Sun, H.; Y. Zhang; Y. Wang; L. Li e Y. Sheng (2015) *A social stakeholder support assessment of low-carbon transport policy based on multi-actor multi-criteria analysis: The case of Tianjin*. Transport Policy, v. 41.

Touran, Ali (2009) National Research Council (U.S.), Transit Cooperative Research Program, United States, and Transit Development Corporation. *A Guidebook for the Evaluation of Project Delivery Methods*. TCRP Report 131. Washington, D.C: Transportation Research Board.

Turoff, M. (1970). *The design of a policy Delphi*. Technological Forecasting and Social Change v. 2, p. 149-171.

United Nations Development Programme. (2016). *Human development report 2016: Human Development for Everyone*. Retirado de http://hdr.undp.org/sites/default/files/2016_human_development_report.pdf

Daniel Sergio Presta García (daniel.garcia@ufrgs.br)
Alejandro Ruiz-Padillo (alejandro.ruiz-padillo@ufsm.br)
Gustavo R. Di Rado (gdirado@ing.unne.edu.ar)
César Luís Andriola (andriola.cesar@gmail.com)
Cristhiane Paludo Demore (cristhianedemore@gmail.com)
Tiago Kirsch Lanes (tiagokirschlanes@gmail.com)
Laboratório de Sistemas de Transportes – Departamento de Engenharia de Produção e Transportes
Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS
Av. Osvaldo Aranha. 99 – Porto Alegre. RS. Brasil

CONCESSÃO DAS RODOVIAS FEDERAIS: ANÁLISE DA QUALIDADE DOS SERVIÇOS PRESTADOS NA RODOVIA BR-060

Luca Torres Moura
Evaldo Cesar Cavalcante Rodrigues
Roberto Bernardo da Silva
Universidade de Brasília (UnB)
Programa de Pós-Graduação em Transportes (PPGT)

RESUMO
O artigo apresenta uma análise sobre a gestão de rodovias por concessionárias privadas, em que o governo federal implementou após a criação do programa de concessão de rodovias federais (PROCOFE). O estudo verificou como os usuários perceberam e avaliaram a qualidade dos serviços prestados no trecho da rodovia BR-060, que liga Brasília-DF à Goiânia-GO e que é atualmente administrada por uma empresa privada. O trabalho utilizou a coleta de dados em amostra de usuários que trafegaram antes e depois da privatização e responderam a um questionário modelado pela ferramenta MCDA-C ou Análise Multicritério de Apoio a Decisão Construtivista, que aperfeiçoou as perguntas para o questionário evitando redundâncias e repetições. Os respondentes avaliaram critérios como comodidade, operação, segurança, serviços prestados e uso da tecnologia. Esse estudo visa verificar como a concessão de rodovias no Brasil pode ser avaliada com a pesquisa sobre a rodovia BR-060, onde os usuários perceberam melhorias em geral.

ABSTRACT
The article presents an analysis of the management of highways by private concessionaires, that the federal government has implemented after the creation of the federal highway concession program (PROCOFE). The study verified how users perceived and evaluated the quality of the services provided in the section of highway BR-060, which links Brasília-DF to Goiânia-GO and is currently managed by a private company. The work used the data collection in a sample of users who traveled before and after privatization and answered a questionnaire modeled by the tool MCDA-C or Multicriteria Analysis of Support to the Constructivist Decision, that improved the questions for the questionnaire avoiding redundancies and repetitions. Respondents evaluated criteria such as convenience, operation, security, services provided and use of technology. This study aims to verify how the concession of highways in Brazil can be evaluated and with the example of the research on highway BR-060, that users has perceived improvements in general.

1. INTRODUÇÃO

O novo mecanismo de gerenciamento através de concessões de rodovias por empresas privadas tem sido o novo parâmetro na modernização da gestão de bens públicos nos diversos países e no Brasil adotou-se esse método por se buscar uma solução pelos diversos problemas enfrentados

O Governo Federal buscou um novo meio de enfrentar problemas decorrentes da alta complexidade de manutenção do sistema rodoviário. Após o Programa de Concessões de Rodovias Federais (PROCOFE) ser instituído, o governo passou a priorizar as metas de expansão rodoviária pelo país e investimentos na infraestrutura do setor.

Segundo a ANTT (2016), o programa de concessão de rodovias já conta com 11.191,1 Km de rodovias administradas por concessionárias e intermediadas pelo governo federal e por governos estaduais. A ANTT administra atualmente 9.969 Km de rodovias em contratos de concessão para empresas privadas em 21 lotes de concessão.

A proposta de conceder a iniciativa privada advém do novo método de inovar a gestão pública, onde foram notados os diversos problemas comuns na administração desses bens de uso público e que a inconstância de manter a qualidade é apontada como um dos problemas comuns nas

rodovias brasileiras.

A pesquisa trata sobre a percepção da qualidade dos serviços prestados na rodovia BR-060, com base em itens avaliativos fundamentais inseridos nesse contexto. A pesquisa em si não julgará a qualidade da empresa concessionária e sim, a qualidade dos serviços que ela está desempenhando na referida rodovia e se esses serviços são mantidos na conformidade com que havia sido implantado antes da concessão.

2. RODOVIA BR-060

A BR-060 é uma rodovia radial que se destaca por sua importância socioeconômica que atinge a capital federal Brasília, a capital Goiânia e cidades do entorno, onde via recebeu um grande investimento de melhorias, das quais se destaca a obra de duplicação realizada pelo Programa de Aceleração do Crescimento (PAC).

Segundo o Ministério dos Transportes (2017), atualmente, a rodovia possui 1.329,3 Km e se estende da fronteira com o Paraguai até Brasília/DF, iniciando na cidade de Bela Vista/MS, passando por cidades como Campo Grande/MS, Alexânia/GO, Abadiânia/GO, Goiânia/GO até chegar à capital federal, Brasília.

A importância dessa rodovia é a sua inserção no cenário econômico que rodeia o trecho. A chegada de novos empreendimentos econômicos na região tem chamado a atenção, como empresas do varejo e centros comerciais. Nos próximos anos espera-se um crescimento em novas obras de setores comerciais e serviços nessa região.

O Ministério dos Transportes (2017) também define em contrato que nos cinco primeiros anos a implantação de 84 interseções, 38 passarelas, 11 melhorias em acesso, além de 36,5 quilômetros de vias marginais em travessias urbanas.

O Governo Federal, por meio do que havia sido definido em contrato, exige que a concessionária efetue as intervenções de melhorias estruturais e operacionais, tanto quanto os elementos acessórios de qualidade. Trata-se de melhorias na pavimentação e acostamento, adequação da sinalização, reparos de elementos de segurança, recuperação de vias, implantação dos Serviços de Apoio ao Usuário – SAU, que são unidades compostas por equipes de emergências.

Além dessas melhorias, espera-se que a empresa concessionária, faça melhorias em toda a faixa de domínio, garantindo aos usuários a percepção de qualidade adequada. Os usuários necessitam da continuidade do empenho de se oferecer um trajeto seguro e adequado, e a concessionária deverá se dispor a oferecer aquilo que o contrato exige.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico do trabalho elenca as áreas de estudo sobre o tema, que apresenta uma revisão de literatura fundamental para a composição desse presente trabalho. Está focado no funcionamento de serviços prestados por concessionárias de rodovias. As áreas de conhecimento são divididas em Gerenciamento de rodovias e concessão rodovias.

3.1 Gerenciamento de Rodovias

As rodovias possuem um papel fundamental na economia do Brasil por estar inserido em um

dos principais sistemas logísticos do país, onde se desenvolve um meio de escoamento dos principais produtos para serem comercializados entre destinos nacionais e internacionais.

Ballou (2006) explica que o transporte é o elemento mais importante no sistema logístico de uma empresa e faz com que os seus custos sejam significativos para se deslocar uma carga de um lugar para outro.
O gestor de logística ainda segundo Ballou (2006), precisa ter uma base de métodos e conhecimentos para que se desenvolva todo o processo de logística na organização. O Brasil historicamente, por exemplo depende bastante do escoamento de produtos primários e conforme Regazzini *et al* (2014),o país necessita desenvolver um complexo sistema logístico para poder escoar para o mercado externo, que é o principal destino da produção.

Valente *et al.* (2008) apontam que recentemente, novos conceitos de gestão que incentivam a competitividade foram adotados, onde o objetivo de alcançar uma melhora na qualidade e produtividade nos transportes que tem sido altamente buscada.

Barat (1971) aponta que por causa dos altos custos, os investimentos na a construção das rodovias, sempre dependeram de planejamentos e estudos o que causa elevadas onerações para as finanças do governo, onde estes são variáveis conforme o contexto político, econômico e social.

Dal maso (2012) explica que durante os anos de 1990 o Brasil passou por uma considerada reforma de gestão de serviços públicos, onde o objetivo era inovar e modernizar a administração pública.

Com a deterioração dos meios de transportes rodoviários, os custos de operação fizeram com que o transporte ficasse caro ao passo que diversas despesas eram incluídas por causa desses problemas. Nesse momento, observou-se que o método de gestão pública já enfrentava uma série de desafios, obrigando-se a adotar uma nova necessidade de gestão desses modais terrestres.

3.2 Concessões de rodovias
No cerne dos planos de modernização do Estado e da Administração pública, o governo viu-se obrigado tomar medidas que desonerasse os recursos, dando a oportunidade das rodovias públicas serem administradas por empresas privadas, que utilizam ferramentas de gestão que segundo Serman (2008) são comparativamente mais eficientes.

O Programa de Concessões de Rodovias Federais (PROCOFE) foi incentivado, logo após a elaboração do Programa Nacional de Desestatização (PND), iniciado em 1991, onde esse programa surgiu para criar novos contratos de concessão e privatização de bens públicos. O Ministério dos Transportes (2017) explica que o programa permitiu que as empresas vencedoras devessem buscar a exploração da infraestrutura e em contrapartida, deverá prestar serviços de recuperação, operação, manutenção, monitoração, conservação, implantação de melhorias e ampliação de capacidade da respectiva rodovia.

A ANTT administra atualmente 21 concessões de rodovias, totalizando 9.969,6 km, sendo quatro concessões contratadas pelo Ministério dos Transportes, entre 1994 e 1997, uma pelo Governo do Estado do Rio Grande do Sul, em 1998, com posterior Convênio de Delegação das

Rodovias denunciado e o contrato sub-rogado à União em 2000 , oito concessões referentes à segunda etapa - fases I (2008) e II (2009), uma concessão referente à terceira etapa – fase II (2013), seis concessões que são partes integrantes do Programa de Investimentos em Logística, pertencente à terceira etapa – fase III (2013 e 2014) e, por fim, a Ponte Rio-Niterói, cuja nova concessão teve início em 2015 (ANTT, 2017).

O Quadro 1 mostra as rodovias concedidas em todas as fases de concessão, desde o programa PROCOFE.

Trechos concedidos	Extensão
BR-116/RJ/SP (NOVADUTRA)	402,00 km
BR-040/MG/RJ (CONCER)	179,90 km
BR-116/RJ (CRT)	142,50 km
BR-290/RS (CONCEPA)	121,00 km
BR-116/293/392/RS (ECOSUL)	457,30 km
BR-116/PR/SC (AUTOPISTA PLANALTO SUL)	412,70 km
BR-116/PR - BR-376/PR - BR 101/SC (AUTOPISTA LITORAL SUL)	405,90 km
BR-116/SP/PR (AUTOPISTA RÉGIS BITTENCOURT)	401,60 km
BR-381/MG/SP (AUTOPISTA FERNÃO DIAS)	562,10 km
BR-101/RJ (AUTOPISTA FLUMINENSE)	320,10 km
BR-153/SP (TRANSBRASILIANA)	321,60 km
BR-393/RJ (RODOVIA DO AÇO)	200,40 km
BR–116/324/BA e BA-526/528 (VIABAHIA)	680,60 km
BR-101/ES/BA (ECO-101)	475,90 km
BR-050/GO/MG (MGO Rodovias)	436,60 km
BR-060/153/262/DF/GO/MG (CONCEBRA)	1.176,50 km
BR-163/MS (MS VIA)	847,20 km
BR- 163/MT (CRO)	850,90 km
BR-040/DF/GO/MG (Via 040)	936,80 km
BR-153/TO/GO	624,80 km
BR-101/RJ (ECOPONTE)	13,20 km
TOTAL	
21 Trechos	**9969,6 Km**

Quadro 1: Rodovias Concedidas

No que se refere ao funcionamento da gestão das rodovias, há de se considerar a diferença entre privatização e concessão, este em que o trabalho foca. Guasch (2014) explica que:

- Privatização de um bem público ocorre após a venda ou alienação, como é conhecida e sua gestão será definitivamente privada, com riscos e contas próprias e sem devolução ou vigência e;

- Concessão é uma autorização dada pelo Estado ao ente privado para administrar um bem público. A empresa ou concessionário assume esse bem com um prazo, mas de acordo com seus riscos e despesas, seguindo a legislação e as regras contratuais.

Serman (2008) utiliza três classificações de concessões de bens públicos, muito utilizado no Brasil para repasse de bem público à uma empresa concessionária.

- Concessões Subsidiadas: São concessões em que necessitam de aporte financeiro do governo durante a concessão. O governo, geralmente complementa as receitas de modo a reduzir a cobrança tarifária,ou seja subsidiando a cobrança. O governo ainda pode arcar com eventuais

despesas e indenizações, caso esteja planejado no contrato.

- Concessões gratuitas: No Brasil, utiliza-se muito essa modalidade nas concessões rodoviárias, como o do referido estudo. Essa modalidade utiliza o volume e o retorno do investimento de forma equilibrada com a cobrança de taxas. Não possui complemento financeiro do Estado, pois o volume gerado pelo tráfego de motoristas e o valor da cobrança propicia o retorno à concessionária para garantir futuras implementações na via.

- Concessões onerosas: São concessões, segundo Serman (2008) onde ocorrem pagamentos pela concessionária ao Governo, que destina à execução de obras de recuperação e manutenção em outras vias, constituindo, desta forma um subsídio cruzado.

Sobre os problemas de concessões Guasch (2014), explica que há sempre preocupações sobre os riscos dessa modalidade, tanto para o ente público ou o próprio privado. Dificuldades de cumprimento contratual, conflitos nos ajustes de tarifas, prazos inviáveis para entrega de obras e impossiblidade de oferecer a qualidade requisitada.

O objetivo do mercado em que as empresas de concessão se posicionam pode incrementar a qualidade dos serviços, beneficiando os usuários dos trechos em que as empresas operam. Espera-se, por parte dos usuários e da sociedade que a qualidade e o nível do serviço na nova gestão sejam compensados pelo que se paga nas cobranças dos pedágios.

As empresas, no entanto, deverão buscar oferecer o produto de acordo com a legislação, onde o usuário é quem pagará pelo uso do bem que consome, a partir da cobrança do pedágio.

A regulação econômica pode ser utilizada sanar problemas decorrentes das concessões e nesse sentido Müller (2010) e Gomes (2015) apontam que o Estado deve agir para eliminar as falhas de mercado e alcançar um ponto ótimo de equilíbrio entre clientes e empresas de bens e serviços, utilizando mecanismos que limitam a liberdade na tomada de decisão dos agentes econômicos.

4. METODOLOGIA

Os participantes do estudo são uma amostra de 155 usuários selecionados em lugares próximos a rodovia, regiões fronteiriças da BR ou as próprias estações rodoviárias com ligações estaduais que utilizam a rodovia BR-060.

Os usuários avaliadores que foram selecionados são aqueles que utilizaram o trecho antes e depois da concessão e que frequentemente trafegaram na referida rodovia. Observa-se a importância da seletividade e exclusão, garantindo o que a proposta da pesquisa necessita, que é ter precisão e legitimidade dos avaliadores.

4.1 Tipo de Pesquisa

A pesquisa utilizada nessa pesquisa é a descritiva, que é baseada nos estudos descritivos conforme explica Triviños (1987), onde uma pesquisa necessita de várias informações características a respeito do tema para garantir a devida precisão. Com isso será necessário, a utilização de ferramentas, modelos e teorias que garantem ao investigador uma validade aceitável.

4.2 População e Amostra

A organização em que se trata o estudo é uma concessionária de rodovias, onde ela possui o direito de explorar comercialmente o uso da via pública, mediante um período e um determinado trecho. O contrato para adquirir o uso comercial é formalizado entre governo e a empresa concessionária, onde deve-se ter as condições prévias para se adquirir o direito de uso. O trecho de estudo é o *lócus* da pesquisa, onde os usuários que a usufruem terão a responsabilidade de avaliar.

4.3 Instrumento de coleta de dados pelo método MCDA-C

O uso do MCDA-C ou Análise Multicritério de Apoio a Decisão Construtivista para o presente trabalho, é uma ferramenta que utiliza a percepção das pessoas para tomadas de decisões, a fim de tirar conclusões sobre determinado tema. A ideia de se envolver pessoas, para Ensslin (2010) é a definição de uma visão da natureza do ponto de vista humano e demonstrar a possibilidade de criar decisões, onde se considera envolver uma pessoa para que se demonstre a sua visão sobre tal fato para fazer cada julgamento em um devido contexto.

A metodologia utilizada no trabalho possui diversas etapas divididas num roteiro, onde cada etapa ocorre encontros com as pessoas inseridas em cada contexto, com a finalidade de auxiliar o pesquisador a conceber o seu instrumento de coleta de dados e aplicá-los aos usuários.

A ferramenta MCDA-C, ajudará o trabalho a formular o questionário pesquisa na amostra de usuários, onde no inicio da etapa ocorre a elaboração de tópicos elementares sobre rótulo da pesquisa ou aquele questionamento pertinente sobre o que o pesquisador quer buscar. Logo em diante, é firmada uma reunião de especialistas conhecida como *brainstorming* para debater os assuntos referentes aos tópicos elementares, conhecidos como EPA ou Elementos Primários de Avaliação.

Para Rodrigues (2014) importância do *brainstorming* se dar ao fato de ser uma técnica que auxilia as pessoas a obter ideias importantes para solução de problemas. A partir da reunião entre o pesquisador e especialistas nos locais previamente marcados, serão identificados e discutidos os itens básicos de qualidade que formarão bases para criar os itens norteadores para definição da ferramenta de pesquisa.

Os Elementos Primários de Avaliação (EPA) são itens de qualidade que são observados durante os *brainstormings* entre os participantes, compostos pelo pesquisador moderador e um, dois ou três especialistas na área de transportes. Esses itens de qualidade são levantados após o debate de ideias entre os envolvidos na reunião.

Após as definições e ajustes dos EPA, os resultados são levados para apreciação do grupo focal de trabalho que foi realizada nas dependências da Universidade de Brasília (UnB) e nessa reunião formada entre pesquisadores na área de Transportes.

O objetivo desse encontro era analisar e avaliar as informações dos Elementos Primários de Avaliações feitos por *brainstormings*, para serem feitos os ajustes necessários, com a finalidade de se criar os Pontos de Vista Fundamentais (PVF) e taxá-los com percentuais, que tenham um total de cem por cento (100%) em cada família, segundo o grau de importância de cada item.

Após a definição do PVF, faz-se necessária criar uma árvore de valor, com vínculos em formato

horizontal e também vertical, que ratificam os elementos para formalizar as subdivisões do PVF, que são conhecidos como Subcritérios de Ponto de Vista Fundamentais (SubPVF).

Os SubPVF são subitens relativos a cada item (PVF), que caracterizam o rol de itens de qualidade presente numa rodovia. Cada Subitem ou SubPVF está associado a um PVF de acordo com sua classificação. Os colaboradores acrescentam ou modificam esses elementos para garantir uma precisão adequada para que isso ajude o pesquisador a elaborar seu instrumento de coleta de dados.

A Figura 1 com os itens avaliativos que será aplicados no questionário. Nota-se que cada elemento de avaliativo (Subcritério PVF 2) está relacionado ao seu respectivo elemento relativo (Subcritério PVF 1 e PVF).

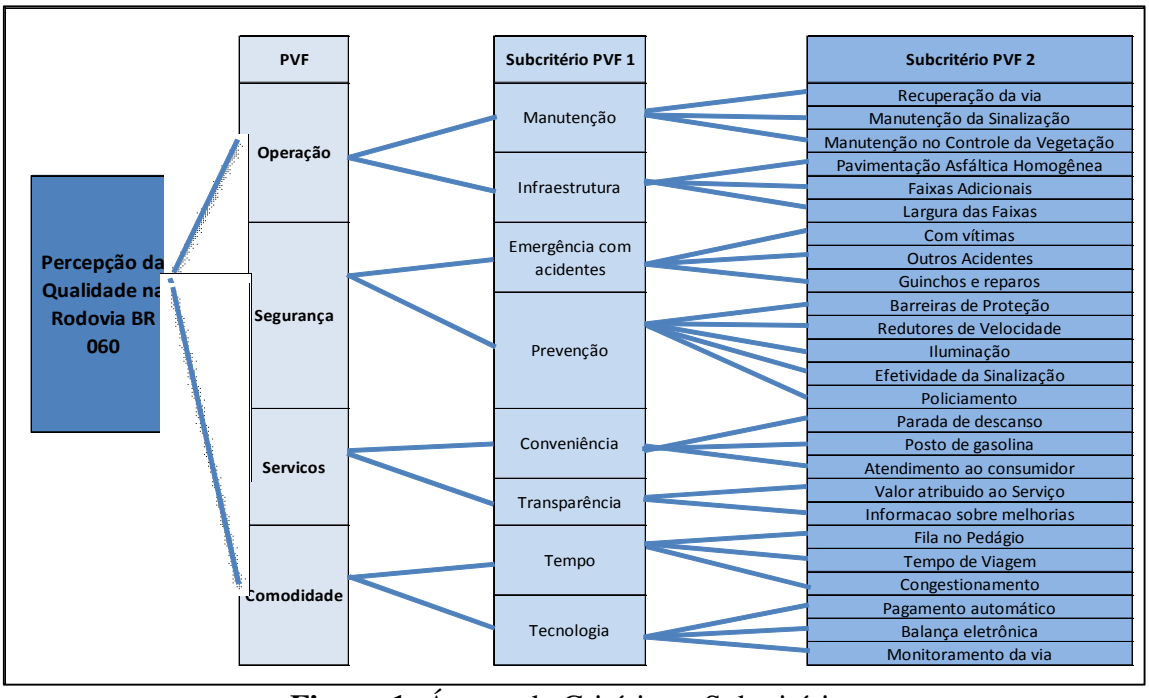


Figura 1: Árvore de Critérios e Subcritérios

Logo em diante o questionário é construído com base no Subcritério PVF2 em que cada item será avaliado entre os usuários da rodovia. Após a aplicação do instrumento de coleta de dados, necessita-se fazer a tabulação de dados que serão contabilizados, numerados e depois tendo a mediana observada. Os níveis de esforço obtidos anteriormente poderão nas etapas a seguir, indicar a melhor pontuação para ser encaixada no software.

O usuário selecionado deveria obrigatoriamente, ter utilizado a rodovia em menos de um ano, ter utilizado antes e depois da concessão à administração privada e possuir idade igual ou superior a 21 anos. A seleção de usuários em conformidade com as regras estabelecidas, segundo Triviños (1987), serve para que o investigador ou pesquisador colete os dados sem fugir do contexto do tema.

Os usuários pré-selecionados garantem maior consistência e fidedignidade da amostra. O *software* utilizado para calcular os dados foi o MAMA Decisão, que analisa estatisticamente esses dados qualitativos e resulta em dados quantitativos, partir do que o usuário ou pesquisador

preencher, respeitando as características dos dados da pesquisa de campo com os níveis de esforço e posição da mediana.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após o uso do *software*, para avaliar os itens questionados pelos usuários, foi calculado o nível de esforço desses subcritérios, também conhecidos como Subcritérios 2, que são partes da ramificação do Subcritérios 1 e que serão avaliados no nível de critério mais resumido.

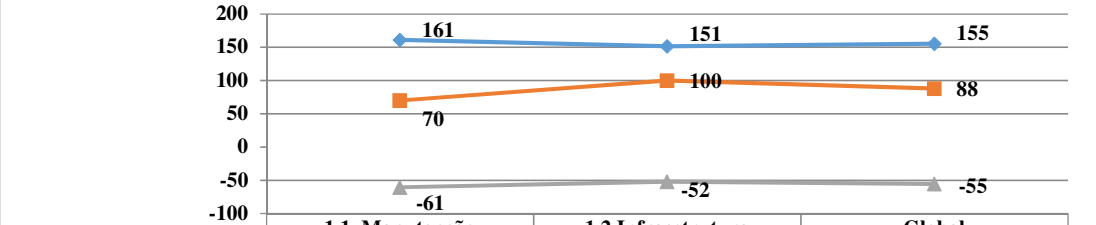
Cada pergunta da coleta de dados possui um nível de esforço diferente, que seria como se fosse um peso em relação à importância na qualidade final oferecida pela empresa.
Intuitivamente, um item que levou em consideração seu custo para atingir um nível razoável de qualidade e nesse sentido, os usuários perceberem que houve uma melhora ou piora, esse item poderá influenciar com mais força o resultado final da qualidade de um critério global.

5.1 Operação

Os usuários que notam e avaliam o critério Operação levam em consideração a qualidade percebida durante o deslocamento pela via, que engloba os subcritérios associados ao trajeto da viagem. Para compor essa avaliação foram comparados os subcritérios da Manutenção da via e a Infraestrutura.

Para observar o critério Operação, conforme a Figura 2, observa-se que o subcritério Infraestrutura se saiu com a melhor avaliação em comparação com o subcritério Manutenção, com uma diferença de 30 pontos.

O subcritério Manutenção é o item que necessita de maior esforço para que atinja o um nível máximo com uma variação de 82 pontos necessária, enquanto que o subcritério Infraestrutura de é de 51 pontos até atingir o nível máximo de esforço possível.



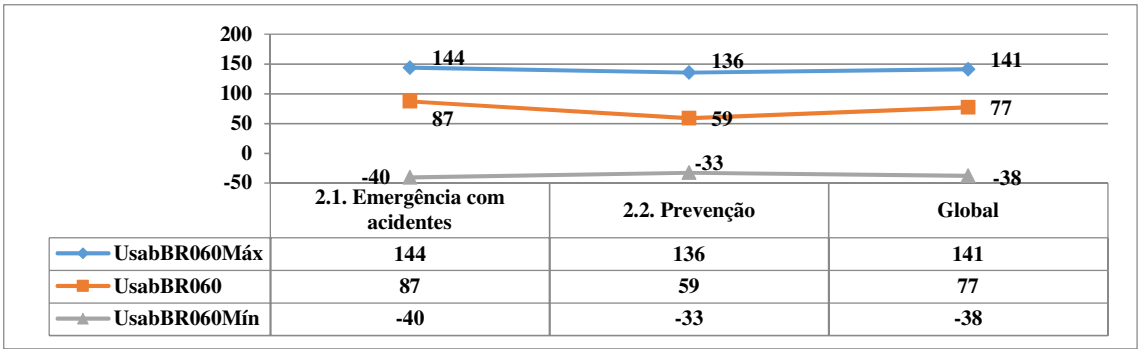
	1.1. Manutenção	1.2.Infraestrutura	Global
UsabBR060Máx	161	151	155
UsabBR060	70	100	88
UsabBR060Mín	-61	-52	-55

Figura 2: Critério Operação

5.2 Segurança

Para avaliar a Segurança, os usuários perceberam o quanto variou esse critério antes e durante a gestão da rodovia pela concessionária.

Na Figura 3, nota-se para a composição do critério Segurança, onde são formados pelos os subcritérios Emergência com Acidentes e Prevenção, nos resultados a seguir, mostra que Emergência com acidentes obteve o melhor desempenho na percepção dos usuários nas respostas.



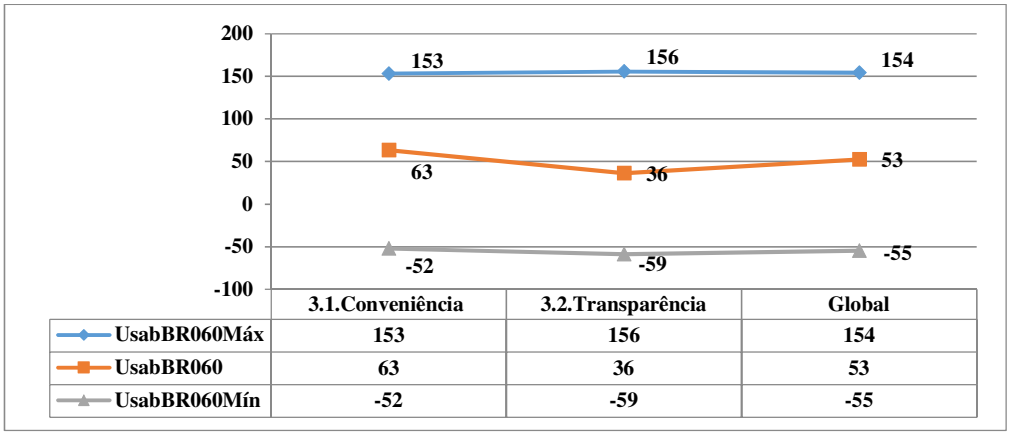
	2.1. Emergência com acidentes	2.2. Prevenção	Global
UsabBR060Máx	144	136	141
UsabBR060	87	59	77
UsabBR060Mín	-40	-33	-38

Figura 3: Critério Segurança

5.3 Serviços

No critério a seguir, avaliou-se o critério Serviços, conforme A Figura 4, que é composto pelos subcritérios Conveniência e Transparência. Nesses subcritérios, a Conveniência obteve a melhor pontuação de avaliação enquanto Transparência ficou em segundo lugar. Logo, observa-se uma grande variação na sensibilidade gráfica do subcritério transparência, o que mostra que esse item obteve um desempenho de qualidade abaixo do esperado.

No critério de menor esforço, está o subcritério Conveniência com uma variação de 90 pontos, enquanto o subcritério Transparência com maior esforço é de 120 pontos até atingir o nível máximo de qualidade possível.



	3.1.Conveniência	3.2.Transparência	Global
UsabBR060Máx	153	156	154
UsabBR060	63	36	53
UsabBR060Mín	-52	-59	-55

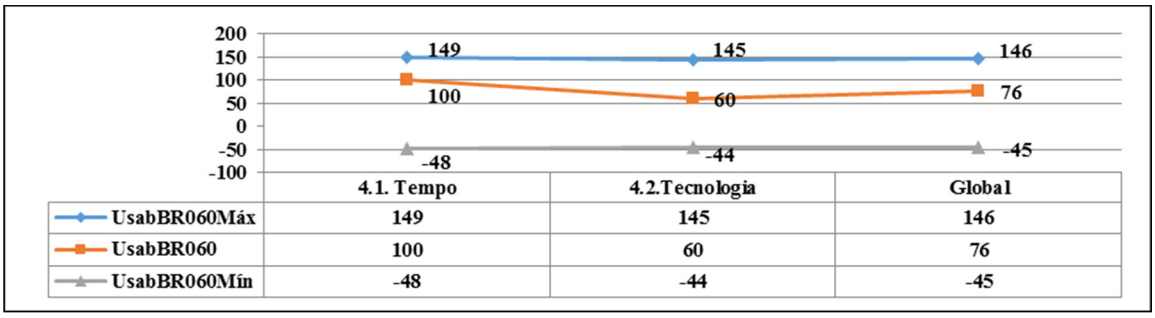
Figura 4: Critério Serviços

5.4 Comodidade

Para os usuários avaliarem a Comodidade oferecida pela rodovia durante e antes da gestão da concessionária, dois subcritérios foram avaliados que são: Tempo e Tecnologia.

Os usuários avaliaram pelo tempo a questão da demora nas filas de pedágios, o tempo de viagem e tempo gasto em congestionamentos. A tecnologia foi avaliada pelos usuários como os acessórios tecnológicos implantados pela concessionária melhoraram ou pioram após o repasse à administração privada.

A Figura 5 contém a pontuação dos subcritérios, observe como o subcritério Tempo está bem próximo de atingir o nível máximo de qualidade, o que demonstra os usuários perceberam uma grande melhoria, o que necessita de um esforço menor.



	4.1. Tempo	4.2.Tecnologia	Global
UsabBR060Máx	149	145	146
UsabBR060	100	60	76
UsabBR060Mín	-48	-44	-45

Figura 5: Critério Comodidade

Após a avaliação dos quatros critérios de qualidade, chegam-se agora aos resultados finais contemplando o desempenho global da avaliação da qualidade dos serviços prestados na Rodovia BR-060. A pontuação final foi observada por causa dos cálculos resultantes que o *software* elaborou, demonstrando através dos gráficos a seguir como foi o desempenho da qualidade da via.

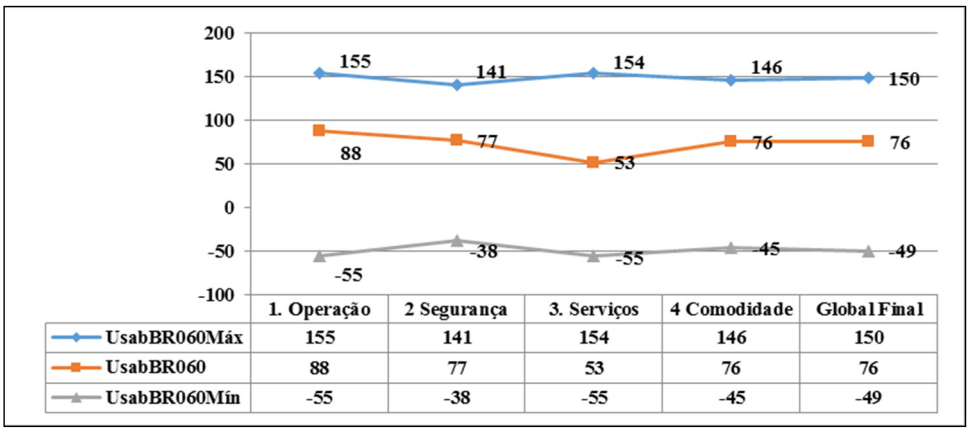
5.5 Análise Global

Na ultima avaliação, observa-se o desempenho global, que engloba todas as contribuições e analises dos subcritérios já avaliados um por um, mas nessa etapa é possível concluir os resultados nos quatro critérios principais e verificar qual obteve o melhor resultado esperado.

A importância desses resultados finais é que os termos principais globais mostrarão os locais onde à rodovia BR-060 melhorou e onde piorou. Nas tabelas e nos gráficos criados pelo *software* a seguir, ficou indicado qual é pontuação de cada critério.

O propósito de obter uma análise geral de usuários ou um *feedback*, possui uma enorme importância gerencial e de acordo com Corrêa e Caon (2002), todas as informações prestadas pelo cliente possui um enorme valor na hora de verificar os problemas e concertá-los.

Nos resultados abaixo, a Figura 6 mostra aquilo que cada subcritério foi avaliado. Há um intervalo de máximos e mínimos para cada critério (Operação, Segurança, Serviços e Comodidade) e uma pontuação atingida, onde demonstra o local que necessita maior esforço para melhoria.



	1. Operação	2 Segurança	3. Serviços	4 Comodidade	Global Final
UsabBR060Máx	155	141	154	146	150
UsabBR060	88	77	53	76	76
UsabBR060Mín	-55	-38	-55	-45	-49

Figura 6: Análise Global

Essa percepção dos usuários mostra que a Rodovia careceu no fornecimento de acessórios relacionados aos serviços como a Transparência e a Comodidade, algo que indica que no futuro novos esforços deverão ser feitos para que se atinja uma melhora perceptível.

Nesse sentido vale ressaltar como o retorno dos clientes possui uma importância na gestão, Gummesson (1998) ressalta que os clientes na atualidade não são clientes finais e sim clientes contínuos, pois eles estarão sempre avaliando o serviço e os bens oferecidos pela organização.

Com os resultados obtidos, concluiu-se que o critério Segurança se saiu como o mais bem avaliado pelos os usuários das rodovias, onde pesou o subcritério Emergência com Acidentes, em que os usuários destacaram a qualidade no atendimento às vítimas de acidente pelo percurso. Essa avaliação foi percebida como sendo alta pelo fato desse critério não ter necessitado de grandes investimentos em comparação com o critério Infraestrutura, que possui partes mais onerosas nos investimentos de uma rodovia.

6. CONCLUSÕES

O presente trabalho levou em consideração, a questão do repasse da operação das rodovias públicas ao setor privado na forma de concessão, sob a ótica da qualidade observada pelos os usuários. A nova estratégia da gestão pública em delegar aos entes privados se dá ao fato de se buscar uma maneira de garantir e propor uma qualidade aceitável.

Ao analisar a qualidade do serviço oferecido pela empresa administradora da rodovia BR-060 chegou-se à conclusão que houve melhoria. Portanto considera-se que o serviço oferecido é considerado bom, mas não ótimo ou excelente. Nesse sentido pode-se concluir que os usuários se sentiram satisfeitos pelos serviços oferecidos pela concessionária.

Os clientes destacaram que com a duplicação feita pelo Governo Federal e posteriormente, o oferecimento de novos serviços feitos pela concessionária que obrigatoriamente precisam seguir o crivo contratual, a usabilidade percebida da rodovia teve uma boa melhoria ao se comparar antes da entrega à administração privada.

O papel dos usuários foi fundamental na elaboração das respostas sobre a percepção da qualidade na rodovia. Apesar da administradora da rodovia necessitar refazer ajustes no critério Serviços, que possui a menor pontuação dentre todos os critérios avaliativos de qualidade, a escolha por uma delegação privada pode resolver os graves problemas da administração

pública.

Nesse sentido o objetivo geral da pesquisa foi alcançado e foi possível perceber a qualidade da rodovia BR-060. Espera-se que em novos estudos, esse trabalho possa contribuir como uma fonte de pesquisa para acadêmicos e profissionais interessados na área de gestão de transportes rodoviários no Brasil. Além disso, pretende-se contribuir para que as organizações usem a abordagem desse estudo para desenvolver ou melhorar os métodos de aplicação dos serviços prestados nas rodovias concedidas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DOS TRANSPORTES TERRESTRES. Disponível em: < http:// http://www.antt.gov.br >. Acesso: Julho, 2017.

BALLOU, R. G. : Gerenciamento de Cadeias de Suprimento: Logística Empresarial. São Paulo, Bookman Editora, 2006.

BARAT, J. O planejamento em transportes. Revista de Administração Pública, v. 5, n. 1, p. 49-98, 1971.

CORREA, H L.; CAON, M. Gestão de serviços: lucratividade por meio de operações e de satisfação dos clientes. Editora Atlas SA, 2002.

DAL MASO, R. A. : A regulação como espaço da política pública. Textos para Discussão FEE. Porto Alegre. n.106, 2012.

ENSSLIN, L. ET AL. avaliação do desempenho de empresas terceirizadas com o uso da metodologia multicritério de apoio à decisão-construtivista. Pesquisa Operacional, V. 30, N. 1, P. 125-152, 2010. ISSN 0101-7438

GOMES, L. F. M. :Um estudo do desempenho econômico-financeiro e operacional de concessionárias de rodovias federais. UFMG. 2015.

GUMMESSON, E. Productivity, quality and relationship marketing in service operations. International journal of contemporary hospitality management, v. 10, n. 1, p. 4-15, 1998.

GUASCH, J. L.: Granting and renegotiating infrastructure concessions: doing it right. World Bank Publications, 2004.

JUNIOR, A. S. C. ; BUENO, A. F. ; PIASSON, D. Aplicação da ferramenta desdobramento da função qualidade (QFD) para a melhoria do nível de serviço em uma empresa do segmento de transporte de passageiros. XXXV Encontro nacional de engenharia de produção - ENEGEP. Fortaleza. 2015.

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, PORTOS E AVIAÇÃO CIVIL. Disponível em: < http://www.transportes.gov.br/ >. Acesso: Julho, 2017.

MÜLLER, L. H.: Regulação do equilíbrio econômico-financeiro das concessões de rodovias mediante taxa interna de retorno flutuante. 2010. Tese de Doutorado.

RODRIGUES, E. C. C. Metodologia para Investigação da Percepção das Inovações na Usabilidade do Sistema Metroviário: Uma Abordagem Antropotecnológica. Universidade de Brasília, Programa de Pós-Graduação em Transportes. Brasília, Tese (Doutorado), 2014.

RODRIGUES, G. P. ; REGAZZINI, M. M. ; LUCAS, P. I. J. Uma análise dos tipos de transportes no escoamento da soja: impactos e custos. Curitiba: XXXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2014.

SERMAN, C.: Análise dos aspectos críticos em processos de concessão de rodovias. 2007. Rio de Janeiro, Tese (Doutorado). Universidade Federal do Rio de Janeiro - COPPE-UFRJ, 2008.

TRIVIÑOS, A. N. S. Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação. São Paulo: Atlas, 1987.

VALENTE, A. M., PASSAGLIA, E., CRUZ, J. A., MELLO, J. C., CARVALHO, N. A.:Gerenciamento de transporte e frotas. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2008.

Luca Torres Moura (mtzyon@gmail.com)
Evaldo Cesar Cavalcante Rodrigues (evaldocesar@unb.br)
Roberto Bernardo da Silva (rbaccioly@gmail.com)
Universidade de Brasília, Campus Universitário Darcy Ribeiro, Faculdade de Tecnologia – FT, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Asa Norte, Edifício SG-12, 1º Andar – CEP: 70.910-900 – Brasília–DF, Brasil.

O CONCEITO DE RESILIÊNCIA APLICADO A SISTEMAS DE TRANSPORTES

Camila Maestrelli Leobons
Vânia Barcellos Gouvêa Campos
Renata Albergaria de Melo Bandeira
Programa de Engenharia de Transportes –PGT
Instituto Militar de Engenharia - IME

RESUMO
Este trabalho tem como objetivo apresentar como o conceito de resiliência, já há algum tempo utilizado para caracterizar cidades, pode ser útil para avaliar sistemas de transporte, tendo como foco a mobilidade em áreas urbanas. Entende-se que este tema, surgido inicialmente na área ambiental, pode também ser um instrumento de análise de sistemas de transportes, visando identificar suas fragilidades e como estas devem ser tratadas por meio de medidas estruturais ou operacionais para reduzir o impacto de eventos climáticos ou causados pelo homem na mobilidade urbana. Desta forma, apresenta-se, neste trabalho, como o conceito de resiliência vem sendo considerado no contexto de cidades, mas principalmente na área de transporte. O artigo também apresenta uma proposta de indicadores de resiliência para sistemas de transportes e a forma como esta pode ser calculada.

ABSTRACT
This paper aims to present how the concept of resilience, already used for characterizing cities in terms of sustainability, can also be applied for evaluating transport systems, specially focusing on mobility in urban areas. The concept of resilience, which was initially created in the field of environmental studies, can also be an instrument for assessing transport systems, aiming to identify their weaknesses and how they should be addressed through structural or operational measures in order to reduce the impact of climatic or man-made events on urban mobility. Therefore, this paper presents how the concept of resilience is being considered in the context of cities, but most importantly in the field of transportation. Finally, we propose a set of resilience indicators for transport systems and how the resilience can be calculated.

1 INTRODUÇÃO

O termo 'resiliente' tem sua origem do latim *resiliens* ou *resilients,* que são as formas nominais no particípio presente do verbo *resilire,* cujo significado é "saltar para trás, voltar; ser impelido, relançado; retirar-se, recuar; dobrar-se, encolher-se, diminuir-se; rebentar, romper". Já na língua inglesa, o termo 'resiliente' (*resilient*) teria surgido em 1674 com o conceito de "elástico, com rápida capacidade de recuperação" e só no ano de 1824 a palavra resiliência teria aparecido no dicionário com o mesmo sentido ("elasticidade; capacidade rápida de recuperação") (Dicionário Houaiss, 2017).

O Dicionário Houaiss (2017) apresenta duas interpretações para a palavra resiliência: (1) uma no sentido físico como a "propriedade que alguns corpos apresentam de retornar à forma original após terem sido submetidos a uma deformação elástica"; (2) e outra no sentido figurado como "capacidade de se recobrar facilmente ou se adaptar à má sorte ou às mudanças". O Dicionário Michaelis (2017) também destaca essas duas acepções: (1) no sentido físico como "elasticidade que faz com que certos corpos deformados voltem à sua forma original"; (2) e no sentido figurado como sendo a "capacidade de rápida adaptação ou recuperação".

O termo resiliência aparece associado a diferentes áreas de conhecimento. Dentre essas, estão ciência dos materiais, engenharia, psicologia, ecologia e ciências sociais. O entendimento da resiliência, no sentido físico destacado nos dicionários retrata seu conceito na ciência dos materiais. A resiliência no campo da Engenharia deriva da resiliência da ciência dos materiais e é caracterizada pela capacidade do material em retornar ao seu estado original após deformação do mesmo. Em psicologia, a resiliência expressa a habilidade do indivíduo em

superar adversidades quando submetido a riscos (Colucci, 2012; Ferreira, 2016).

Na área ambiental, o conceito de resiliência foi originalmente introduzido por Holling (1973) para ajudar a compreender a capacidade dos ecossistemas em persistir no estado original quando sujeitos a perturbações. Este conceito foi posteriormente revisto por alguns pesquisadores, como Gunderson (2000), Folke (2006) e Scheffer (2009).

Um estudo realizado em 1995 pela European Enviromental Agency (EEA, 1995), considerando o aspecto ecológico da sustentabilidade, apontava a resiliência como um dos cinco princípios urbanos de sustentabilidade: (i) capacidade ambiental: as cidades devem ser projetadas e gerenciadas dentro dos limites impostos pelo seu ambiente natural; (ii) reversibilidade: as intervenções planejadas no ambiente urbano devem ser reversíveis tanto quanto possível de forma a não colocar em risco a capacidade da cidade de se adaptar a novas demandas por mudanças nas atividades econômicas e da população sem prejudicar a capacidade ambiental; (iii) resiliência: uma cidade resiliente é capaz de se recuperar de pressões externas; (iv) eficiência: obter o máximo de benefício econômico por cada unidade de recurso utilizado (eficiência ambiental) e o maior benefício humano em cada atividade econômica (eficiência social); e (v) igualdade: igualar o acesso às atividades e serviços para todos os habitantes, isto é importante para modificar o insustentável modelo de vida devido a desigualdade social.

Também a questão da resiliência vem sendo enfatizada nos estudos sobre ajuda humanitária devido ao aumento do número de desastres naturais ocorridos no mundo. Neste caso, são desenvolvidos estudos que têm como foco o processo de restabelecimento da normalidade econômica e social de regiões atingidas por desastres.

No Brasil, Fernandes *et al*. (2015) desenvolveram, um estudo que relacionava o conceito de resiliência da mobilidade urbana sob a perspectiva energética e sociológica, visando compreender a mobilidade frente a ameaças, como aumento inesperado do preço do combustível ou redução da disponibilidade de recursos energéticos, como petróleo e gás.

Observa-se que, por questões sociais ou econômicas, as cidades têm passado, atualmente, por situações que dificultam o deslocamento em algumas regiões, gerando grandes transtornos para a população, como por exemplo, a ocorrência de passeatas ou grandes eventos esportivos e de entretenimento, além dos problemas de enchentes e deslizamentos em alguns casos. Neste contexto, melhorar a resiliência compreende uma variedade de estratégias e atividades de mitigação, tais como procedimentos para reestabelecimento das rotas de deslocamento, de atuação em emergências e processos de evacuação. O reestabelecimento da normalidade nos deslocamentos após um evento tem também como suporte a gestão e redução dos riscos associados com os nós-chave, links e fluxos nos sistemas.

Diante das diferentes definições, busca-se neste trabalho apresentar o conceito de resiliência associado a cidades e posteriormente à questão de transporte. Assim, na seção 2, são presentadas as visões de diferentes autores sobre a resiliência aplicada a cidades e, na seção 3, discute-se o conceito de resiliência relacionada com sistemas de transportes. Na seção 4, apresenta-se uma proposta de indicadores e uma formulação para avaliar o nível de resiliência de uma cidade. Finalmente, na seção 5, são apresentadas considerações finais e sugestões de aprimoramento deste trabalho.

2 RESILIÊNCIA RELACIONADA A CIDADES

A preocupação com a resiliência em cidades veio da necessidade de "reagir" aos impactos do crescimento populacional e de lidar com incertezas e desafios de ameaças ao funcionamento normal da cidade. Entretanto, apesar do termo resiliência em cidades ser recente, ao ser introduzido por Godschalk (2003), cujo trabalho focou em desastres, a aplicação de seu propósito já vinha sendo praticada por meio de medidas de adaptação a eventos climáticos. No entanto, mesmo com diversas ações para sua implementação, ainda não existe um consenso em sua definição (Meerow et al., 2016).

Com foco em desastres de grande proporção, como um terremoto, e especificamente, na resposta ao desastre, Comfort (1999) define resiliência como a capacidade de se adaptar os recursos e as competências existentes a novas situações e condições de operação. Assim, o conceito compreende tanto a capacidade de se ajustar a níveis "normais" ou antecipar potenciais níveis de estresse, bem como de se adaptar a choques repentinos e demandas extraordinárias. Neste contexto, o conceito pode ser considerado como abrangendo medidas pré-evento que visem evitar danos e perdas relacionadas, além de definir estratégias de pós-evento para enfrentar e minimizar os impactos de desastres.

Também com foco na área de desastre natural, Bruneau *et al*. (2004) consideram que, em qualquer momento, a performance real ou potencial de qualquer sistema pode ser medida por uma conjunto de multidimensional de medidas de desempenho. Num dado momento, o desempenho de um sistema pode mudar, algumas vezes gradualmente, outras vezes de forma abrupta. Desastres geram mudanças abruptas na performance de um sistema, levando a uma restauração gradual aos níveis normais, dependendo dos recursos empregados. Esta caracterização do desempenho do sistema leva a uma concepção mais ampla de resiliência. A resiliência pode ser entendida como a capacidade do sistema para reduzir as chances de um evento-choque, em absorver o impacto quando o evento acontece (redução abrupta de desempenho) e de se recuperar rapidamente depois de um choque (reestabelecer o desempenho normal). Mais especificamente, para Bruneau et al. (2004), um sistema resiliente é aquele que apresenta: Probabilidade de falha reduzida; redução das consequências, em termos de vidas perdidas, de danos e de condições econômicas e sociais negativas; e redução do tempo de recuperação (restauração de um específico sistema ou conjunto de sistemas para o seu nível "normal" de desempenho).

Ainda no contexto de desastre natural, os investigadores do MCEER-*Multidisciplinary Center for Earthquake Engineering Research* (Bruneau *et al*, 2007; Rose, 2004 b), visando avaliar os atributos e determinantes da resiliência, propuseram o sistema R4 (*Robustness, Redundancy, Resourcefulness, Rapidity*), que se trata de um conjunto de características que compõe as propriedades da resiliência:

- Robustez: a potência, ou a capacidade de elementos, sistemas e outras unidades de análise em suportar um determinado nível de estresse ou demanda sem sofrer degradação ou perda da função;
- Redundância: existência de elementos, sistemas ou outras unidades de análise substitutos, isto é, capaz de satisfazer os requisitos funcionais em caso de ruptura, degradação ou perda de funcionalidade;
- Restauração/ Recursos: a capacidade de diagnosticar e priorizar os problemas e iniciar soluções, identificando e mobilizando recursos materiais, monetários, de informação e

tecnologia e de recursos humanos;
- Rapidez: capacidade de atender às prioridades e atingir os objetivos em tempo hábil a fim de conter as perdas e evitar uma interrupção prolongada.

Merrow *et al.* (2016) realizaram uma revisão sistemática da literatura sobre o conceito de resiliência em cidades partindo de 1973, ano em que Holling apresentou a "resiliência moderna", até 2013. Os autores buscaram no banco de dados da Scopus e da Web of Science pelos termos "urban resilience" (resiliência urbana) e "resilient cities" (cidades resilientes) no título, resumo ou palavras-chave, encontrando 172 publicações, que foram analisadas quanto á presença de uma definição original de resiliência urbana. A busca resultou em 22 diferentes definições e, ao mesmo tempo, foram acrescentadas mais 3 definições a partir da revisão dos trabalhos levantados.

A revisão dos trabalhos encontrados por Meerow *et al*. (2016) identificou seis "tensões conceituais" essenciais para a definição da resiliência urbana. Para Meerow et al. (2016), tensões conceituais são as concepções em que as publicações levantadas se mostraram contraditórias quanto a seu posicionamento. São elas: (1) definição de urbano, (2) equilíbrio vs. não-equilíbrio, (3) resiliência como um conceito positivo vs. neutro (ou negativo), (4) caminhos para resiliência (persistência, transição ou transformação), (5) adaptação específica vs. adaptabilidade geral, e (6) prazo de ação.

Como nenhuma das definições levantadas abordou todas essas tensões, Meerow *et al.* (2016) propuseram uma nova definição flexível o suficiente para ser empregada por diversas disciplinas e atores (*stakeholder*s):

> "*Resiliência urbana é a capacidade de um sistema urbano e de todas as suas redes socioecológicas e sociotécnicas constituintes ao longo do tempo e do espaço: (1) de manter ou retornar rapidamente as funções desejadas frente a perturbações, (2) de se adaptar à mudança, e (3) de transformar rapidamente sistemas que limitam a capacidade adaptativa atual ou futura.* "

Dessa forma, Meerow *et al.* (2016) descrevem os sistemas urbanos como sistemas complexos formados de elementos ecológicos, sociais e técnicos e constituídos por 4 subsistemas interconectados: redes de governança, fluxos de materiais e energia em rede, infraestrutura e forma, e dinâmicas socioeconômicas. As redes de governança compreendem os diversos tomadores de decisão. Os fluxos abrangem todos os infinitos materiais produzidos ou consumidos, como água, energia, comida, bens de consumo e resíduos. A infraestrutura e forma se referem a tudo o que foi construído, incluindo as redes de transporte. Por fim, a saúde pública, o capital monetário, a educação, a demografia, a mobilidade, e a equidade e justiça são as dinâmicas socioeconômicas que vão moldar os outros subsistemas (Meerow *et al*., 2016).

Na questão do equilíbrio, o posicionamento de Meerow *et al*. (2016) segue a grande parte dos acadêmicos assumindo uma ideia de não-equilíbrio ou saltar para frente (*to bounce forward*). Esse pensamento mostra que o sistema só precisaria manter suas funções desejáveis, sem necessariamente retornar ao seu estado anterior, o que caracteriza a resiliência de sistemas ecológicos e que se opõe à resiliência da engenharia que admite apenas um único estado de

equilíbrio (Meerow *et al*., 2016). Essa visão da estabilidade da resiliência ecológica em cidades também é defendida por Lotto et al. (2017).

3 RESILIÊNCIA PARA SISTEMAS DE TRANSPORTES

A resiliência para sistemas de transportes pode ser entendida sob o ponto de vista da mobilidade. Esta pode variar, em consequência de um colapso, quanto a movimentação de pessoas dentro de uma região até a impossibilidade de se restabelecer a situação pós evento de forma rápida, mesmo que seja com um nível mais baixo de serviço. Assim, como identificar a possibilidade de uma "imobilidade" ocorrer em consequência a um de evento? A questão é que se pode ter uma região com um bom nível de mobilidade, porém com um baixo nível de resiliência nos transportes, ocasionando uma situação de colapso, assim como se pode ter uma região com baixa mobilidade, porém, com um bom nível de resiliência nos transportes. Isto se deve a estrutura do próprio sistema de transporte que pode apresentar características que facilitem uma mudança nas rotas de deslocamento, capacidade estocada e um bom plano de adequação às situações.

Para Rose (2004a,) a resiliência consiste de duas componentes: intrínseca e adaptativa. A este respeito, o indicador de resiliência da rede consiste em propriedades inerentes de rede, por exemplo, redundâncias, e um conjunto de medidas de adaptação, ou seja, atividades de recuperação, identificando, assim, a necessidade de estudar dois componentes principais de uma interrupção do sistema.

De acordo com Adams *et al.* (2012), desastres, ocasionados por questões climáticas, erro humano, ou intenção humana, devem sensibilizar quanto à necessidade de planos de ação para restaurar rapidamente a mobilidade. Assim, a resiliência da rede de transporte é a capacidade de absorver os efeitos de uma interrupção e voltar rapidamente para níveis normais de operação. Medidas de resiliência são úteis para avaliar e prever perturbações e a recuperação, e para orientar os investimentos na infraestrutura que protegem contra essas interrupções ou que aceleram a recuperação após um colapso no sistema.

Murray-Tuite (2006), no contexto do transporte, considera que a mobilidade é uma das principais dimensões da resiliência de uma região. Alguns fatores resultantes do desempenho de um sistema, tais como mobilidade e confiabilidade, estão relacionados com uma série de indicadores, sendo a velocidade de deslocamento um indicador base (McCormack e Hallenbeck 2006).

Melhorar as estratégias de resiliência no transporte inclui uma ampla variedade de atividades de mitigação, tais como procedimentos para reestabelecimento das rotas de deslocamento, suporte a emergências, e processos de evacuação. O reestabelecimento da normalidade nos deslocamentos após um evento tem como suporte a gestão e redução dos riscos associados aos nós-chave, *links* e fluxo nos sistemas.

Entende-se que, principalmente, nas grandes cidades, é importante que se identifique o nível de resiliência, e a partir deste, se estabeleçam ações que possam ser implementadas para reduzir os impactos e garantir o restabelecimento da normalidade dos deslocamentos no menor tempo possível, tanto na movimentação de pessoas quanto de carga.

Num domínio mais amplo, a resiliência de sistemas de transportes foi definida por Battelle

(2007, apud King, 2015), Ortiz *et al*. (2009), Ta et al. (2009), Faturechi e Miller-Hooks (2014), D'Lima e Medda (2015), Fotouhi *et al*. (2017). Em redes de transportes, Murray-Tuite (2006), Adams *et al.* (2012), Frecckleton *et al*. (2012), Adjetey-Bahun *et al.* (2016) e Fotouhi (2017) conceituaram a expressão. No campo da resiliência em ativos, o significado foi retratado por Dojutrek et al. (2016).Tierney e Bruneau (2007) com base na estrutura R4 consideraram que a *Robustez* reflete a capacidade da rede e elementos para suportar forças de falhas sem degradação significativa do sistema; *Redundânci*a é na medida em que as rotas alternativas e modos de transporte podem ser empregados se alguns elementos são perdidos; a *Restauração* é a disponibilidade de materiais, suprimentos e equipes para restaurar a funcionalidade; e *Rapidez* é a capacidade para restaurar a funcionalidade em tempo hábil pela identificação e material, monetária, informativos e de recursos humanos da mobilização. Assim, *Rapidez* depende *Robustez, Redundância, e Restauração.*\

No cenário de desastres, Osogami *et al*. (2013) consideram que um sistema de transportes resiliente possibilita uma rápida evacuação, resgate e distribuição de suprimentos de assistência, entre outras atividades que reduzem o impacto de desastres naturais e aceleram a recuperação. Por outro lado, Battelle (2007, apud King, 2015) considera a resiliência como uma propriedade que possibilita ao sistema compensar suas perdas e permite que o mesmo funcione inclusive quando sua infraestrutura está destruída ou danificada.

No contexto de desempenho, Faturechi e Miller-Hooks (2014) realizaram uma revisão da literatura de avaliações de desempenho do sistema de transportes em desastres encontrando aproximadamente 200 publicações. Tais trabalhos focaram em diversas abordagens: avaliação do risco, da vulnerabilidade, da confiabilidade, da robustez, da flexibilidade (adaptabilidade), da resistência ("*survivability*") e da resiliência. Como as definições dessas características se mostraram inconsistentes na literatura levantada, Faturechi e Miller-Hooks (2014) adotaram as definições mais frequentes. Isto posto, definiram resiliência como a capacidade de resistir, absorver e adaptar, e retornar às suas funções normais e concluem que essa se constrói nas fraquezas e forças dos outros fatores, apresentando uma esquematização para mostrar os limites e interações entre esses conceitos.

Seguindo a mesma linha de resiliência como medida de desempenho, Heaslip *et al.* (2009 apud Serulle, 2011) e Heaslip *et al.* (2010, apud King, 2015) definem a resiliência de um sistema de transportes como a capacidade deste em manter seu nível de serviço ou de retornar a este dentro de um prazo específico. Ainda, Tamvakis e Xenidis (2012) caracterizam a resiliência como a capacidade de um sistema em reagir a estresses que desafiam seu desempenho.

No contexto de transporte de carga, Ortiz *et al.* (2009) consideram um sistema resiliente como aquele capaz de prover serviços na presença de pequenas perturbações e se recuperar rapidamente de grandes rupturas. Por outro lado, para Ta *et al.* (2009), resiliência é a capacidade do sistema em absorver as consequências de uma ruptura, reduzir seus impactos e manter a mobilidade das mercadorias.

Quando trataram de eventos climáticos, Chan e Schofer (2015) definiram resiliência em um sistema de transporte como a "capacidade deste em vivenciar um evento negativo, potencialmente prejudicial e retornar a um estado de operação saudável num tempo razoável após o evento". Santos (2014) ressaltou a maior vulnerabilidade deste sistema frente a

ameaças a sua performance, especificamente às relacionadas ao clima, enquanto que Zhao et al. (2013) destacam a menor capacidade adaptativa em relação a outros sistemas urbanos, pois, uma vez que sua infraestrutura é construída, é difícil de mudar.

Para VTPI (2017), resiliência é sinônimo para confiabilidade e gerenciamento de riscos e seria definida como a capacidade do sistema em acomodar condições variáveis e inesperadas sem uma falha catastrófica, refletindo assim a incerteza ou incapacidade de saber qual combinação de condições irá ocorrer no futuro.

A nível de redes, Murray-Tuite (2006) conceitua resiliência em uma rede rodoviária como a propriedade que indica a performance da rede sob condições incomuns, sua velocidade de resposta, e a quantidade de suporte externo necessário para a restauração de seu estado funcional original. Por outro lado, Adams *et al.* (2012) definem a resiliência em transporte de cargas como a "capacidade em absorver os efeitos de uma ruptura e retornar rapidamente a níveis de operação normais". Da mesma forma, Freckelton *et al.* (2012) definem a resiliência de uma rede de transportes como a sua capacidade em absorver eventos de ruptura graciosamente e retornar a um nível de serviço igual ou maior que antes do evento dentro de um prazo razoável. Numa abordagem do transporte terrestre, Leu *et al.* (2010) caracteriza a resiliência em redes como a capacidade em manter o foco e atender seus objetivos principais frente a desafios ao redor o ambiente operacional.

Sob outra perspectiva, Adjetey-Bahun *et al.* (2016) adotaram o conceito de resiliência apresentado por Bruneau *et al.* (2003): capacidade da rede de mitigar os perigos, conter seus efeitos, e se recuperar rapidamente com a menor redução da qualidade de vida possível. Dessa forma, uma rede de transportes resiliente reduz a probabilidade de falhas, suas consequências e o tempo de recuperação. Por outro lado, Fotouhi *et al.* (2017) consideram a resiliência de uma rede de transportes como a "capacidade em suportar um evento de ruptura e se adaptar rapidamente através de ações imediatas".

Na escala de ativo, Dojutrek *et al.* (2016) definem a resiliência como a "capacidade do ativo em suportar a ameaça".

Por fim, a nível organizacional, Hughes e Healy (2014) utilizam o conceito de resiliência definido no Plano Nacional de Infraestrutura de 2011 da Nova Zelândia (*National infrastructure plan 2011*): "capacidade dos setores público, privado e civil em suportar rupturas, absorver perturbações, agir efetivamente numa crise, adaptar a condições variáveis (incluindo mudança climática) e crescer ao longo do tempo".

Por meio da análise das definições apresentadas no contexto de transporte, observa-se que não existe um conceito único para a resiliência no contexto de sistemas de transporte. Ainda, as definições apresentadas se mostram contraditórias quanto à relação da resiliência com fatores como a vulnerabilidade, confiabilidade, robustez, flexibilidade, resistência e gerenciamento de riscos. Assim, buscando uma forma de prover um instrumento de análise da resiliência em Transportes, com base nos conceitos apresentados, propõe-se, a seguir, um conjunto de indicadores para avaliar a resiliência em Transportes.

4 INDICADORES DE RESILIÊNCIA EM RELAÇÃO AOS SISTEMAS DE TRANSPORTES

A partir dos conceitos de resiliência apresentados na seção 3, buscou-se identificar como estes poderiam ser tratados de forma a servir de instrumento de planejamento da mobilidade de uma região. Entende-se que uma medida de resiliência pode ser utilizada para evidenciar fragilidades na movimentação de pessoas e de carga numa região ou cidade. Estas fragilidades podem estar relacionadas à própria infraestrutura ou a operação dos sistemas.

Em relação à infraestrutura, pode-se avaliar a resiliência quanto a corredores e /ou pontos estratégico/críticos de circulação de veículos, que quando inoperantes por algum evento climático ou causado pelo próprio homem, podem dificultar ou mesmo inviabilizar, durante algum período, o deslocamento de pessoas entre duas regiões. Porém, um maior número de pontos críticos não indica maior fragilidade do sistema, pois isto, ambiguamente, pode representar uma maior disponibilidade de rotas quando estes não estão num mesmo corredor.

Uma outra visão está relacionada a operação dos sistemas, em que pese o deslocamento de pessoas em transportes públicos. Uma interrupção dos serviços, também por um evento climático ou causado pelo homem, em um determinado modo de transportes de massa, irá sobrecarregar outros sistemas que, não tendo capacidade de absorver, poderão impactar a mobilidade numa cidade.

Numa tentativa de se definir uma forma de avaliar a resiliência de sistemas de transporte numa cidade, ou regiões desta, propõem-se um conjunto de indicadores, conforme apresentado na Tabela 1. Para esta proposta, considerou-se os princípios 4R definidos por Bruneau (2004). Ainda, de acordo com estes princípios considerou-se que Robustez e Redundância estão diretamente relacionados com a forma e disponibilidade de infraestrutura de transporte. Por sua vez, a rapidez e a restauração estão relacionadas à gravidade do evento e à disponibilidade financeira e de pessoas envolvidas, tanto operadores quanto a municipalidade.

Portanto, entende-se que a resiliência de um sistema de transportes pode ser medida em função da robustez e da redundância, possibilitando a definição de estratégias ou mesmo mudanças estruturais que possam ser feitas no sistemas de forma a reduzir o impacto causado por um evento qualquer, aumentando assim a resiliência, e consequentemente, ter maior rapidez na recuperação da mobilidade e menor dispêndio de recursos para atingi-la.

Na intenção de desenvolver um processo de avaliação da resiliência, identificam-se dois direcionamentos de análise. Um relacionado à rede estrutural e a capacidade desta e outro quanto a oferta de transporte coletivo

Assim, definindo a resiliência por um indicador, ou um índice agregando um conjunto de indicadores, o nível de resiliência pode ser definido entre regiões, entre uma região e as demais de uma cidade e, a partir desta, o nível de resiliência em transportes na cidade. Este processo se assemelha aos processos usuais de análise de acessibilidade entre regiões.

Tabela 1 – Proposta de Indicadores de Resiliência

Princípio	Infraestrutura	Operação	Indicadores
Robustez	Pontos críticos	Capacidade/demanda	• Conectividade da rede (vulnerabilidade) • Capacidade viária • Capacidade do transporte coletivo de massa • Demanda de viagens
Redundância	Rotas alternativas	Modos de transportes	• Rotas alternativas em relação aos pontos críticos • Nível de acessibilidade • Número de modos concorrentes
Rapidez	Dimensão do evento	Qualidade da oferta e informação	• Tempo para atingir a normalidade da operação ou próximo desta • Tempo de viagem após evento
Restauração/ Recursos	Equipamentos e pessoas	Reserva de ativos e pessoas	• Tempo para início do processo de recuperação do impacto • Disponibilidade de pessoal e recursos para agir

Desta forma, tomando-se como base as formulações apresentadas por Allen et al (1993) para avaliar a acessibilidade integral de diversas sub regiões em uma região e a acessibilidade global desta região, propõe-se que, de forma semelhante, a resiliência em transportes de uma cidade pode ser avaliada pelas Equações 1 e 2.

$$R_i = \frac{1}{n-1}\sum_{j=1}^{n} r_{ij} \quad (1)$$

$$IRG = \frac{1}{n(n-1)}\sum_{i=1}^{n}\sum_{\substack{j=1 \\ j\neq i}}^{n} r_{ij} \quad (2)$$

Onde :
R_i – é o valor resiliência da região *i* de uma cidade
r_{ij} - é o valor de resiliência entre as regiões *i* e *j*
n – número de regiões em que a cidade foi subdividida.
IRG- índice de resiliência global da cidade

Os resultados das formulações acima têm como objetivo permitir a identificação do nível de resiliência local dentro da cidade, principalmente, entre regiões que apresentem maiores

volumes de viagens diárias e, portanto, necessitando de prioridades de intervenções, como também, comparar cidades e identificar aquelas em que a relação entre o volume de deslocamentos e o risco de eventos climáticos são maiores, e portanto, teriam maior necessidade de recursos para aumentar a resiliência caso esta não seja adequada.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Buscou-se neste trabalho apresentar inicialmente, de forma conceitual como a resiliência é entendida e aplicada por alguns autores em estudos relacionados a cidades e em transportes.

Foi possível verificar que, de forma geral, a resiliência está relacionada à recuperação das atividades após um evento, retornando a normalidade ou próximo desta numa região ,seja esta relacionada ao transportes ou não. Diferentes formas de se avaliar a resiliência são propostas por alguns autores. E, em relação aos sistemas de transportes, observa-se o foco no sistema rodoviário, quanto a capacidade de fluxo e o tempo de recuperação de um segmento do sistema que sofreu algum tipo de interrupção.

A proposta inicial sobre indicadores de resiliência, apresentada neste artigo, deve ser avaliada de forma a definir quais são mais indicados para quantificar o nível de resiliência de um sistema de transporte numa cidade ou região de estudo qualquer, e assim compor um índice de resiliência. Este índice deverá subsidiar a tomada de decisão quanto a definição e implantação de melhorias, visando contribuir para uma maior resiliência dos sistemas de transportes, reduzindo os impactos na circulação das pessoas, ou seja na mobilidade, quando da ocorrência de um evento positivo ou negativo.

Agradecimentos

Os autores agradecem as agências de fomento CAPES e CNPq pelo apoio no desenvolvimento de pesquisas que resultaram neste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adams, T.; Bekkem, K.; Toledo-Duran, E. (2012). Freight resilience measures. J. Transp. Eng., 1403–1409. doi: 10.1061/(ASCE)TE.1943-5436.0000415.

Adjetey-Bahun, K.; Birregah, B.; Châtelet, B.; Planchet, J. (2016). A model to quantify the resilience of mass railway transportations systems. Reliability Engineering and System Safety/ Elsevier, França, v. 153, p. 1-14, set. 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ress.2016.03.015>.

Bruneau, M, S Chang, R Eguchi, G Lee, T O'Rourke, A Reinhorn, M Shinozuka, K Tierney, W Wallace and D von Winterfelt (2003) A framework to quantitatively assess and enhance the seismic resilience of communities. EERI Spectra Journal 19, no.4: 733–752. DOI: http://dx.doi.org/10.1193/1.1623497

CHAN, R.; SCHOFER, J. L. (2016). Measuring Transportation System Resilience: Response of Rail Transit to Weather Disruptions. Natural Hazards Review, 17(1). doi: https://doi.org/10.1061/(ASCE)NH.1527-6996.0000200.

Chen, L. & Miller-Hooks, E. (2012), Resilience: an indicator of recovery capability in intermodal freight transport, Transportation Science, 46(1), 109–23.

Colucci, A. (2012). Towards resilient cities: Comparing approaches/strategies. Tema. Journal Of Land Use, Mobility And Environment, 2012(2). 101–116. DOI: <http://dx.doi.org/10.6092/1970-9870/921>

Comfort, L. (1999). Shared Risk: Complex Systems in Seismic Response. Pergamon.Press

European Enviroment Agency - EEA (1995), Europe´s Enviroments: The Dobrís Assessement. Edited by Stanners David & Bourdeau Philippe. Copenhagen.

D'Lima, M., Medda, F. (2015). A new measure of resilience: An application to the London Underground. Transp. Res. Part A, 81 (2015), pp. 35–46. DOI: https://doi.org/10.1016/j.tra.2015.05.017

De Lotto, R.; Di Popolo, V. G. C. M.; Venco, E. M. From Resilience To Flexibility: Urban Scenario To Reduce Hazard. International Journal of Sustainable Development and Planning, 12 (4), 789-799. DOI: 10.2495/SDP-V12-N4-789-799

Dojutrek, Michelle S., Samuel Labi, and J. Eric Dietz. (2014). A Multi-Criteria Methodology for Measuring the

Resilience of Transportation Assets and Prioritizing Security Investments. In The Proceedings of the 10th International Conference of the International Institute for Infrastructure Resilience and Reconstruction (I3R2), 30-37, edited by Randy R. Rapp and William Harland. West Lafayette, Indiana: Purdue University, May 20-22, 2014 (30-37).

Faturechi, R., and E. Miller-Hooks. 2014a. "Measuring the Performance of Transportation Infrastructure Systems in Disasters: A Comprehensive Review." Journal of Infrastructure Systems 21 (1): 04014025. DOI: 10.1061/(ASCE)IS.1943-555X.0000212..

Fernandes,V. A., Hothfuss,R.,Hochchild, V.Silva, W.R., Santos, M.P.S., Resiliência da Mobilidade: uma proposta conceitual (2015). Anais do XXIX ANPET, Ouro Preto, Minas Gerais.

Ferreira, K. A. (2016). Resiliência Urbana e a Gestão de Riscos de Escorregamentos: Uma Avaliação da Defesa Civil do Município de Santos – SP. Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Engenharia Civil, USP, São Paulo, Brasil.

Folke, C. 2006. Resilience: the emergence of a perspective for social–ecological systems analyses. Global Environmental Change 16:253-267.

Fotouhi, H., Moryadee, S., Miller-Hooks, E. (2017) Quantifying the Resilience of an Urban Traffic-eletric Power Coupled System. Reliability Engineering & System Safety/ Elsevier, 163. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ress.2017.01.026>

Freckleton, D.; Heaship, K.; Louisell, W.; Collura, J. (2012). Evaluation of transportation network resiliency with consideration for disaster magnitude. Publicado no 91º Annual Meeting of the Transportation Research Board. Washington, D. C., 2012. Disponível em: < http://docs.trb.org/prp/12-0491.pdf>.

Godschalk, D. R. (2003). Urban hazard mitigation: Creating resilient cities. Natural Hazards Review, 4(3), 136–143. DOI: <http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)1527-6988(2003)4:3(136)>

Gunderson, L.H. 2000. Ecological resilience: in theory and application. Annual Review of Ecology and Systematics 31:425-439.

Hughes, J. F.; Healy, K. (2014). Measuring the resilience of transport infrastructure. AECOM NEW Zealand Ltd, Wellington, Nova Zelândia, fev. 2014. Disponível em: <http://www.nzta.govt.nz/assets/resources/research/reports/546/docs/546.pdf>. Acesso: 16 nov. 2015.

King, J. K. (2015). Analytical Approaches to Investigating Transit Network Resilience. Tese de Mestrado apresentada ao Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Toronto, Canadá.

Leu, L., ABBASS, H.; CURTIS, N. (2010). Resilience of ground transportation networks: a case study on Melbourne. Publicado em 33rd Australasian Transport Research Forum Conference, Canberra 2010.

McCormack, E., and Hallenbeck, M. E. (2006). "ITS devices used to collect truck data for performance benchmarks." Transp. Res. Rec.:J. T R. B, 1957(1), 43–50.

Murray-Tuite, P. (2006). "A comparison of transportation network resilience under simulated system optimum and user equilibrium conditions." IEEE Proc., 2006 Winter Simulation Conf, Monterey, CA.Meerow, S., Newell, J. P., Stults, M. (2016). Defining urban resilience: a review. Lansc. Urban Plan., 147 (2016), pp. 38–49. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.11.011>

Meerow, S., Stults, M. (2016). Comparing conceptualizations of urban climate resilience in theory and practice. Sustainability 8 (7), 1–16. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/su8070701>

Ortiz, D. S., Ecola, L., Willis, H. H., 2009. NCHRP Project 8-36, Task 73: Adding resilience to the freight system in statewide and metropolitan transportation plans: Developing a conceptual approach. Transportation Research Board. Disponível em: <http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/nchrp/docs/NCHRP08-36(73)_FR.pdf>

Osogami, T., Imamichi, T., Mizuta, H., Suzumura, T. Idé, T. (2013). Toward simulating entire cities with behavioral models of traffic, IBM Journal of Research and Development, v.57 n.5, p.6-6, September 2013. DOI: 10.1147/JRD.2013.2264906

Patil, G. R.; Bhavathrathan, B. (2016). Effect of Traffic Demand Variation on Road Network Resilience. Advs. Complex Syst., 19. doi: 10.1142/S021952591650003X.

Rose, A. (2004 a).Defining and Measuring Economic Resilience to Earthquakes. In Research Progress and Accomplishments,2003–2004. Multidisciplinary Center for Earthquake Engineering Research, State University of New York at Buffalo,2004, pp. 41–54.

Rose, A. (2004 b). "Defining and measuring economic resilience to earthquakes." Disaster Prev. Manage., 13(4), 307–314.

Santos, A. S. (2014). A Importância do Setor de Transporte para o Aumento de Resiliência das Cidades Frente à Mudança Climática: Uma Proposta de Plano de ação para a Cidade do Rio de Janeiro. Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil.

Scheffer, M. 2009. Critical transitions in nature and society. Princeton University Press, Princeton, New Jersey,

USA.
Serulle,U. N., Heaslip, K., Brady, B., Louisell, W. C. , Collura, J. (2011), Resiliency of transportation network of Santo Domingo, Dominican Republic: case study, Transportation Research Record, 2234, 22–30.
Ta, C., Goodchild, A., Pitera, K. (2009) structuring a Definition of Resilience for Freight Transportation System. Transportation Research Record: Journal of Transportation Research Board, Vol. 2097, pp. 19-25. DOI: <http://dx.doi.org/10.3141/2097-03>.
Tierney, K., and Bruneau, M. (2007). "Conceptualizing and measuringresilience." Transp. Res. News, 14–17.
VICTORIA TRANSPORT POLICY INSTITUTE (VTPI). (2017). Evaluating Transportation Resilience: Evaluating the Transportation System's Ability to Accommodate Diverse, Variable and Unexpected Demands with Minimal Risk, 2017. TDM Encyclopedia. Disponível em: < http://www.vtpi.org/tdm/tdm88.htm>. Acesso em março de 2017.
Zhao, P.; Chapman, R.; Randal, E.; Howden-Chapman, P. (2013). Understanding Resilient Urban Futures: A systemic Modelling Approach. Sustainability, 5(7), 3202-3223. doi: 10.3390/su5073202.

Vânia Barcellos Gouvêa Campos (vania@ime.eb.br)
Camila Maestrelli Leobons (camila@maestrelli.org)
Renata Albergaria de M. Bandeira (re.albergaria@gmail.com)
Instituto Militar de Engenharia, Seção de Ensino de Engenharia de Fortificação e Construção
Mestrado em Engenharia de Transportes
Praça General Tibúrcio, 80, Praia Vermelha, Rio de Janeiro, RJ

NECESSIDADE DE UMA VISÃO HOLÍSTICA DA GESTÃO DA INFRAESTRUTURA URBANA: CASO DO BRT

Mauricio Renato Pina Moreira
Anísio Brasileiro de Freitas Dourado
Universidade Federal de Pernambuco

RESUMO
Este texto relata o andamento do projeto da pesquisa de uma tese de doutorado que aborda uma questão relacionada à necessidade de compatibilizar a definição de um equipamento adequado à operação de um corredor de transporte com a infraestrutura para recebê-lo. Com efeito, foram implantados sistemas de BRT em várias cidades ao longo do mundo e, por se tratar de um veículo com peso por eixo elevado, há registros de alguns casos de problemas prematuros nos pavimentos das faixas ou vias exclusivas por onde ele opera. Em muitas situações, a estrutura do pavimento não foi suficientemente dimensionada para suportar essa condição, pelo fato de ter havido o simples aproveitamento das vias existentes. Procura-se demonstrar a necessidade de uma visão holística do processo, pela qual a definição do equipamento de transporte e das suas características deveria ser desenvolvida juntamente com o dimensionamento adequado da sua infraestrutura.

COMPLEXO PORTUÁRIO DE TURISMO DE APOIO: UMA PROPOSTA PARA A CIDADE DE MACAPÁ-AP-AMAZÔNIA

Rita Naiana de Carvalho Fontoura
Instituto Federal de Educação Ciências e Tecnologia do Piauí- IFPI
Campus Floriano
Gabrielle dos Anjos Curcino
Universidade Federal do Pará-UFPA

RESUMO
A Amazônia está incluída nos roteiros de cruzeiros marítimos internacionais, com parada obrigatória na na cidade de Santana-AP, onde o turista se depara com a ausência de infraestrutura portuária que contemple uma logística de transbordo segura até os pontos turísticos de Macapá. Neste artigo é apresentado um projeto arquitetônico de Instalação Portuária de Turismo de Apoio para a cidade de Macapá - AP, sob o enfoque turístico e normativo, para a integração logística mais favorável. A metodologia utilizada permite definir os critérios para implantação, como: levantamento do sítio, perfil do usuário, custo, programa de necessidades, potencialidades, área de intervenção, estudo dos acessos, localização e planialtimétrico. Para que haja avanço no acesso aos potenciais turísticos na região Amazônica, a integração do sistema aquaviário com o terrestre é condição necessária, pois melhora a qualidade do atendimento ao embarque e desembarque, de acordo com as ações de vigilância sanitária, alfandegária e de segurança.

ABSTRACT
The Amazon is included in the itineraries of international maritime cruises, with a mandatory stop in the city of Santana-AP, where the tourist is faced with the absence of port infrastructure that provides a safe transshipment logistics to the tourist spots of Macapá. This paper presents an architectural project of Port Support Tourism Facility for the city of Macapá - AP, under the tourist and normative approach, for the most favorable logistics integration. The methodology used allows defining the criteria for implementation, such as: site survey, user profile, cost, needs program, potentialities, intervention area, study of accesses, location and planialtimetric. In order to advance access to tourism potential in the Amazon region, the integration of the waterway and terrestrial system is a necessary condition, since it improves the quality of the attendance to embarkation and disembarkation, according to the actions of sanitary, customs and security surveillance.

.

1. INTRODUÇÃO

A Amazônia está incluída nos roteiros de cruzeiros marítimos internacionais, com parada obrigatória na costa do Amapá, mais precisamente na cidade de Santana, para realizar o processo de fiscalização da alfândega, Policia Federal, entre outros serviços. No entanto, o turista se depara com a ausência de infraestrutura portuária adequada que contemple uma logística de transbordo segura e uma mobilidade reduzida até os pontos turísticos de Macapá.

O cenário que até então apresentava descaso na implantação de infraestrutura portuária turística sofreu intervenções normativas por parte do Governo Federal nos últimos anos. Recentemente, normas regulatórias foram promulgadas por meio da Resolução no 3.290 de 13 de fevereiro de 2014 pela Agência Nacional de Transporte Aquaviário – ANTAQ, onde normatiza a autorização para a construção, exploração e ampliação de instalação portuária de turismo. Esta iniciativa representa um marco para o melhor planejamento e gestão a partir de critérios pré-estabelecidos, assim regula o setor do turismo pelo principal instrumento, a Instalação Portuária de Turismo - IPTur.

A implementação do turismo exige um enfoque sistêmico, no qual um sistema turístico abarca vários subconjuntos, a saber: os transportes; o alojamento; os serviços de alimentação; os centros de lazer e diversão; os estabelecimentos comerciais; e os serviços complementares – agências de viagens, guias turísticos, empresas de aluguel de veículos etc. (ACERENZA,

2002).

Partindo dos pressupostos regulatório e sistêmico que se fará uma pertinente abordagem do turismo versus a infraestrutura portuária na cidade de Macapá, de forma que haja a integração de um espaço harmônico com as necessidades turísticas.

A ausência de políticas públicas voltadas para infraestruturas portuárias na Região Amazônica reflete negativamente sobre as dinâmicas locais e na relação porto e turista, dificultando o desenvolvimento territorial nos aspectos socioeconômicos e culturais. Dentro deste contexto cabem as seguintes perguntas:

A cidade de Macapá tem uma infraestrutura adequada para o turismo náutico? Como conceber uma instalação portuária turística de apoio integrada aos aspectos socioeconômicos e sustentáveis?

O escopo deste trabalho é norteado a partir do conhecimento das necessidades do setor de Turismo Náutico para a cidade de Macapá-AP, e consequentemente uma proposta de infraestrutura portuária turística pautada no perfil do turista integrada aos espaços.

A concepção de uma instalação portuária de turismo na cidade de Macapá será adequada para o atendimento da demanda turística e favorável ao acesso dos pontos turísticos?

O objetivo principal é desenvolver um projeto arquitetônico de Instalação Portuária de Turismo – IPTur de Apoio, ou seja, um Complexo Portuário de Turismo – CPTur de Apoio, sob o enfoque turístico para o atendimento de navios transatlânticos. Seguido da identificação do potencial turístico e da viabilidade ambiental, fazendo o levantamento da demanda turística, definido a localização do IPTur de Apoio bem como estabelecer uma integração turística.

2. REVISÃO DA LITERATURA

O setor do turismo é hoje uma das atividades econômicas mais importantes do mundo em termos de movimentação financeira. Para melhor compreendermos este setor citaremos um dos conceitos mais aceitos, o da Organização Mundial do Turismo – OMT, que abrange o turismo como:

> *Tourism is a social, cultural and economic phenomenon, which entails the movement of people to countries or places outside their usual environment for personal or business/professional purposes. These people are called visitors (which ma y be either tourists or excursionists; residents or non-residents) and tourism has to do with their activities, some of which involve tourism expenditure.*

Whab (1991) afirma que para que esse fenômeno exista são necessários três elementos básicos: o homem (elemento humano como autor do ato de turismo), o espaço (elemento físico, coberto pelo próprio ato) e o tempo (elemento temporal que é consumido pela própria viagem e pela estada no local de destino). Estes são os elementos que representam as condições de existência do Turismo.

Dessa forma, o MTur procurou organizar os segmentos da oferta em seu "Marcos Conceituais", esse documento não compreende todo o universo constituído pelo turismo, pois novas denominações surgem a cada momento devido a dinâmica do setor e a busca de novas

experiências combinadas com inovações tecnológicas e à criatividade dos operadores de mercado. Esse documento elenca e define variáveis em relação a esse segmento das quais trabalharemos com Turismo Náutico, caracteriza-se pela utilização de embarcações náuticas como finalidade da movimentação turística;

2.1 O setor do Turismo

O Turismo segundo Beni (2006, p. 39), tem características importantes que ajudam a:

> Promover a difusão de informação sobre uma determinada região ou localidade, seus valores naturais, culturais e sociais;
> Abrir novas perspectivas sociais como resultado do desenvolvimento econômico e cultural da região;
> Integrar socialmente, incrementar (em determinados casos) a consciência nacional;
> Desenvolver a criatividade em vários campos;
> Promover o sentimento de liberdade mediante a abertura ao mundo, estabelecendo ou estendendo os contatos culturais, estimulando o interesse pelas viagens turísticas.

A estruturação dos destinos turísticos é um dos primeiros passos a serem fomentado, para isso, o MTur apoia o desenvolvimento das regiões turísticas através do planejamento, organização e gestão territorial e institucional dessas regiões.

Os investimentos na infraestrutura turística permitem a expansão da atividade o avanço dos produtos e serviços ofertados e a melhoria da qualidade do produto para o turista nas diversas regiões do país.

Desse modo, investir no turismo é estimular o desenvolvimento econômico e sustentável, que tem como princípio preservar para gerar renda. Além de forte incentivo econômico, também contribui para a ampliação do roteiro cognitivo do povo brasileiro, diversificando referências históricas, culturais e sociais. Por outro lado, estimula também o desenvolvimento local, ao injetar bilhões na economia.

2.1.2. O setor do Turismo no Amapá

O Amapá possui exclusivos e importantes atrativos turísticos como: Fortaleza de São José de Macapá - umas das 7 maravilhas do Brasil, Cachoeira de Santo Antônio – Laranjal do Jari, Marco Zero do Equador, Museu Sacaca, ilha de Santana, o fenômeno da Pororoca, o Círculo Megalítico Pré-Colombiano em Calçoene, a gastronomia, a pesca, a observação de pássaros, etc., dentre os quais devem ser trabalhados de maneira satisfatória, dados da Secretaria de Turismo do Amapá – SETUR AP (2015)

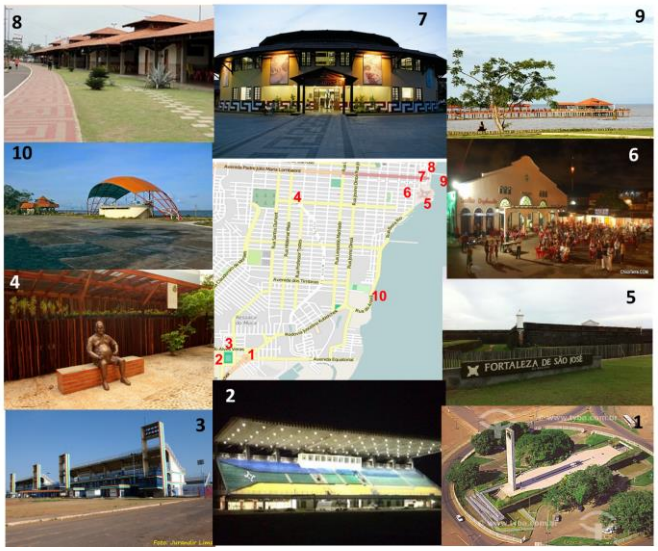
A cidade de Macapá, capital do Estado do Amapá, é cortada pela linha imaginária do Equador, especificidade única na Região Norte, responsável por uma das atrações turísticas no local. Foi elevado à condição de capital do Estado em 1944 e possui uma área de 6.407 km². Apresenta população total de 437.256 habitantes, IBGE (2015), concentrados predominantemente na área urbana.

Banhado pelo rio Amazonas, tem a Fortaleza de São José de Macapá, cuja mesma é considerada a maior fortificação construída pelos portugueses no Brasil e devido a essa importância histórica sua arquitetura foi categorizada ao patrimônio nacional em 1950.

Na alta temporada de cruzeiros - entre outubro e março - alguns turistas visitam a cidade, Macapá, a via rodoviaria de acesso é a BR-156 que por enquanto liga o Amapá ao Pará, porém nao possui outras rodovias que possam ligá-la a outros estados brasileiros e/ou países vizinhos. Por via aeria o embarque e desembarque são feitos pelo Aeroporto Internacional de Macapá, o qual possui um projeto de reforma e ampliação de suas instalações.

Por se tratar da capital amapaense e está em processo de urbanização sendo uma das "portas" de entrada ao Estado, possibilita a instalação de IPTur com foco no embarque e desembarque de turistas em viagem de cruzeiros.

Macapá encontra-se inserida no turismo nacional pelo Roteiro Experiências e Vivências Amazônicas no Meio do Mundo com duração de 6 dias e dentro do Mapa de Turismo Brasileiro, encontra-se no Polo Meio do Mundo com os principais atrativos representados no Figura 1.



LEGENDA

1. Monumento Marco Zero do Equador;
2. Estádio Zerão;
3. Escola Sambódromo de Arte Popular;
4. Museu a céu aberto Sacaca;
5. Fortaleza de São José de Macapá;
6. Mercado Central;
7. Casa do Artesão ;
8. Praça Beira Rio;
9. Trapiche Eliézer Levy;
10. Complexo Recreacional Araxá.

Figura 1: Atrativos Naturais e Culturais de Macapá
Fonte: Google Maps adaptado pelas autoras, 2015

Analisando o livro de visitas do Monumento Marco Zero do Equador, o perfil dos turistas que viajam à Macapá é constituído de todos os tipos de visitantes. Pode-se mencionar que uma grande parcela está representada por agentes comerciais e executivos em busca de negócios entre diferentes empresas.

Há também pessoas de outros municípios que procuram a capital para tramitação, atualização e gestão ante os diversos órgãos públicos, além dos aspectos familiares e recreativos requeridos pelas populações de áreas menos favorecidas compreendida pelas modernidades de: eventos, compras, entretenimento, cursos, etc.

Por fim, há os visitantes estrangeiros, principalmente os da Guiana Francesa, França, Canadá, e alguns norte-americanos esse perfil pode ser observado no livro de visita do Monumento Marco Zero do Equador.

2.2. Instalação Portuária de Turismo - IPTur

Inicialmente devemos considerar que águas são bens integrantes do patrimônio público e, assim, o porto é bem público, quer se ache situado em águas correntes ou dormentes. Trata-se de um bem público afeto a uma finalidade específica, qual seja, a exploração para a prestação de serviços públicos portuários, logo, são bens públicos de uso especial, segundo a Constituição Federal de 1988, art. 20, parágrafo III. Essa afetação específica, de finalidade pública, permite ao Estado que cumpra a obrigação que lhe é imposta constitucionalmente na exploração desses serviços.

A partir dessas premissas observa-se que os meios de transportes são fundamentais para o desenvolvimento do turismo, a região Amazônica se diferencia do restante do país por ter no transporte fluvial à maior integração e comunicação social, tornando favorável ao desenvolvimento da navegação que por sinal depende que as instalações portuárias estejam propícias para desenvolver essa atividade.

2.2.1. Tipologia

A Instalação Portuária de Turismo pode ser classificada de várias maneiras, de acordo com sua funcionalidade, seu porte e, também, de acordo com o serviço prestado segundo a Resolução 3.290/14:

> IPTur Plena, que realiza embarque, desembarque e trânsito de passageiros, tripulantes e bagagens diretamente em embarcações de turismo;
> IPTur de Trânsito, que realiza apenas trânsito de passageiros e tripulantes diretamente em embarcações de turismo; e
> IPTur de Apoio, que realiza embarque, desembarque e trânsito de passageiros e tripulantes diretamente em embarcações de transporte com destino ou origem em embarcação de turismo fundeada ao largo da instalação portuária.

Destes nos atentaremos ao IPTur de Apoio por entender que a calagem na área escolhida para implantação do projeto não é suficiente para ancorar um navio de cruzeiro.

2.2.2. IPTur no Brasil

A infraestrutura necessária para a navegação fluvial consiste na adequação dos seguintes componentes básicos: terminal (porto, trapiche ou ponto de atracação), embarcações e vias navegáveis. Esses componentes precisam de requisitos mínimos de segurança, acessibilidade, conforto, nível de serviço, etc.

Segundo a ADA (2006), a precária infraestrutura portuária regional, a dificuldade de fiscalização à navegação feita na região, a alienação do usuário no que tange à segurança, e a ganância do armador pelo lucro contribuem, isoladamente ou associadas, para que as embarcações naveguem com pequena margem de borda livre e ainda, que os passageiros sejam acomodados no mesmo compartimento ou convés onde é estivada a carga proporcionando um baixo conforto, esses fatos colocam em risco a segurança dos tripulantes, dos passageiros, da carga e da própria embarcação, ou seja, representam a possibilidade real de acidente fluvial.

Os terminais possuem várias definições de acordo com as atividades ligadas ao seu funcionamento. A sua eficiência é de fundamental importância para o desenvolvimento de cidades localizadas às margens de rios.

Contudo, apesar de toda sua potencialidade no modal aquaviário, a região apresenta precariedades na oferta de serviços adequados ao transporte fluvial de passageiros. A defasagem advém da carência de políticas de regulamentação eficiente. Outro fator de grande significação para a precariedade do setor é a questão da qualidade dos serviços oferecidos, tanto no que diz respeito à infraestrutura dos portos e terminais hidroviários como na qualificação dos funcionários, que se insere como ferramenta imprescindível na conquista e fidelização dos passageiros (Ferreira, 2011).

Acresce considerar a realidade de que, ainda hoje, muitos núcleos populacionais situados às margens de grandes rios e seus afluentes, não têm nenhuma alternativa de transporte que não o fluvial.

3. METODOLOGIA

Acerca da metodologia utilizada para elaboração do Complexo Portuário de Turismo de Apoio em Macapá- AP, foi concebida através da relação das seguintes etapas:

1ª Etapa: Desenvolvimento da pesquisa, abordada a situação atual da área a ser trabalhada e as estratégias que serão aplicadas ao tema levando em consideração a investigação de elementos históricos, ambientais, contextuais, técnicos e legais.

2ª Etapa: Desenvolvimento do Anteprojeto, com a exposição de uma solução geral es estruturada do projeto e a correlação entre os edifícios, revelando o tema a ser abordado no projeto, a localização do sítio escolhido para o seu desenvolvimento, os elementos que conterão o programa de necessidades, o grau de desenvolvimento pretendido e os condicionantes legais a serem seguidos durante o projeto.

3ª Etapa: Apresentação do anteprojeto, apresentando uma solução geral para a edificação com base nas análises feitas durante a pesquisa, no levantamento e visita ao terreno. Serão apresentadas propostas volumétricas, estruturais e técnicas construtivas a serem utilizadas.

4ª Etapa: Solução final adotada, através do aprimoramento do partido geral mostrado na etapa anterior doa quais estão relacionados as definições gerais trabalhando os agentes de intervenção e seus objetivos o perfil do usuário do IPTur de Apoio seus aspectos temporais e econômicos. Descrição completa das soluções arquitetônicas adotadas, dos detalhamentos construtivos, e das etapas anteriores que contribuíram para a solução final do projeto.

4. DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Diante do exposto, para que haja avanço no acesso aos potenciais turísticos na região Amazônica, a integração do sistema aquaviário com o terrestre é condição necessária, pois acolherá a demanda do turismo na região, melhorando a qualidade do atendimento ao embarque e desembarque, e à atracação de navios, de acordo com as ações de vigilância sanitária, alfandegária e de segurança. Evidenciando assim a expansão e estruturação da infraestrutura logística e portuária aumentando a competitividade e permanência maior dos turistas que usam transatlânticos.

O sítio para a implantação do projeto do IPTur de Apoio encontra-se localizado no município de Macapá, capital do Estado do Amapá, entre as coordenadas geográficas 51º00’00” S e

00º00’00”W. O terminal teve inspiração no formato da molécula de água no estado sólido, ou seja, de um hexágono. A partir da sobreposição dessa forma foi possível obter várias sugestões para atender a demanda. (Figura 2)

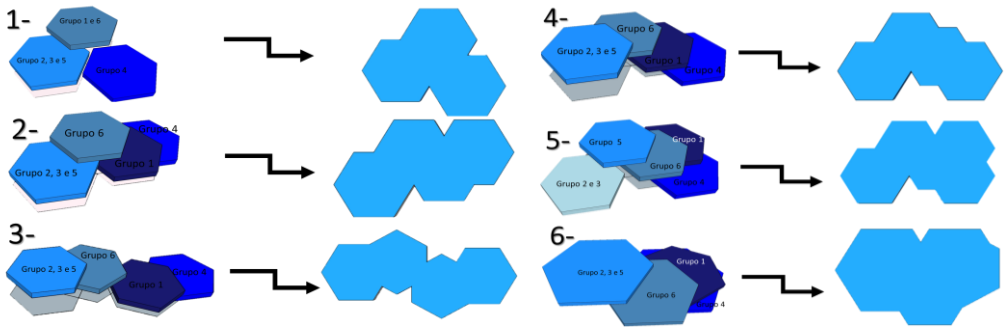


Figura 2: Sobreposição do hexágono
Fonte: Desenvolvido pelas autoras, 2015.

A proposta escolhida foi a de número 6 (Figura 2) por entender que a disposição e a integração entre os grupos estão melhor dispostas possibilitando uma área de 10. 987,60m² e 432,19m de perímetro.

Os principais agentes de intervenção do IPTur de Apoio são empresas ligadas direta ou indiretamente com o Turismo e o Governo do Estado que prestarão suporte a demanda em crescimento, a instalação do IPTur de Apoio gera novas divisas por estar localizado na orla, um dos cartões postais da cidade de Macapá, uma área de interesse comercial e turístico.

O projeto é limitado pela Avenida Equatorial ao norte, pelo Canal das Pedrinhas ao sul, pelo rio Amazonas ao leste (Figura 3). Integra-se à área do CPT de Apoio, uma porção do rio, dragada para permitir a adequada profundidade para as embarcações, circunscrita no entorno do cais e bacia interna e um dique de contenção; suficiente para instalação da infraestrutura do terminal de passageiros, píer e atracadouro.



Figura 3: Localização do Sítio
Fonte: Google Earth adaptado pela autora, 2015.

Os principais agentes de intervenção do IPTur de Apoio são empresas ligadas direta ou indiretamente com o Turismo e o Governo do Estado que prestarão suporte a demanda em crescimento, a instalação do IPTur de Apoio gera novas divisas por estar localizado na orla, um dos cartões postais da cidade de Macapá, uma área de interesse comercial e turístico.

O perfil do usuário que utilizará o IPTur de Apoio está dividido em duas demandas:

- De turistas que chegam e saem ao Amapá principalmente por passageiros de cruzeiros;
- De funcionários, comerciantes e usuários do local.

Para a instalação do Complexo será necessária aquisição do terreno, licenciamento ambiental, levantamento topográfico do terreno, terraplanagem, muro de arrimo, dique de contenção. Em seguida, realização de licitação para a execução do projeto do IPTur de Apoio, estima-se de 2 a 4 anos para a conclusão.

Em relação ao custo do IPTur de Apoio, pode-se estimar baseado no Custo Unitário Básico – CUB e a relação do Píer de Mauá e o Píer do Santa Inês estima-se no valor de cerca 290,742 milhões de reais divididos da seguinte forma:

- Custo da Obra (Terminal de Passageiros, Estacionamento, Píer e entorno):
- R$ 275,8 milhões
- Desapropriação do sítio (m²): R$: 850 mil
- Custo do Projeto Executivo (Terminal de Passageiros, Estacionamento, Píer e entorno): R$ 350 mil
- O IPTur de Apoio deverá receber do governo os seguintes valores:
- R$ 6,8 milhões do Programa Federal de incentivo;
- R$ 5,2 milhões da União;
- R$ 2 milhões do Estado.
- O restante do valor será entregue a cargo da iniciativa privada.

O padrão adotado para a concepção do Complexo Portuário de Turismo de Apoio está baseado no Relatório Executivo de Caracterização da Oferta e da Demanda do Transporte Fluvial de Passageiros na Região Amazônica que buscou conhecer a demanda de passageiros e cargas que são transportados pelos rios da Amazônia.

Esse relatório aborda requisitos como: acesso, área para estacionamento de veículos, instalações e serviços, área de acumulação pública, área de acumulação restrita (sala de embarque), área de atracação, movimentação e armazenagem em conformidade com os padrões da Agencia Nacional de Transportes Aquaviário -ANTAQ

Para a escolha da melhor solução construtiva de um IPTur de Apoio observa-se às seguintes características locais: topográficas, batimétricas, hidrológicas, fluviais, sociais, econômicas e ambientais que serão analisadas e apresentas por meio de uma análise de viabilidade técnica e econômica.

Para a Área de Intervenção fez-se a análise das potencialidades do terreno através do SWOT – (*Strenghts, Weaknesses, Opportunities, Threats*)(Figura 4). Pretende-se definir as relações existentes entre os pontos fortes e fracos do terreno bem como apresentar uma análise interna das forças e fraquezas, e análise externa das oportunidades e ameaças. Assim, obtiveram-se os

seguintes resultados.

	POSITIVO	NEGATIVO
INTERNO	- Proximidade aos atrativos turísticos - Diversificação de destino turístico - Novo acesso rodoviário - Recursos naturais - Recursos turísticos aptos para o desenvolvimento do segmento - Facilidades de consumo (aumento da demanda potencial) - Novo nicho de mercado	- Baixas profundidades - Fraca qualidade dos solos - Déficit na infraestrutura portuária - Falta de conhecimento sobre a potencialidade do segmento
EXTERNO	- Baixo risco e custo do transporte - Dinamização da exploração dos recursos naturais para atividades culturais e turísticas - Localização geográfica - Expansão do segmento em nível mundial - Possibilidade da diminuição da sazonalidade - Os cruzeiros como ferramenta de divulgação do destino	- Taxa de câmbio R$/US$ valorizada - Gargalos de infraestrutura - Invasões irregulares no terreno - Crise econômica mundial - Desconhecimento do público-alvo quanto ao segmento - Sazonalidade

Figura 4: Analise SWOT
Fonte: Desenvolvido pelas autoras,2015.

Conhecer a repercussão de cada uma das decisões do projeto é fundamental para que se possa optar pelas melhores alternativas, não apenas no que diz respeito aos materiais, mas também ao partido arquitetônico adotado. Dentro desse contexto o trabalho busca relacionar as principais características arquitetônicas atribuídas ao empreendimento relacionando ao meio.

Podemos dizer que o acesso é dado através da entrada e saída de pessoas e veículos ao terreno e ao edifício. O terreno do projeto está localizado na orla de Macapá, entre o Canal das Pedrinhas e a Avenida Equatorial. Sua entrada pode ser feita através da Avenida Equatorial ou pelo Rio Amazonas. (Figura 5)



Figura 5: Área de Intervenção, Acessos e Localização
Fonte: Google Earth adaptado pelas autoras, 2015.

A proposta do projeto prevê a construção de um terminal com capacidade para 17 mil passageiros por ano advindo dos cruzeiros internacionais, um píer com capacidade para

atracar 4 barcos taxis e um trapiche de 600 x 6 m.

O terreno é formado por ondulações e depressões suaves. Possui solo formado por sedimentos argilosos com laminação plano-paralela à argilosos com muita matéria orgânica. (Figura 6).

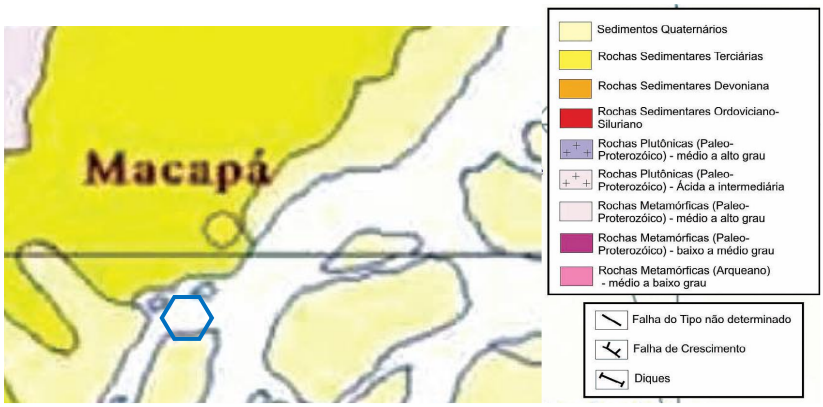


Figura 6: Esboço geológico simplificado da Zona Costeira de Macapá.
Fonte: TORRES & ROBRINI, adaptado pelas autoras, 2015.

A Figura 07 representa de forma mais clara as camadas existentes na rocha sedimentadas onde tais rochas são as fontes de petróleo e hidrocarbonetos, de importância capital para a economia atual. Isso sem mencionar a importância econômica das rochas sedimentares levando-se em conta a sua grande utilização principalmente na área da construção civil. Com isso, o projeto em questão levou em consideração o conhecimento do tipo de solo para a adoção do partido horizontal na elaboração do mesmo.

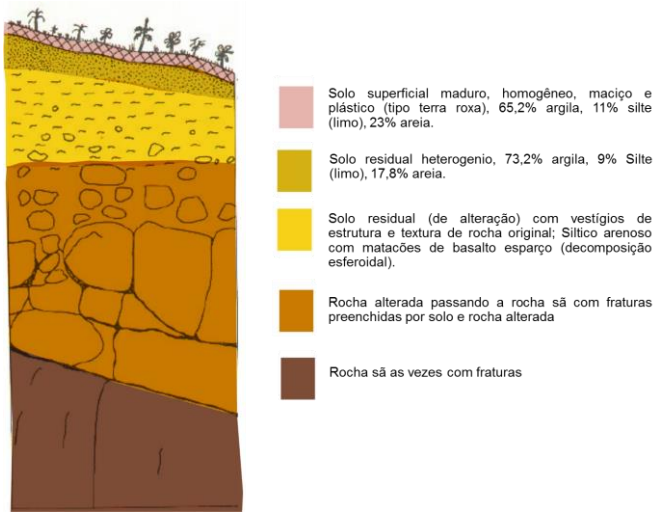


Figura 07: Perfil Geológico de Rocha Sedimentares.
Fonte: www.ufjf.br/nugeo/files/2009/11/Geologia-Cap5.pdf, adaptado pelas autoras, 2016.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As condições de operação do transporte hidroviário são precárias e com risco de acidentes, principalmente nas atividades de embarque e desembarque tanto dos passageiros quanto da carga das embarcações. Por isso, a proposta de um Complexo Portuário de Turismo (Figura 8) para a cidade tomou como princípio garantir a segurança dos passageiros e organizar a

operação de serviço, bem como receber a demanda do turismo náutico.

A elaboração do presente trabalho almejou a criação de um sistema construtivo utilizando os conceitos de arquitetura contemporânea sem deixar de lado a sustentabilidade de forma a se obter uma estrutura possível de ser utilizada para usos diversificados.

Projetar um espaço para este uso escolhido foi um desafio. Ao longo do desenvolvimento da proposta foram encontrados obstáculos principalmente para se chegar à solução final do sistema proposto, pois se trata de uma proposta inovadora que necessita de conhecimentos técnicos.

Além disso, outra dificuldade encontrada, embora este trabalho esteja em nível de anteprojeto, foi com relação ao detalhamento e especificação das peças que compõem o sistema, pois esta etapa do processo projetual é pouco explorada no curso, o que aponta a necessidade de maior aprofundamento e melhor abordagem do tema ao longo da graduação, a fim de familiarizar os futuros profissionais de arquitetura com o detalhamento de projetos arquitetônicos.

Apesar dos entraves encontrados, acredita-se que o trabalho realizado atendeu plenamente tal propósito, chegou-se, portanto, a uma solução funcional e prática concebendo-se uma estrutura leve. Vale ressaltar que, os contratempos não foram considerados motivos para desmotivação, pelo contrário, tornaram o tema mais instigante no intuito de explorá-lo e desenvolvê-lo.

Esse estudo pode concluir que as condições de operação do transporte hidroviário são precárias e com bastante risco de acidentes, principalmente nas atividades de embarque e desembarque tanto dos passageiros quanto da carga das embarcações. Por isso, a proposta de um complexo hidroviário para a cidade tomou como princípio garantir a segurança dos passageiros e organizar a operação de serviço.

Por fim, apresentou-se um modelo de Complexo Portuário de Turismo (Figura 8) que irá atender à demanda existente e futura. Desenvolvido em uma área de aproximadamente 11.000,00 m², este projeto engloba: área de espera, balcões de atendimento, área de administração e apoio, banheiros públicos, praça de alimentação e depósito, rampas de acesso e flutuante, onde serão atracadas as embarcações. Todos os ambientes levam em consideração a norma técnica NBR 15450:2006 referente à acessibilidade de passageiros no sistema de transporte aquaviário.

Já no que tange ao turismo os entraves enfrentados pelo município sobre a questão do turismo em especial a oferta turística devem ser cogitados para que haja concorrência interna, várias estratégias podem ser trabalhadas entre parlamentares, secretários estaduais e municipais de turismo, prefeito, empresários, professores e consultores que devem discutir, detectar e sanar as deficiências que o local oferece.

Dessa maneira a melhoria da infraestrutura proposta com a implantação deste complexo possibilitará aumentar a eficiência do sistema de transporte hidroviário no que tange aos cruzeiros e, consequentemente, atrair novos usuários para o sistema, podendo alavancar o desenvolvimento do turismo na região.

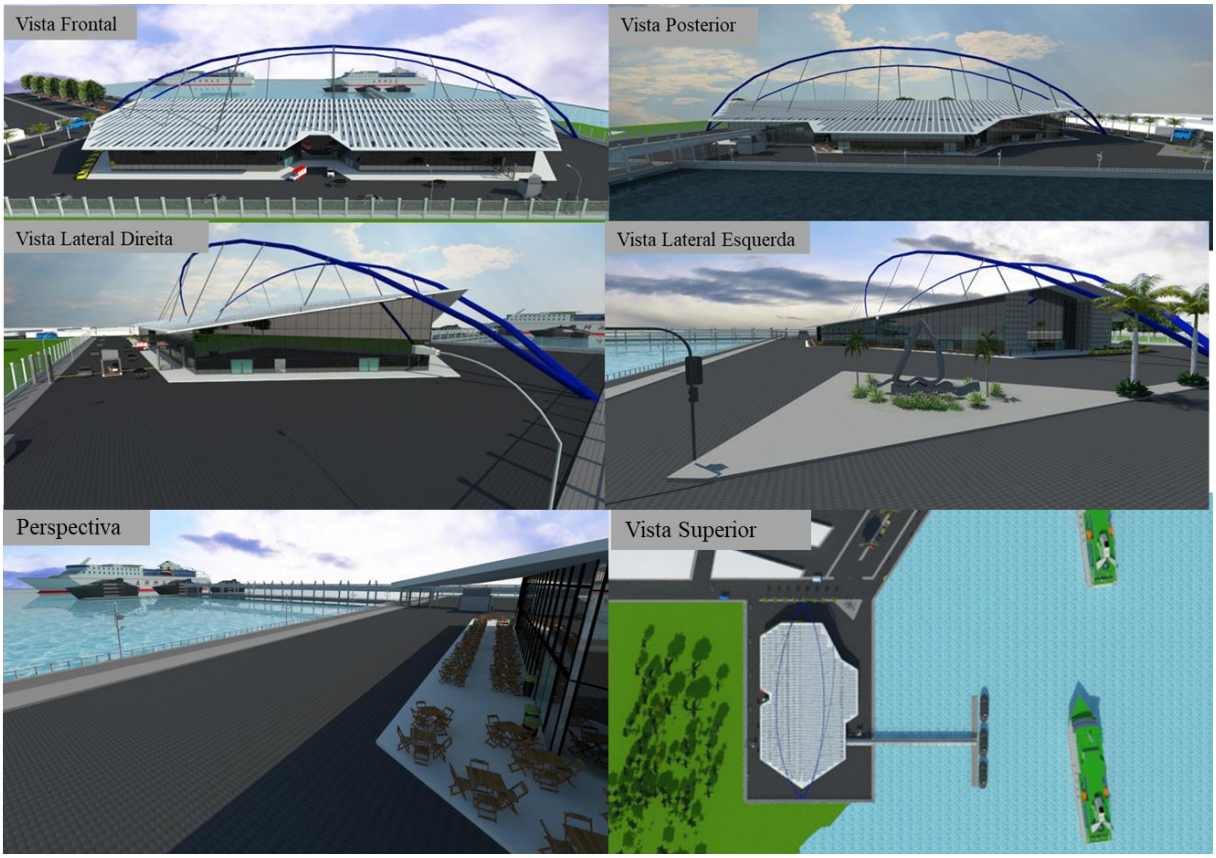


Figura 08: Complexo Portuário de Turismo

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACERENZA, Miguel Angel. *Administração do turismo*, vol. 1. Bauru, SP: EDUSC, 2002.

ADA (2006) *Plano de ação - 2006.* Agência de Desenvolvimento da Amazônia. Amazônia Legal. Belém.

BENI, M. C. *Análise Estrutural do Turismo***.** 11ª. ed. São Paulo: SENAC, 2006.

BRASIL, ANTAQ - Agência Nacional de Transportes Aquaviário *Resolução Nº 3.290-ANTAQ, de 14 de fevereiro de 2014.* Brasília: ANTAQ, 2014. Disponível em: <http://www.antaq.gov.br/portal/pdfsistema/publicacao/0000006358.pdf.> Acesso em: 18 de maio de 2014.

_____, Constituição (1988). *Constituição da República Federativa do Brasil.* Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988.

_____, *Programa de Regionalização do Turismo:* Roteiros do Brasil. Avaliação do Programa de Regionalização do Turismo – Resumo Executivo. Brasília, DF, 2010. Disponível em: <http://www.turismo.gov.br/export/sites/default/turismo/o_ministe-rio/publicacoes/downloads_publicacoes/Livro_Regionalizaxo.pdf.> Acesso em: 8 de janeiro de 2015.

Ferreira, R.C.B. *Análise dos circuitos de produção, reprodução e subsistência do transporte hidroviário de passageiros nas ilhas da região metropolitana de Belém: uma contribuição para a revitalização do setor.* Tese, Núcleo de Altos Estudos Amazônicos, Universidade Federal do Pará, Belém 2011.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e estatística. *Macapá- Amapá.* Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=160030> . Acesso em: 25 de maio de 2015.

MORAES, H. B. *Portos, Apostila da disciplina Portos, curso de Engenharia Civil, Faculdade Ideal (FACI).* Belém, 2006.

NEVES, Laert Pedreira. *Adoção do Partido na Arquitetura***.** Salvador: Centro Editorial da UFBa, 1989, p.27

OMT, Organização Mundial do Turismo. *Introdução ao Turismo.* São Paulo: Roca, 2001

SETUR AP. **S***ecretaria de Turismo do Amapá.* Disponível em: <http://www.se-tur.ap.gov-.br>. Acesso em: 04 de abril de 2015.

WHAB, S. *Introdução à administração do turismo*. São Paulo: Pioneira, 1991.

AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DE NOVAS TECNOLOGIAS EM TERMINAIS DE PASSAGEIROS AEROPORTUÁRIOS SOB A ÓTICA DOS PASSAGEIROS

Nathane Ana Rosa Negri
Giovanna Miceli Ronzani Borille
Instituto Tecnológico de Aeronáutica
Pós-Graduação em Engenharia de Infraestrutura Aeronáutica

RESUMO
A satisfação dos passageiros em aeroportos é tema de grande importância para a comunidade científica e para o operador. Com isso, há uma tendência em oferecer uma melhor experiência aos passageiros. Observa-se uma lacuna na literatura, principalmente nacional, no que diz respeito aos estudos que relacionam indicadores de nível de serviço e a importância da inserção de novas tecnologias, como: *toten* de autoatendimento, biometria, *bag-drop*, etc. Nesse contexto, o presente artigo avalia a influência que as novas tecnologias representam no nível de serviço, tendo como estudo de caso o Aeroporto de Viracopos. Foram entrevistados 121 passageiros, e fez-se a utilização da regressão linear para determinar o peso relativo de cada indicador de análise. O resultado do modelo analisado mostra que as novas tecnologias representadas pelo *toten* de autoatendimento no *check-in* e o *bag-drop*, para o despacho de bagagem, tem uma influência positiva na nota geral do serviço percebido pelos passageiros.

ABSTRACT
Passenger satisfaction at airports is a matter of great importance to the scientific community and to the operator. Thereby, there is a tendency to offer a better experience to the passengers. There is a gap in the literature, mainly national, regarding studies that relate indicators of service level and the importance of the insertion of new technologies, such as kiosks of self-service, biometrics, bag-drop, etc. In this context, the present article evaluates the influence that the new technologies represent in the level of service, having as case study the Airport of Viracopos. 121 passengers were interviewed and linear regression was used to determine the relative weight of each indicator of analysis. The result of the model shows that the new technologies represented by the kiosks of self-service at check-in and the bag-drop for baggage dispatch have a positive influence on the overall perception of the service perceived by the passengers.

1. INTRODUÇÃO

A satisfação dos passageiros passou a apresentar uma considerável importância para a operação de um aeroporto (Brida *et al.*, 2016) posto isto, é de interesse da gestão aeroportuária compreender o grau de satisfação do passageiro, podendo melhorar o nível de serviço nos aeroportos (Rust e Oliver, 1994). Neste contexto, Suárez-Alemán e Jiménez (2016), indicam que o nível de serviço está relacionado de forma direta à qualidade e à eficiência dos serviços oferecidos nos terminais de passageiros de aeroportos.

Nessas circunstâncias, surgem às inovações, as quais podem advir dentro de serviços, processos ou até mesmo de qualquer sistema social (Schumpeter, 1934). Em relação a um terminal de passageiros, as inovações estão presentes nas novas tecnologias que estão sendo desenvolvidas e introduzidas nos aeroportos, visando proporcionar ao passageiro uma experiência de processamento mais rápido, menos estressante, mais seguro e eficiente (Kalakou *et al.*, 2015). Além dos benefícios ao passageiro, também se observam as contribuições para o operador aeroportuário (Abdelaziz *et al*., 2010), como por exemplo, na diminuição do processamento e do tempo de espera que, como consequência, agiliza o processo e diminui as filas.

Kalakou *et al*. (2015) consideram que algumas das novas tecnologias que afetam as operações de processamento dos passageiros são: (i) o gerenciamento de identidade e a biometria, a qual permite a realização do *check-in* por meio da verificação digital dos passageiros ou até

mesmo pelo *scanner* facial (SITA, 2016); (ii) *Near Field Communications (NFC)*, em que os passageiros recebem automaticamente seu cartão de embarque em seus *smartphones*. Consequentemente, os passageiros poderão passar pelas diferentes etapas de sua jornada, por meio do *scanner* do cartão de embarque incluso no *smartphone* em leitores apropriados (SITA, 2014); (iii) análise *Big Data*, tecnologia que pode lidar com enormes volumes de dados, os quais oferecem informações ao passageiro em movimento de tempo real, levando em conta a sua localização e as suas ações *online* móvel (Kalakou *et al*., 2015) e (iv) aplicativos de *smartphones*, usados como ferramentas multifuncionais, podendo oferecer uma variedade de serviços, como ofertas de produtos personalizados, mapas, informações do terminal de passageiros e servir como um dispositivo de acesso às áreas de componentes operacionais, como é o caso do acesso à área de embarque por meio da tecnologia *NFC*.

Sabe-se que a demanda de passageiros do transporte aéreo no Brasil, nos últimos anos, aconteceu de forma elevada e alguns terminais de passageiros não possuem capacidade adequada para atender a esta crescente demanda (Transporte e economia, 2015). Logo, a importância do adequado planejamento de um aeroporto se torna cada vez mais necessária.

Acredita-se que inserir novas tecnologias em aeroportos pode aumentar a capacidade do terminal aeroportuário, melhorar a qualidade do serviço oferecido ao passageiro, além de contribuir para a otimização do tempo do passageiro, capaz de ser direcionado ao consumo, favorecendo assim, a receita não aeronáutica do aeroporto. Deste modo, estudos que se propõem a fazer uma avaliação da percepção dos passageiros frente às novas tecnologias em terminais de passageiros aeroportuários podem contribuir diretamente para a melhoria do padrão de nível de serviço e, por conseguinte, melhorar e/ou otimizar o direcionamento dos recursos. Ademais, identifica-se uma lacuna na literatura, principalmente nacional, no que diz respeito à relação entre as novas tecnologias e o nível de serviço, em aeroportos, sob a percepção dos passageiros. Como sugerido pelos autores Brida *et al.* (2016) no Chile e (Bogicevic, 2017) nos Estados Unidos, se faz necessário que a pesquisa, seja feita em outros terminais de passageiros, a fim de que seja estabelecido um comparativo e ampliação de pesquisas para o tema em questão. Então, o principal objetivo deste artigo é avaliar a influência que as novas tecnologias representam no nível de serviço em um terminal aeroportuário sob a ótica dos passageiros.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Nível de serviço

Conforme Andreatta *et al*. (2007), o nível de serviço representa a qualidade e as circunstâncias de serviço de uma ou mais instalações de acordo com o entendimento dos passageiros. Bandeira (2008) menciona que os estudos de nível de serviço em terminal de passageiros apresentam como objetivos principais: (i) aumentar a satisfação dos usuários, (ii) reduzir os custos e (iii) redirecionar os investimentos.

O nível de serviço, especificamente no terminal de passageiros aeroportuário, pode ser compreendido pela análise de indicadores como: tempos de espera e de processamento, distância entre as principais instalações que o passageiro percorre, área disponível, produtos que fornecem conforto e conveniência aos passageiros (Mendonça, 2009). Assim como afirma Magri Junior (2003), os componentes operacionais de um aeroporto apresentam inúmeros indicadores de nível de serviço, no qual todos podem interferir na qualidade total dos serviços

oferecidos aos usuários.

De acordo com Borille (2012), o conceito na literatura de nível de serviço, para o terminal aeroportuário, é definido na relação entre indicadores de desempenho qualitativos e quantitativos. Indicadores qualitativos baseiam-se na percepção do usuário em relação aos serviços e instalações oferecidos, sendo uma medida subjetiva de avaliação, porém, fornece um valioso subsídio para o operador. Enquanto os indicadores quantitativos estão associados aos serviços oferecidos pelos aeroportos.

Lemer (1992) menciona alguns indicadores qualitativos, por exemplo: (i) distância percorrida; (ii) tempo de espera; (iii) confiabilidade do serviço; (iv) razoabilidade do serviço; (v) custo; (vi) conforto. E também, alguns indicadores associados aos aspectos quantitativos: (i) eficácia operacional; (ii) eficiência; (iii) risco; (iv) funcionalidade; (v) finanças; (vi) flexibilidade. Deve-se ressaltar a importância da correlação entre os indicadores qualitativos e quantitativos quando é almejado um padrão de nível de serviço mais elevado (IATA, 2014).

De Neufville e Odoni (2003) ainda indicam que o serviço oferecido resulta dos objetivos do operador aeroportuário. Como exemplo, expansões do terminal de passageiros aeroportuário, avaliação de serviços contratuais e instalações de serviços tecnológicos de autoatendimento (IATA, 2014), que podem melhorar na questão do tempo de processamento de determinado serviço. Além disso, os autores supracitados ainda mencionam que as novas tecnologias vêm sendo utilizadas com maior frequência, por meio do esforço dos operadores em reduzir custos operacionais e melhorar o desempenho do fluxo de embarque de passageiros.

2.2. Novas tecnologias

A motivação inicial dos operadores em buscar novas tecnologias estava relacionada ao âmbito do combate às questões de segurança (*security*), principalmente no que tange as ações terroristas. Para mais, a exploração das novas tecnologias permitiu aos operadores mitigar os riscos de segurança aeroportuária, consequentemente, proporcionando confiança adequada aos passageiros e funcionários (IATA, 2004).

Além das novas tecnologias terem como objetivo aeroportos mais seguros, tem por finalidade, também, apresentarem sistemas mais eficientes. Kalakou *et al.* (2015) desenvolveram um modelo de simulação para avaliar o impacto das novas tecnologias no embarque dos passageiros. Como resultado, foi demonstrado que os tempos de processamento dos passageiros no *check-in* e nos *checkpoints* de segurança são significativamente reduzidos.

Por conseguinte, operadores passaram a utilizar novas tecnologias no propósito de apoiar as operações aeroportuárias. Algumas das novas tecnologias introduzidas são: (i) tecnologias de autoatendimento, (ii) biometria, (iii) tecnologias portáteis e (iv) aplicações de *smartphones* (Bogicevic, 2017). Ainda, o referido autor relata que as mesmas oferecem uma melhor experiência de jornada ao passageiro quando estão no aeroporto.

De acordo com a IATA (2004) as novas tecnologias devem apresentar: (i) bom *status*; (ii) ser eficiente; (iii) ser confiável; (iv) não afetar outras operações existentes; (v) devem ser aceitas pelos usuários; (vi) ser segura no uso e ajuste e (vii) comercialmente viável.

Por último, a satisfação do usuário perante as novas tecnologias é de extrema importância

para a indústria aeroportuária, pois acredita-se que clientes satisfeitos estão dispostos a reutilizar o serviço e também, recomendá-los. Sendo assim, as novas tecnologias podem interferir diretamente na capacidade de um terminal de passageiros e no nível de serviço, que são requisitos chave no desenvolvimento adequado de aeroportos competitivos (Ashford *et al*., 2013).

2.3. *Marketing* aeroportuário

O conceito de *marketing* na indústria aeroportuária foi introduzido no contexto dos aeroportos aumentarem e/ou protegerem os passageiros. Desta maneira, na década de 1990, muitos aeroportos voltaram à atenção aos investimentos relacionados a atividades de *marketing*. Sendo também, uma forma para sobreviver em um mercado cada vez mais competitivo (Fodness e Murray, 2007). À vista disso, um modo estratégico da indústria aeroportuária para obter vantagens competitivas foi à inserção de produtos voltados na qualidade dos serviços (Lee-Mortimer, 1993), atendendo as rápidas transformações do mercado e dos passageiros (Fodness e Murray, 2007).

A qualidade dos serviços aeroportuários incorpora diversas variáveis (por exemplo, rotas, horários, localização, preços, percepção dos passageiros, entre outros) que contribuem para a atratividade global dos aeroportos. A percepção dos passageiros é uma variável importante no *marketing* aeroportuário (Fodness e Murray, 2007), uma vez que destacar a percepção do usuário oferece vantagens competitivas para os aeroportos, que passam a buscar inovação de seus serviços (Chen *et al*., 2015).

No cenário de inovação de serviços destacam-se as novas tecnologias, no qual devem ser testadas e direcionadas ao tipo de aeroporto específico (IATA, 2004), ou seja, aplicar uma nova tecnologia requer compatibilidade com o perfil do aeroporto e dos passageiros.

3. ESTUDO DE CASO

O desenvolvimento do presente artigo envolve o estudo do Aeroporto Internacional de Viracopos/Campinas. De acordo com o anuário estatístico de tráfego aéreo de 2016, realizado pelo DECEA, o aeroporto em questão foi o que mais cresceu nos últimos anos, esse crescimento está relacionado, principalmente, pela participação da Companhia Aérea Azul, que utiliza Viracopos como o principal *hub* de suas operações, além de que a sua localização é expressiva para a economia local e regional. Logo, o Aeroporto Internacional de Viracopos/Campinas mostra significativa importância no setor aeroportuário brasileiro.

O referido aeroporto está localizado a 18 km do centro da cidade de Campinas e a 100 km da cidade de São Paulo. Conforme o Resumo de Movimentação Aeroportuária (RMA, 2017), o Aeroporto Internacional de Viracopos/Campinas, contabilizou entre os anos de 2013 a 2016 uma média de 10 milhões de movimentação de passageiros por ano. No ano de 2017, de janeiro a maio, a movimentação atingiu cerca de 4 milhões de passageiros. O Aeroporto Internacional de Viracopos/Campinas é atualmente administrado em regime de concessão, pelo Consórcio Aeroportos Brasil (Triunfo Participações e Investimentos com 22.95%, UTC Participações com 22.95%, *Egis Airport Operation* com 5.1%) e pela Infraero com 49% (Hórus, 2017).

3.1. Coleta de dados

Para cumprir com o objetivo do presente trabalho, inicialmente fez-se uma pesquisa de campo

no saguão de embarque do aeroporto de estudo no dia 19 de junho de 2017, período integral. Trata-se de uma segunda-feira, dia em que foi autorizada a pesquisa *in loco*. A coleta de dados deu-se por intermédio de questionários, os passageiros foram selecionados aleatoriamente. O questionário é composto por quatro partes, onde inicialmente eram preenchidas as perguntas sobre o perfil do passageiro (companhia aérea, tipo de viagem, quantidade de vezes que esteve presente no aeroporto nos últimos 12 meses, idade e gênero). Na sequência, o passageiro entrevistado indicava o tipo de *check-in* realizado, assim como conferia uma nota em relação ao nível de satisfação do serviço utilizado para os indicadores de tempo de fila e processamento e espaço disponível para fila e processamento. As notas foram adaptadas da IATA (2004), com o grau de satisfação numa escala Likert, variando de 1-Péssimo, 2-Regular, 3-Bom, 4-Muito bom e 5-Excelente. Ainda nessa parte do questionário, o passageiro apresentava o motivo de ter escolhido a opção feita de *chek-in (on line, toten* de autoatendimento ou balcão tradicional) e a forma mais utilizada para a realização do referido procedimento. Na terceira etapa do questionário o passageiro indicava se possuía malas despachadas, o tipo de despacho efetuado, assim como dava uma nota do serviço, apontava o motivo de ter escolhido a opção feita de despacho de bagagem e a forma mais utilizada. Por fim, o passageiro era questionado se utilizaria as novas tecnologias indicadas, tal como, a escolha de uma tecnologia que apresenta alto impacto. Vale ressaltar que, no item 3.3 é apresentado com maior detalhe cada uma destas novas tecnologias consideradas para análise.

Foi feita a amostragem do aeroporto de Viracopos em relação à movimentação de passageiros anual, para tanto foi utilizada a Equação (1) conforme Bandeira *et al*. (2014).

$$n = \frac{N.pq.\left(Z_{\alpha/2}\right)^2}{pq\left(Z_{\alpha/2}\right)^2 + (N-1)E^2} \qquad Eq.1$$

em que *n*: tamanho da amostra;

$Z_{\alpha/2}$: valor padronizado correspondente a um determinado nível de confiança de α;

E: erro da amostra;

p e *q*: proporção da população com as características que estão sendo analisadas. No caso de uma proporção desconhecida, adota-se como hipótese: *p* = 0,5 (*p* é complementar *q*);

N: tamanho da população

O número de amostras necessárias, considerando um nível de confiança de 90% e um erro amostral de 10% é de 68 amostras. No total foram entrevistados 121 passageiros.

3.2. Perfil dos passageiros e tratamento estatístico dos dados coletados

Dentre os passageiros entrevistados 53,7% são do gênero masculino, enquanto 46,3% são do gênero feminino. Como pode ser observado na Figura 1, 54% dos passageiros apresentam como origem o aeroporto de Viracopos por motivo de negócios, enquanto 46% são por razão de turismo. A idade dos passageiros entrevistados também é observada na Figura 1.

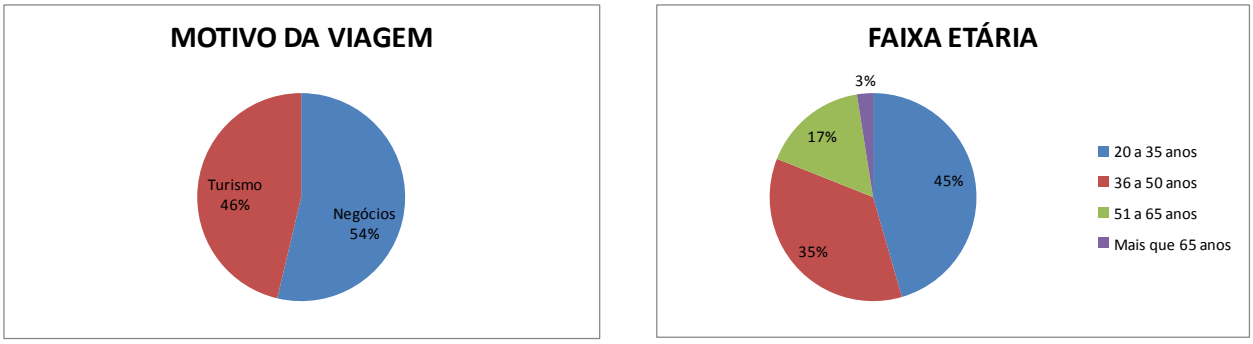


Figura 1: Motivo de viagem e faixa etária dos passageiros entrevistados em Viracopos

A maioria dos entrevistados se deu na faixa etária de 20 a 35 anos, com 45% dos entrevistados, seguido por passageiros de 36 a 50 anos que representam 35%. Em relação ao *check-in*, de acordo com os dados coletados, o modo mais utilizado pelos passageiros no dia 19 de junho de 2017 foi o de *internet*/celular, com 37% dos analisados, devido ao fator de praticidade. Em geral, a forma que o passageiro mais realiza o processamento de *check-in*, é também, por meio de *internet*/celular, com cerca de 60% dos analisados.

Quanto ao despacho de bagagens, o modo mais utilizado pelos passageiros entrevistados no dia 19 de junho de 2107 foi o de impressão de *tag (bag-drop)*, com 55%. De acordo com os dados analisados da pesquisa em campo, a rapidez de processamento é o motivo desta maior escolha. A forma que o passageiro mais realiza o despacho de bagagens, de acordo com os dados coletados, é por meio do balcão tradicional, com 47% dos avaliados.

3.3. Avaliação das novas tecnologias

Como mencionado anteriormente, na parte final do questionário de pesquisa em campo, fez-se uma avaliação quanto à disposição dos passageiros a utilizar novas tecnologias, a saber: (i) *Sita's baggage robot (LEO)*, um robô localizado no meio-fio do aeroporto o qual é capaz de realizar o *check-in*, imprimir *tags* e transportar (do meio-fio até o sistema de esteiras) duas malas com um peso máximo de 32kg; (ii) *Near Field Communications (NFC)*, permite que o passageiro receba automaticamente o cartão de embarque em seu *smartphone*, possibilitando ser processado pelas diferentes etapas de sua jornada no aeroporto; (iii) *Self-service Bag-Drop*, despacho da bagagem efetuado pelo próprio passageiro; (iv) *Big Data Analytics and smartphone applications*, informações ao passageiro em movimento de tempo real, levando em conta a localização e as suas ações *online* móvel; (v) *Biometric Technology*, *scanner* da digital, *scanner* das retinas, reconhecimento facial tanto para realizar *check-in* e/ou o acesso à área de embarque; (vi) *Beacon*, o passageiro recebe informações relevantes (compras, restaurantes, banheiros, local dos *gates*, balcões de informações e tomadas elétricas) em seu dispositivo móvel, e também, áudio e informações textuais à medida que o usuário caminha; (vii) *Wearable Technology*, relógios e óculos apropriados capazes de realizar o *check-in*; (viii) *Blockchain Technology*, passaportes virtuais que contém biométrica facial, passaporte, bilhete de embarque e dados pessoais; (iv) *Self-service screening*, *scanner* da bagagem efetuado pelo próprio passageiro e (x) *Display* de fila, o qual tem a função de medir e registrar o fluxo de passageiros em tempo real de fila. A Figura 2 traz a análise da porcentagem de passageiros entrevistados no aeroporto de estudo, que utilizariam as novas tecnologias.

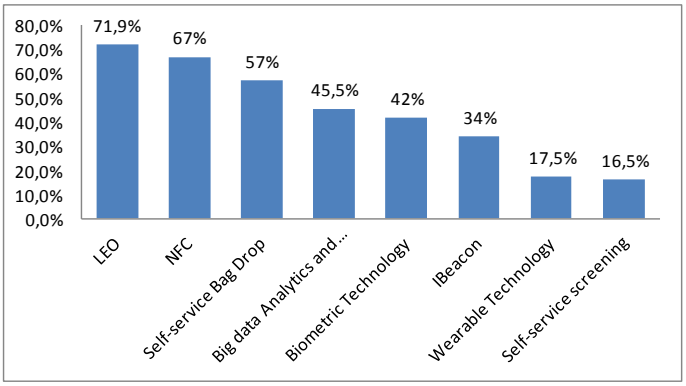


Figura 2: Porcentagem de passageiros que utilizariam cada uma das novas tecnologias analisadas

Nota-se uma variação quanto à aprovação das novas tecnologias, de acordo com o questionário aplicado no Aeroporto Internacional de Viracopos/Campinas. A aceitação do *Sita's baggage robot (LEO)* foi alta se comparada com *Self-service screening*, com uma diferença de 55,4%. O maior motivo de uso do robô *LEO* está relacionado à rapidez do processamento de *check-in*, e também da facilidade de despacho da bagagem já no meio-fio do aeroporto, enquanto do baixo uso do *Self-service screening*, volta-se com a percepção do usuário em relação à segurança do sistema. *Wearable Technology* também apresentou uma avaliação baixa perante o seu uso, com 17,5%, acredita-se que motivo é devido aos usuários não quererem investir na compra de um relógio ou óculos para efetuar o processamento de *check-in*. *NFC* também constou por uma boa avaliação, de 67%, provavelmente, devido aos usuários estarem mais afeitos com os dispositivos móveis e já fazerem usos dos mesmos e da tecnologia *NFC* no Aeroporto de Viracopos/Campinas. Vale ressaltar que as tecnologias *Blockchain Technology* e *Display* de Fila não foram analisadas neste contexto, uma vez que o usuário seria coagido a utiliza- las caso fossem disponíveis.

Além do levantamento de porcentagem de utilização das novas tecnologias, perguntou-se aos passageiros qual das 10 tecnologias mencionadas era considerada a mais interessante e constatou-se que a tecnologia de maior impacto foi a *Sita's baggage robot (LEO)*, com 33% das avaliações, seguido por *NFC*, com 18,2%.

4. APLICAÇÃO DA REGRESSÃO LINEAR E ANÁLISE DE RESULTADOS

A análise de regressão é adequada para a pesquisa em questão, visto que permite estabelecer a correlação entre a variável dependente (y) com uma, ou mais, variáveis independentes (x). A análise da regressão linear é vantajosa em relação pela qual é possível determinar a importância relativa de cada variável independente com a variável dependente, assim como, determinar uma relação causal (Falcão *et al*., 2011). A análise de regressão é empregada para estabelecer uma relação causal entre as notas dadas pelos passageiros (numa escala de 1 a 5).

De Barros *et al*. (2007) aplicaram questionários aos passageiros no aeroporto Internacional de Bandaranaike em Sri Lanka para analisar o nível de serviço dos passageiros que se encontravam em transferência de aeroporto. Para isso utilizaram da regressão linear e tinham a avaliação geral do aeroporto como variável dependente.

Sendo assim, neste trabalho, foi relacionado à avaliação geral do *check-in* (variável dependente) perante as notas dos indicadores do *check-in* (tempo de fila e processamento, e

também, espaço disponível de fila e processamento) e do tipo de *check-in* utilizado (balcão tradicional, *toten* e via internet), que constituem as variáveis independentes da regressão. Os passageiros que fizeram o *check-in* via *internet* foram desconsiderados da análise, visto que não haveria nota para o tempo de fila e processamento e tão pouco para o espaço disponível de fila e processamento.

Como o propósito é avaliar dois métodos de *check-in* diferentes e poder analisar entre eles qual tem a maior satisfação quanto ao serviço, utilizou-se o artifício da variável *dummy*. Por meio da variável *dummy* foi possível introduzir as características qualitativas referente à escolha do tipo de *check-in* utilizado, elas assumem apenas dois valores, 0 ou 1, indicando a presença ou ausência de determinado uso. Por exemplo, caso o passageiro utilizasse o balcão tradicional, o valor assumido será 1, enquanto para *toten* será 0. Podendo deste modo, verificar além das importâncias dos indicadores a relação de peso do *toten* e do balcão tradicional.

As Equações 2 e 3, com R^2 de 0,85, apresentam as funções propostas para o serviço de *check-in* do Aeroporto Internacional de Viracopos/Campinas, sendo que na Equação 2 deu-se ênfase ao balcão tradicional e na Equação 3 ao *toten*, porém ambas representam a mesma situação. Através dos coeficientes das Equações 2 e 3, pode-se verificar quais são os indicadores que apresentam a maior importância na satisfação geral do passageiro que utilizou o serviço de *check-in*. Além disso, pode-se avaliar, também, qual entre os dois tipos de *check-in* (balcão tradicional e *toten*) tem o maior peso na satisfação geral com o serviço *check-in* e, por conseguinte, verificar o quanto o *toten*, que é uma tecnologia, contribui para a satisfação dos passageiros.

$$Nc = 0{,}2644(N_{tf}) + 0{,}2532(N_{tp}) + 0{,}2398(N_{ef}) + 0{,}1723(N_{ep}) - 0{,}0462(tradicional) + 0{,}4285 \quad \text{(Eq. 2)}$$

$$Nc = 0{,}2644(N_{tf}) + 0{,}2532(N_{tp}) + 0{,}2398(N_{ef}) + 0{,}1723(N_{ep}) + 0{,}0462(toten) + 0{,}3822 \quad \text{(Eq. 3)}$$

em que *Nc* - nota geral de satisfação no *check-in*
Ntf – nota do tempo na fila
Ntp – nota do tempo de processamento
Nef – nota do espaço na fila
Nep – nota do espaço no processamento

Analisando a Equação 2, obtida através da análise dos dados coletados, tem-se que a nota do tempo na fila possui a maior participação na nota geral do *check-in*. A nota do tempo de processamento representa a segunda nota de maior importância, seguida pela nota do espaço na fila. A nota do espaço no processamento tem o menor peso frente às demais. Por fim, tem-se a consideração da variável *dummy* que representa o tipo de *check-in* que foi utilizado. A partir do modelo infere-se que a utilização do balcão de *check-in* tradicional tem uma influência negativa na nota geral de satisfação pelo *check-in*, comprovando que o *toten* tem uma aceitação positiva por parte dos passageiros entrevistados no aeroporto de estudo.

A regressão linear também foi utilizada para avaliar o despacho de bagagens e, vale destacar que, para está análise, os passageiros que fizeram o *check-in* via *internet* foram considerados. Da mesma forma foi solicitada uma nota da avaliação geral do despacho de bagagens e as notas de cada um dos indicadores do despacho de bagagens (tempo e espaço disponível), além

do tipo de despacho utilizado (balcão tradicional juntamente com o *check-in*, balcão somente para despacho e a impressão de *tag*, mais conhecido como *bag-drop*). Para esse modelo foram considerados somente os passageiros que tinham malas para serem despachadas.

A mesma lógica foi analisada para o despacho de bagagens. Visto que foram consideradas as três opções de despacho de bagagens existentes no aeroporto (balcão tradicional, balcão somente de despacho e *bag-drop*), sendo assim obtiveram-se três equações que representam a mesma situação. Neste caso, só foi exposto a Equação 4. A Equação 4, com R^2 de 0,79, apresenta a função proposta para o despacho de bagagens do Aeroporto Internacional de Viracopos/Campinas. A ênfase da Equação 4 foi no balcão de despacho e no balcão tradicional. Através dos coeficientes da Equação 4, pode-se verificar quais são os indicadores que tem a maior importância na satisfação geral do passageiro para esse serviço. Além disso, pode-se avaliar, também, qual entre os três métodos diferentes tem o maior peso na satisfação geral com o serviço de despacho de bagagens e, por conseguinte, verificar o quanto o *bag-drop*, que é uma nova tecnologia, contribui para a satisfação dos passageiros.

$$Nd = 0{,}0832(N_{tf}) + 0{,}2906(N_{tp}) + 0{,}2199(N_{ef}) + 0{,}2325(N_{ep}) + 0{,}0841(despacho) - 0{,}0133(tradicional) + 0{,}8779 \quad \text{(Eq. 4)}$$

em que Nd - nota geral de satisfação no despacho de bagagens
Ntf – nota do tempo na fila
Ntp – nota do tempo de processamento
Nef – nota do espaço na fila
Nep – nota do espaço no processamento

Analisando a Equação 4, tem-se que a nota do tempo na fila tem uma pequena participação na nota geral do despacho. A nota do tempo de processamento é a que mais interfera na percepção do usuário em relação ao despacho de bagagem. Enquanto a nota do espaço na fila e de processamento têm pesos parecidos e uma grande influência na nota geral do despacho. Por fim, tem-se a consideração da variável *dummy*, que representa o tipo de despacho que foi utilizado. A partir do modelo pode-se inferir que o balcão somente de despacho tem o maior peso na nota geral de despacho, seguido pelo *bag-drop*, com o balcão tradicional em última posição. Portanto, apesar de ser uma nova tecnologia e ter ficado atrás do balcão somente de despacho, o *bag-drop* já tem o seu espaço no aeroporto de Viracopos.

Vale ressaltar que o passageiro, após efetuar a impressão do *tag* no serviço de *bag-drop*, tem que se locomover em direção a outra fila para despachar a bagagem, não sendo um sistema direto. Esta fila, em horários com maior movimento ficou mais movimentada, uma vez que apresentavam passageiros que já haviam realizado o *check-in* pela *internet* com os passageiros que haviam realizado o *check-in* pelo *toten* e efetuado a impressão do *tag* no *bag-drop*, como mostra a Figura 3.



Figura 3: Fila para efetuar o despacho de bagagem, após imprimir o *tag*

4. CONCLUSÕES

O desenvolvimento de pesquisas relacionadas à avaliação da influência que as novas tecnologias representam no nível de serviço sob a ótica dos passageiros mostram-se significativas. Além disso, há pouca literatura acerca do tema, principalmente no âmbito nacional. Desta forma, este trabalho oferece uma contribuição à literatura acadêmica e também, ao operador aeroportuário no que diz respeito a uma reflexão de metodologia para analisar a aceitação e utilização dos passageiros as novas tecnologias.

Em função da pesquisa desenvolvida neste artigo, observa-se que para o serviço de *check-in*, a inserção de tecnologia para realização do procedimento via *toten* tem a maior importância no nível de serviço do *check-in*, e dentre os indicadores a nota do tempo na fila tem a maior participação na nota geral do *check-in*. Enquanto para o serviço de despacho de bagagem, a nota do tempo na fila apresenta uma pequena participação na nota geral do despacho, sendo a nota do tempo de processamento a mais relevante. Por meio do modelo pode-se concluir que o balcão somente de despacho tem o maior peso na nota geral, seguido pelo *bag-drop*, ficando o balcão tradicional em última posição.

Além de avaliar as novas tecnologias de *check-in* e despacho de bagagens disponíveis no Aeroporto de Viracopos, analisou-se 10 novas tecnologias, perguntando se o usuário utilizaria ou não as memas. A tecnologia mais aceita foi a *Sita's baggage robot (LEO),* com 71,9%, enquanto a menos aceita foi a *Self-service screening,* com 16,5%. A de maior impacto foi a *Sita's baggage robot (Leo)*, em 33% das avaliações.

Pesquisas futuras podem ser desenvolvidas para avaliar um número maior de passageiros e em diversas condições operacionais. Adicionalmente, a pesquisa pode ser aplicada em aeroportos com diferentes perfis, tanto no Brasil quanto no exterior.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio oferecido pela CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, e também, ao Aeroporto Internacional de Viracopos/Campinas por permitir o estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abdelaziz, S.G.; Hegazy, A.A.; Elabbassy, A. Study of airport self-service technology within experimental research of check-in techniques. International Journal of Computer Science Issues, Vol. 7, Issue 3, No 1, May 2010.

Andreatta, G.; Brunetta, L. e Righi, L. Evaluating terminal management performances using SLAM: The case of Athens International Airport. Computers and Operations Research 34, pp. 1532-1550, 2007. Elsevier.

Ashford, N. J.; Stanton, H. P. M.; Moore, C. A.; Coutu, P.; Beasley. J. R. Airport operations. Tradução . 1. ed. New York: McGraw Hill, 2013.

Bandeira, Michelle Carvalho Galvão da Silva Pinto. Análise do nível de serviço em terminais de passageiros aeroportuários. 2008. 134f. Tese de mestrado em engenharia de infra-estrutura aeronáutica – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos.

Bandeira, M., Ronzani, G. M., Ciarlini, M. and Moser, R. F. (2014) Principais indicadores que afetam a percepção da qualidade de serviço em áreas críticas do embarque de passageiros aeroportuários. Journal of Transport Literature, vol. 8, n. 4, pp. 7-36.

Bogicevic, V., Technological Forecasting & Social Change (2017), http://dx.doi.org/10.1016/j.techfore.2017.03.038.

Borille, Giovanna Miceli Ronzani. A Method to evaluate the Determinants Factors of the Level of Service Offered at Airport Passenger Terminals: Operational Arrival Components. 2012. 169f. Thesis of Doctor of Sciences in Aeronautical Infrastructure Engineering – Aeronautics Institute of Technology, São José dos Campos.

Brida, J. G.; Moreno-Izquierdo, Luis e Zapata-Aguirre, S. Customer perception of service quality: The role of Information and Communication Technologies (ICTs) at airport functional areas. Tourism Management Perspectives 20 (2016) 209–216.

Chen, J. K. C.; Batchuluun, A. e Batnasan, J. Services innovation impact to customer satisfaction and customer value enhancement in airport. Technology in Society 43 (2015) 219e230.

Correia, A.R.; Wirasinghe, S. C. e Barros, A.G. A global index for level of service evaluation at airport passenger terminals.Transportation Research Part E 44 (2008) 607–620

De Barros, A.G., Somasundaraswaran, A.K. and Wirasinghe, S.C.(2007) Evaluation of level of service at airports for transfer passengers. Journal of Air Transport Management Vol. 13 No. 5, pp. 293-298

De Neufville, R.; Odoni, A.R. Airport systems: planning, design, and management. McGraw Hill, New York. 2003.

DECEA. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. Anuário Estatístico de Tráfego Aéreo 2016.

Falcão, V. A., Zimmermann, N. B. e Correia, A.R. Análise de nível de serviço em componentes de desembarque de terminais de passageiros aeroportuários: estudo de caso no Aeroporto internacional de Campinas/Viracopos.Congresso ANPET (Associação Nacional de Ensino e Pesquisa em Transporte) 2011.

Fodness, D., Murray, B., 2007. Passengers' expectations of airport service quality. J. Serv.from the frontier, J. Mark. Manag. 20 (7,8) (1994) 897e917.

International Air Transportation Association. (IATA). Airport Development Reference Manual – 9ª Ed. 2004.

International Air Transportation Association. (IATA). Airport Development Reference Manual – 10ª Ed. 2014.

Kalakou, S.; Psaraki-Kalouptsidi, V. e Moura, F. Future airport terminals: New technologies promise capacity gains. Journal of Air Transport Management 42 (2015) 203 – 212

Lee-Mortimer, A. (1993), "Customer focus takes off", The TQM Magazine, Vol. 5, pp. 37-41.

Lemer, A.C. Measuring performance of airport passenger terminals. Transportation Research, v.26A, pp. 37-45. 1992.

Magri Junior, A. Indicadores de qualidade de terminais de passageiros de aeroportos. Dissertação de Mestrado. Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, Brazil, 2003.

Mendonça, FVT de. Nível de Serviço nos Terminais de Passageiros dos Aeroportos. 2009. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado). UFRJ/COPPE/Programa de Engenharia de Transportes, Rio de Janeiro.

Rust R.T.; Oliver, R.L. Service quality: insights and managerial implications from the frontier, J. Mark. Manag. 20 (7,8) (1994) 897e917.

Schumpeter, Joseph A. (1934), The Theory of Economic Development, Harvard: Oxford University Press.

SITA, 2014. Near Field Communications (NFC). Disponível em: http://www.sita.aero/innovation/sita-lab/other-projects. Último acesso em: 17 de maio de 2017

SITA, 2016. Allowing passengers to use a single biometric token from entry to exit. Disponível em: http://www.sita.aero/pressroom/news-releases/sita-smart-path-biometrics-at-every-step-of-the-journey. Último acesso em: 17 de maio de 2017.

Suárez-Alemán, A. e Jiménez, J.L. Quality assessment of airport performance from the passengers' perspective. Research in Transportation Business & Management 20 (2016) 13–19

Transporte e economia – transporte aéreo de passageiros. – Brasília: CNT, 2015.

Website Hórus. Sistema da Secretaria Nacional de Aviação Civil. Ministério dos Transportes, portos e aviação civil. Disponível em: https://horus.labtrans.ufsc.br/gerencial/#Aeroporto/InformacoesGerais/SBKP.

Acessado em: 26 de Junho de 2017.
Website Viracopos. Resumo de Movimentação Aeroportuária (RMA). Disponível em: http://www.viracopos.com/institucional/estatisticas-e-publicacoes/. Acessado em: 26 de Junho de 2017.

Nathane Ana Rosa Negri (nathanenegri@gmail.com)
Giovanna Miceli Ronzani Borille (ronzani@ita.br)
Pós-Graduação em Engenharia de Infraestrutura Aeronáutica, Divisão de Engenharia Civil, Instituto Tecnológico de Aeronáutica
Praça Marechal Eduardo Gomes, 50 – São José dos Campos, SP, Brasil

ANÁLISE DA SATISFAÇÃO DOS PASSAGEIROS EM ÁREAS COMERCIAIS AEROPORTUÁRIAS

Paulo Tiago Carvalho Freitas
Giovanna Miceli Ronzani Borille
Instituto Tecnológico de Aeronáutica

RESUMO
Este artigo avalia o impacto do perfil do passageiro em sua satisfação quanto aos serviços comerciais oferecidos em um terminal aeroportuário, tema ainda pouco explorado na literatura, apesar da importância do setor comercial na receita aeroportuária. Para tanto, utiliza-se os dados da Pesquisa Permanente de Satisfação de Passageiros, realizada pela SAC (2013 - 2017). Utiliza-se a regressão logística, método muito utilizado em experimentos de escolha discreta, como o deste estudo, mas ainda pouco explorado em estudos de nível de serviço aeroportuário. O estudo de caso se deu no Aeroporto Internacional de São Paulo/Guarulhos, por se tratar do aeroporto internacional com maior movimentação de passageiros no Brasil. São identificadas uma série de variáveis, como idade, nacionalidade, tipo de voo e motivo da viagem, que afetam a satisfação do passageiro e a magnitude do seu impacto.

ABSTRACT
This paper evaluates de impact of the passenger's profile on his/her satisfaction over the commercial services offered in an airport, subject that has not yet been explored over the literature, although the commercial revenues have a key importance on the total revenue of an airport. The data used came from questionnaires collected by SAC from 2013 to 2017. A logit regression, method commonly used in discrete choice experiments, like the data of this study, but yet not very commonly used in LOS of airports. The airport studied was the International Airport of São Paulo/Guarulhos, largest international Brazilian airport, on number of passengers. A set of variables, like age, nationality, type of flight and purpose of the trip, are tested to check if they affect the passenger's satisfaction and its magnitude.

1. INTRODUÇÃO

A receita de um aeroporto pode ser divida em dois tipos, como observado em GRU Airport (2017). A primeira é a Receita Tarifária (RT), relacionada a movimentação das aeronaves e é explicitamente cobrada dos passageiros na passagem aérea. A segunda é a Receita Não Tarifária (RNT), proveniente de atividades comerciais, por exemplo, de varejo (lojas e restaurantes).

Como o varejo é de importância chave para a RNT e ainda pelo fato de sua atividade estar diretamente relacionada ao passageiro, este é o enfoque deste trabalho, que investiga a influência do perfil dos passageiros entrevistados na percepção da qualidade e do custo nas lojas e restaurantes localizados no Aeroporto Internacional de São Paulo/Guarulhos.

Apesar de haver semelhanças entre o comércio de varejo tradicional, nas ruas, e o em ambiente aeroportuário, Graham (2009) e Del Chiappa *et al*. destacam que há algumas peculiaridades que precisam ser consideradas no comércio em um aeroporto, por exemplo, clientes-passageiros estão mais sujeitos ao estresse, às compras por impulso e são mais inelásticos em relação ao preço, ou seja, encontram-se mais dispostos a pagar mais caro por um bem ou serviço, o que exige que estudos específicos sejam conduzidos no ambiente aeroportuário.

Este artigo investiga o nível de serviço percebido pelos passageiros em áreas comerciais aeroportuárias, assunto que tem sido pouco explorado pela academia (Del Chiappa*et al.*, 2016). Além de preencher essa lacuna na literatura, o trabalho se une aos estudos produzidos por Bezerra e Gomes (2015), Feuser Fernandes *et al.* (2015) e Costa e Santos (2016) que utilizam a pesquisa de satisfação de passageiros organizada pela Secretaria de Aviação Civil – SAC

(2013 - 2017) para melhor compreensão da qualidade do serviço e infraestrutura dos principais aeroportos brasileiros. O estudo também explora o uso de uma regressão logística no contexto do transporte aéreo, algo pouco explorado em estudos desse tipo (Bezerra e Gomes, 2015), porém comum em áreas como *marketing* (Akinci, 2007).

2. REVISÃO DE LITERATURA

Diferentes estudos têm proposto modelos de índice de satisfação de consumidores, por exemplo, o estadunidense ACSI – *American Customer Satisfaction Index* (Fornell et al.,1996). Johnson (2001) apresenta uma comparação entre diferentes modelos de índices nacionais de satisfação do consumidor, dentre eles se destaca o *ACSI* por ter sido essencial no desenvolvimento de outros modelos de índice. O modelo ACSI parte do principio que a satisfação do cliente está diretamente relacionada às suas expectativas, à qualidade percebida e ao valor percebido.

Já a escala SERVQUAL, proposta por Parasuraman et al. (1985), consiste em uma das principais referências para a avaliação de qualidade de serviços oferecidos. Parasuraman et al. (1985) partem de três princípios básicos. O primeiro é que a qualidade de um serviço é mais difícil de ser mensurada por um cliente do que a qualidade de um produto, portanto meios de superar essa dificuldade devem ser encontrados. Segundo, a percepção de qualidade deriva da comparação entre a expectativa do cliente e o serviço que efetivamente foi recebido. Terceiro, não apenas o serviço entregue é avaliado pelo cliente, mas também o processo intermediário até a entrega do serviço. Apesar do estudo original ser da década de 80, a escala SERVQUAL continua sendo referência para estudos recentes (Basfirinci e Mitra, 2015; Stefano et al., 2015).

As atividades comerciais aeroportuárias podem ser divididas em categorias como: varejo (lojas e restaurantes), aluguel de espaços, estacionamento e outros (e.g. propaganda e serviços de consultoria). Graham (2009) demonstrou que varejo é a que possui maior participação na receita não-tarifária (RNT), sendo de, aproximadamente de 22%. Além disso, vale ressaltar que a RNT costuma representar cerca de metade das receitas totais de um aeroporto. No caso do Brasil, o Aeroporto Internacional de São Paulo/Guarulhos, maior aeroporto brasileiro em número de passageiros (GRU Airport, 2017), apresenta resultados financeiros semelhantes, em que sua RNT corresponde a 48% das receitas totais, desta a maior parte, 61%, é devido ao setor de varejo (GRU Airport, 2017). Uma tendência internacional de grandes aeroportos que vem sendo observada é sua receita não-tarifária se elevar mais rapidamente que a receita tarifária, levando a primeira a subsidiar menores tarifas aeronáuticas (Liu, 2017).

Apesar do ambiente comercial e da reputação e qualidade dos produtos oferecidos serem os principais fatores que influenciam a decisão de consumo do passageiro (Lu, 2014), e sabendo-se que esse consumo pode afetar significativamente a economia aeroportuária (Graham, 2009), poucos estudos têm se focado no tema quanto à qualidade do serviço oferecido e à satisfação dos clientes-passageiros (Del Chiappa *et al.*, 2016).

Pesquisas de satisfação de passageiros em áreas comerciais são frequentemente utilizadas para a determinação do nível de serviço de global do aeroporto (Correia *et al.*, 2008a; Correia *et al.*, 2008b; Feuser Fernandes *et al.*, 2015; Bezerra e Gomes, 2015). Em estudos desse tipo, diferentes métodos são utilizados para a análise da interpretação da satisfação pesquisada, por exemplo, AHP - *Analytic Hierarchy Process* em Fernandes et al. (2015), análise fatorial em

Bezerra e Gomes (2015) e *fuzzy logic* em Del Chiappa *et al.* (2016). Este último estudo se diferencia dos demais por investigar o perfil do passageiro que avalia o serviço oferecido.

3. METODOLOGIA

Inicialmente, a extensa base de dados da Secretaria de Aviação Civil – SAC foi analisada e uma porção dessa base de dados será utilizada. Em seguida, modelos de regressão logística foram testados e os mais estatisticamente significantes são apresentados neste estudo.

3.1. Dados

Os dados usados neste presente artigo foram obtidos no site da Secretaria de Aviação Civil – SAC que, desde 2013, organiza uma pesquisa extensiva de satisfação de passageiros. Os entrevistados da referida pesquisa são selecionados aleatoriamente nas áreas de embarque e desembarque dos principais aeroportos brasileiros e respondem um questionário que utiliza a escala *Likert* de 5 pontos (muito ruim/ruim/regular/bom/muito bom) para classificar uma série de quesitos. A entrevista possui margem de erro de 3% e intervalo de confiança de 95% (CONAERO, 2015).

A base de dados é restrita ao período do terceiro trimestre de 2014 e o segundo trimestre de 2015, pois foi o período com menor número de intervenções na estrutura aeroportuária (SAC, 2017) causadas pelos eventos da Copa do Mundo de Futebol e dos Jogos Olímpicos no país. O aeroporto escolhido para o estudo é o Aeroporto Internacional de São Paulo/Guarulhos, por se tratar do maior aeroporto brasileiro em movimentação de passageiros (GRU Airport, 2017).

A amostra utilizada consiste de 4607 entrevistas socioeconômicas completamente respondidas pelo entrevistado. A composição da amostra é apresentada na Tabela 1.

Neste trabalho, é considerada a avaliação do entrevistado para cada um dos seguintes critérios de satisfação relacionados ao comércio de varejo aeroportuário determinados pela SAC em sua entrevista, a saber:

- Custo-benefício dos produtos de lanchonetes e restaurantes;
- Custo-benefício dos produtos comerciais;
- Quantidade e qualidade de lanchonetes e restaurantes;
- Quantidade e qualidade de estabelecimentos comerciais.

3.2. Método

Devido à utilização da escala *Likert*, o experimento realizado é considerado de escolha discreta, pois o tomador de decisões precisa fazer uma escolha entre uma quantidade finita de alternativas que são, simultaneamente, mutuamente exclusivas e exaustivas (Train, 2002). Nesse contexto, a utilização de uma regressão logística não apenas é o mais comum (Train, 2002), como é mais recomendado que análises de regressão linear multivariadas (Akinci, 2007; Bezerra e Gomes, 2015).

Uma regressão logística consiste em prever o comportamento de um determinado tomador de decisões, com suas características intrínsecas, por meio do cálculo das probabilidades de escolha de cada uma das alternativas fornecidas (Ortúzar e Willumsen, 2011). O modelo especificado neste trabalho, agrupa os níveis da escala *Likert* de 5 pontos em duas alternativas, logo, matematicamente, a probabilidade de escolha para cada alternativa i, pode ser dada por:

Tabela 1: Características da amostra

	Número de Respondentes	Percentagem
Tipo de voo		
Doméstico	2268	49%
Internacional	2339	51%
Em conexão?		
Sim	3308	72%
Não	1299	28%
Nacionalidade		
Brasileira	4293	93%
Estrangeira	314	7%
Gênero		
Feminino	2332	51%
Masculino	2275	49%
Faixa etária		
Entre 18 e 25 anos	429	9%
Entre 26 a 35 anos	1305	28%
Entre 36 a 45 anos	1420	31%
Entre 46 a 55 anos	818	18%
Entre 56 a 64 anos	218	5%
Mais de 65 anos	377	8%
Não informou	40	1%
Faixa de renda		
1 salário mínimo	624	14%
1 a 2 salários mínimos	0	0%
2 a 4 salários mínimos	70	2%
4 a 10 salários mínimos	2729	59%
10 a 20 salários mínimos	493	11%
Mais de 20 salários mínimos	691	15%
Viajando acompanhado		
Sim	2930	64%
Não	1677	36%
Motivo da viagem		
Negócio	1652	36%
Não negócio	2955	64%
Frequência de viagens aéreas em 12 meses		
0 a 2 vezes	1679	36%
3 a 5 vezes	1676	36%
Mais de 5 vezes	1252	27%
Total Geral	4607	

$$P_i = \frac{\exp(V_i)}{\exp(V_1) + \exp(V_2)}$$

e

$$V_i = ASC_i + \sum_j \beta_j X_j + \epsilon_i$$

em que: $X_j$representa o conjunto de variáveis independentes e β_j seus coeficientes, já ASC_i é o intercepto. Tanto β_j como ASC_i serão os parâmetros estimados no modelo, para tanto, foi utilizado o *software* Biogeme2.5 (Bierlaire, 2016). O termo ϵ_i representa o erro inerente ao modelo e, portanto, não pode ser estimado.

De acordo com Hair *et al.* (1998), a análise dos coeficientes estimados produz duas interpretações básicas. Primeiro, a direção do efeito da relação entre a variável independente e a variável dependente. Segundo, a magnitude do efeito na probabilidade de uma alteração marginal na variável independente.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Uma análise inicial da base de dados indica que nas avaliações de custo-benefício o entrevistado tem uma tendência de atribuir uma baixa nota a esse critério, enquanto que nos itens de quantidade e qualidade, há uma tendência de o entrevistado atribuir notas mais altas. Esta observação foi importante no momento de agrupamento de categorias, conforme é detalhadamente descrito nos itens a seguir.

Como existem possíveis peculiaridades de cada mês de pesquisa que, em princípio, não seriam observadas pelo modelo e poderiam afetar o estudo, foram utilizadas variáveis *dummy* mensais para cada mês do período de pesquisa. Essas variáveis são estimadas para capturar possíveis idiossincrasias daquele mês específico e reduzir o efeito temporal não-observável.

4.1. Custo-benefício de lanchonetes e restaurantes (CBLR)

A frequência de escolha de cada alternativa para a pergunta de satisfação relacionada ao custo-benefício de lanchonetes e restaurantes é apresentada na Tabela 2. Vale destacar que houve uma redução na amostra, pois nem todos avaliaram o critério em questão, portanto, para esse quesito tem-se a avaliação de 4.163 passageiros respondentes. É possível observar na Tabela 2 que a maioria dos entrevistados tem uma avaliação "Muito ruim" ou "Ruim" do serviço avaliado.

Tabela 2: Frequência de escolha das alternativas CBLR

Alternativa	Frequência de escolha
1 – Muito ruim / Ruim	2603
2 – Regular / Bom / Muito bom	1560
Total de respondentes	4163

A Tabela 3 apresenta os valores dos coeficientes estimados no modelo de regressão logística proposto, juntamente com o erro padrão. Apenas as variáveis explanatórias mais estatisticamente significantes foram mantidas no modelo. O p-valor pode ser utilizado como teste de significância (Ortúzar e Willumsen, 2011), sendo o ideal que seja o mais próximo de zero. O sinal de cada coeficiente estimado indica a direção do efeito desse atributo, sendo o

sinal negativo efeito de diminuir a satisfação e o sinal positivo o efeito de aumentar a satisfação. Por exemplo, os valores apresentados na Tabela 3 indicam que passageiros acompanhados (B_ACOMPANHADO) tendem a avaliar negativamente o custo-benefício de lanchonetes e restaurantes, sendo a magnitude desse efeito de 12% mais provável a pior avaliação.

Tabela 3: Variáveis explanatórias estudadas e seus efeitos para CBLR

Variável explanatória *	Descrição	Valor	Erro padrão	p-valor	exp(B)	Razão probabilidade
ASC_OP2	Intercepto	-0.967	0.107	0.00	0.38	-62%
B_ACOMPANHADO	Passageiro acompanhado	-0.129	0.078	0.10	0.88	-12%
B_FREQ_3	Mais de 5 viagens em 12 meses	0.229	0.084	0.01	1.26	26%
B_IDADE_1	Entre 18 e 25 anos	0.353	0.117	0.00	1.42	42%
B_IDADE_6	Mais de 65 anos	0.265	0.134	0.05	1.30	30%
B_INT_BRAS	Passageiro de voo internacional e brasileiro	0.419	0.260	0.11	1.52	52%
B_INT_ESTR	Passageiro de voo internacional e estrangeiro	0.546	0.152	0.00	1.73	73%
B_NAONEGOCIOS	Motivo não é negócios	0.265	0.081	0.00	1.30	30%

* Categorias omitidas são as categorias de referência

Nota-se também na Tabela 3 que passageiros internacionais (B_INT_BRAS e B_INT_ESTR) parecem se importar menos com o preço da alimentação e tem forte tendência (52% e 73% para brasileiros e estrangeiros, respectivamente) a avaliar este item positivamente. Jovens (B_IDADE_1), idosos (B_IDADE_6), viajantes a turismo (B_NAONEGOCIOS) e passageiros frequentes (B_FREQ_3) apresentam maior satisfação com razão de probabilidade entre 42% e 26%.

4.2. Custo-benefício dos produtos comerciais (CBPC)

De forma semelhante, foi modelado a avaliação de custo-benefício dos produtos comerciais. A Tabela 4 apresenta a frequência de escolha de cada alternativa, enquanto a Tabela 5 apresenta os coeficientes estimados. Apesar de a maioria dos entrevistados avaliarem o custo-benefício de produtos comerciais como “Regular / Bom / Muito bom”, nota-se que assim como o critério custo-benefício de lojas e restaurante (Tabela 2) há uma forte tendência dos entrevistados de avaliarem mal (“Muito ruim / Ruim”) este item.

Tabela 4: Frequência de escolha das alternativas CBPC

Alternativa	Frequência de escolha
1 – Muito ruim / Ruim	1351
2 – Regular / Bom / Muito bom	1633
Total de respondentes	2984

Tabela 5: Variáveis explanatórias estudadas e seus efeitos para CBPC

Variável explanatória *	Descrição	Valor	Erro padrão	p-valor	exp(B)	Razão probabilidade
ASC_OP2		-0.342	0.108	0.00	0.710	-29%
B_ACOMPANHADO	Passageiro acompanhado	0.213	0.092	0.02	1.237	24%
B_FREQ_3	Mais de 5 viagens em 12 meses	0.442	0.093	0.00	1.556	56%
B_IDADE_2	Entre 26 e 35 anos	-0.190	0.093	0.04	0.827	-17%
B_IDADE_4	Entre 46 a 55 anos	-0.309	0.114	0.01	0.734	-27%
B_IDADE_5	Entre 56 e 65 anos	-0.470	0.215	0.03	0.625	-37%
B_INT_ESTR	Passageiro de voo internacional e estrangeiro	0.319	0.184	0.08	1.376	38%
B_NAOCONEXAO	Passageiro não está em conexão	-0.126	0.090	0.16	0.882	-12%
B_RENDA_1	Renda de 1 salário mínimo	-0.454	0.118	0.00	0.635	-36%

* Categorias omitidas são as categorias de referência

Nota-se na Tabela 5 que os passageiros que viajam frequentemente (B_FREQ_3) e os estrangeiros em voo internacional (B_INT_ESTR) apresentam elevada satisfação, razão de probabilidade acima de 30%, em relação ao custo-benefício de produtos comerciais, enquanto que passageiros de baixa renda (B_RENDA_1) e entre 46 e 65 anos (B_IDADE_4 e B_IDADE_5) apresentaram baixa satisfação. Passageiros que não estavam em conexão (B_NAOCONEXAO) também apresentaram menor nível de satisfação.

4.3. Quantidade e qualidade de lanchonetes e restaurantes (QQLR)

A avaliação da quantidade e qualidade de lanchonetes e restaurantes, se diferencia da avaliação do custo-benefício de lanchonetes e restaurantes, pois os passageiros possuem uma maior tendência de avaliar bem esse critério. Portanto, no modelo, a categoria da escala *Likert* passou a integrar o primeiro grupo, conforme a Tabela 6. Essa mudança de percepção do entrevistado altera o sinal dos interceptos estimados indicados na Tabela 7 e na Tabela 9.

Tabela 6: Frequência de escolha das alternativas QQLR

Alternativa	Frequência de escolha
1 – Muito ruim / Ruim / Regular	2124
2 – Bom / Muito bom	2073
Total de respondentes	4197

De forma análoga às tabelas anteriores, a Tabela 7 indica os coeficientes estimados na regressão.

Tabela 7: Variáveis explanatórias estudadas e seus efeitos para QQLR

Variável explanatória *	Descrição	Valor	Erro padrão	p-valor	exp(B)	Razão probabilidade
ASC_OP2	Intercepto	0.228	0.103	0.03	1.26	26%
B_FREQ_1	0 a 2 viagens nos últimos 12 meses	0.421	0.080	0.00	1.52	52%
B_INT_ESTR	Passageiro de voo internacional e estrangeiro	0.275	0.159	0.08	1.32	32%
B_NAOCONEXAO	Passageiro não está em conexão	0.265	0.080	0.00	1.30	30%
B_NAONEGOCIOS	Motivo não é negócios	0.566	0.080	0.00	1.76	76%
B_RENDA_1	Renda de 1 salário mínimo	0.380	0.121	0.00	1.46	46%
B_RENDA_4	Renda de 4 a 10 salários mínimos	-0.355	0.084	0.00	0.70	-30%

* Categorias omitidas são as categorias de referência

Na Tabela 7 observa-se que os passageiros viajando a turismo (B-NAONEGOCIOS) e que são viajantes menos frequentes (B_FREQ_1) apresentaram forte tendência, razão de probabilidade acima de 50%, a avaliar bem a quantidade e qualidade de lojas e restaurantes. Se destaca também a alta satisfação dos usuários de menor renda (B_RENDA_1), estrangeiros em voos internacionais (B_INT_ESTR) e passageiros que não estão em conexão (B_NAOCONEXAO), razão de probabilidade entre 42% e 30%. Passageiros de renda entre 4 e 10 salários mínimos, categoria predominante na amostra, foram os que apresentaram tendência de redução em sua satisfação, com razão de probabilidade de -30%.

4.4. Quantidade e qualidade dos estabelecimentos comerciais (QQEC)

De forma semelhante ao item anterior, a Tabela 8 e a Tabela 9 indicam como é o modelo desenvolvido para qualidade e quantidade de estabelecimentos comerciais.

Tabela 8: Frequência de escolha das alternativas QQEC

Alternativa	Frequência de escolha
1 – Muito ruim / Ruim / Regular	1319
2 – Bom / Muito bom	1772
Total de respondentes	3091

Tabela 9: Variáveis explanatórias estudadas e seus efeitos para QQEC

Variável explanatória *	Descrição	Valor	Erro padrão	p-valor	exp(B)	Razão probabilidade
ASC_OP2	Intercepto	0.139	0.103	0.18	1.149	15%
B_ACOMPANHADO	Passageiro acompanhado	-0.160	0.092	0.08	0.852	-15%
B_FREQ_1	0 a 2 viagens nos últimos 12 meses	0.360	0.087	0.00	1.433	43%
B_IDADE_4	Entre 46 a 55 anos	0.293	0.107	0.01	1.340	34%
B_IDADE_5	Entre 56 e 65 anos	0.506	0.230	0.03	1.659	66%
B_INT_BRAS	Passageiro de voo internacional e brasileiro	-0.692	0.295	0.02	0.501	-50%
B_NAOCONEXAO	Passageiro não está em conexão	0.150	0.088	0.09	1.162	16%
B_NAONEGOCIOS	Motivo não é negócios	0.324	0.090	0.00	1.383	38%
B_RENDA_1	Renda de um salário mínimo	0.224	0.116	0.05	1.251	25%

* Categorias omitidas são as categorias de referência

Na Tabela 9, destaca-se a elevada satisfação de passageiros entre 46 e 65 anos (B_IDADE_4 e B_IDADE_5), passageiros menos frequentes (B_FREQ_1) e viajando a turismo (B_NAONEGOCIOS) também tendem a estar mais satisfeitos. Por outro lado, passageiros acompanhados (B_ACCOMPANHADO) e brasileiros em voos internacionais (B_INT_BRAS) apresentam tendência a estarem menos satisfeitos.

5. CONCLUSÕES

O estudo conclui que de fato o perfil do passageiro afeta sua satisfação com os serviços comerciais de varejo em um aeroporto e, além disso, é possível quantificar o impacto que diferentes tipos de passageiros possuem na avaliação do usuário. Estudos deste tipo, ainda escassos na literatura internacional (Del Chiappa *et al*, 2016) ajudam na compreensão do comportamento do usuário da área comercial do aeroporto, setor não só atualmente responsável por boa parte da receita aeroportuária (Graham, 2009), e com aposta de ser ainda mais representativo (Liu, 2017).

Os resultados obtidos nesse estudo concluem, por exemplo, que passageiros frequentes estão mais satisfeitos com o custo benefício dos produtos e alimentos, apesar de a percepção geral dos passageiros é de estar bastante insatisfeita neste quesito. No que diz respeito a qualidade dos produtos e alimentos, passageiros viajando a turismo ou menos frequentes estão mais satisfeitos que a média de usuários.

Para estudos futuros, recomenda-se a incorporação dos dados relativos ao conforto do passageiro e verificar e quantificar seu impacto na satisfação do usuário, como proposto por Lu (2014).

REFERÊNCIAS

Akinci, S., Kaynak, E., Atilgan, E., e Aksoy, S. (2007) *Where does thelogisticregressionanalysis stand in marketing literature?: A comparison of the market positioning of prominent marketing journals*. *European Journal of Marketing* (Vol. 41). doi:10.1108/03090560710737598

Graham, A. (2009) How important are commercial revenues to today's airports? *Journal of Air Transport Management*, *15*(3), 106–111. doi:10.1016/j.jairtraman.2008.11.004

Basfirinci, C., e Mitra, A. (2015) *A cross cultural investigation of airlines service quality through integration of Servqual and the Kano model*. Journal of Air Transport Management, 42, 239–248. doi:10.1016/j.jairtraman.2014.11.005

Bezerra, G. C. L., e Gomes, C. F. (2015) The effects of service quality dimensions and passenger characteristics on passenger's overall satisfaction with an airport. *Journalof Air Transport Management*, *44–45*, 77–81. doi:10.1016/j.jairtraman.2015.03.001

Bierlaire, M. (2016) PythonBiogeme: a short introduction. Report TRANSP-OR 160706 ,Series on Biogeme. Transport and Mobility Laboratory, School of Architecture, Civil and Environmental Engineering, EcolePolytechniqueFédérale de Lausanne, Switzerland.

CONAERO (2015) *Metodologia de coleta de dados de desempenho operacional dos aeroportos*. Comissão Nacional das Autoridades Aeroportuárias, Brasília, DF.

Del Chiappa, G., Martin, J. C., e Roman, C. (2016) Service quality of airports' food and beverage retailers: A fuzzy approach. *Journalof Air Transport Management*, *53*, 105–113. doi:10.1016/j.jairtraman.2016.02.002

Feuser Fernandes, H., Carvalho, H. P. de, Alves, C. J. P., e Correia, A. R. (2015) Avaliação dos aeroportos das cidades-sedes da Copa de 2014 através do método AHP. *Transportes*, *23*(3), 73. doi:10.14295/transportes.v23i3.952

Fornell, C., Johnson, M. D., Anderson, E. W., Cha, J., & Bryant, B. E. (1996). T*he American customer satisfaction index: nature, purpose, and findings*. Journalof Marketing, 7-18.

Graham, A. (2009) How important are commercial revenues to today's airports? *Journalof Air Transport Management*, *15*(3), 106–111. doi:10.1016/j.jairtraman.2008.11.004

GRU Airport (2017) *Relatório da Administração*. Guarulhos, São Paulo.

Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., e Anderson, R. E. (1998) Multivariate Data Analysis. Prentice-Hall, Inc (Vol. 1). doi:10.1038/259433b0

Johnson, M. D., Gustafsson, A., Andreassen, T. W., Lervik, L., & Cha, J. (2001). *The evolution and future of national customer satisfaction index models*. Journal of Economic Psychology, 22(2), 217–245. https://doi.org/10.1016/S0167-4870(01)00030-7

Liu, D. (2016) Measuring aeronautical service efficiency and commercial service efficiency of East Asia airport companies: An application of Network Data Envelopment Analysis. *Journal of Air Transport Management*, *52*, 11–22. doi:10.1016/j.jairtraman.2015.12.001

Livingstone, A., Popovic, V., Kraal, B., e Kirk, P. J. (2012) Understanding the Airport Passenger Landside Retail Experience. *DRS 2012: Design Research Society, Bangkok, Tailand*.

Lu, J. L. (2014) Investigating factors that influence passengers' shopping intentions at airports - Evidence from taiwan. *Journal of Air Transport Management*, *35*, 72–77. doi:10.1016/j.jairtraman.2013.11.009

Ortúzar, J. de D., e Willumsen, L. G. (2011) Modelling Transport. Modelling Transport. doi:10.1002/9781119993308

Parasuraman, A., Zeithaml, V. A., e Berry, L. L. (1985). *A Conceptual Model of Service Quality and Its Implications for Future Research*. American Marketing Association, 49(4), 41–50. https://doi.org/10.2307/1251430

SAC. (2017) Pesquisa Permanente de Satisfação do Passageiro. Disponívelem:< http://www.aviacao.gov.br/assuntos/pesquisa-satisfacao />. Acessoem: 06 de junho de 2017.

Stefano, N. M., CasarottoFilho, N., Barichello, R., e Sohn, A. P. (2015) *A fuzzy SERVQUAL based method for evaluated of service quality in the hotel industry*. Procedia CIRP, 30, 433–438. doi:10.1016/j.procir.2015.02.140

Train, K. E. (2002) *Discrete choice methods with simulation*. Cambridge University Press, Cambridge. doi:10.1017/CBO9780511753930

ESTUDO DA RELAÇÃO DOS PASSAGEIROS E OS ATRASOS E CANCELAMENTOS DE VOOS NO BRASIL: UMA ABORDAGEM ECONOMÉTRICA

Daniel Alberto Pamplona
Claudio Jorge Pinto Alves
Alessandro Vinícius Marques de Oliveira
Instituto Tecnológico de Aeronáutica
Departamento de Transporte Aéreo

RESUMO
O atraso aéreo é um problema presente no Brasil. Dentre os vários motivos causadores do atraso aéreo, mais da metade dos atrasos possuem como fator causador as empresas aéreas que podem sofrer de problemas técnicos nas aeronaves e demais equipamentos, atraso no processo de embarque e desembarque de passageiros e bagagens. A maioria da incerteza e volatilidade que afetam as operações das empresas aérea tem a sua origem nas atividades que ocorrem nos aeroportos. Os fatores operacionais estão diretamente ligados às empresas aéreas e aos agentes aeroportuários e compreendem toda a logística necessária no preparo da aeronave para a sua operação. O objetivo do artigo é verificar a influência da quantidade de passageiros e do número de voos em um aeroporto com a incidência de atrasos e cancelamentos através da utilização de modelos econométricos. A utilização da econometria surge como uma ferramenta para melhor entender a realidade. Os resultados mostram uma relação positiva entre o número médio de voos diários em determinada rota e o atraso e cancelamento e uma relação negativa entre o número médio de passageiros por voo em determinada rota e o atraso e cancelamento, evidenciando que as empresas aéreas e os agentes aeroportuários tendem a melhor se organizar quando um voo para determinada rota em média está mais ocupado, buscando uma maior eficiência.

ABSTRACT
Air delay is a problem in Brazil. Among the various causes of air delay, more than half of the delays are caused by airlines that may suffer from technical problems with aircraft and other equipment, delayed loading and unloading of passengers and baggage. Most of the uncertainty and volatility affecting airline operations has its origin in activities that occur at airports. Operational factors are directly linked to airlines and airport agents and comprise all the logistics necessary to prepare the aircraft for its operation. The objective of this article is to verify the influence of the number of passengers and the number of flights in an airport with the incidence of delays and cancellations using econometric models. The use of econometrics emerges as a tool to better understand reality. The results show a positive relationship between the average number of daily flights on a given route and the delay and cancellation and a negative relationship between the average number of passengers per flight on a particular route and the delay and cancellation showing that airlines and airport agents tend to be better organized when a flight to a given route on average is busier, seeking greater efficiency.

1. INTRODUÇÃO

O atraso aéreo é um problema existente na maioria dos aeroportos ao redor do mundo, trazendo como consequências o aumento de custos para as empresas aéreas e desconforto para os passageiros. No Brasil, em 2015, 5.99% de todos os voos no Brasil estiveram atrasados mais de 30 minutos e 2.21% estiveram atrasados mais de 60 minutos (ANAC, 2016).

Segundo a Organização Europeia para a Segurança da Navegação Aérea (EUROCONTROL), organização responsável pelo gerenciamento do tráfego aéreo na Europa, quando analisados os motivos do atraso aéreo, mais da metade dos atrasos possuem como fator causador as empresas aéreas, seja por problemas técnicos, atraso das bagagens ou problemas relacionados com os passageiros. O segundo principal motivo, com 22%, deve-se a problemas no gerenciamento do fluxo do controle do tráfego aéreo, que se manifestam no aeroporto, em rota e devido ao mau tempo. O terceiro e o quarto principais motivos estão relacionados com problemas

aeroportuários, com 16%, e com meteorologia, com 9%, respectivamente (EUROCONTROL, 2015).

A maioria da incerteza e volatilidade que afetam as operações das empresas aéreas tem a sua origem nas atividades que ocorrem nos aeroportos. Apesar de existirem fatores que podem contribuir para uma inconstância no momento exato que ocorre uma decolagem em uma determinada rota, fatores operacionais envolvendo o manuseio de passageiros, bagagens e aeronaves no solo pode afetar significamente a capacidade da companhia aérea de operar a sua programação como planejado (DE NEUFVILLE *et al.*, 2013).

Os fatores operacionais compreendem toda a logística necessária no preparo da aeronave para a sua operação. Podem ser divididos em três tipos de serviços: serviços ao passageiro; serviços de bagagem e carga; e serviços da aeronave. Os serviços ao passageiro compreendem: posicionamento de escadas ou pontes de embarque; embarque e desembarque de passageiros; comissária; e limpeza da aeronave. A logística envolvida no embarque e desembarque das bagagens dos passageiros e as cargas transportadas formam o escopo do serviço de bagagem e carga. O serviço da aeronave compreende: abastecimento de combustível da aeronave; abastecimento de água; e serviço de limpeza dos reservatórios de resíduos dos banheiros.

A administração e eficiência dos serviços realizados está diretamente relacionado a administração do tempo em solo de uma aeronave e podem impactar no atraso de um voo. O movimento de passageiros, bagagem e carga nos terminais aeroportuários, além do tempo de reposição e ajustes da aeronave para uma nova partida são realizados pelas autoridades aeroportuárias, pelas companhias aéreas e o pessoal de solo (ASHFORD *et al.*, 2013).

O objetivo do presente artigo é verificar a influência da quantidade de passageiros e do número de voos em um aeroporto com a incidência de atrasos e cancelamentos. O presente trabalho visa contribuir no planejamento aeroportuário e na diminuição do atraso ao investigar a relação entre o movimento de passageiros e aeronaves para o atraso e cancelamento de voos. A utilização de modelos econométricos pode ser uma ferramenta extremamente útil para uma melhor compreensão da realidade.

O presente trabalho está estruturado em quatro Seções além desta introdutória. A Seção 2 aborda os fatores operacionais ligados às empresas aéreas e aos agentes aeroportuários que contribuem para o atraso. A Seção 3 apresenta o modelo econométrico. A Seção 4 apresenta os resultados. Por fim, segue-se as considerações finais e referências usadas no presente trabalho.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

A operação das empresas aéreas necessita da alocação eficiente dos meios. Uma grande empresa aérea pode operar mais de mil decolagens por dia com centenas de aeronaves e milhares de empregados. A melhor utilização é um dos principais desafios das empresas com o objetivo de cortar gastos e gerar lucros em um ambiente altamente competitivo (AHMADBEYGI *et al.*, 2008).

Para Yan e Young (1996), as empresas mudam o seu cronograma de voos e de rotas atendidas de acordo com as demandas projetadas pelo mercado em um curto espaço de tempo, com o objetivo de maximizar os lucros. Muitas empresas utilizam método de tentativa e erro para

ajuste de cronograma e rota. Esses ajustes podem ter como consequência atrasos com as equipes de solo, devido um não ajuste adequado do quantitativo. Para Zou e Hansen(2014), o atraso aéreo requer um aumento do consumo de combustível, capital e mão-de-obra, além de outros *inputs* necessários no processo de produção das empresas aéreas, resultando em maiores custos para a s empresas aéreas.

Dentro deste contexto, três tipos de serviços são prestados para reposicionar as aeronaves e permitir a sua operação sendo compostos por: serviços ao passageiro; serviços de bagagem e carga; e serviços da aeronave. Os serviços ao passageiro compreendem: posicionamento de escadas ou pontes de embarque; embarque e desembarque de passageiros; comissária; e limpeza da aeronave. A logística envolvida no embarque e desembarque das bagagens dos passageiros e as cargas transportadas formam o escopo do serviço de bagagem e carga. O serviço da aeronave compreende: abastecimento de combustível da aeronave; abastecimento de água; e serviço de limpeza dos reservatórios de resíduos dos banheiros.

Dentre estes serviços, o manuseio de bagagens e passageiros tem recebido maior atenção acadêmica, com o objetivo de otimização. O manuseio de bagagens é um elemento essencial na operação aeroportuária, mas assim como outras funções que envolvem a aviação, só recebe a atenção do público em geral, quando algo não funciona corretamente. Os efeitos dos problemas no manuseio de bagagens podem variar desde alguns passageiros não recebendo as suas bagagens quando chegam aos seus destinos até interrupções das operações aeroportuárias, incluindo cancelamento de voos (ASHFORD et al., 2013).

Reclamações por extravio ou danos às bagagens sempre estiveram entre os principais motivos de reclamações dos passageiros. Em levantamento feito pelo Programa de Proteção e Defesa do Consumidor de São Paulo (Procon-SP), as reclamações deste tipo totalizaram aproximadamente 7.5% do total de reclamações realizadas em 2014 contra as empresas aéreas (PROCON, 2014). O índice brasileiro condiz com os níveis encontrados nos EUA. Segundo Ashford et al. (2013), os problemas relacionados a bagagem representaram 5% de todas as reclamações, sendo 3.8%, mais especificamente, relacionados às empresas aéreas e aos passageiros. A parte mais complexa na tarefa de manuseio das bagagens é o despacho inicial das bagagens. Após as malas serem despachadas, devem seguir para uma seção específica com o objetivo de separar as malas e encaminhá-las para o respectivo voo. O tamanho da seção será diretamente proporcional ao tamanho do aeroporto e o número de voos que necessitarão de apoio de solo em determinado momento.

A modelagem econométrica foi empregada para investigar o efeito *ceteris paribus* entre a probabilidade de atraso e o número total de passageiros e a frequência da rota. Essas duas variáveis foram escolhidas por servirem de indicadores da logística de preparo da aeronave para a sua operação.

3. MODELAGEM ECONOMÉTRICA

Através da análise de regressão buscou-se inferir sobre as variáveis dependentes do estudo, no caso a probabilidade de ocorrência do atraso e do cancelamento de voos, e como elas se relacionam entre si de maneira não determinística com as variáveis independentes.

3.1. Painel de dados

O tipo de estudo realizado foi um painel de dados. Nos estudos deste tipo, as mesmas unidades do corte transversal são acompanhadas ao longo de determinado período. Trata-se, portanto, de uma série temporal para cada registro do corte transversal do conjunto de dados (WOOLDRIDGE, 2011). Para Baltagi (2008), as seguintes vantagens podem ser citados em um estudo de painel de dados: (a) Controle da heterogeneidade individual: A heterogeneidade pode ser definida como a individualidade ou originalidade. O uso de painel de dados permite controlar as diferenças existentes através das individualidades. Técnicas como série temporal e dados de corte transversal não são capazes de controlar. No caso do estudo em questão, o atraso tende a variar de acordo com a rota estudada; (b) Painel de dados fornece dados mais informativos, maior variabilidade, menos colinearidade entre variáveis, mais graus de liberdade e mais eficiência: a colinearidade é quando as variáveis independentes do estudo possuem uma relação linear. Permite-se que os modelos econométricos apresentam certo grau de colinearidade, porém é vetada a colinearidade perfeita, quando uma variável é um múltiplo constante da outra; (c) Painel de dados são melhores para estudar a dinâmica da mudança: a utilização de painel de dados permite analisar, por exemplo, em estudos de desemprego, será possível estimar qual a proporção dos desempregados em um período e se continuaram desempregados em outro período; e (d) A utilização de painel de dados pode detectar e medir melhor os efeitos que não são detectáveis em um corte transversal puro ou em uma série temporal.

3.2. Base de dados

O banco de dados consiste de um painel das 181 rotas no Brasil entre janeiro 2002 até dezembro de 2013. As rotas analisadas ligam dois aeroportos (origem/destino) de capitais brasileiras. Utilizou-se no estudo o agrupamento de aeroportos em uma região de múltiplos aeroportos, sendo consideradas três regiões de múltiplos aeroportos: São Paulo, Belo Horizonte e Rio de Janeiro. A região de São Paulo compreende os aeroportos de Guarulhos (ICAO: SBGR), Congonhas (ICAO: SBSP) e Campinas (ICAO: SBKP). A região de Belo Horizonte compreende os aeroportos de Confins (ICAO: SBCF) e Pampulha (ICAO: SBBH). A região do Rio de Janeiro compreende os aeroportos de Santos Dumont (ICAO: SBRJ) e Galeão (ICAO: SBGL).

Os dados utilizados na pesquisa são de domínio público e são disponibilizados pela Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). O monitoramento dos atrasos é de responsabilidade da ANAC. Seguindo o padrão amplamente utilizado na literatura e estipulado pelo Bureau de Estatística de Transportes do Departamento de Transporte Americano (DOT), um voo foi considerado atrasado quando chega 15 minutos após o horário estipulado. Foram utilizados os dados contidos na base Voo Regular Ativo (VRA), que são compostos por informações do Horário de Transporte (HOTRAN), e dos Boletins de Alteração de Voo (BAV), que são de responsabilidade das empresas aéreas.

O banco de dados original contém informação de 10 milhões de voos contidos no VRA. As empresas aéreas foram divididas em dois clusters: as empresas FSC (*Full-Service Carriers*); e as empresas LCC (*Low Cost Carriers*). Fazem parte das FSC: Tam, Varig, Transbrasil e Vasp e da LCC: Gol e Azul. Os dados foram agregados no nível mensal, com a utilização dos atrasos médios. Demais dados utilizados foram coletados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e do Banco Central do Brasil.

3.3. Modelo empírico

As Equações (1) e (2) apresentam os modelos empíricos para os atrasos e cancelamentos de voos, respectivamente, nas empresas aéreas brasileiras:

$$[odds\_del]_{kt} = \beta_1\ maxctdis + \beta_2\ wea + \beta_3\ ope + \beta_4\ paxpf + \beta_5\ fd + \beta_6\ slres + \beta_7\ cshare + \beta_8\ lcc + \beta_9\ chhi + \beta_{10}\ tbag + \beta_{11}\ fbag + \beta_{12}\ ebag + \gamma_k + \gamma_t + u_{kt} \quad (1)$$

$$[odds\_can]_{kt} = \beta_1\ maxctdis + \beta_2\ wea + \beta_3\ ope + \beta_4\ paxpf + \beta_5\ fd + \beta_6\ slres + \beta_7\ cshare + \beta_8\ lcc + \beta_9\ chhi + \beta_{10}\ tbag + \beta_{11}\ fbag + \beta_{12}\ ebag + \gamma_k + \gamma_t + u_{kt} \quad (2)$$

Onde as variáveis utilizadas são as seguintes:

- *[odds_del]*$_{kt}$ = ln [prop voos atrasados$_{kt}$ / (1 - prop voos atrasados$_{kt}$)], onde prop voos atrasados$_{kt}$ é a proporção de voos de companhias FSC com atrasos na rota k no período t. Fonte: ANAC; VRA; cálculos próprios. O atraso é computado toda vez que ocorre a diferença entre o horário planejado de chegada e o horário de chegada é maior que 15 minutos.
- *[odds_can]*$_{kt}$ = ln [prop voos cancelados$_{kt}$ / (1 - prop voos cancelados$_{kt}$)], onde prop voos cancelados$_{kt}$ é a proporção de voos de companhias FSC cancelados na rota k no período t. Fonte: ANAC; VRA; cálculos próprios. O voo é considerado cancelado quando deixa de acontecer.

Tanto para *[odds_del]*$_{kt}$ e *[odds_can]*$_{kt}$ foi necessário a realização de alguns procedimentos para a adequação do modelo. Uma das bases dos modelos lineares é que os resíduos estão normalmente distribuídos. Para o regressando (y), não existe a necessidade de ser normalmente distribuído, mas necessita ser contínuo e no caso do estudo em questão, a variável dependente é uma proporção (de atrasos). Para que o resultado original, que estava representado no intervalo de 0 a 1, para uma reta e utilização do OLS, faz-se necessário a aplicação da metodologia conhecida como Transformação Logit, conforme equação 3. Uma das alternativas seria estimar usando estimadores do tipo GLM (General Linear Models). Porém, optou-se pelo OLS devido à baixa incidência (quase nula) de eventos com resultado zero, ou seja, rotas que durante o mês não apresentaram nenhum atraso. Para uma maior discussão a respeito do assunto, sugere-se a leitura de Baum (2008) e Papke e Wooldridge (1993).

$$y = \ln \frac{y}{(1-y)} \quad (3)$$

- *maxctdis* = proporção máxima de voos interrompidos em determinada cidade. Trata-se de uma variável gravitacional. No caso do modelo estudado é a proporção máxima de atrasos e cancelamentos em uma rota. Fonte: ANAC; VRA; cálculos próprios

O transporte aéreo é um fenômeno que está ligado ao conceito de espaço. Os elementos de caráter espacial no modelo são as relações existentes entre a origem e o destino e o deslocamento existente nessa rota. Durante o deslocamento, ocorre um fluxo de ida e volta dos

passageiros envolvidos. Em transportes pode-se modelar a geração de demanda entre dois polos geradores de viagens pela seguinte expressão:

$$T_{ij} = \frac{\beta_0 A_i^{\beta_1} A_j^{\beta_2}}{F(r_{ij})} \qquad (4)$$

Onde:

T_{ij} = tráfego entre o nó i e o nó j da rede de transportes
A_i, A_j = são as atratividades nodais em i e j, respectivamente, podendo ser a população das duas localidades, PIB, dentre outros.
F(rij) = é a impedância entre i e j, medida como uma função de variáveis como distância, tempo ou custo

- *wea* = proporção de voos que apresentaram atrasos ou cancelamentos atribuídos pelas empresas devido ao mau tempo. Fonte: ANAC, VRA.
- *ope* = proporção de voos que apresentaram atrasos ou cancelamentos atribuídos pelas empresas devido a problemas operacionais. Fonte: ANAC, VRA.
- *paxpf* = número médio de passageiros por voo em determinada rota e em determinado mês. Fonte: ANAC, VRA.
- *fd* = número médio de voos diários em determinada rota e em determinado mês. Fonte: ANAC, VRA.
- *slres* = variável do tipo dummy que representa a implantação de slot no Aeroporto de Congonhas. Atribuído o valor de 1 quando a origem ou o destino foi a Região Metropolitana de São Paulo a partir de agosto de 2007.
- *cshare* = variável do tipo dummy que representa o acordo de codeshare entre a TAM e a Varig. O acordo ocorreu entre 2003 a 2005. Fonte: Secretaria de Monitoramento Econômico do Ministério da Fazenda.
- *lcc* = variável do tipo dummy que representa a presença das empresas Azul e Gol em determinada rota e em determinado tempo. Fonte: ANAC, VRA.
- *chhi* = valor máximo do índice Herfindahl–Hirschman de concentração da receita de passageiros entre cidades em determinada rota e em determinado tempo. Trata-se de uma variável proxy para medir a concentração no nível de cidades. Para obter esta variável, foi utilizada a fatia de mercado de todos as empresas aéreas participantes para extrair o nível de concentração em determinada cidade. Para cada rota, foi computado a máxima concentração na rota entre origem e destino (rota). O objetivo da variável é verificar o efeito do atraso nos índices de domínio dos aeroportos utilizados em determinada cidade.

Optou-se por utilizar o nível máximo de concentração em uma rota, assim como descrito por Boguslaski et al. (2004) e pautou-se no fato que os efeitos de domínio de mercado costumam ser sentidos quando um dos pontos em uma rota, origem ou destino, são concentrados por uma empresa. Fonte: ANAC, VRA, cálculos próprios.

- *tbag* = total de bagagens em quilos despachadas por passageiro. Engloba o a franquia de bagagem, até 23 quilos despachados no porão da aeronave, mais o excesso de bagagem transportada, acima da franquia de 23 quilos. Fonte: ANAC, VRA, cálculos próprios.
- *fbag* = total de bagagens em quilos despachada como franquia por passageiro. Conforme o contrato de transporte aéreo em vigor na época, as empresas eram obrigadas

a transportar como cortesia até 23 quilos de bagagem a ser transportada no porão da aeronave.

- *ebag* = total de bagagens em quilos despachada como excesso por passageiro. Considera-se como excesso, todo o montante de peso acima dos 23 quilos regulamentados como cortesia pelas empresas aéreas.
- β_1 , …, β_{11} = são parâmetros desconhecidos.
- γ_k e γ_t = são, respectivamente, os controles de efeitos fixos para as rotas (par de cidades) e tempo.

Os efeitos fixos devem ser utilizados quando pretende-se controlar o efeito não observado em um modelo de painel de dados. Sua utilização está ligada ao conceito de erro idiossincrático. Segundo WOOLDRIDGE (2011), o erro idiossincrático é o tipo de erro que se altera ao longo do tempo como também ao longo das unidades (digamos indivíduos, firmas ou cidades). Trata-se de um erro individual, invariante no tempo, possuindo um efeito fixo. Sua utilização controla a média de todos os fatores não observáveis específicos de i e que não se alteram com o tempo e ajudam a gerir os problemas de especificação por omissão de variáveis relevantes.

A Tabela 1 apresenta as estatísticas descritivas das variáveis utilizadas no modelo econométrico:

Tabela 1: Estatísticas descritivas

Variável	Obs	Média	Desvio Padrão	Min	Max
odds_del	19590	-1.40	1.03	-4.98	4.03
odds_can	19590	-2.70	1.25	-5.92	3.08
maxctdis	19590	0.32	0.12	0.07	0.93
wea	19590	0.01	0.02	0.00	0.39
ope	19590	0.06	0.08	0.00	0.87
paxpf	19590	94.51	63.56	5.75	2541.50
fd	19590	9.56	14.62	0.13	153.16
slres	19590	0.15	0.36	0.00	1.00
cshare	19590	0.18	0.39	0.00	1.00
chhi	19590	0.40	0.07	0.23	1.00
tbag	19590	13.31	2.70	0.58	35.73
fbag	19590	13.13	2.64	0.58	35.73
ebag	19590	0.18	0.35	0.00	23.44

As Tabelas 2 e 3 mostram as correlações de Pearson para o atraso e cancelamento respectivamente.

Tabela 2: Correlação de Pearson para o atraso

	odds	*max*	*wead*	*oped*	*paxpf*	*fd*	*slres*	*cshare*	*lcc*	*chhi*	*tbag*	*fbag*	*ebag*
odds_del	1												
maxctdis	0.556	1											
wead	0.722	0.492	1										
oped	0.288	0.154	0.090	1									
paxpf	0.089	-0.040	0.157	0.051	1								
fd	-0.018	-0.049	-0.057	-0.074	-0.092	1							
slres	-0.025	-0.152	-0.004	0.004	0.150	0.370	1						
cshare	-0.128	-0.063	-0.226	-0.016	-0.075	-0.077	-0.199	1					
lcc	0.045	0.005	0.109	0.060	0.180	0.156	0.120	-0.249	1				
chhi	0.152	0.235	0.227	0.090	0.004	-0.153	-0.015	-0.232	-0.068	1			
tbag	0.128	0.021	0.194	0.145	0.262	-0.346	0.155	-0.063	0.017	0.123	1		
fbag	0.130	0.026	0.198	0.140	0.262	-0.350	0.147	-0.058	0.008	0.130	0.991	1	
ebag	0.007	-0.033	0.001	0.063	0.045	-0.027	0.081	-0.050	0.072	-0.031	0.217	0.087	1

A Tabela 2 mostra uma correlação da proporção de voos atrasados positiva entre o número médio de voos diários em determinada rota e em determinado mês (paxpf) e uma correlação negativa entre o número médio de voos diários em determinada rota e em determinado mês (fd).

Tabela 3: Correlação de Pearson para o cancelamento

	odds	*max*	*wea*	*ope*	*paxpf*	*fd*	*slres*	*cshare*	*lcc*	*chhi*	*tbag*	*fbag*	*ebag*
odds_can	1												
maxctdis	0.398	1											
wea	0.283	0.124	1										
ope	0.661	0.349	0.050	1									
paxpf	-0.084	-0.057	-0.008	-0.023	1								
fd	0.090	-0.070	0.109	0.013	-0.061	1							
slres	-0.134	-0.181	-0.018	-0.087	0.179	0.396	1						
cshare	0.110	-0.078	-0.022	0.085	-0.121	-0.099	-0.223	1					
lcc	-0.026	0.012	0.013	-0.031	0.216	0.158	0.127	-0.248	1				
chhi	-0.045	0.247	-0.026	0.057	0.003	-0.140	-0.016	-0.215	-0.057	1			
tbag	-0.127	0.019	-0.097	-0.030	0.274	-0.365	0.140	-0.075	-0.002	0.121	1		
fbag	-0.128	0.025	-0.101	-0.031	0.273	-0.368	0.132	-0.071	-0.008	0.127	0.992	1	
ebag	-0.020	-0.042	0.016	0.004	0.053	-0.034	0.083	-0.049	0.051	-0.033	0.227	0.101	1

A Tabela 3 mostra que a proporção de cancelamentos apresentou os mesmos sinais mostrados na Tabela 2.

3.4. Resultados das estimações

A Tabela 4 apresenta os resultados de estimação da regressão para a probabilidade de atraso. As estrelas apresentadas são indicativas dos testes de hipóteses quanto à nulidade das elasticidades a um determinado nível de significância (***, ** e * indicando 1%, 5% ou 10%, respectivamente). A ausência de estrelas indica que a variável não foi estatisticamente significante no modelo econométrico estimado. A significância é um balizador importante em modelos econométricos e quanto maior a significância da variável independente, ou seja, mais perto de 0%, permite a rejeição da hipótese nula, que é a da não influência da variável no modelo.

Tabela 4: Resultado do modelo de regressão (variável dependente: *odd_del*)

	odds_del (1)	*odds_del* (2)	*odds_del* (3)
maxctdis	1.4459***	1.4519***	1.4499***
wea	4.7990***	4.7949***	4.7911***
ope	3.7697***	3.7824***	3.7571***
paxpf	-0.0002**	-0.0003***	
fd	0.0042***		0.0046***
slres	-0.0743***	-0.0487**	-0.0687***
cshare	-0.0105	-0.012	-0.0131
lcc	-0.1191***	-0.1205***	-0.1207***
chhi	-0.2381**	-0.2490***	-0.2441***
tbag	-0.0018	-0.0008	-0.0014
fbag	0.0134	0.0123	0.013
R2_Adj	0.7004	0.7002	0.7003
RMSE	0.5611	0.5612	0.5611
N_Obs	19559	19559	19559

****, **, * indicam estatisticamente significante a 1%, 5% e 10%, respectivamente*

No modelo 1, paxpf e fd apresentaram significância estatística a 5% e 1%, respectivamente. No modelo 2 e 3, tanto paxpf como fd apresentaram significância estatística a 1%. Os resultados sugerem que a medida que o número médio de passageiros em determinado voo em determinada rota aumenta, a proporção de voos atrasados tende a diminuir. Infere-se que as empresas aéreas tendem a se programar para voos mais lotados, aumentado as equipes de terra para diminuir o desembarque e embarque de passageiros e o tempo de reposicionamento da aeronave.

Os resultados também mostram que para o atraso, um aumento no número médio de voos diários em determinada rota e em determinado mês tende a aumentar a probabilidade de atrasos. Uma das hipóteses é que devido à volatilidade das frequências de voos em determinadas rotas, as equipes de solo se mantém em mesma quantidade, o que faz o aumento da probabilidade do atraso. Outra hipótese, é a de que serviços que não são dependentes das empresas aéreas como o abastecimento de combustível (prestador de serviço) ou posições para a parada e estacionamento da aeronave (infraestrutura aeronáutica) tendem a demorar para se adaptar ao novo fluxo de aeronaves.

A Tabela 5 apresenta os resultados de estimação da regressão para a probabilidade de cancelamento.

Tabela 5: Resultado do modelo de regressão (variável dependente: *odd_can*)

	odds_can (4)	odds_can (5)	odds_can (6)
maxctdis	0.9110***	0.9156***	0.9061***
wea	13.5576***	13.5713***	13.5445***
ope	8.1075***	8.1118***	8.1319***
paxpf	-0.0007***	-0.0008***	
fd	0.0053***		0.0062***
slres	-0.2201***	-0.1868***	-0.2050***
cshare	-0.0542	-0.0558	-0.0582
lcc	0.0756**	0.0738**	0.0727**
chhi	-0.2721*	-0.2848*	-0.2954*
tbag	-0.0356*	-0.0342*	-0.0346*
fbag	0.0047	0.0032	0.0034
R2_Adj	0.6266	0.6264	0.6262
RMSE	0.7643	0.7644	0.7646
N_Obs	14657	14657	14657

***, **, * *indicam estatisticamente significante a 1%, 5% e 10%, respectivamente*

Nos modelos 4, 5 e 6 paxpf e fd apresentaram significância estatística de 1%. O cancelamento de um voo é uma das últimas medidas de ajuste tomada pelas empresas aéreas por envolver os custos e transtornos com a realocação dos passageiros. Os resultados sugerem que com o aumento do número médio de passageiros em determinado voo em determinada rota diminui a probabilidade do cancelamento de voos devido os custos associados. Quando ocorre um aumento no número de voos aumenta a probabilidade do cancelamento de voos. Infere-se que quando os voos não atingem o nível de ocupação estipulado pela empresa aérea, elas possuem uma maior probabilidade de cancelarem o voo e realocarem os passageiros em outros horários.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O atraso aéreo é um problema existente na maioria dos aeroportos ao redor do mundo, trazendo como consequências o aumento de custos para as empresas aéreas e desconforto para os passageiros.

Estima-se que mais da metade dos atrasos têm como causa fatores operacionais que estão diretamente ligados às empresas aéreas e aos agentes aeroportuários e compreendem toda a logística necessária no preparo da aeronave para a sua operação. Através da análise econométrica realizou-se a verificação da influência da quantidade de passageiros e do número de voos em um aeroporto com a incidência de atrasos e cancelamentos.

Os resultados mostram uma relação positiva entre o número médio de voos diários em determinada rota e o atraso e cancelamento e uma relação negativa entre o número médio de passageiros por voo em determinada rota e o atraso e cancelamento, evidenciando que as empresas aéreas e os agentes aeroportuários tendem a melhor se organizar quando um voo para determinada rota em média está mais ocupado, buscando uma maior eficiência. Estudos futuros deverão focar em maneiras de melhorar a eficiência das empresas e diminuir a probabilidade de cancelamentos e atrasos que tão desconforto e prejuízo trazem às empresas e passageiros do transporte aéreo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AhmadBeygi, S., Cohn, A., Guan, Y., & Belobaba, P. (2008). Analysis of the potential for delay propagation in passenger airline networks. *Journal of air transport management*, *14*(5), 221-236.

ANAC. Agência Nacional de Aviação Civil. (2016). *Anuário do Transporte Aéreo.*

Ashford, N., Coutu, P., & Beasley, J. (2013). *Airport operations*: McGraw-Hill.

Baltagi, B. (2008). *Econometric analysis of panel data*: John Wiley & Sons.

Baum, C. F. (2008). Stata tip 63: Modeling proportions. *Stata Journal*, *8*(2), 299.

De Neufville, R., Odoni, A., Belobaba, P. P., & Reynolds, T. G. (2013). *Airport systems: Planning, design, and management*: McGraw-Hill Professional.

EUROCONTROL. (2015). *Network Operations Report for 2014.*

Papke, L. E., & Wooldridge, J. (1993). Econometric methods for fractional response variables with an application to 401 (k) plan participation rates: National Bureau of Economic Research Cambridge, Mass., USA.

PROCON. (2014). Ranking Agências de Viagem e Cias Aéreas - Janeiro a setembro / 2014: PROCON.

WOOLDRIDGE, J. (2011). Introdução à econometria: uma abordagem moderna. São Paulo: Cengage Learning, 2011: APÊNDICES.

Zou, B., & Hansen, M. (2014). Flight delay impact on airfare and flight frequency: A comprehensive assessment. *Transportation research part E: logistics and transportation review*, *69*, 54-74.

EVALUATING SAFETY AND EFFICIENCY IN AIRCRAFT SEQUENCING IN FINAL APPROACH CONSIDERING THE UAS PRESENCE

Euclides Carlos Pinto Neto
Derick Moreira Baum
Jorge Rady de Almeida Júnior
João Batista Camargo Júnior
Paulo Sérgio Cugnasca
University of São Paulo
School of Engineering

RESUMO
Atualmente, considerando a crescente adoção de novas tecnologias no espaço aéreo compartilhado, há muitos desafios a serem superados. Dentre essas tecnologias, os Sistemas de Aeronave não Tripuladas (UAS), com aplicações militares e civis, desempenham um papel importante. Há uma compreensão de que os Controladores de Tráfego Aéreo (ATCos) podem ser mais cuidadosos ao lidar com esta tecnologia devido à falta de familiaridade com ela, o que leva a uma maior carga de trabalho. No entanto, em um cenário futurista, o UAS pode operar junto com aeronaves tradicionais. Neste artigo, apresentamos uma ferramenta de simulação, denominada Ferramenta de Simulação de Setor Final (FSST), que visa avaliar a segurança (sob a perspectiva da carga de trabalho) e a eficiência no seqüenciamento de aeronaves no setor final, considerando a presença do UAS. Além disso, são consideradas condições climáticas adversas e o Nível de Maturidade Tecnológica (TML), que modela o nível de familiaridade da ATCo com essas aeronaves. Os experimentos, que alcançaram resultados realistas em termos de duração da seqüenciamento, mostraram que o UAS tem um impacto considerável na carga de trabalho ATCo.

ABSTRACT
Nowadays, considering the increasingly adoption of new technologies into the shared airspace, there are many challenges to be accomplished. Among these technologies, Unmanned Aircraft Systems (UAS), which has military and civilian applications, play an important role. There is an understanding that Air Traffic Controllers (ATCos) may be careful when dealing with this technology due to the lack of familiarity with it, which leads to a higher workload. However, in a futuristic scenario, UAS may operate along with traditional aircraft. In this paper, we present a simulation tool, called Final Sector Simulation Tool (FSST), which aims evaluate safety (from workload perspective) and efficiency in aircraft sequencing in final sector considering the UAS presence. Also, bad weather conditions and the Technology Maturity Level (TML), which models the level of familiarity of ATCo with these aircraft, are considered. The experiments, which achieved realistic results in terms of sequencing duration, showed that UAS has a considerable impact on ATCo workload.

1. INTRODUCTION

Nowadays, air transportation is essential for society and it is increasing gradually (Marquart, 2003). The number of flights annually in certain countries (e.g. United States of America) is huge, which leads to a high revenue. On the other hand, aviation is composed by critical systems, which demand a special effort from authorities in order to guarantee a minimum safety level, i.e., to reduce the probability of accidents. In fact, safety is a key metric in aviation and new procedures are adopted from the safety perspective. However, an important concept is the efficiency, which can be associated to the profitability of air traffic (FINAVIA, 2015). As these two metric may oppose each other, i.e. a higher safety level may lead to a lower efficiency level, a challenge in air space optimisation is to balance them, aiming to find solutions with considerable efficiency and safety. Optimal solutions in terms of safety and efficiency are not used in all situations. Instead, the solutions provided must be contained in a set of solutions considered appropriate.

In the past few years, there has been a growth in Unmanned Aircraft Systems (UAS) numbers (Guerin, 2015), and its relationship with the ATCo needs to be clear. The presence of UAS in a non-segregated airspace may represent a reduction on ATC capacity due to the lack of familiarity with this new technology. As the ATCo may be not sure about the behaviour of the UAS, e.g. if the UAS will understand and execute specific instructions, the workload tends to rise. In order to integrate this aircraft into a non-segregated airspace, challenges need to be addressed, such as (Grindle, 2016) specific regulations, policies and procedures; enabling Technologies and Standards Development for dealing with UAS; air Traffic Special Services and Infrastructure; social Considerations (e.g. Privacy, Security, Workload). Furthermore, complex events need to be taken into account if one considers the air traffic sequencing. In this research, we consider the cumulonimbus cloud formation as the bad weather impacts. These clouds present a real impact on aviation (Fromm, 2005), and new routes may be assigned to air traffics in order to avoid them. Furthermore, this leads to a higher ATCo workload. As the integration of UAS will enable new applications and its usage will increase in a future (Gupta, 2013), it is essential to develop ways to integrate it in a safe manner. Furthermore, there are some organisations investing in the development of such technology, such as The Boeing Company and NASA.

This paper is organized as follows: Section 2 presents the related works. In Section 3, a discussion on the the definition of workload. Section 4 presents the Final Sector Simulation Tool (FSST). Finally, sections 5, 6 and 7 present, respectively, the case studies the discussion and the conclusion.

2. RELATED WORKS

The authors in (Hoekstra, 2016) aim to make ATM research results more comparable by sharing tools and data using a fully open-source and open-data approach to air traffic simulation. The main challenges are: To achieve a high fidelity (e.g. aircraft performance)and to increase the adoption by the community by keeping the program as simple as possible. The paper describes the difficulties faced when using a fully open-data and open-source policy in this area. However, this does not consider the UAS presence and its impacts on ATCo workload.

Finally, Martijn et. al (Martijn, 2017) present conflict rate models to determine the intrinsic safety of airspace designs, which consider conflicts between aircraft in different flight phases. Fast-time simulations were performed for several different layered airspace concepts. The results indicate that the models are able to estimate the conflict rate for high traffic densities. When comparing the different layered airspace concepts tested, the model predicted, and the simulation results confirmed, a clear safety improvement when the heading range is reduced. Thus the models can be used to study the effect of airspace design parameters on the safety of airspace concepts. However, although this research considers structured and unstructured airspaces, the presence of UAS is not taken into account.

In (Alam, 2008), the authors introduce the Air Traffic Operations and Management Simulator (ATOMS), which is an air traffic and airspace modeling and simulation system for free-flight concepts. This tool simulates end-to-end airspace operations and air navigation procedures for conventional air traffic. A multiagent-based modeling paradigm for modular design and easy integration of various air traffic subsystems is adopted. Also, advanced air traffic management

(ATM) concepts that are envisioned in free flight are prototyped in this research, including airborne separation assurance (ASA), cockpit display of traffic information (CDTI) and weather avoidance. The presented results showed that advanced ATM concepts present an appropriate scenario for free flight. However, this research does not consider ATCo workload and the impact of the UAS presence on it. Also, it does not consider a vectoring point-based workload evaluation.

3. RESPONSIBILITIES OF ATCo

The Air Traffic Controller (ATCo) plays an important role in the airspace operation. He/she works in order to guarantee appropriate levels of safety and efficiency and to solve problem that shows up in complex situations. More specifically, the Air Traffic Control (ATC) provides Air Traffic Services (ATS) to the flights. The main goals of these services, which are provided by the ATCo, shall be to avoid collisions between aircraft, avoid collisions between aircraft in the manoeuvring area and obstructions in that area, optimise and maintain an orderly flow of air traffic, provide useful advice and information for the safe and efficient conduct of flights and notify appropriate organisations regarding aircraft in need of search and rescue aid (IVAO, 2015). In order to avoid unsafe states, the ATCo must plan possible changes in the traffic routes. The process of sequencing in the final approach can be defined as ordering the aircraft in a manner that safety and efficiency levels are respected while delivering these traffics to an objective point, i.e., the Final Approach Fix (FAF). More specifically, it defines strategies for the sequencing of arriving flights at an airport or during the final flight phase (Capri, 2004).

The workload of ATCo can be defined and measured by the interaction of several factors, including the ATC complexity (Mogford, 1995), which is a metric that represents the difficulty of ATCo in understanding a particular situation (Meckiff, 1998). There is an understanding by research community and operational community that the airspace complexity is one of the main factors that impact ATCo workload (Majumdar, 2002), and, consequently, impact the airspace capacity. Several variables compose complexity, such as traffic density and mental factors (Dervic, 2015). Each activity performed by the ATCo has a specific duration, generally expressed in seconds. Activities can be cognitive, which is related to the mental work of the ATCo to perform the air traffic controlling, and non-cognitive, which is related to activities such as communications. Cognitive workload, or mental workload, represents all the mental activities that the ATCo performs in air traffic controlling. It can vary broadly depending on many factors such as human factor and familiarity of the ATCo with the scenario he/she is dealing with. In summary, the complexity inside a sector is related to ATCo mental workload, and assessing the ATCo mental workload inside a sector will provide an estimation of the associated complexity (Suárez, 2014). Finally, as UAS is a new technology into the non-segregated airspace, it tends to present a higher mental workload to the ATCos due to the lack of familiarity

According to the Technology Readiness Levels (TRL), proposed by NASA (Mankins, 1995), levels 8 and 9 represent the ”flight qualified” and ”flight proven”, respectively. Considering that the insertion of UAS into shared airspace is a gradual process and that there is no historical data about UAS operation in this airspace, a possible way to consider its integration is somewhere in between the levels 8 and 9, which can be seen as a Technology Maturity Level (TML).

3.1. VECTORING POINT-BASED WORKLOAD

During the aircraft sequencing, performed by the ATCo, a very important resource is the radar vectoring, which can be defined as "the direction in which the longitudinal axis of an aircraft is pointed, usually expressed in degrees from North (true, magnetic, compass or grid)" (ICAO, 2016). In order to conduct the aircraft to through these points, a set of activities must be performed. The reader should note that these activities and their durations (i.e., the time spent by the ATCo in performing this activity) are proposed by ATCos that compose the Safety Analysis Group of the University of São Paulo, which have more than 10 years of hands-on experience. These activities are:

1. Vectoring point definition: position that a single aircraft must fly to (mean duration: 5 seconds);
2. Heading definition: "the direction in which the longitudinal axis of an aircraft is pointed, usually expressed in degrees from North (true, magnetic, compass or grid)"(ICAO, 2016) (mean duration: 5 seconds);
3. Communication: considering transmission and reception (mean duration: 15 seconds)
4. Surveillance (mean duration: 5 seconds)

Furthermore, the workload associated to UAS operation is different. In fact, there is a higher cognitive workload due to the lack of familiarity. In this research, we proposed the Technology Maturity Level (TML). This scale, which varies from 0 up to 10, aims to measure the level of familiarity the ATCo has considering a specific model of UAS. This familiarity increases throughout the years of experience, and, considering the highest TML (level 10), the UAS is considered such as a traditional aircraft, i.e., there is not additional cognitive workload if ATCo is controlling this aircraft. However, it is important to note that every model of UAS inserted into the airspace starts with a low TML, which increases gradually, and that the TML models the aircraft states from levels 8 and 9 of the Technology Readiness Level (TRL), proposed by NASA (Mankins, 1995).

Considering the TML, the activities durations may be different. The first activity, "Vectoring point definition" is not considered to present additional workload due to the fact that the process is very similar to the traditional aircraft. The second activity also does not present great impact. However, activities 3 and 4 are the most impacted. Activity 3 may takes longer to be performed because the ATCo may not be sure if the UAS understands all the information given and, thus, additional information is provided. Finally, activity 4 also presents a considerable increase because the ATCo makes sure this new technology is operation as expected. Table 1 illustrates the impacts of TML levels on these activities.

4. FINAL SECTOR SIMULATION TOOL (FSST)

The airspace presents many characteristics that are not simple to be simulated, but the metrics we are considering in this research can be simulated. As the metrics considered in this research are safety, which is related to workload, and efficiency, the main goal of the simulation tool is to offer the possibility of simulate air traffic sequencing in an appropriate manner considering the workload during the vectoring process and duration of the sequencing, i.e., the time spent in the process of delivering all traffics to the airport.

The simulation tool proposed in this research, the Final Sector Simulation Tool (FSST), is developed using the Java language and aims to represent the vectoring during final approach procedures to be used in further applications, such as optimisation. The simulations are focused on ATCo's workload and air traffic efficiency evaluation.

Table 1: Impacts of Technology Maturity Level on Communication and Surveillance.

TML	Multiplication Factor	Mean Time spent Communication (s)	Mean time spent on Surveillance (s)
0	2	30	10
1	1.9	28.5	9.5
2	1.8	27	9
3	1.7	25.5	8.5
4	1.6	24	8
5	1.5	22.5	7.5
6	1.4	21	7
7	1.3	19.5	6.5
8	1.2	18	6
9	1.1	16.5	5.5
10	1	15	5

4.1. Scenario Building

This research is focused on the final sector, in which the aircraft are conducted to the airport. In this critical area of the airspace the aircraft have an objective point, also called Final Approach Fix (FAF). All aircraft must be delivered to that point to arrive in the airport. Note that the aircraft may enter in this sector from many different sectors. However, in as realistic scenario for ATC, which considers the aircraft sequencing, the aircraft may enter the final sector going to the same objective point. It is the ATCo's duty to order the flow appropriately. Note that, in the simulator, the aircraft positions and the FAF are represented by *(x,y)* tuples.

Furthermore, this can become complex and difficult as specific factors appear, such as increase in the traffics numbers. This makes the sequencing more complex and finding a near-optimal solution may not be simple. Other actors also make it more complex: the UAS and the cumulonimbus. The UAS represents a challenge in terms of sequencing due to the ATCo's lack of familiarity with this new technology. The cumulonimbus represents a problem in sequencing because the aircraft cannot fly through them, i.e., the routes during the vectoring process in the sequencing can be completely different depending on where this clouds appear.

The reader should note that this simulation tool consider situations in which standard procedures, such as Standard Terminal Arrival Route (STAR), cannot be follow due to the traffic restrictions, i.e., vectoring is needed in order to maintain the safety levels (e.g. avoiding conflicts). The conflict detection system is also considered and the separation is set at run-time, i.e., the separation can be changed by the ATCo. Also, if the aircraft goes through cumulonimbus, which is not appropriate, an incident is detected. The final sector is considered as airspace, which has a specific size and formats that can be checked in public charts (e.g. SIDs, STARs). Finally, the workload computation is also duty of the airspace model, which considers the list of activities performed by the ATCo in this evaluation. This model contains instances of the aircraft, which can be traditional aircraft or Unmanned Aircraft Systems (UAS). They differ from the workload perspective but their performance is considered the same (size, speed, etc.).

4.2. Aircraft Operation

In this simulation tool, the aircraft's state is represented by three metrics: heading, speed and position. The heading, which can be defined as "provision of navigational guidance to aircraft in the form of specific headings, based on the use of radar," is the angle in which the aircraft is operating and can be changed by 3 degrees per second according to the standard rate of turn (ICAO, 2006). The speed represent how long the aircraft flies per hour and, consequently, per second. Finally, the position of the aircraft is a tuple (x,y) that represents a point in the Cartesian plane, i.e., the simulation tool considers a 2D scenario in order to simplify the representation and focus on the vectoring process itself.

The simulations are driven by ticks, which represents a duration of 1 second. For instance, considering that 1 knot (kt) is equivalent to 1 nautical mile (nm)/ hour (h) and that 1kt is equivalent to 0.000278nm/ second (s), if the aircraft is performing a speed of 180kt (or 180nm/3600s), in 1 second (1 tick or 1 loop execution) it flies 0.05nm (180 × 0.000278). In a realistic scenario, the aircraft considers many physical characteristics, such as gravity influence. However, the simulation model proposed in this research does not consider all details. Firstly, in order to simplify these characteristics, the speed of aircraft is 180kt, which represents a realistic speed during final approach procedures. Note that although this speed may change in a realistic scenario, the proposed model considers it to be constant in order to simplify the simulation and show the applicability of the simulator to represent several problems.

In order to accomplish what is expected from the aircraft, a function implemented performs the following process: given a position indicated by the ATCo in the airspace, the aircraft changes its heading in order to fly in the right direction. This process of changing the heading according to the position indicated by the ATCo is illustrated in Figure 1. Note that the change of the aircraft heading must respect the standard rate of turn, which is 3 degree per second (ICAO, 2006). Finally, the aircraft exits the final sector if it reaches the FAF, i.e., the objective point in that sector. The approach sequencing finishes when all aircrafts are delivered to this point.

4.3. ATCo Operation

In the simulator, an interface is proposed to control the aircraft, i.e., vectoring points can be

defined. These vectoring points represent points of airspace (i.e., a tuple *(x,y)* of Cartesian plane associated to an aircraft *v*) that the ATCo wants to lead the aircraft to. Note that in a realistic scenario, changing the heading of the aircraft is equivalent to defining vectoring points. Also, note that this interface is a simplification of the interface used by ATCos while controlling air traffic and that it can also be used by applications to control aircraft automatically, which enables the controlling process for, for instance, optimisation applications. The UAS is considered as a traditional aircraft, but presents a higher ATCo's workload. The gradual inclusion of this technology in the airspace is also modelled in this simulation tool considering the Technology Maturity Level (TML), proposed in this research. Finally, considering the TML, the cost in terms of workload of each vectoring point in traditional aircraft is 30s and it is increased by 2 considering each TML level. For example, the workload of vectoring point definition of a UAS with TML 10, which is presents the same workload than traditional aircraft, is 30s. The vectoring workload of a UAS with TML 1 is 3s2, of TML 2 is 34s, etc. Finally, the workload associated to TML 0, which presents the highest cost in terms of workload and model UAS in the very early stage of its integration, is 50s.

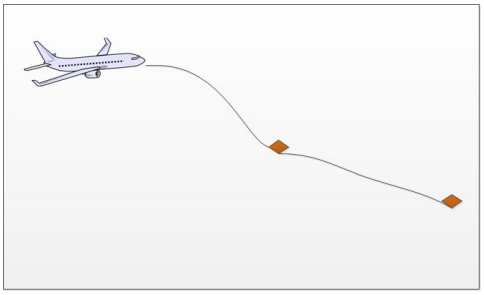


Figure 1: Changes applied to heading in order to reach the objective points.

4.4. Outputs

The outputs of the simulations are driven by two metrics: workload and efficiency. The workload is expressed in terms of seconds spent during ATCo activities, whereas the efficiency is expressed as seconds spent during the process of delivering all aircraft to the airport. Basically, the efficiency if expressed in terms of the numbers of tick the simulation took to be finished. It may be short or long, depending on the situation presented. The workload is also related to the complexity, i.e., a more complex scenario tends to present a higher workload to the ATCo due to the fact that the workload is computed based on the number of vectoring positions defined by the ATCo and the type of aircraft controlled (e.g. UAS).

5. CASE STUDIES

In this section, the case studies are proposed. The objective of this section is to show the applicability of the proposed approach. In the following experiments, the orange polygon represents the FAF, i.e., the point all aircraft must come to. The aircraft and their position *(x,y)* are also illustrated. The reader should note that the distances and positions considers Nautical Miles (nm) as measure unit.

5.1. Case Study I

In case study I, only traditional aircraft are considered. Firstly, we have the simplest scenario,

in which a single aircraft, aligned to the FAF, is flying. This scenario is illustrated in Figure 2. The start position of aircraft is (0,15), and the FAF is set at (15,15). Considering that there is only one vectoring point, which conducts the aircraft to the FAF, the total workload computed is 30s. Finally, it takes 298 ticks to deliver the aircraft to the FAF, which means 298 seconds.



Figure 2: Traditional aircraft in a simple scenario.

Secondly, we present a scenario considering two aircraft operating simultaneously, as illustrated in Figure 3. The aircraft start at (0,20) and (-5, 20) and fly to (15,15), which is the position of the FAF. This is a simple case study that shows the operation of two aircraft and, thus, an increase in the workload, which is 60s. Furthermore, the whole sequencing takes 411s.

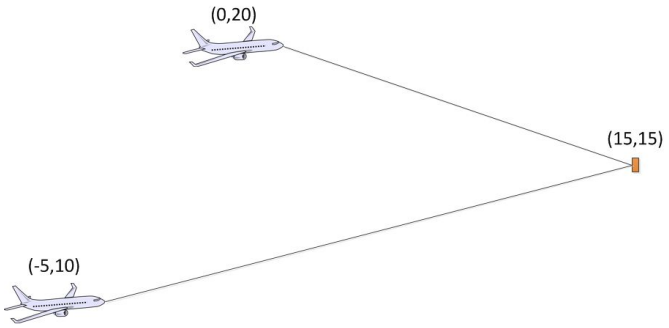


Figure 3: Two aircraft operating simultaneously.

Thirdly, a scenario in which aircraft are conducted through the same path is considered (Figure 4). The aircraft are set at (-5,17) and (-7,10). The second aircraft is conducted to a vectoring point at (-3,16) whereas the first aircraft is conducted directly to the FAF, at (15,15). This shows a more realistic situation in traffic sequencing, in which the aircraft use the same path. Finally, the workload achieved was 90s, and this experiment takes 505s to be executed.

Finally, a scenario in which aircraft are conducted through different vectoring point is considered (Figure 5). The aircraft are set at (-4,20) and (0,10). The first aircraft is conducted to (7,23) before going to the FAF at (7,23). The second aircraft is conducted to (7,8) before going to the FAF. Note that the avoid a cumulonimbus present at (7.5,15.5). Finally, the duration of this sequencing is 456s, with 120s of workload.

5.2. Case Study II

In case study II, problems that may happen during aircraft sequencing are considered. Firstly, we consider a scenario in which cumulonimbus impact the sequencing, illustrated in Figure 6. The initial positions of the aircraft are (-4,20) and (0,10). There is a cumulonimbus with

center at (12,12). Also, the vectoring points of the first aircraft are at (-4,20) and (15,15) and the vectoring points of the second aircraft are at (7,8) and (15,15). Finally, at (11.1,11.3), the aircraft reaches the area of turbulence of the cumulonimbus. This represent an unsafe state, i.e., this is not considered a feasible solution in terms of sequencing.

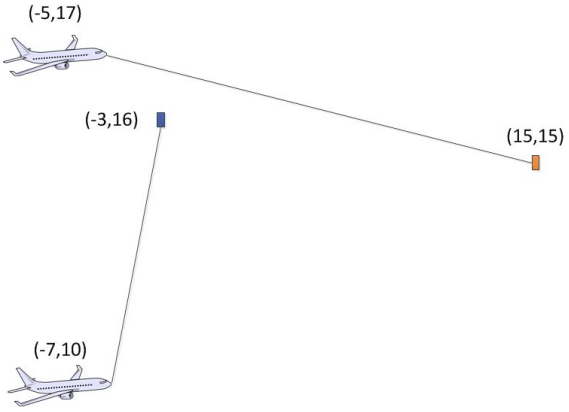


Figure 4: Sequencing of two aircraft.

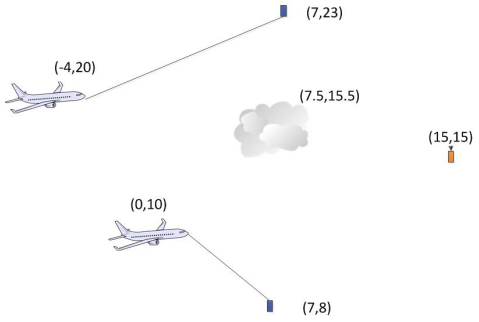


Figure 5: Radar vectoring employed in cumulonimbus (CB) avoidance.

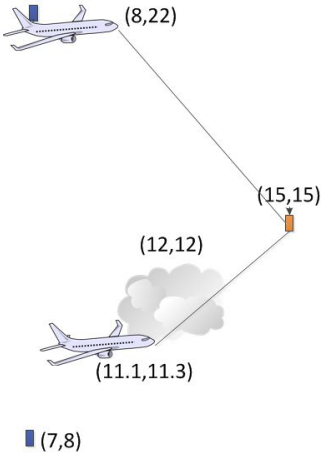


Figure 6: Aircraft collides with cumulonimbus (CB).

Secondly, we also consider a scenario in which conflicts impact the sequencing, illustrated in

Figure 7. The initial positions of the aircraft are (0,20) and (0,10). The vectoring points of the first aircraft are at (7,23) and (15,15) and the vectoring points of the second aircraft are at (7,8) and (15,15). However, when the first aircraft reaches (12.5,17.6) and the second aircraft reaches (13.1,13.1), the is a conflict, i.e., the distance between these two aircraft is less than the minimum separation (5nm). This also illustrates a infeasible solution because it leads to unsafe states.

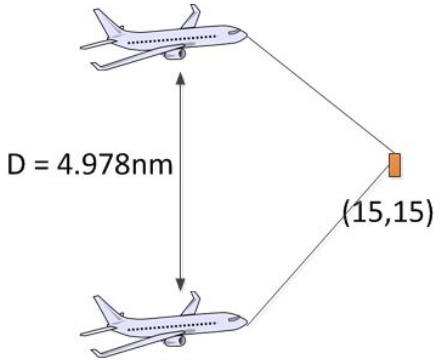


Figure 7: Conflict detected when distance is lower than minimum separation (5nm).

5.3. Case Study III

In case study III, we include the UAS in sequencing. All experiments conducted are similar to those presented in Case Study I, but considering the UAS presence. Firstly, Figure 1 presents a simple scenario, considering only one UAS. This UAS is classified as TML 0, i.e., it is in early stages of integration into shared airspace. Thus, it takes 298 to be delivered to the FAF and produces 50s of ATCo workload. Secondly, we present a scenario considering two UAS classified as TML 4 and 7 operating simultaneously, as illustrated in Figure 2. The aircraft start at (0,20) and (-5, 20) and fly to (15,15), which is the position of the FAF. The workload evaluated is 78s whereas the whole sequencing takes 411s. Thirdly, a scenario in which UASs, set at (-5,17) and (-7,10) and classified as TML 5, are conducted through the same path is considered (Figure 3). The second UAS is conducted to a vectoring point at (-3,16) whereas the first UAS is conducted directly to the FAF, at (15,15). Finally, the workload achieved was 120s, and this experiment takes 505s to be executed.

Finally, a scenario in which UAS are conducted through different vectoring point is considered (Figure 4). The UAS, set at (-4,20) and (0,10), are classified as TML 3 and 8. The first UAS (TML 3) is conducted to (7,23) before going to the FAF at (7,23). The second UAS (TML 8) is conducted to (7,8) before going to the FAF. Finally, the duration of this sequencing is 456s, with 154s of workload.

5.4. Case Study IV

In this case study, we consider the operation of UAS along with a traditional aircraft. The traditional aircraft is set at (-5,20) whereas the UAS (TML 0) is set at (-9,10). In order to deliver both aircraft to FAF without conflicts, radar vectoring is needed. As the traditional aircraft is closer to the FAF than the UAS, it may fly direct to the destination. The UAS is, then, vectored to (-5,15) before going to (15,15), i.e., FAF, which is illustrated in Figure 8. The workload achieved was 130s whereas the time of sequencing was 527s.

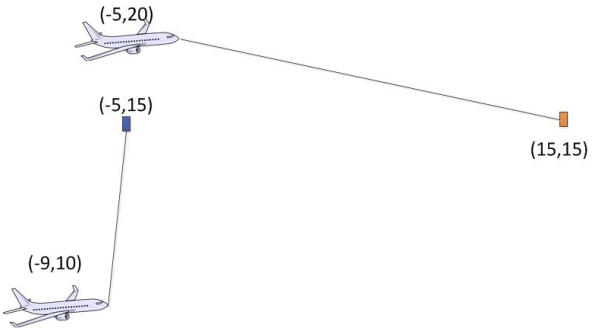


Figure 8: Using radar vectoring on UAS for minimizing sequencing duration.

However, although this solution presents good results in terms of sequencing duration, it presents a high workload. An alternative solution is to vector the traditional aircraft due to the fact of the ATCo is used to deal with these aircraft. Although the sequencing process takes longer, the workload tends to be lower. Thus, Figure 9 illustrates this scenario: considering the same initial position of both aircraft, the traditional aircraft is sent to (-6,12) whereas the UAS goes directly to the FAF. Finally, it presents a higher sequencing duration (613s), but also presents a considerable decrease in workload levels (110s).

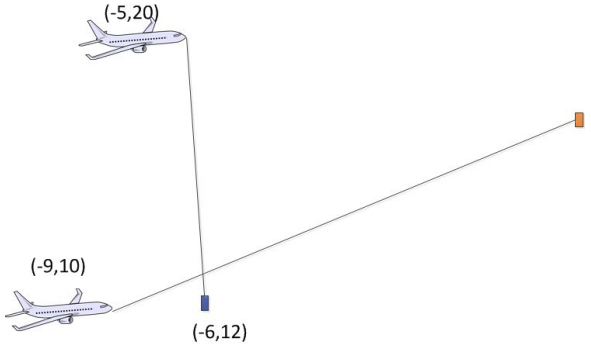


Figure 9: Using radar vectoring on traditional aircraft for minimizing workload.

6. DISCUSSION

The case studies presented in Section 5 showed the applicability of our approach. Case study I only considered traditional aircraft and presented realist values of sequencing duration. The experiments presented was, initially, simple and got more complex gradually (including the avoidance of cumulonimbus). Case study II aimed to show the restrictions of sequencing present in the simulator. As conflicts may represent unsafe states, sequencing with these elements are not considered feasible solution in the simulator. Cumulonimbus also present a considerable impact in sequencing and is not desired to be present in solutions. Case study III illustrates the impacts of UAS presence into shared airspace, varying the level of familiarity of ATCo. The experiments showed a considerable impact on workload level considering the same situations (e.g. position, objective and aircraft performance). Finally, case study IV presented situations in which vectoring can be applied to UAS, in order to reduce the sequencing duration, or to traditional aircraft, to reduce the workload level. Even considering this simple scenario, the impact on both metrics was considerable.

7 . CONCLUSION

In conclusion, this paper described an airspace sequencing simulator, the Final Sector Simulation Tool (FSST), in order to model the sequencing of aircraft considering the UAS presence. The Technology Maturity Level (TML) was also proposed in order to model the level of familiarity of ATCo in the interaction with these autonomous systems. The results achieved were similar to those achieved in realistic scenarios. As future work, the authors intend to extend the simulation tool and to apply it to specific problems, such as optimization.

Acknowledgment

The authors would like to thank Boeing Research & Technology – Brazil (BR&T-Brazil) for the support for this research.

REFERENCES

ICAO, International Civil Aviation Organization. DOC8168: Aircraft Operations (5a edition). 2006.

ICAO, International Civil Aviation Organization. DOC4444: Air Traffic Management (14a edition). 2016.

Capri, S. and IGNACCOLO M. – Genetic algorithms for solving the aircraft-sequencing problem: the introduction of departures into the dynamic model. Journal of Air Transport Management, Volume 10, Issue 5, 2004, Pages 345-351, ISSN 0969-6997, 2004.

S. Alam, H. A. Abbass and M. Barlow, ATOMS: Air Traffic Operations and Management Simulator, in IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, vol. 9, no. 2, pp. 209-225, June 2008.

Hoekstra et. al, BlueSky ATC Simulator Project: an Open Data and Open Source Approach. 2016.

Tra, Martijn, et al. Modeling the Intrinsic Safety of Unstructured and Layered Airspace Designs. 2017.

Marquart, S., et al. "Future development of contrail cover, optical depth, and radiative forcing: Impacts of increasing air traffic and climate change." Journal of Climate 16.17 (2003): 2890-2904.

FINAVIA, Annual Report 2015. Efficiency is backbone of airport competitiveness. 2015.

Guerin, David. "Consideration of wake turbulence during the integration of Remotely Piloted Aircraft into the air traffic management system." Unmanned Aircraft Systems (ICUAS), 2015 International Conference on. IEEE, 2015.

Grindle, Laurie, and Davis L. Hackenberg. "Unmanned Aircraft Systems (UAS) Integration in the National Airspace System (NAS) Project: KDP-A for Phase 2 Minimum Operational Performance Standards." (2016).

Fromm, Michael, et al. "Pyro-cumulonimbus injection of smoke to the stratosphere: Observations and impact of a super blowup in northwestern Canada on 3–4 August 1998." Journal of Geophysical Research: Atmospheres 110.D8 (2005).

Gupta, Suraj G., Mangesh M. Ghonge, and P. M. Jawandhiya. "Review of unmanned aircraft system (UAS)." International journal of advanced research in computer engineering & technology (IJARCET) 2.4 (2013): pp-1646.

IVAO, International Virtual Aviation Organization. Air Traffic Services. 2015.

Mogford, Richard H., et al. The Complexity Construct in Air Traffic Control: A Review and Synthesis of the Literature. CTA INC MCKEE CITY NJ, 1995.

Meckiff, Colin, Renaud Chone, and Jean-Pierre Nicolaon. "The tactical load smoother for multi-sector planning." Proceedings of the 2nd usa/europe air traffic management research and development seminar. 1998.

Majumdar, Arnab, and Washington Ochieng. "Factors affecting air traffic controller workload: Multivariate analysis based on simulation modeling of controller workload." Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board 1788 (2002): 58-69.

Dervic, Amina, and Alexander Rank. "ATC complexity measures: Formulas measuring workload and complexity at Stockholm TMA." (2015).

Suárez, Nicolás, et al. "Quantifying Air Traffic Controller Mental Workload." (2014).

Mankins, John C. Technology readiness levels. White Paper. 1995.

Euclides Carlos Pinto Neto (euclidescpn@usp.br), Derick Moreira Baum (derick.baum@usp.br), Jorge Rady de Almeida Júnior (jorgerady@usp.br), João Batista Camargo Júnior (joaocamargo@usp.br), Paulo Sérgio Cugnasca (cugnasca@usp.br). Av. Professor Luciano Gualberto, número 158, Tv. três - São Paulo, SP, Brazil.

MODELO MULTIOBJETIVO DE ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS PARA DEFINIÇÃO DE BENCHMARKS DAS COMPANHIAS AÉREAS DE PASSAGEIROS E CARGAS

Isabella Couto Carlos
Renata dos Santos Constant
Luciana Gonçalves Machado
João Carlos Correia Baptista Soares de Mello
Universidade Federal Fluminense
Escola de Engenharia

RESUMO
Este artigo analisa a eficiência de empresas aéreas que transportam passageiros e cargas. Devido ao baixo número de unidades produtivas (DMUs – *Decision Making Units*), é utilizado um modelo baseado em MCDEA (*Multiple Criteria Data Envelopment Analysis*) para melhorar o poder discriminatório do método, assim como gerar uma melhor distribuição dos pesos dos *inputs* e o*utputs*. Entretanto, o modelo MCDEA não fornece os benchmarks, importante informação gerencial normalmente obtida por um modelo DEA. Desta forma, é aplicado neste estudo a formulação dos modelos duais subjacentes ao modelo MCDEA de modo a obter os *benchmarks* associados a cada DMU considerada ineficiente. Por fim, o modelo proposto é aplicado nas empresas do setor aéreo e são apresentadas conclusões a partir deste estudo de caso.

ABSTRACT
This paper analyzes the efficiency of airlines that transport passengers and cargo. Due to the low number of production units (DMUs), a Multiple Criteria Data Envelopment Analysis (MCDEA) model is used to improve the discriminatory power of the method, as well as to obtain a better distribution of input and output weights. However, the MCDEA model does not provide the benchmarks, important managerial information normally obtained in the standard DEA model. Thus, the dual formulations associated with the MCDEA model is applied in order to obtain the benchmarks of each inefficient DMU. Finally, the proposed model is applied to airlines and conclusions are presented from this case study.

1. INTRODUÇÃO

Desde 2010 o transporte aéreo é o principal meio de transporte utilizado pelos brasileiros para viagens interestaduais. Em 2016 a participação do transporte aéreo no mercado de serviços de transporte regular era de 65,4% contra 34,6% do transporte rodoviário. As receitas com serviços aéreos das principais empresas brasileiras de transporte aéreo em 2016 aumentaram em relação a 2015: os principais itens foram as receitas com passagens aéreas, seguida da receita de carga (ANAC, 2016).

O regime de livre concorrência se aplica ao setor de transporte aéreo desde 2001, o que representa a liberdade de tarifa e de oferta. A evolução do setor nos últimos anos evidencia que o ambiente de livre concorrência tende a estimular a inovação, a otimização de custos, a melhoria da eficiência, a modicidade tarifária e a manutenção da oferta em níveis compatíveis com o crescimento da demanda (ANAC, 2016).

Com foco em otimização e em melhoria da eficiência do transporte aéreo, diversos autores desenvolveram estudos para avaliação e análise desse mercado (aeroportos, voos e companhias aéreas). Nesse artigo, destacam-se os estudos realizados na avaliação da eficiência das companhias aéreas.

Mallikarjun (2015) e Lozano e Gutiérrez (2014) utilizaram *Network* DEA para calcular a eficiência das companhias aéreas americanas e europeias, respectivamente. Tavassoli *et al.*,

(2014) utilizaram SBM-NDEA no estudo de companhias aéreas iranianas. Omrani e Soltanzadeh (2016) obtiveram a eficiência das companhias aéreas iranianas utilizando uma proposta de modelo *Network* DEA dinâmico, onde a eficiência do sistema e dos processos internos seriam medidos simultaneamente. Li *et al.* (2015) propuseram um novo modelo chamado *Virtual Frontier Network* SBM, uma fronteira virtual com rede baseada em folgas, para avaliar a eficiência de companhias aéreas internacionais. Os autores também destacam em seu artigo diversos estudos anteriores de avaliação de companhias aéreas pela utilização do modelo DEA.

No cenário brasileiro, podem ser citados alguns trabalhos que realizam estudos da eficiência das companhias aéreas por meio de DEA e suas variações. Silveira e Soares de Mello (2009) utilizaram DEA clássico e o método da fronteira invertida para esse fim. Soares de Mello *et al.* (2003) utilizaram um Modelo Multiobjetivo de DEA para encontrar os *benchmarks* das companhias aéreas brasileiras nos anos de 1998, 1999 e 2000. Silveira *et al.* (2008) e Pereira *et al.* (2012) fizeram suas análises utilizando o modelo MCDEA-TRIMAP, proposto por Soares de Mello *et al.* (2006).

Neste estudo foram utilizados os dois modelos adaptados de MCDEA (Li e Reeves, 1999) propostos por Chaves *et al.* (2016), além do modelo DEA clássico, para analisar a relação entre eficiência e *benchmarks* das companhias aéreas brasileiras que transportam cargas e passageiros. É importante destacar que foram levadas em consideração para essa análise apenas as companhias que transportam, simultaneamente, cargas e passageiros. Os dados avaliados foram retirados na base de dados da ANAC e são referentes ao mês de maio de 2017.

Como o modelo MCDEA original de Li e Reeves (1999) não fornece os *benchmarks* das DMUs ineficientes, neste estudo optou-se pela utilização do modelo adaptado desenvolvido por Chaves *et al.*, (2016) em que são determinados modelos duais subjacentes ao modelo de Li e Reeves. Desta forma, são obtidos novos *escores* de eficiência e os *benchmarks* associados a esses novos índices.

O artigo está dividido em 4 seções. A seção 1 introduziu os assuntos que serão tratados ao longo do artigo e na seção 2 está detalhado o referencial teórico. A seção 3 traz o estudo de caso, onde os modelos são aplicados às companhias aéreas brasileiras e, finalmente, a seção 4 apresenta as conclusões obtidas com esse estudo.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Esta seção apresenta os principais conceitos dos modelos utilizados neste estudo, que são: Análise Envoltória de Dados e Modelos MCDEA.

2.1 Análise Envoltória de Dados

A Análise Envoltória de Dados (DEA) é uma técnica não-paramétrica que utiliza programação linear para avaliar a eficiência de unidades produtivas de modo a maximizar suas eficiências, que são obtidas através da comparação da relação entre *inputs* e *outputs* de cada uma dessas DMUs (Charnes *et al.*, 1978).

A modelagem DEA determina uma fronteira eficiente a partir do resultado das eficiências das DMUs analisadas. As que estão situadas nessa fronteira são consideradas eficientes e tornam-

se *benchmarks* das ineficientes, ou seja, elas possuem os níveis de *outputs* e *inputs* que devem ser alcançados pelas DMUs ineficientes a fim de torná-las eficientes.

DEA possui dois modelos clássicos para o cálculo da eficiência o Modelo CCR e o Modelo BCC. O primeiro modelo foi o CCR, proposto por Charnes *et al*. (1978), também conhecido como CRS (Retorno Constante de Escala). Este modelo assume uma relação de proporcionalidade entre *inputs* e *outputs*, ou seja, uma variação nos *inputs* gera uma variação proporcional nos *outputs*. O modelo BCC ou VRS (*Variable Returnos to Scale*) foi desenvolvido por Banker *et al.* (1984) e é caracterizado por uma variação na relação de ganhos ou perdas dos *inputs* e *outputs*.

Ambos os modelos possuem duas formulações, a saber: o Modelo dos Multiplicadores e o Modelo do Envelope. Além disso, os modelos podem ser orientados a *input*, de forma a buscar a minimização de recursos, ou podem ser orientados a *output*, de modo a buscar a maximização dos produtos. Como neste estudo é aplicado o modelo DEA CCR, a seguir é detalhada a formulação matemática do Modelo dos Multiplicadores para o CCR orientado a *input* (1):

$$Max\ \mathrm{E}ff_0 = \sum_{r=1}^{s} u_r\, y_{r0}$$

Sujeito a (1)

$$\sum_{i=1}^{m} v_i\, x_{i0} = 1$$

$$\sum_{r=1}^{s} u_r\, y_{rj} - \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij} \leq 0, j = 1, \ldots, n$$

$$v_i, u_r \geq 0, \forall r, i$$

Onde Eff_0 é a eficiência da DMU 0 em análise; v_i e u_r são os pesos de *inputs i*, *i*=1,..., m , e *outputs r*, *r* =1,..., s respectivamente; x_{ij} e y_{rj} são os *inputs i* e *outputs r* da DMU*j*, *j* =1,..., n ; x_{i0} e y_{r0} são os *inputs i* e *outputs r* da DMU 0.

2.2. Modelo MCDEA

Utilizando como base o Modelo dos Multiplicadores, Li e Reeves (1999) desenvolveram um modelo multiobjetivo a fim de solucionar dois problemas frequentes em DEA: aumentar e melhorar a discriminação das DMUs e promover uma melhor distribuição entre os *intputs* e *outputs*. A baixa discriminação das DMUs é devido a um cenário em que o número de DMUs não é tão grande quando comparado com o número de *inputs* e *outputs* avaliados. Já o segundo problema, referente a distribuição entre os *inputs* e *outputs*, acontece quando uma DMU é eficiente com muitos pesos zeros nos multiplicadores.

Uma DMU é eficiente quando $h_0 = 1$, o que significa que essa DMU tem folga zero, ou seja, $d_0 = 0$. Desta forma, este desvio (ou folga), chamado de *d*, é considerado uma medida de eficiência ao invés de *h*. Assim, o modelo CCR pode ser reformulado conforme (2).

$$Min\ d_0\ (ou\ Max\ \mathrm{E}ff_0 = \sum_{r=1}^{s} u_r\, y_{r0})$$

Sujeito a (2)

$$\sum_{i=1}^{m} v_i\, x_{i0} = 1$$

$$\sum_{r=1}^{s} u_r\, y_{rj} - \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij} + d_j = 0, j = 1, \dots, n$$

$$v_i, u_r, d_j \geq 0, \forall r, i, j$$

Caso a DMU 0 não seja eficiente, seu valor de eficiência é determinado por $h_0 = 1 - d_0$. Logo, a DMU 0 é mais eficiente quanto menor for d_0. Por isso, d_0 pode ser entendido como uma medida de ineficiência.

Para complementar o modelo MCDEA, tem-se duas funções objetivos adicionais. A primeira função objetivo adicional minimiza o desvio máximo e é conhecida como *minimax*. A segunda função objetivo adicional minimiza a soma dos desvios e é chamada de *minisoma*. Esses dois critérios para medida de eficiência (*minimax* e *minisoma*) tendem a restringir a liberdade de escolha para os pesos dos *inputs* e *outputs*. Este modelo tri-objetivo é apresentado em (3):

$$Min\ d_0$$
$$MinMax\ d_j$$
$$Min \sum_{j=1}^{n} d_j$$

Sujeito a (3)

$$\sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij_0} = 1$$

$$\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij} + d_j = 0\,, j - 1, \dots, n$$

$$u_r, v_i \geq 0, \forall r, i, j$$

Cada uma das três funções objetivo é independente com relação às outras, não havendo uma prioridade em relação ao *ranking* de eficiência (Li e Reeves, 1999). Os conceitos de MCDEA podem ser aprofundados no trabalho original desenvolvido por Li e Reeves (1999) e também em Angulo Meza e Estellita Lins (2002), Clímaco *et al.* (2008), Soares de Mello *et al*. (2009), Clímaco *et al.* (2010).

De acordo com Clímaco *et al.* (2003) o modelo MCDEA pode ser resolvido através da sua transformação em um modelo mono-objetivo. Existem três modelos que permitem a solução de um PLMO (Problema Linear Multiobjetivo): otimização da soma ponderada das funções objetivo, a abordagem de pontos de referência e a otimização de uma das funções objetivo, restringindo as restantes (Steuer, 1986; Clímaco *et al*., 2003). Neste trabalho será utilizada a

formulação dual do modelo Li e Reeves (1999) desenvolvida por Chaves *et al*. (2016).

2.3 MCDEA para Definição de *Benchmarks*

Em DEA a determinação dos *benchmarks* é obtida através do dual do modelo dos multiplicadores, conhecido como o modelo do envelope, apresentado em (4):

$$Min\ h_0$$
$$\text{Sujeito a} \qquad (4)$$
$$h_0 x_{i0} - \sum_{j=1}^{n} x_{ij}\,\lambda_j \geq 0, i = 1, \dots, m$$
$$-y_{r0} + \sum_{j=1}^{n} y_{rj}\lambda_j \geq 0, r = 1, \dots, s$$
$$\lambda_j \geq 0, \forall\, j$$

Onde h_0 é a eficiência da DMU0 e λ indica de uma DMU é ou não *benchmark* da DMU em análise. Se $\lambda_j = 0$, então a DMU$_j$ não é *benchmark* da DMU0.

Para obter a formulação dual do modelo Li e Reeves, Chaves *et al*. (2016) mantiveram a primeira função objetivo original transformando as duas outras em restrições. Desta maneira, foram desenvolvidos dois modelos duais parciais, um que considera a primeira e a segunda funções objetivo (MCDEA R12) e outro que considera a primeira e a terceira (MCDEA R13). Em cada um dos modelos parciais a segunda (ou terceira) função objetivo transformada em restrição deverá ser igualada ao seu valor ótimo, enquanto é otimizada a primeira função objetivo.

Os dois modelos duais que serão apresentados a seguir têm sua formulação desenvolvida e provada por Chaves *et al*. (2016).

2.3.1 Dual - MCDEA R12

A formulação abaixo representa o modelo mono-objetivo dual do MCDEA R12:

$$Min\ z = h + \psi\theta$$
$$\text{Sujeito a} \qquad (5)$$
$$\sum_{j=1}^{n} y_{rj}\lambda_j - \sum_{j=1}^{n} y_{rj}\theta \geq y_{r0} \forall r, r = 1, \dots, s$$
$$x_{i0}h - \sum_{j=1}^{n} x_{ij}\lambda_j + \sum_{j=1}^{n} x_{ij}\theta \geq 0 \forall i, i = 1, \dots, m$$
$$\lambda_j \geq 0, h, \theta\ livre$$

Quando $\theta = 0$; $h = 1$, então a DMU em questão é *minisoma* eficiente. De acordo com Chaves *et al*. (2016) isso implica dizer que a DMU é eficiente, e assim o modelo equivale ao modelo do envelope, e pode-se dizer que λ tem o mesmo significado. A variável ψ é o valor ótimo da segunda função objetivo original do modelo Li e Reeves (1999) e pode ser obtido através da formulação abaixo:

$$Min\ \psi = \sum_{j=1}^{n} \left(\left(-\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj} \right) + \left(\sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij} \right) \right)$$

Sujeito a (6)

$$\sum_{i=1}^{m} v_i x_{i0} = 1$$

$$\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij} \leq 0, j = 1, \dots, n$$

$$u_r, v_i \geq 0, \forall r, i \geq 0$$

2.3.2 Dual - MCDEA R13

A formulação abaixo representa o modelo mono-objetivo dual do MCDEA R13:

$$\min k = h + \varphi\theta$$

Sujeito a (7)

$$\sum_{j=1}^{n} y_{rj}\lambda_j - \sum_{j=1}^{n} y_{rj}\delta_j \geq y_{r0} \; \forall r, r = 1, \dots, s$$

$$x_{i0}h - \sum_{j=1}^{n} x_{ij}\lambda_j + \sum_{j=1}^{n} x_{ij}\delta_j \geq 0 \; \forall i, i = 1, \dots, m$$

$$\sum_{j=1}^{n} (-1)\delta_j + \theta \geq 0$$

$$\lambda_j, \delta \geq 0$$

Diferente do dual apresentado na seção anterior, não é suficiente que θ seja zero para se equivaler ao modelo do envelope. Neste modelo são inseridos termos adicionais de maneira a não permitir eficiência negativas no BCC, assim como utilizado em Soares de Mello *et al*. (2013). Neste modelo quando $\theta = 0, h = 1, \lambda_0 = 1$ e $\lambda_j \neq 0, \forall\, j \neq 0$; ai sim pode-se dizer que a DMU0 é *minimax* eficiente, e como provado por Chaves *et al*. (2016), isso equivale a dizer que a DMU0 é eficiente e λ tem a mesma interpretação que o modelo DEA padrão. A variável φ é o valor ótimo da terceira função objetivo original e pode ser calculado através da formulação:

$$Min\ \varphi$$

Sujeito a (8)

$$\sum_{i=1}^{m} v_i x_{i0} = 1$$

$$\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^{m} v_i\, x_{ij} \leq 0, j = 1, \dots, n$$

$$\varphi - \left(\sum_{i=1}^{m} v_i\, x_{ij} - \sum_{r=1}^{s} u_r\, y_{rj} \right) \geq 0, j = 1, \dots, n$$

$$u_r, v_i \geq 0 \; \forall r, i, \varphi \geq 0$$

3. ESTUDO DE CASO

O objetivo deste estudo é analisar a relação entre eficiência e *benchmarks* de companhias de

aviação aérea que transportam cargas e passageiros a partir da aplicação de três modelos, à saber: DEA CCR e os dois duais parciais MCDEA, grupo de equações (5) a (8), desenvolvidos por Chaves *et al.* (2016). Para o desenvolvimento do estudo foram utilizados os dados disponibilizados no *site* da ANAC.

Serão analisadas as companhias aéreas brasileiras que decolaram no mês de Maio de 2017, excluindo os grupos de voos improdutivos. Como objetivo deste estudo é analisar a eficiência das companhias aéreas, foram escolhidas variáveis relacionadas a operação dessas empresas. Como *inputs* serão utilizados: combustível e peso máximo de decolagem (neste item são contabilizados peso estimado de passageiros e cargas). O *input* combustível representa uns dos principais custos operacionais do setor e segundo Chang *et al.* (2013) o consumo de combustível é a principal causa de ineficiência para as companhias aéreas no aspecto econômico e ambiental. Além disso, a variável combustível também foi utilizada como *input* nos estudos de Lozano e Gutierrez (2011) e Greer (2006). A variável peso máximo de decolagem denota a capacidade de transporte da frota da empresa e foi usada como *input* nos trabalhos de Correia *et al.* (2011), Pereira *et al.* (2012) e Silveira *et al.* (2012).

As variáveis utilizadas como *outputs* neste estudo são: passageiros vezes quilômetros percorridos e carga vezes quilômetros percorridos. Essas variáveis representam o número total de passageiros e a carga total transportada multiplicadas pela distância percorrida (em quilômetros) por todas aeronaves da frota da empresa. Estas variáveis também foram utilizadas nos estudos de Gomes Júnior et al. (2015) e Correia *et al.* (2011).

Três companhias foram retiradas da análise por não respeitarem o critério inicial de transporte de passageiros e cargas, a saber, a Abaeté por não transportar cargas e a Absa e Sideral por não transportarem passageiros. Desta maneira a Tabela 1 apresenta os valores de *inputs* e *output*s para as DMUs que serão avaliadas:

Tabela 1: Valores de *Input* e *Output*

DMU	Combustível	Peso Máximo de Decolagem	Passageiro x Km	Carga x Km
Avianca	35523	129224	77395868	15620994
Azul	74741	239614	130304896	10519725
Gol	97877	374654	254315893	12044220
Latam	136650	386758	328526200	78756888
Map	307	1770	28349	1042
Passaredo	1636	10251	1478897	1208
Total	1111	4531	145001	1086413

Para o cálculo da eficiência padrão foi utilizado um modelo DEA CCR com orientação à *output* visto que o objetivo desta operação é aumentar o número de passageiros e quantidade de carga transportadas. A eficiência padrão foi calculada através do *software* SIAD (Angulo Meza *et al.*, 2005) e para MCDEA foi utilizado o *software* Lindo.

A Tabela 2 apresenta os valores de eficiência encontrados e indica se a DMU em questão é *minisoma* ou *minimax* eficiente. E as Tabelas 3 e 4 apresentam os resultados obtidos nos duais MCDEA R12 e MCDEA R13.

Tabela 2: Valores de Eficiência Calculados

DMU	Eficiência Padrão	Eficiência MCDEA R12	MiniSoma Eficiente	Eficiência MCDEA R13	MiniMax Eficiente
Avianca	0,893	0,893		0,893	
Azul	0,704	0,773		0,773	
Gol	1	1	Sim	1	Sim
Latam	1	1	Sim	1	Sim
Map	0,051	0,035		0,035	
Passaredo	1	0,355		0,348	
Total	1	0,978		1	Sim

No modelo DEA Clássico foram encontradas quatro DMUs eficientes, já no MCDEA R13 três, e no MCDEA R12 apenas duas. Isso indica que, de fato, os modelos MCDEA são mais discriminatórios. As companhias Gol e Latam foram eficientes nos três modelos calculados.

Através da análise da Tabela 3 é possível verificar que Gol e Latam são *minisoma* eficientes no modelo MCDEA R12 já que $h = 1$ e $\theta = 0$. E, da mesma maneira, pela Tabela 4, é possível verificar que a Gol, Latam e Total são *minimax* eficientes.

Além disso, de acordo com Chaves *et al.* (2016) era esperado que as eficiências em MCDEA fossem menores ou iguais à eficiência padrão, no entanto isso não ocorreu para a Azul, que em ambos os duais MCDEA alcançou eficiência maior que no modelo CCR.

Tabela 3: Resultados do dual MCDEA_R12

DMU	h	λ_1	λ_2	λ_3	λ_4	λ_5	λ_6	λ_7	θ
Avianca	0,8929	0	0	0,0600	0,1892	0	0	0	0
Azul	0,7732	0	0	0,4235	0,0688	0	0	0	0
Gol	1	0	0	1	0	0	0	0	0
Latam	1	0	0	0	1	0	0	0	0
Map	0,0354	0	0	0,0001	0	0	0	0	0
Passaredo	0,3255	0	0	0,0085	0	0	0	0	0,0009
Total	0	0	0	0	0,0301	0	0	0,1576	0,0123

A partir da Tabela 3, é possível verificar que as companhias eficientes (Gol e Latam) são as DMUs que mais vezes aparecem como *benchmark* para as DMUs ineficientes. Com exceção da Total que além da Latam também se apresenta como *benchmark* de si própria. É importante citar que a Total se apresenta neste modelo com um valor de eficiência muito alto 0,978. No entanto, diferente das DMUs eficiente, ela zerou o valor de h e possui o maior valor de θ. É necessário que sejam investigados em estudos futuros qual o significado e interpretações reais para esses parâmetros.

Tabela 4: Resultados do dual MCDEA_R13

DMU	h	λ_1	λ_2	λ_3	λ_4	λ_5	λ_6	λ_7
Avianca	0,8929	0	0	0,0600	0,1892	0	0	0
Azul	0,7732	0	0	0,4235	0,0688	0	0	0
Gol	1	0	0	1	0	0	0	0
Latam	1	0	0	0	1	0	0	0
Map	0,0354	0	0	0,0001	0	0	0	0

DMU	*h*	λ_1	λ_2	λ_3	λ_4	λ_5	λ_6	λ_7
Passaredo	0,3479	0	0	0,0058	0	0	0	0
Total	1	0	0	0	0	0	0	1
DMU	δ_1	δ_2	δ_3	δ_4	δ_5	δ_6	δ_7	θ
Avianca	0	0	0	0	0	0	0	0
Azul	0	0	0	0	0	0	0	0
Gol	0	0	0	0	0	0	0	0
Latam	0	0	0	0	0	0	0	0
Map	0	0	0	0	0	0	0	0
Passaredo	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	0	0	0	0	0	0	0	0

De acordo com a Tabela 4, as companhias Gol e Latam, que são eficientes, continuam sendo as mais vezes indicadas como *benchmark* para as DMUs ineficientes. A não ser para a Total que neste modelo é eficiente e é *benchmark* de si mesma.

4. CONCLUSÃO

Conforme já informado em sessões anteriores, o modelo Li e Reeves foi desenvolvido para sanar duas questões em DEA: a pouca discriminação e os pesos zeros das variáveis de decisão. Este modelo tri objetivo, denominado MCDEA, resolve estas questões. Em contrapartida não calcula os *benchmarks* das DMUs ineficientes. Desta maneira, foi desenvolvido por Chaves *et al.* (2016) dois modelos duais parciais, que transformam o modelo multiobjetivo em mono-objetivo, facilitando assim o seu uso para a definição de *benchmarks*. Neste trabalho foram calculados as eficiências e os *benchmarks* de sete companhias aéreas brasileiras, através de três modelos, DEA CCR, Dual MCDEA com as funções objetivo 1 e 2, e o Dual MCDEA com as funções objetivo 1 e 3.

Diferente do que informado em Chaves *et al*. (2016), neste estudo de caso foi possível perceber que nem sempre as eficiências em MCDEA são menores ou iguais ao DEA CCR, como aconteceu com a Companhia Aérea Azul. Com relação à discriminação, o modelo MCDEA R12 se mostrou o mais discriminatório, obtendo apenas duas DMUs eficientes: Gol e Latam.

Em alguns casos identificaram mais de um *benchmark* para DMUs ineficientes. A Tabela 5 apresenta um resumo com relação aos *benchmarks* calculados entre os três modelos.

Tabela 5: *Benchmarks*

DMU	DEA Padrão CCR orientado a *output*	*Benchmark* MCDEA R12	*Benchmark* MCDEA R13
Avianca	Gol e Latam	Gol e Latam	Gol e Latam
Azul	Gol e Latam	Gol e Latam	Gol e Latam
Gol	Gol	Gol	Gol
Latam	Latam	Latam	Latam
Map	Gol e Passaredo	Gol	Gol
Passaredo	Passaredo	Gol	Gol
Total	Total	Latam e Total	Total

Pela Tabela 5 é possível verificar que a Gol é indicada mais vezes como *benchmark*, seguida

da Latam, Total e Passaredo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANAC (2016) *Anuário do Transporte Aéreo*. <Disponível em http://www.anac.gov.br/assuntos/dados-e-estatisticas/dados-do-anuario-do-transporte-aereo>.

Angulo Meza, L. e M. P. Estellita Lins (2002) Review of methods for increasing discrimination in data envelopment analysis. *Annals of Operations Research*, v. 116 (1–4), p. 225–242.

Angulo Meza, L.; Biondi Neto, L.; Soares de Mello, J. C. C. B. e E. G. Gomes (2005) ISYDS - Integrated System for Decision Support (SIAD - Sistema Integrado de Apoio à Decisão): a software package for data envelopment analysis model. *Pesquisa Operacional*, v. 25, n. 3, p. 493-503.

Banker R. D.; A. Charnes e W. W. Cooper (1984) Some models for estimating technical scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management Science*, v.30, n.9, p.1078-1092.

Chang, Y. T.; Park, H. S.; Jeong, J. B. e J. W. Lee (2013) Evaluating economic and environmental efficiency of global airlines: A SBM-DEA approach. *Transportation Research Part D*, v. 27, p. 46-50.

Charnes, A.; Cooper, W.W. e E. Rhodes (1978) Measuring the efficiency of decision-making units. *European Journal of Operational Research*, v. 2, n. 6, p. 429–444.

Chaves, M. C. C.; Soares de Mello, J. C. C. B. e L. Angulo Meza (2016) Studies of some duality properties in the Li and Reeves model. *Journal of the Operational Research Society*, v. 67, n. 3, p. 474-482

Clímaco J. C. N.; Soares de Mello, J. C. C. B. e L. Angulo Meza (2008) *Performance measurement—From DEA to MOLP*. In: Adam F and Humphreys P (eds). Encyclopedia of Decision Making and Decision Support Technologies. IGI Global: Hershey.

Clímaco, J. C. N., Antunes, C. H. e M. J. G. Alves (2003) *Programação Linear Multiobjectivo*. Imprensa da Universidade, Coimbra.

Clímaco, J. C. N.; Soares de Mello, J. C. C. B. e L. Angulo Meza (2010) A study of highways performance with a MOLP-DEA model and an interactive tri-criteria linear programming package (TRIMAP). *Brazilian Journal of Operations and Production Management*, v. 7, n. 1, p. 163–179.

Correia, T. C. V. D.; Soares de Mello, J. C. C. B. e L. Angulo-Meza (2011) Assessment of Brazilian airlines technical efficiency: a study using data envelopment analysis and fuzzy sets. *Produção*, v. 21, n. 4, p. 676-683.

Gomes Júnior, S. F.; Rubem, A. P. S.; Soares de Mello, J. C. C. B. e L. Angulo-Meza (2015) Evaluation of Brazilian airlines nonradial efficiencies and targets using an alternative DEA approach. *International Transactions in Operational Research*, v. 23, p. 669-689.

Greer, M. R. (2006) Are the discount airlines actually more efficient than the legacy carriers? A data envelopment analysis. *International Journal of Transport Economics*, v. XXXIII, n. 1, p. 37–55.

Li, X. B. e G. R. Reeves (1999) A multiple criteria approach to data envelopment analysis. *European Journal of Operational Research*, v. 115, n. 3, p. 507–517.

Li, Y.; Wang, Y. e Q. Cui (2015) Evaluating airline efficiency: An application of Virtual Frontier Network SBM. *Transportation Research Part E*, v. 81, p. 1–17.

Lozano, S. e E. Gutiérrez (2011) A multiobjective approach to fleet, fuel and operating cost efficiency of European Airlines. *Computers & Industrial Engineering*, v. 61, p. 473 – 481.

Lozano, S. e E. Gutiérrez (2014) A slacks-based network DEA efficiency analysis of European airlines. *Transportation Planning and Technology*, v. 37, n. 7, p. 623–637.

Mallikarjun, S. (2015) Efficiency of US airlines: A strategic operating model. *Journal of Air Transport Management*, v. 43.

Omrani, H. e E. Soltanzadeh (2016) Dynamic DEA models with network structure: An application for Iranian airlines. *Journal of Air Transport Management*, v. 57, p. 52–61.

Pereira, E. R.; Silveira, J. Q. e M. C. C. Chaves (2012) Eficiência de empresas aéreas: uma análise baseada no modelo de Li & Reeves. *Journal of Transport Literature*, v. 6, n. 2, p. 105-123.

Silveira, J. Q. e J. C. C. B. Soares de Mello (2009) Avaliação da Eficiência das Companhias Aéreas Brasileiras por meio de modelos avançados em Análise Envoltória de Dados. *In: XXIII ANPET - Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes*, Vitória. Panorama Nacional da Pesquisa em Transportes.

Silveira, J. Q.; Pereira, E. R.; Correia, T. C. V. D.; Soares de Mello, J. C. C. B.; Clímaco, J. C. N. e L. Angulo Meza (2008) Avaliação da eficiência das companhias aéreas brasileiras com uma variação do modelo de Li e Reeves. *Engevista*, v. 10, n. 2, p. 145-155.

Silveira, J. Q.; Soares de Mello, J. C. C. B. e L. Angulo Meza (2012) Identificação de benchmarks e anti-benchmarks para companhias aéreas usando modelos DEA e fronteira invertida. *Produção*, v. 22, n. 4, p. 788-795.

Soares de Mello, J. C. C. B.; Angulo Meza L.; Silveira J. Q. e E. G. Gomes (2013) About negative efficiencies in cross evaluation BCC input oriented models. *European Journal of Operational Research*, v. 229, n. 3, p. 732–737.

Soares de Mello, J. C. C. B.; Angulo Meza, L.; Gomes, E. G.; Serapião, B. P. e M. P. E. Lins (2003) Análise de envoltória de dados no estudo da eficiência e dos benchmarks para companhias aéreas brasileiras. *Pesquisa Operacional*, v. 23, n. 2, p. 325-345.

Soares de Mello, J. C. C. B.; Clímaco, J. C. N. e L. Angulo Meza (2006) Índice de eficiência MCDEA-TRIMAP, *XXXVIII Simposio Brasileiro de Pesquisa Operacional*.

Soares de Mello, J. C. C. B.; Clímaco, J. C. N. e L. Angulo Meza (2009) Efficiency evaluation of a small number of DMUS: An approach based on Li and Reeves's model. *Pesquisa Operacional*, v. 29, n. 1, p. 97–110.

Steuer, R. E. (1983) *Operating Manual for the ADBASE Multiple Objective Linear Programming Package*. Terry College of Business, University of Georgia: Athens, GA.

Tavassoli, M.; Faramarzi, G. R. e R. Farzipoor Saen (2014) Efficiency and effectiveness in airline performance using a SBM-NDEA model in the presence of shared input. *Journal of Air Transport Management*, v. 34, p. 146-153.

ASPECTOS ECONÔMICOS E GEOGRÁFICOS DA OFERTA DE TRANSPORTE AÉREO REGULAR REGIONAL NO BRASIL

Hugo Vieira de Vasconcelos
Beatriz Lagnier Gil Ferreira
Marcelino Aurélio Vieira da Silva
Programa de Engenharia de Transportes – PET/COPPE
Universidade Federal do Rio de Janeiro

RESUMO
Este texto contém avaliações econômicas e geográficas acerca da oferta de transporte aéreo regular de passageiros no mercado classificado como regional no Brasil. São avaliados a oferta (de assentos e de voos) nos mercados regionais, o efeito da competição na oferta e nos preços praticados em linhas regionais, a discriminação intertemporal de preços e o impacto geográfico da distribuição da população no entorno dos aeródromos regionais. Os resultados mostram que os melhores modelos de oferta em rotas regionais são aqueles que consideram população abrangidas por um raio de 100 km no aeroporto de origem e de destino. Além disso, verificou-se que a concorrência em rotas regionais tem um impacto significativo no aumento da oferta de assentos e de voos, mas um impacto limitado na queda do preço das passagens.

ABSTRACT
This text contains economic and geographic evaluations on the offer of regular regional passenger flights in Brazil. The aim was to assess the supply of seats and flights in regional markets, the effect of competition on supply and prices on regional routes, intertemporal price discrimination and the geographical impact of population distribution around regional aerodromes. The results show that the best offer models are the ones that consider the population covered by a radius of 100 km from both origin and destination airports. Also, it was seen that the competition on regional routes has a significant impact on the increase in seats and flights offer, but has a limited impact on the drop in fares.

1. INTRODUÇÃO

A aviação regional possui um importante papel na vida econômica e social de qualquer país. Contudo, no Brasil, este segmento apresenta um grau de desenvolvimento inferior ao desejável para o atual estágio da economia (Turolla, Lima e Ohira, 2011).

Embora represente uma parcela reduzida do tráfego aéreo regular brasileiro, a prestação do serviço aéreo regional regular possui um poder multiplicador sobre a economia das localidades (e respectivas regiões de influência) que atende, seja por meio do estímulo à realização de negócios, a prestação de serviços em geral, a fixação de populações interioranas, ou o fomento à atividade turística. Também é importante ressaltar os benefícios de caráter social que a manutenção e a regularidade que esta modalidade de serviço de transporte propicia para localidades cujas características geográficas dificilmente poderiam ser acessadas utilizando modos de transporte de superfície, como ocorre em grande parte da Região Amazônica (Bettini, 2007; Ribeiro, 2011).

As dimensões continentais do território brasileiro, com aproximadamente 8.500.000 km² de área territorial e mais de 5500 municípios, realçam a importância da aviação regional, visto que a existência de ligações aéreas regulares funciona como elemento para integração nacional e para o atendimento de necessidades básicas em cidades localizadas em regiões remotas (Bettini, 2007; Ribeiro, 2011). Além disso, no caso do Brasil os serviços aéreos regionais acabam adquirindo caráter ainda mais notável dada a precariedade de infraestrutura de transporte, terrestre e hidroviário, do país, e a distância entre regiões mais afastadas (Ribeiro, 2011).

O setor da aviação regional possui um desafio quanto à sua alocação deficiente, pela necessidade da continuidade e disponibilidade do serviço, principalmente em áreas isoladas. As prováveis baixas demandas podem resultar em desinteresse das empresas aéreas em prestar esse serviço, muitas vezes importante, no desenvolvimento social e econômico de extensas regiões (Sampaio, Andrade e Dourado, 2016).

Contudo, apesar de suas dificuldades, diversos aeroportos em cidades do interior do país são utilizados em operações regulares e em ligações sistemáticas por algumas empresas aéreas nacionais e regionais. A investigação acerca das motivações econômicas que levaram essas empresas a atenderem a esses mercados pode ser um fator crucial para as decisões dos governos e das empresas em investirem em novos mercados (Sampaio, Andrade e Dourado, 2016).

De acordo com Gillen e Hazledine (2015), atualmente, há um *gap* na literatura quanto à análise da forma como a estrutura do mercado afeta a oferta de assentos e o nível das tarifas nos mercados regionais de viagens aéreas. Fernandes, Braga e Pacheco (2013) também colocam que é importante estudar a distribuição espacial da oferta de transporte aéreo, pois é um fator fundamental para estimar o potencial de negócios, tanto para os aeroportos quanto para as companhias aéreas.

Desta forma, sob esta motivação, o objetivo deste trabalho é estudar os aspectos econômicos e geográficos da oferta de transporte aéreo regular no Brasil, avaliando o efeito da competição em linhas regionais, a discriminação intertemporal de preços no mercado regional e o impacto geográfico da distribuição da população no entorno dos aeródromos regionais.

A partir desta introdução, o artigo se divide em outras 4 seções. A seção 2 apresenta um breve referencial teórico acerca do setor de aviação regional no país. A seção 3 descreve os materiais e métodos utilizados na realização do trabalho. Em seguida, a seção 4 apresenta os resultados e a análise dos mesmos. Por fim, a seção 5 traz as conclusões do estudo.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Este referencial teórico é divido em duas partes. Primeiramente serão abordados aspectos do mercado de aviação regional no país. Em seguida serão apresentados alguns trabalhos que conduziram estudos similares a este.

Na literatura, não há uma definição exata e consistente para aviação regional, desta forma, para a realização deste trabalho, adotou-se a definição presente na legislação brasileira, mais especificamente na Lei nº 13.097/2015, que criou o Programa de Desenvolvimento da Aviação Regional (PDAR), e define:

> "Art. 115. Para os fins desta Lei, considera-se:
> I - aeroporto regional: aeroporto de pequeno ou médio porte, com movimentação anual (passageiros embarcados e desembarcados) inferior a 600.000 (seiscentos mil) passageiros; e
> II - rotas regionais: voos que tenham como origem ou destino aeroporto regional.
> Parágrafo único. Na região da Amazônia Legal, o limite de que trata o inciso I será ampliado para 800.000 (oitocentos mil) passageiros por ano."

Em um país com escassez de recursos e dimensões continentais como o Brasil, onde existe grande dificuldade financeira para implementar obras rodoviárias e ferroviárias, a aviação torna-se um caminho para integração do interior aos grandes centros e litoral do país, pois conta com uma menor dificuldade na execução dos projetos (Sampaio, Andrade e Dourado, 2016).

Contudo, atualmente não há, no Brasil, uma infraestrutura adequada, que comporte a operação de uma aviação regional com os padrões de qualidade e segurança exigidos e normatizados na legislação aeronáutica em vigor. De modo a resolver este problema estrutural, o Governo Federal lançou o PDAR com o objetivo de dotar o país de uma rede de aeroportos regionais operando a preços competitivos, de forma a garantir que 96% da população brasileira esteja a 100 quilômetros ou menos de um aeroporto com condições de operar voos regulares (SAC, 2015; Sampaio, Andrade e Dourado, 2016)

O programa visa ampliar, reformar ou construir 270 aeroportos, bem como aumentar a capacidade dos Estados e municípios de geri-los e subsidiar as passagens e tarifas em voos regionais, de modo a aproximar seu preço do das passagens de ônibus, tornando-o mais acessível à população, geralmente com baixa renda. Estão previstos investimentos de cerca de R$ 7,3 bilhões, que impactarão não só o mercado aéreo como um todo, mas também o setor de turismo (SAC, 2015)

O desenvolvimento da aviação regional possui benefícios concentrados, principalmente no potencial de criação de concorrência, desafiando o oligopólio hoje presente no setor de transporte aéreo, e na preservação de empregos, estimulando o desenvolvimento local (Turolla, Lima e Ohira, 2011).

Atualmente, verifica-se que o mercado de aviação regional brasileiro é composto por 7 empresas: Avianca, Azul, Flyways, GOL, LATAM, MAP e Passaredo. Destaca-se que somente em 16% das rotas regionais há a mais de uma empresa operante, reforçando a existência de uma concentração de mercado, que poderá ser abalada caso o mercado regional se desenvolva (ANAC, 2016).

De modo a entender como estas empresas se comportam no mercado doméstico, foi conduzida uma busca na literatura com intuito de encontrar trabalhos que realizassem este tipo de análise. Constatou-se que poucos estudos focam na análise da oferta de serviços de transporte aéreo. Um número menor ainda foca na aviação regional.

Entre os trabalhos encontrados, destaca-se o de Fernandes, Braga e Pacheco (2013), que verificaram como a distribuição espacial de oferta de assentos era em 2004, antes do colapso da VARIG, e em 2008, quando o mercado já havia se estabilizado.

Os autores relacionaram a oferta semanal de assentos, em cidades brasileiras, com o potencial da cidade (estabelecido pelo IBGE), para os anos estudados; e avaliaram a alteração na oferta, entre 2004 e 2008, relacionando com a variação do PIB do país (Fernandes, Braga e Pacheco, 2013). Contudo, os autores abordaram o transporte doméstico no país, deixando de avaliar a aviação regional separadamente.

Gillen e Hazledine (2015), por sua vez, focaram na análise acerca da forma que a estrutura do mercado afeta a oferta de assentos e o nível das tarifas nos mercados regionais de viagens

aéreas. Os autores estudaram voos em rotas regionais regulares em seis países: Austrália, Canada, Nova Zelândia, Noruega, Suécia e 3 estados dos Estados Unidos (Arizona, Colorado e Oregon), por serem similares às demais regiões estudadas.

Gillen e Hazledine (2015) criaram modelos econométricos com os preços dos serviços regionais ofertados, e a dimensão da oferta, incluindo frequência de voos e número de assentos ofertados em rotas regionais, relacionando com o tipo de aeronaves utilizadas, dados socioeconômicos dos locais estudados.

Demais trabalhos encontrados focaram no estudo da demanda, relacionando RPK (*revenue-passenger kilometers*) com o PIB do país. Contudo, como o foco deste trabalho é a avaliação da oferta de serviço, estes não serão abordados.

3.MATERIAIS E MÉTODOS

Dos 110 aeroportos com autorização para operação de voos regulares até a realização deste artigo, 75 se enquadraram nas definições da Lei 13.097 e foram considerados deste estudo. A Figura 1 apresenta a localização destes aeroportos considerados regionais e que possuem oferta de voos regulares.

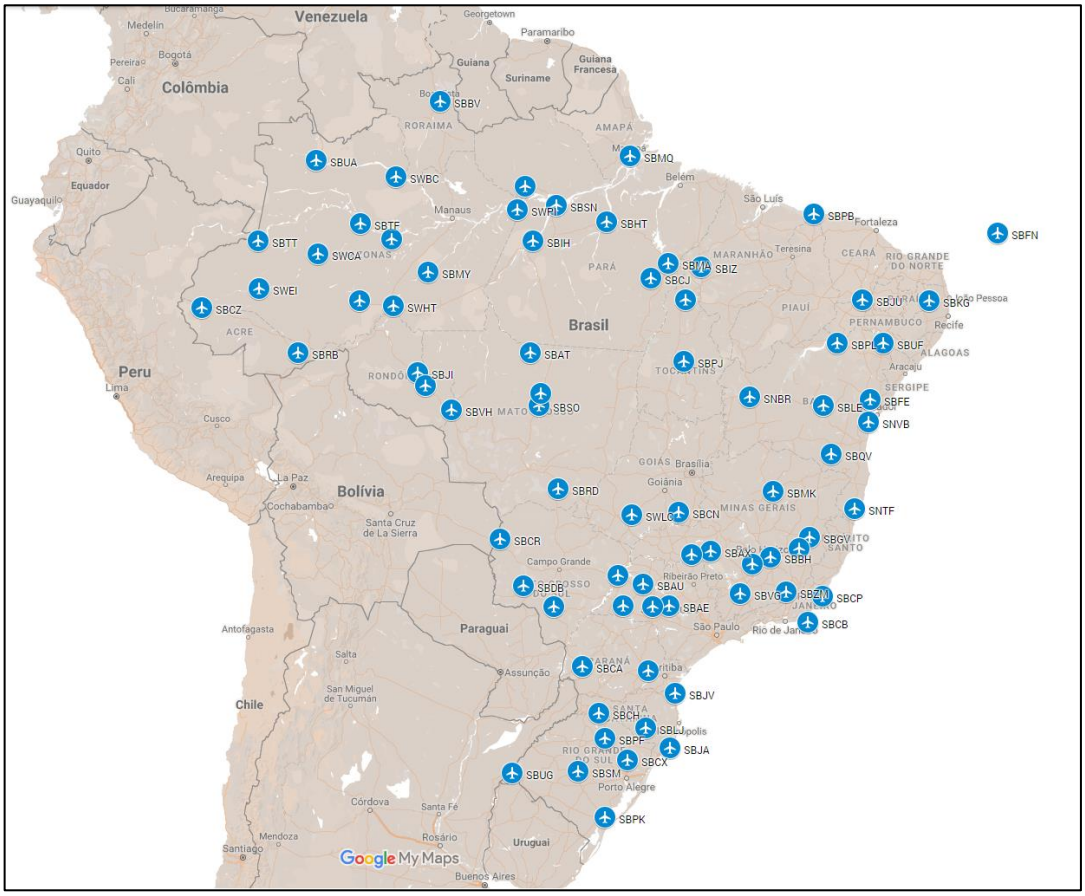


Figura 1: Localização dos aeroportos regionais no Brasil com operação de voos regulares.
Fonte: Elaboração própria.

Nestes aeroportos, há 251 linhas, as quais foram consideradas "rotas regionais" pela definição legal. Sete empresas aéreas possuíam, em novembro de 2016, autorização para operação nestas

rotas (Avianca, Azul, Flyways, GOL, LATAM, MAP, Passaredo). Interessante observar que em apenas 41 destas 251 linhas regionais foi observado mais de uma empresa operando, ou seja, em mais de 83% das linhas regionais há apenas uma empresa aérea oferecendo voos regulares.

Por meio dos dados disponibilizados pela ANAC (2016), foi possível obter a oferta de voos e de assentos diários por cada empresa em cada uma das rotas regionais. Conforme observado por Gillen e Hazledine (2015), seria ideal saber os dados referentes ao número exato de passageiros transportados, contudo, de acordo com Postorino (2010) as características da oferta são fortemente dependentes de níveis de demanda. Desta forma, para efeitos da presente análise, pode-se esperar uma correlação entre a oferta de assentos e o número de assentos de fato ocupados, considerando que as empresas aéreas não persistiriam com voos em determinadas rotas, com menos assentos ocupados do que um *load-factor* desejável (tipicamente entre 75% e 85%). Esta correlação se deve à liberdade que as empresas aéreas possuem, no Brasil, de ofertar livremente as linhas que desejarem.

Por apresentar um objetivo semelhante ao do presente estudo, para realização deste, a metodologia utilizada se baseou na apresentada por Gillen e Hazledine (2015). Primeiramente, foi avaliado o modelo gravitacional, com o qual procurou-se explicar o logaritmo do número de assentos, ou voos, oferecidos em uma rota a partir das demais variáveis. Aqui, estudou-se a melhor forma de representar a população na origem e no destino. Assim, foram consideradas 4 abrangências de corte transversal, tanto para a origem quanto para o destino, de forma a selecionar aquelas que melhor se adequam ao modelo:

- Na cidade de origem ou destino (***POP_O*** ou ***POP_D***, respectivamente)
- Em um raio de 50 km do aeroporto de origem ou destino (***POP_O_50*** ou ***POP_D_50***, respectivamente)
- Em um raio de 100 km do aeroporto de origem ou destino (***POP_O_100*** ou ***POP_D_100***, respectivamente)
- Em um raio de 150 km do aeroporto de origem ou destino (***POP_O_150*** ou ***POP_D_150***, respectivamente)

Além da oferta de serviços, o presente estudo buscou analisar os preços a que estes eram oferecidos. Para isso, foi conduzida uma pesquisa de preços, durante o mês de janeiro de 2017, nos sites das empresas aéreas, de forma a obter, para cada rota, para cada empresa que nela opera, o preço da menor tarifa disponível (considerando voo direto) em cinco datas futuras.

Foram coletadas as menores tarifas para uma viagem com antecedência de 1, 8, 15, 36 e 50 dias, a semelhança do estudo de Gillen e Hazledine (2015), apenas para voos de ida, uma vez que não foram observadas diferenças de preços para as passagens adquiridas juntamente com o retorno. As datas da pesquisa foram determinadas, de modo que as datas das passagens não coincidissem com grandes feriados, notadamente com o Carnaval (de 24 de fevereiro a 01 de março), de modo a não majorar o preço das passagens em datas futuras.

Após desconsiderar as buscas para as quais não foram encontradas passagens disponíveis, foram obtidos um total de 1441 observações de preços praticados. Os preços das passagens foram convertidos para dólar norte americano, com a data base de 18 de janeiro de 2017 (US$ 1,00 = R$ 3,22).

Outros dados que foram obtidos para estudar a precificação praticada pelas empresas aéreas foram:

- Distância, em quilômetros, pelo ar, entre dois aeroportos (***DISTAIR***)
- Antecedência (em dias) da pesquisa em relação à data da viagem (***DAYSB4***)
- Tipo de aeronave utilizada na rota. Foi adotada a variável dummy ***TURBOPROP***, que assume valor 1 para o caso da aeronave ser turboélice (tipicamente ATR 72 ou ATR 42, para as operações regulares no Brasil) ou 0, caso seja uma aeronave a jato. Alguns estudos de precificação consideram ainda a existência de uma terceira categoria, de aeronaves de pequeno porte, com menos que 30 assentos, por exemplo. No entanto, no Brasil, não são verificados voos regulares ofertados com aeronaves deste porte.
- *Hirschman-Herfindahl Index* (***HHI***), definido como a soma dos quadrados dos *Market-shares* na rota. É utilizado como medidor de concentração/competição do mercado, assumindo valor 1 para um caso de monopólio, e valores menores para mercados com concorrência.
- Número de assentos oferecidos diariamente no mesmo sentido na rota (***ROUTESEATS***)
- Número de voos ofertados diariamente em uma determinada rota (***NFLIGHTS***)
- ***RATTIME***: definida como a razão entre o tempo de viagem entre duas cidades pela via terrestre e pela via aérea. Importante observar que algumas cidades da Amazônia não são conectadas por via terrestre. Nestes casos, adotamos um valor muito grande para o tempo de viagem terrestre, de forma a possibilitar a aplicação do modelo.
- ***AVIANCA, AZUL, GOL, LATAM, MAP e PASSAREDO***: variáveis dummy que assumem valor 1 quando cada uma destas empresas estão presentes na rota, e 0 quando não operam na rota.
- ***TURSIMO_O e TURISMO_D***: esta variável foi obtida a partir da categorização (em cinco níveis) dos municípios brasileiros criada pelo Ministério do Turismo em 2013. Assim, obtivemos a classificação do município de origem e destino, de forma a verificar como esta variável está relacionada com a oferta (de voos ou assentos).

A partir da obtenção destes dados, em conjunto com as melhores combinações de variáveis de população, foram feitas regressões lineares múltiplas, considerando um nível de confiança de 95%. Os resultados são apresentados na seção a seguir.

4. RESULTADOS

4.1. Modelo para o número de assentos

Buscou-se, também, avaliar qual o par de variáveis para a população na origem e no destino que melhor se adequavam ao modelo, isto é, o modelo foi analisado para todas as combinações de variáveis explicativas da população na origem (POP_O, POP_O_50 e POP_O_100) com as variáveis explicativas da população no destino (POP_D, POP_D_50 e POP_D_100).

Os modelos analisados não apresentaram diferenças significativas, embora tenha-se verificado que há uma ligeira melhora nos resultados (em termos do R^2 ajustado) quando consideramos a população em um raio de 100 km ao redor do aeroporto, tanto na origem quanto no destino, conforme verificamos na Tabela 1.
É possível verificar na Tabela 1, que o modelo mais significativo (com maior R^2 ajustado) foi encontrado para as variáveis que consideram a população num raio de 100km tanto do aeroporto de origem quanto de destino.

Tabela 1: R^2 ajustado para o para cada modelo avaliado (variável dependente: LOG(ROUTESEATS))

Variável Explicativa	LOG(POP_D)	LOG(POP_D_50)	LOG(POP_D_100)	LOG(POP_D_150)
LOG(POP_O)	0,6297	0,6314	0,6339	0,6318
LOG(POP_O_50)	0,6322	0,6369	0,6396	0,6358
LOG(POP_O_100)	0,6349	0,6397	0,6424	0,6382
LOG(POP_O_150)	0,6324	0,6356	0,6378	0,6348

A Tabela 2 indica os resultados da regressão para a oferta de assentos quando considerados este par de variáveis (POP_O_100 e POP_D_100). Na própria Tabela 2, apresentamos um segundo resultado para o modelo, quando não foram consideradas as variáveis cujo p-valor foi considerado alto.

Tabela 2: Resultados da regressão para a oferta de assentos nas rotas regionais no Brasil

Variável Dependente	**LOG(ROUTESEATS)**							
N° de observações	**296**							
	Coeficiente	*Erro padrão*	*Stat t*	*valor-P*	*Coeficiente*	*Erro padrão*	*Stat t*	*valor-P*
Interseção	4,8918	0,8352	5,8571	1,310E-08	4,5841	0,6545	7,0039	1,804E-11
HHI	-3,1512	0,2266	-13,9087	7,633E-34	-3,0986	0,2219	-13,9666	4,196E-34
LOG(DISTAIR)	-0,1364	0,0652	-2,0907	0,0374	-0,1218	0,0641	-1,8997	0,0585
RATTIME	-1,053E-05	8,537E-06	-1,2335	0,2184	---	---	---	---
LOG(POP_O_100)	0,0751	0,0274	2,7375	0,0066	0,0820	0,0261	3,1464	0,0018
LOG(POP_D_100)	0,0695	0,0271	2,5646	0,0108	0,0760	0,0258	2,9459	0,0035
AVIANCA	1,5751	0,3736	4,2162	3,350E-05	1,5483	0,2247	6,8892	3,615E-11
AZUL	0,8219	0,3306	2,4861	0,0135	0,7927	0,1419	5,5881	5,380E-08
GOL	1,1910	0,3463	3,4392	0,0007	1,1578	0,1749	6,6184	1,806E-10
LATAM	1,2331	0,3527	3,4965	0,0005	1,2000	0,1850	6,4882	3,852E-10
MAP	0,0930	0,3629	0,2563	0,7979	---	---	---	---
PASSAREDO	0,9937	0,3589	2,7686	0,0060	0,9785	0,1891	5,1748	4,321E-07
Turismo O	0,0598	0,0250	2,3928	0,0174	0,0587	0,0249	2,3629	0,0188
Tursimo D	0,0657	0,0249	2,6403	0,0087	0,0649	0,0248	2,6195	0,0093
R-quadrado ajustado	0,6424				0,6473			
Estatística F	41,7562				49,2906			

Da Tabela 2, observamos uma correlação fortemente negativa entre o HHI e a oferta de assentos, o que é coerente com a expectativa. Assim, o coeficiente de -3,15 para o HHI indica que a oferta de assentos em uma rota regional mais do que quadruplicaria quando se passa de um monopólio (HHI=1) na rota regional para um duopólio balanceado (HHI=0,5).

Já a variável RATTIME não contribuiu significativamente para o modelo, tendo sido observado um coeficiente quase nulo e um p-valor relativamente alto, o que indica que não conseguimos comprovar por meio do modelo, a relação entre o RATTIME (razão do tempo de viagem de carro com o tempo de viagem de avião) com a oferta de assentos nas rotas regionais no Brasil.

As variáveis que levam em consideração o Turismo na origem e no destino indicam que a elevação de um nível na classificação do Ministério do Turismo (seja na origem ou no destino) tende a estar associada a um aumento de cerca de 6% na oferta de assentos nas rotas regionais.

4.2. Modelo para a oferta do número de voos

Tomando a oferta de voos como variável dependente, observou-se que, os modelos com melhores resultados foram aqueles que consideraram uma população a um raio de 100 km do aeroporto de origem, mas a 50 km do aeroporto de destino, conforme observado na Tabela 3. Porém, neste caso, observou-se que a população na origem teve uma significância para o modelo bem maior (p-valor significativamente menor) que a população no destino, para o qual não conseguimos explicar o valor negativo no coeficiente. Por outro lado, observa-se que em estudo semelhante anteriormente conduzido por Gillen e Hazledine (2015), foram observados valores muito parecidos para os coeficientes na origem e no destino para explicar a oferta de assentos (à semelhança do resultado obtido na Tabela 3), mas com a oferta de voos mais dependente da população na origem (à semelhança da Tabela 4). Na Tabela 4, apresentamos também o resultado do modelo no qual foram retiradas as variáveis com p-valor relativamente alto.

Tabela 3: R^2 ajustado para o para cada modelo avaliado (variável dependente: *LOG(NFLIGHTS)*)

Variável Explicativa	LOG(POP_D)	LOG(POP_D_50)	LOG(POP_D_100)	LOG(POP_D_150)
LOG(POP_O)	0,1497	0,2693	0,2286	0,1900
LOG(POP_O_50)	0,3862	0,4084	0,4015	0,3932
LOG(POP_O_100)	0,4537	0,4790	0,4721	0,4663
LOG(POP_O_150)	0,3850	0,4335	0,4256	0,4132

Tabela 4: Resultados da regressão para a oferta de voos nas rotas regionais no Brasil

Variável Dependente	**LOG(NFLIGHTS)**							
N° de observações	**296**							
	Coeficiente	*Erro padrão*	*Stat t*	*valor-P*	*Coeficiente*	*Erro padrão*	*Stat t*	*valor-P*
Interseção	-3,2580	1,1812	-2,7583	0,0062	-3,3963	1,0770	-3,1536	0,0018
HHI	-1,7224	0,3079	-5,5942	5,242E-08	-1,7662	0,2890	-6,1108	3,247E-09
LOG(DISTAIR)	0,1480	0,0911	1,6249	0,1053	0,1569	0,0896	1,7504	0,0811
RATTIME	-6,479E-06	1,233E-05	-0,5256	0,5995	---	---	---	---
LOG(POP_O_100)	0,4256	0,0397	10,7284	9,599E-23	0,4312	0,0368	11,7263	3,539E-26
LOG(POP_D_50)	-0,1265	0,0342	-3,6998	0,0003	-0,1144	0,0319	-3,5900	0,0004
AVIANCA	0,8976	0,5215	1,7213	0,0863	0,9855	0,5140	1,9176	0,0562
AZUL	0,9164	0,4618	1,9842	0,0482	0,9698	0,4584	2,1154	0,0353
GOL	0,9012	0,4835	1,8640	0,0634	0,9564	0,4796	1,9943	0,0471
LATAM	0,9652	0,4922	1,9608	0,0509	1,0376	0,4862	2,1341	0,0337
MAP	0,8336	0,5067	1,6449	0,1011	0,8542	0,5005	1,7066	0,0890
PASSAREDO	0,9597	0,5008	1,9163	0,0563	1,0559	0,4925	2,1440	0,0329
Turismo O	0,0077	0,0349	0,2197	0,8262	---	---	---	---

Tursimo D	0,0444	0,0340	1,3055	0,1928	---	---	---	---
R-quadrado ajustado	0,4790				0,4808			
Estatística F	21,8603				28,3222			

Aqui, observa-se que as variáveis mais significantes foram HHI e POP_O_100. O valor do coeficiente de HHI indica que quando se passa de uma situação de monopólio (HHI=1) para duopólio balanceado (HHI=0,5), a oferta de voos na rota mais do que duplica.

Neste modelo, as variáveis que representam as categorias de Turismo na origem e no destino não foram tão significantes quanto no modelo anterior.

4.3. Modelo para os preços praticados em voos regionais

Por fim, buscou-se avaliar como se comporta a discriminação de preços no mercado regional. Verificou-se que o modelo matemático apresentava melhores resultados quando ignoradas as pesquisas de preço realizadas com 50 dias de antecedência. Isto é coerente com a pesquisa realizada, uma vez que para diversas rotas, constatou-se que o preço da passagem adquirida com 50 dias de antecedência era o mesmo do que o preço praticado para a passagem adquirida com 36 dias de antecedência (a estratégia de discriminação de preços foi constatada ser muito semelhante nas empresas consultadas). Por este motivo, o modelo aqui apresentado não deve ser considerado passível de extrapolação (para DAYSB4 > 36). Desta forma, o número de observações de preço foi reduzido de 1441 para 1156.

Neste modelo, foram consideradas também variáveis dummy com o objetivo de analisar as diferenças entre as diversas regiões do Brasil. Assim, as variáveis INTRA-SUDESTE, INTRA-SUL, INTRA-NORTE, INTRA-NORDESTE e INTRA-CENTRO-OESTE representam assumem valor 1 quando tanto a origem quanto o destino de um voo estão dentro da mesma região administrativa do Brasil. Por outro lado, as variáveis EXTRA-região assumem valor 1 quando o voo tem apenas uma das pontas (origem ou destino) naquela região, sendo a outra ponta fora da região). No entanto, por problemas relacionados à multicolinearidade entre as variáveis, no modelo apresentado na Tabela 5 não se observa a variável INTRA-CENTRO-OESTE, bem como a variável AVIANCA.

Da Tabela 5, observa-se que o coeficiente da variável relacionado à distância é significante (baixo p-valor). O valor de 0,32 para o coeficiente indica que ao duplicar a distância, mantidas as demais variáveis constantes, tende a haver um aumento de cerca de 25% no valor da passagem com menor valor.

Com relação à variável DAYSB4, o resultado do modelo está coerente com a discriminação de preços praticada pelas empresas aéreas, e está relacionado com a maior disponibilidade de pagar para os passageiros que necessitam viajar de última hora. O valor do coeficiente (-0,0257) é muito significante e indica que a menor tarifa encontrada com 36 dias de antecedência corresponde a 40% da tarifa praticada com 1 dia de antecedência nos voos regionais (exp [-0,0257*(36-1)] = 0,4).

Outra variável com muita significância para o modelo foi TURBOPROP, a qual indicou que o preço da menor tarifa encontrada em voos regionais era cerca de 20% maior quando operado por aeronaves turboélice.

A variável HHI teve menor significância neste modelo do que nos modelos anteriores. O baixo valor do coeficiente revela que ao passarmos de uma condição de monopólio (HHI=1) para um duopólio balanceado (HHI=0,5), o valor da tarifa mais baixa encontrada cai apenas 5% (exp [0,0945*(0,5-1)] = 0,95).

Por fim, os resultados obtidos para as variáveis associadas à região do voo indicam uma tendência de menores preços encontrados na região sul e maiores preços encontrados no nordeste do Brasil, muito embora estes resultados necessitem de melhor avaliação, uma vez que nem todas as variáveis associadas às regiões apresentem significância satisfatória. Estudos futuros podem melhor estudar as características específicas de cada região do Brasil, uma vez que, embora a maior parte das empresas esteja presente nas 5 regiões do país, há diferenças regionais significativas, seja no comportamento das pessoas, seja nas características associadas à concorrência modal (em muitas rotas do Norte só existe concorrência via fluvial, por exemplo), seja nas diferenças socioeconômicas entre as regiões do país.

Tabela 5: Resultados da regressão para os menores preços encontrados nas rotas regionais no Brasil

Variável Dependente	**LOG(PRICE)**			
N° de observações	1156			
	Coeficientes	Erro padrão	Stat t	valor-P
Interseção	2,4083	0,2785	8,6471	1,770E-17
LOG(DISTAIR)	0,3211	0,0375	8,5708	3,307E-17
DaysB4	-0,0257	0,0011	-23,3422	9,052E-99
HHI	0,0945	0,0978	0,9657	0,3344
TURBOPROP	0,2143	0,0491	4,3624	1,403E-05
INTRA-SUDESTE	0,1195	0,0812	1,4719	0,1413
INTRA-SUL	-0,0540	0,0985	-0,5485	0,5835
INTRA-NORTE	0,0121	0,0846	0,1431	0,8862
INTRA-NORDESTE	0,1366	0,0811	1,6853	0,0922
EXTRA-SUDESTE	0,1518	0,0601	2,5266	0,0117
EXTRA-SUL	-0,0802	0,0750	-1,0691	0,2852
EXTRA-NORTE	0,0807	0,0740	1,0908	0,2756
EXTRA-NORDESTE	0,3601	0,0698	5,1600	2,913E-07
EXTRA-CENTRO-OESTE	0,2004	0,0577	3,4724	0,0005
AZUL	0,3807	0,0773	4,9242	9,724E-07
GOL	0,5722	0,0817	7,0050	4,219E-12
LATAM	0,3422	0,0857	3,9912	0,0001
MAP	0,6053	0,1129	5,3618	9,972E-08
PASSAREDO	0,3327	0,0992	3,3529	0,0008
R-quadrado ajustado	0,4642			
Estatística F	56,5912			

5. CONCLUSÕES

Observamos, no presente trabalho, que os modelos para a oferta de assentos e de voos nas rotas regionais brasileiras obtiveram melhor resultado quando consideradas a população abrangidas por um raio de 100 km no aeroporto de origem e no aeroporto de destino. No entanto, ainda

pode ser avaliado a possibilidade de melhoria deste modelo, estudando áreas de polarização não uniformes, isto é, cujo raio não seja fixo para todos os aeroportos regionais considerados. Por exemplo, pode-se considerar as áreas de influência dos municípios nos quais os aeródromos estão inseridos, conforme dados disponibilizados pelo IBGE (2007), ou ainda, considerar áreas de influência que considerem o tempo de acesso até os aeroportos, o que deixamos aqui como sugestão para trabalhos futuros.

Ainda, importante destacar que, nos modelos apresentados, a variável HHI indicou que a concorrência nas rotas regionais brasileiras tem um impacto significativo no aumento da oferta de assentos e de voos, mas um impacto limitado na queda do preço das passagens (tarifa mais barata disponível).

O modelo para os menores preços praticados pelas empresas aéreas em cada rota regional conseguiu representar a discriminação intertemporal de preços nestas rotas. Melhorias no modelo podem ser estudadas em trabalhos futuros, com a segmentação do trabalho em regiões menores, uma vez que muito embora a maioria das empresas aéreas operem nas 5 regiões administrativas do Brasil, há especificidades em cada região do país. Além disto, outra sugestão para trabalhos futuros se refere ao estudo das rotas não regionais, para efeito de comparação com os modelos regionais aqui apresentados.

Este trabalho limitou-se a estudar os aeroportos que se enquadravam na Lei 13.097, esta delimitação pode ser objeto de trabalhos futuros, uma vez que utilizar estritamente a definição legal pode gerar algumas imperfeições aos modelos. Por exemplo, cidades cujos aeroportos estariam classificados como regionais por outros critérios (tais como Ribeirão Preto e Uberlândia), não foram considerados no presente trabalho, por terem embarcado/desembarcado mais do que 600 mil passageiros. Por outro lado, aeroportos em cidades grandes, mas que não estejam operando em sua plena capacidade (a exemplo do Aeroporto da Pampulha, em Belo Horizonte, 6ª maior cidade do país em número de habitantes) foram considerados no presente estudo.

Além disso, estre trabalho explorou a oferta de serviços regionais, em função da dificuldade de obtenção de dados. Entretanto, assim como foi observado por Gillen e Hazledine (2015), estudar os dados referentes ao número exato de passageiros transportados é preferível. Desta forma, recomenda-se que esta metodologia seja replicada caso estes dados encontrem-se disponíveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANAC, (2016). Dados do Anuário do Transporte Aéreo. ANAC, Brasil. Disponível em <https://www.anac.gov.br/assuntos/dados-e-estatisticas/anuario/anuario-2015.zip>. Acesso em: 23 de novembro de 2016.

ANAC, (2016) Lista de Aeródromos Públicos. ANAC, Brasil. Disponível em <http://www.anac.gov.br/assuntos/setor-regulado/aerodromos/acesso-rapido/lista-de-aerodromospublicos>. Acesso em: 23 de novembro de 2016.

ANAC, (2016). Voos autorizados vigentes (HOTRAN). ANAC, Brasil. Disponível em <http://www.anac.gov.br/hotran >. Acesso em: 23 de novembro de 2016.

Bettini, H. F. (2007) Um Retrato da Aviação Regional no Brasil. *Revista de Literatura dos Transportes*, vol. 1, n. 1, pp. 46-65.

BRASIL. Ministério do Turismo. (2013a) MTur divulga novo mapa turístico do país. Brasília: MTur. Disponível em: <http://www.turismo.gov.br/ultimas-noticias/4423-mtur-divulga-novo-mapa-turistico-do-pais.html>. Acesso em: 05 de junho de 2016.

Fernandes, E.; M. Braga e R. R. Pacheco (2013) Geography of domestic air transport in Brazil from 2004 to 2008. 13th WCTR. Rio de Janeiro, Brasil

Gillen, D. e T. Hazledine (2015). The economics and geography of regional airline services in six countries. *Journal of Transport Geography*, 46, pp.129-136.

IBGE, (2007). Região de Influência das Cidades. IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Brasil. Disponível em <ftp://geoftp.ibge.gov.br/organizacao_do_territorio/divisao_regional/regioes_de_influencia_das_cidades/Regioes_de_influencia_das_cidades_2007>. Acesso em: 12 de janeiro de 2017.

Postorino, M. N. (2010). Introduction - Regional Airports Development: Background. Development of Regional Airports - Theoretical Analyses and Case Studies. WIT Press. Southampton, UK.

Ribeiro, S. C. (2011) *Análise do Desenvolvimento do Transporte Aéreo Regional no Brasil*. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – COPPE. Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ, Rio de Janeiro.

SAC (2015). Aviação Regional – Conectando o Brasil. Secretaria de Aviação Civil, Brasil.

Sampaio, A.P.A.; M. O. Andrade e A. B. F. Dourado (2016) Estimativa de demanda de transporte aéreo em mercados regionais do Nordeste. *XXX Congresso ANPET*. Rio de Janeiro, RJ.

Torres, R. R. (2015) *Procedimento Metodológico para Definir a Potencialidade dos Municípios quanto a Implantação de Sítios Aeroportuários Regionais*. 2015. 247 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Transportes) – COPPE. Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ, Rio de Janeiro.

Turolla, F. A; M. F. F. Lima e T. H. Ohira (2011). Políticas públicas para a melhoria da competitividade da aviação regional brasileira. *Revista de Literatura dos Transportes*, vol. 5, n. 4, pp. 188-231.

Hugo Vieira de Vasconcelos (hugo.vasconcelos@pet.coppe.ufrj.br)
Beatriz Lagnier Gil Ferreira (beatrizlgf@pet.coppe.ufrj.br)
Marcelino Aurélio Vieira da Silva (marcelino@pet.coppe.ufrj.br)
Programa de Engenharia de Transportes da Universidade Federal do Rio de Janeiro (PET/COPPE UFRJ)
Centro de Tecnologia Bloco H – Sala 106 – Cidade Universitária - RJ – Brasil. CEP 21949-900

ANÁLISE DOS CRITÉRIOS PARA IMPLANTAÇÃO DE UM CDU EM CIDADES HISTÓRICAS BRASILEIRAS: UMA VISÃO MULTI-AGENTE PARA O CASO DO CENTRO HISTÓRICO DE OURO PRETO

Nayara Louise Alves de Carvalho
José Geraldo Vidal Vieira
Universidade Federal de São Carlos
Pós Graduação em Engenharia de Produção

RESUMO
O uso do Centro de Distribuição Urbana (CDU) é uma possível solução para conter impactos negativos do transporte de carga nos centros históricos. O objetivo da pesquisa é analisar os critérios de sustentabilidade (econômicos, sociais e ambientais), técnicos e culturais relevantes na implantação de um CDU para atender o centro histórico de Ouro Preto. É realizada uma *survey* com residentes, guardas municipais, varejistas e transportadoras. Unidas ao material bibliográfico, entrevistas semiestruturadas com outros agentes são usadas para corroborar ou refutar os resultados encontrados. As análises utilizam estatísticas descritivas. Conclui-se que residentes e guardas municipais possuem pontos de vista semelhantes e prezam pela boa qualidade de vida no centro. Varejistas e transportadoras divergem opiniões entre si e em relação aos demais agentes. Varejistas concedem mais importância a critérios econômicos enquanto as transportadoras priorizam os critérios operacionais, além de amenizarem a existência dos impactos negativos do transporte.

ABSTRACT
The use of an Urban Distribution Center (UDC) is a possible solution to minimize negative impacts of urban freight transport (UFT) in historical centers. The paper aims to analyze the relevant sustainability (economic, social and environmental), technical and cultural criteria in the implementation of a UDC to supply the historic center of Ouro Preto. We developed a survey with residents, municipal guards, retailers and carriers. Parallel to the literature review, we use semi structured interviews with other agents to corroborate/refute the results found. The analyzes use descriptive statistics. We concluded that residents and municipal guards have similar points of view and they value the quality of life in the center. Retailers and carriers differ opinions among themselves and with other agents. Retailers attach more importance to economic criteria, but carriers emphasize operational criteria, in addition to mitigating the existence of negative impacts of UFTs.

1. INTRODUÇÃO

Os centros históricos foram pensados à escala do peão e não à escala do automóvel (Miranda, 2013, p.12). Nele, concentram-se atividades administrativas, como prefeitura, câmara, fórum e é onde se reúne a maior parte do comércio (Zarinato, 2008). Particularmente ao varejo, conforme relatório elaborado pelo Ministério das Cidades e IPHAN (2011, p.11), "as áreas centrais e históricas (...) geralmente, mantêm ativo o comércio tradicional e popular". Como reflexo de uma gama de pequenos varejos, tem-se uma grande quantidade de veículos destinados a entregas com maior frequência nos centros históricos.

O movimento intenso de veículos nos centros históricos não condiz com o traçado viário do local e características como paralelepípedos desnivelados e ruas estreitas e escorregadias dificultam o transporte de mercadorias. Esse fato se agrava no caso de veículos pesados, pois instalam altos índices de vibração nos solos (Resende et al., 2011), provocando maiores danos. Como resultado, há o comprometimento das vias e formação de fissuras nos monumentos, além de outros impactos negativos como a criação de manchas negras nos prédios e geração de congestionamentos. Uma alternativa para remediar essas questões é a

aplicação de leis relacionadas ao transporte de carga, como a criação de zonas de proteção especiais e regras de limitação de peso, tamanho e horário de circulação e operação de veículos.

O uso do Centro de Distribuição Urbana (CDU) é a solução de Transporte Urbano de Mercadorias (*Urban Freight Transport*- UFT) mais utilizada por cidades europeias (Chwesiuk, Kijewska e Iwan, 2010), pois pode reduzir os problemas de distribuição de mercadorias nos centros históricos (Browne et al., 2005) e auxiliar o atendimento às leis específicas para a UFT nesses locais. O objetivo da pesquisa é, na visão de diferentes agentes, analisar os critérios de sustentabilidade (econômicos, sociais e ambientais), técnicos e culturais relevantes na implantação de um CDU para atender o centro histórico de Ouro Preto, considerada como referência para demais cidades históricas do país.

O artigo está estruturado da seguinte forma: a seção 2 descreve os critérios que influenciam na implantação de um CDU. A seção 3 apresenta a metodologia utilizada. A seção 4 elenca os resultados encontrados. A seção 5 expõe as conclusões, limitações e trabalhos futuros.

2. CIDADES HISTÓRICAS: CRITÉRIOS PARA IMPLANTAÇÃO DE CDU

O CDU refere-se às "iniciativas que usam uma instalação na qual fluxos de fora da cidade são consolidados com o objetivo de agrupar atividades de transporte do centro da cidade" (Van Rooijen e Quak, 2009, p.2). No caso das cidades históricas, o CDU é uma solução factível para amenizar os problemas do UFT pois é capaz de proporcionar, entre outros fatores, o uso de veículos de distribuição de carga mais apropriados às características dos centros históricos.

Com base numa revisão de literatura nas principais bases (*Scielo*, *Scopus*, *Web of knowledge*, *Google Scholar*) além do uso de publicações não acadêmicas (projetos que referenciam o uso de CDUs), são listados os critérios a serem analisados na implantação do CDU segundo cinco aspectos: operacional, econômico, social, cultural e ambiental. As principais palavras-chave usadas são: *City Logisctics*; *Freight Consolidation Centre; Historic Cities*; *Historic City Centres; Urban Distribution Centre*; *Urban Consolidation Centre*, além dos termos em português: Centro de Distribuição Urbana; Centro de Consolidação Urbana; Centro Histórico.

Os aspectos operacionais estão relacionados à estrutura proporcionada pelo CDU e resultado do seu uso nas atividades operacionais. Os aspectos econômicos abordam o desenvolvimento do CDU e formas de garantir a execução de sua operação de forma rentável. Os aspectos sociais relacionam-se às buscas por melhorias na gestão da UFT que possam acelerar o abastecimento da população, contribuir para a saúde, o bem-estar e interesse da sociedade. Os aspectos culturais tratam especificamente das características especiais do traçado urbano de cidades históricas e critérios que possam influenciar sobre a mobilidade urbana nestes locais a partir da implantação de um CDU. Por fim, os aspectos ambientais consideram as várias intervenções que o CDU pode fazer na sociedade e no meio ambiente relacionadas à prudência na utilização dos recursos naturais e precaução das formas de ocupação do solo urbano. A Tabela 1 lista todos os critérios encontrados, tipo (ou aspecto), sua definição e autores que contribuíram para sua inclusão.

Tabela 1: Critérios para implantação de CDU

Critério	Tipo	Definição	Autores principais

Vagas de estacionamento	O	Número de vagas de estacionamento disponíveis	Zunder e Marinov (2011), Awasthi e Chauhan (2012)
Congestionamento	O	Redução do bloqueio de via causado por motoristas de veículos de carga que não acham locais para estacionar e/ou desrespeitam a sinalização	Gonzalez-Feliu (2012), Kin et al. (2016), Gonzalez-Feliu e Morana (2010)
Qualificação profissional	O	Treinamento dos funcionários do CDU sobre uso do veículo, direção defensiva, manipulação, separação e armazenagem correta de materiais	Comissão Europeia (2000), Henriot et al. (2008)
Tamanho do veículo	O	Uso de veículos de menor porte	Browne et al. (2005), Allen et al. (2012)
Elevado fator de carga	O	Uso da capacidade ótima do veículo para suprir um maior número de clientes em menos viagens	Allen et al. (2012)
Uso de tecnologia	O	Monitoramento do tráfego urbano, com provisão de informações de trânsito (e estacionamento) em tempo real e regras de trânsito	Dablanc et al. (2013)
Confidencialidade da informação	O	Nível de proteção da informação das empresas que utilizam o CDU (nome dos fornecedores, dados quantitativos e financeiros dos produtos)	Gonzalez-Feliu (2012), Takebayashi (2015)
Conflitos de responsibilidade	O	Dificuldade na definição da responsabilidade pelas operações de transporte	Gonzalez-Feliu (2012) Van der Donk (2015)
Parceria entre usuários	O	Intercâmbio de informação entre os diferentes agentes envolvidos no uso e aplicação do CDU	Van der Donk (2015)
Cumprimento da legislação	O;E	Atendimento às leis, especialmente ambientais, de qualquer esfera (municipal, estadual ou nacional)	Agrebi et al. (2015), Rao et al. (2015)
Prosperidade local	Ec	Criação de empregos e contribuição para a competitividade no varejo	Russo e Comi (2010)
Nível de serviço ao cliente	Ec	Aumento da percepção do nível de serviço prestado aos clientes	Henriot et al. (2008), Rao et al. (2015)
Investimentos e custos	Ec	Custos de implantação e uso do CDU (pesquisa, aluguel, energia, armazenagem, *marketing*, etc.)	V ille et al. (2010); Panero, Shin e Lopez (2011)
Nível de obrigação de uso	Ec	Regime de regulação do CDU	Ville, Gonzalez-Feliu e Dablanc (2010), Panero, Shin e Lopez (2011)
Partilha de custos e ganhos	Ec	Forma de compartilhamento dos custos e ganhos do desenvolvimento do CDU	Awasthi and Chauhan (2012); Van der Donk (2015), Janjevic et al. (2016)
Insegurança	S	Número de acidentes com pedestres provocados pela atividade transporte e armazenagem	Gonzalez-Feliu e Morana (2010), Awasthi e Chauhan (2012), Agrebi et al. (2015), Kin et al. (2016)
Abalo do acervo arquitetônico	C	Efeito das vibrações mecânicas oriundas do tráfego de veículos pesados nos edifícios históricos	Azevedo e Patrício (2001), Resende et al. (2011)
Depredação por choque mecânico	C	Depredação dos monumentos históricos causada pelo choque de veículos contra sua construção	-
Nível de poluição do ar	E	Emissões de partículas que degradam os materiais rochosos dos edifícios históricos (crostas negras) e afetam a saúde pública (doenças, mortes)	Quak (2008), Reys et al., (2008), Rao et al. (2015)
Nível de poluição visual	E	Intrusão visual causada pelo excesso de veículos de carga nas ruas e permanência em local impróprio	Iphan (2014), Quak (2008), Reys et al. (2008), Zarinato (2008), Rao et al. (2015)
Nível de poluição sonora	E	Percepção das pessoas e efeitos nos prédios advindos das vibrações mecânicas e sons provocados pelo deslocamento de veículos	Quak (2008), Gonzalez-Feliu e Morana (2010), Rao et al. (2015)
Uso de veículos de propulsão alternativa	E	Uso de veículos ecológicos para a entrega a partir do CDU (elétricos ou movidos a gás, triciclos, etc.)	Ville, Gonzalez-Feliu e Dablanc (2010), Browne et al. (2011), Allen et al. (2012)

3. METODOLOGIA

3.1. Métodos e objeto de estudo

A pesquisa trata-se de uma *survey* descritiva (Forza, 2002) distribuída entre quatro agentes relacionados com a UFT no centro histórico de Ouro Preto: residentes (pessoas que vivem na cidade), guardas municipais (fiscalizam o controle do tráfego e do trânsito), varejistas (comerciantes) e transportadoras (realizam a entrega das mecadorias).

A escolha da cidade de Ouro Preto deve-se ao fato de talvez ser a mais conhecida cidade histórica do Brasil (IPHAN, 2014), além de ter sido a primeira cidade brasileira a ser declarada Monumento Nacional, em 1933 e, em 1980, reconhecida como Patrimônio Cultural da Humanidade pela Unesco. O centro histórico foi escolhido como objeto de estudo por duas razões: (1) é o bairro com maior concentração de empresas de comércio na cidade, agrupando 15% de toda essa população, conforme dados da Secretaria Municipal da Fazenda; (2) possui regras estabelecidas para o transporte de carga urbana, como a criação de zonas de proteção especiais e regras de limitação de peso (peso bruto total deve ser inferior a 7 ton), tamanho (8,0m de comprimento; 3,5m de altura, incluindo a carga; 2,6m de largura) e horário de circulação/operação de veículos de carga (06:00 às 09:00 e 19:00 às 22:00 de segunda à quinta-feira e 06:00 às 09:00 aos sábados).

3.2. Questionários e entrevistas semiestruturadas

Foi construído um questionário para cada agente, com base na revisão de literatura sobre critérios a serem analisados na implantação do CDU. Pré-testes foram executados para atestar que os instrumentos e os procedimentos da *survey* são adequados (Forza, 2002). Todos os agentes foram convidados a exporem o acordo com as declarações usando uma escala *likert* de 1 a 5 (concordo plenamente até discordo plenamente). A coleta com os residentes foi feita de duas formas: *face to face* e questionário *online* (usando a plataforma eletrônica Pesquisa Online). A coleta de dados dos guardas municipais foi efetuada pelo comandante da Guarda Municipal. Para varejistas e transportadores os questionários foram aplicados pessoalmente.

Também foram realizadas cinco entrevistas semiestruturadas: três com autoridades públicas relacionadas ao tráfego de veículos de carga na cidade, uma com um representante da Associação Comercial de Ouro Preto (ACEOP) e outra com o chefe do escritório do IPHAN.

3.3. Amostra, coleta e análise de dados

A população de guardas municipais (33) foi obtida diretamente pelo comandande da Guarda Municipal. O IBGE (2015) forneceu a população de residentes (70.281). A população de varejistas foi extraída do banco de dados da Secretaria Municipal da Fazenda e considerou apenas empresas voltadas para o comércio/varejo, exceto as que trabalham com serviço de alto valor agregado (artigos de joalheria e ourivesaria). Esse refinamento gerou uma população de 196 varejistas. A população de transportadoras é desconhecida.

Para os guardas municipais foi realizado um censo. O cálculo da amostra para o caso dos residentes e varejistas foi feito com base numa população finita e conhecida conforme apresentado por Cochran (1985), considerando o nível de confiança conhecido e igual a 95%; uma margem de erro amostral de 6% e um desvio padrão de 0,5. Com isso, as amostras calculadas de residentes e varejistas são, respectivamente, 266 e 113. No caso das transportadoras a amostra não é definida e a coleta de dados procedeu-se por acessibilidade.

Para detectar valores atípicos de dados multivariados, utilizou-se a medida D^2 de Mahalanobis (Zijlstra, Van Der Ark e Sijtsm, 2013). Levantou-se 342 questionários dos residentes com mais de 18 anos, dos quais 31 foram considerados atípicos, restando, então, 311 respondentes: 46% são do gênero masculino, 54% são do gênero feminino e apenas 12% mora no centro histórico. Nenhuma observação atípica foi encontrada para os 33 questionários dos guardas municipais. Coletou-se 122 questionários de varejistas de diferentes setores (34%- gêneros alimentícios; 29%- tecidos, vestuários e acessórios; 13%- papelaria, informática e artigos de presente; 10%- artigos farmacêuticos; 9%- artesanato; 5%-outros), dos quais não foi encontrada nenhuma observação típica. A maioria dos respondentes dos varejistas (67%) ocupa cargos estratégicos (sócio proprietários, gerentes ou diretores) e tem uma média de 13 anos de experiência. Por fim, coletou-se 46 questionários de motoristas (representantes das transportadoras) com uma média de 10 anos de experiência na profissão, não sendo encontrada nenhuma observação atípica. Do total, 63% dos motoristas eram empregados de transportadoras e 37% autônomos. Os dados foram coletados entre julho e agosto de 2016.

Para a análise dos dados, são utilizadas as medidas de tendência central como a mediana e a moda (Maroco, 2007) e medidas de dispersão (Cooper and Schindler, 2003, p.181).

4. RESULTADOS

Em relação aos critérios a serem considerados na implantação do CDU para atender aos varejistas do centro histórico de Ouro Preto, a Tabela 2 evidencia os principais resultados em termos de concordância e discordância dos critérios entre os agentes. A estatística descritiva detalhada dos dados para os quatro agentes interrogados é encontrada no Apêndice A.

Tabela 2: Comparação do nível de concordância/discordância dos critérios de implantanção de CDU pelos quatro agentes interrogados

Critério	Residentes	Guardas Municipais	Varejistas	Transportadoras
Vagas de estacionamento	++	+--	++	++
Congestionamento	++	++	+-	-
Qualificação profissional	++	+--	+--	+-
Tamanho do veículo	++	++	++	++
Elevado fator de carga			+--	+-
Uso de tecnologia		++	++	++
Confidencialidade da informação			++	+-
Conflitos de responsibilidade		+-	++	+--
Parceria entre usuários		++	+--	+-
Cumprimento da legislação	++	++	+-	-
Prosperidade local	++	++	++	++
Nível de serviço ao cliente		++	++	++
Investimentos e custos		++	++	++
Obrigação de uso		++	+-	+-
Partilha de custos e ganhos			+-	++
Insegurança	++	++	+-	-
Abalo do acervo arquitetônico	++	++	++	+-
Depredação por choque mecânico	++	++	+--	+-
Nível de poluição do ar	++	++	++	+-
Nível de poluição visual	++	++	+-	+-
Nível de poluição sonora	++	++	--	-
Uso de veícuclos de propulsão alternativa	++	++	+--	+-

Legenda
++ Pelo menos 75% concorda
+- Pelo menos 50% concorda, mas no mínimo 25% discorda
+-- Pelo menos 50% concorda, mas no mínimo 25% é indiferente ou discorda
- Pelo menos 50% discorda
-- Pelo menos 50% é indiferente ou discorda

Em relação ao aspecto operacional, a necessidade de aumentar o número de vagas de estacionamento foi totalmente favorável por no mínimo 75% dos residentes, varejistas e transportadores, e metade dos guardas municipais concorda com esta necessidade. O comandante da Guarda Municipal explica que não existem muitos locais de estacionamento para veículos de carga no centro histórico porque durante a janela de entrega os motoristas podem utilizar as vagas de estacionamento rotativo para realizarem a operação de carga/descarga, sendo isentos de taxas nesse intervalo de tempo. Apesar disso, ressalta-se que as casas localizadas nos centros históricos, em geral, são antigas e não possuem garagem. Logo, na falta de outro local, muitos residentes que ali vivem estacionam seus veículos nas vagas rotativas. Marcucci e Danielis (2008) afirmam que há baixa disponibilidade de estacionamento nos centros históricos, o que torna a operação de carga/descarga mais demorada, com o percurso final sendo feito muitas vezes a pé (Pereira e Teixeira, 2002).

Varejistas e transportadoras discordam que veículos de carga geram congestionamento no centro histórico pois o horário estipulado por lei para se realizar a entrega faz com que os veículos teoricamente não permaneçam durante um longo período no centro. De maneira contrária, mais de 75% dos residentes e guardas municipais afirmam que problemas para estacionar e caminhões bloqueando a rua são fatores que geram congestionamento no centro. Ainda, alguns poucos motoristas afirmam que o congestionamento é provocado quando muitos veículos de carga transitam no mesmo horário e entregam para o mesmo cliente. Tal fato é corroborado por Quak (2008), que explica que a maioria das janelas de tempo são impostas durante a manhã (como no centro de Ouro Preto). Com isso, há um aglomerado de veículos que transitam ao mesmo tempo no centro histórico. Além disso, o autor explica que a inclusão da restrição de veículos (peso, volume) faz com que mais veículos pequenos com capacidade limitada sejam necessários para substituir os caminhões maiores. Com as ruas estreitas caracterizadas pela baixa disponibilidade de estacionamentos (Marcucci e Danielis, 2008) e o fato de varejistas independentes, em geral, não possuírem entregas otimizadas em contraste com redes de varejo (Van Duin et al., 2016), aumenta-se o número de veículos pequenos no centro e, consequentemente, o congestionamento. Desse modo, as transportadoras preferem ter acesso gratuito e uma janela de entrega de 24 horas no centro.

Apesar dos problemas mencionados, os guardas municipais concordaram com a necessidade de cumprimento da legislação, reflexo do próprio cargo em que atuam, que visa a fiscalização e cumprimento da lei. Por isso, quase a totalidade desse agente mostrou-se a favor do uso de um CDU, pois essa instalação é ideal para áreas com tempo de acesso restrito para veículos de carga (Allen et al., 2012; Afzal e Kim, 2014), fato que facilitaria o cumprimento da portaria municipal de restrição de tamanho de veículo (Lin, Chen e Kawamura, 2016). Pelo menos 75% de todos os agentes foi favorárel ao uso de veículos pequenos para realizarem entregas no centro histórico. Ressalta-se que a redução do tamanho dos veículos de carga uma das principais funcionalidades do CDU (Browne et al., 2005, Van Rooijen e Quak, 2009, Allen et al., 2012) e está em conformidade com a legislação vigente sobre transporte (Lin, Chen e Kawamura., 2016).

Para tentar cumprir a lei, varejistas e transportadoras fazem uso de tecnologias, critério que apresentou um alto nível de concordância entre os agentes. Porém, embora Dablanc et al. (2013) destaque o uso da tecnologia em diferentes funções, em Ouro Preto, os recursos referem-se basicamente às tecnologias embarcadas.

A falta de colaboração entre os agentes é observada no critério de parceria entre os usuários. Apenas a maioria dos guardas municipais é favorável à parceria, enquanto no mínimo 25% das transportadoras discorda e pelo menos 25% dos varejistas é indiferente ou também discorda. Esse é um ponto preocupante, uma vez que o uso do CDU deve incluir a participação efetiva de seus diferentes usuários (Van Der Donk, 2015), e essa não colaboração ocorre devido à incompatibilidade entre as necessidades dos receptores e das transportadoras (Nordtomme et al., 2015). Um exemplo é visto quando a necessidade de confidencialidade da informação foi considerada essencial para os varejistas (pelo menos 75% deles) e pelo menos 25% dos motoristas discordou desta importância. Como a informação é a base de uma boa colaboração, se um ou mais parceiros gerem informações confidenciais que não querem partilhar por razões de concorrência, a eficiência da abordagem de partilha pode diminuir consideravelmente (Gonzalez Feliu, 2012).

Finalmente, no mínimo 50% de todos os agentes é favorável à necessidade de oferta de cursos e treinamentos para motoristas e funcionários (qualificação profissional). Embora a Comissão Europeia (2000) enfatize a importância da formação de motoristas, alguns motoristas indicam a possibilidade de formação de guardas municipais, afirmando que estes não estão bem informados sobre as leis. O chefe do escritório técnico do IPHAN em Ouro Preto também afirma que a lei atualmente aplicada na cidade poderia dar maior contribuição ao transporte de carga se houvesse ações de controle suficientes, mas há uma deficiência nessa inspeção.

Em relação ao aspecto econômico, a possibilidade do CDU gerar prosperidade local é bem avaliada por pelo menos 75% de todos os agentes. Russo e Comi (2010) haviam afirmado que um sistema de distribuição de mercadorias mais eficiente pode contribuir para a competitividade econômica urbana em termos de rendimentos gerados e de níveis de emprego.

Pelo menos 75% dos motoristas concordam firmemente com a importância de melhorar o nível de serviço. As transportadoras podem fazer possíveis ajustes em suas operações, realizando a entrega de uma só vez no CDU em um veículo maior ao invés de vários veículos menores (Kin et al., 2016). Além disso, a maioria dos varejistas e guardas municipais concordam com a importância de melhorar o nível de serviço, pois os níveis de estoques armazenados são determinados principalmente pela frequência de entrega. Assim, com o uso de CDU, este nível é compensado pelo armazenamento temporário.

Devido ao alto custo inicial da implantação de um CDU (Kin et al., 2016), pelo menos 75% dos varejistas e operadoras concordam com a importância da análise dos investimentos e custos. Além disso, 75% das transportadoras são favoráveis ao compartilhamento de custos e lucros entre os parceiros envolvidos na UFT. Porém, pelo menos 25% dos varejistas discorda completamente desta partilha, indicando que este custo deveria ser atribuído ao governo local (Quak, 2008). Por outro lado, a gestora da ACEOP destacou a importância de partilhar decisões e custos, afirmando que a penalização dos varejistas com mais custos seria injusta.

Janjevic et al. (2016) enfatizaram que o mecanismo de alocação de custos e lucros entre os agentes da cadeia de suprimento privada é essencial para a implantação de um CDU.

No que tange ao regime de uso, pelo menos 50% dos varejistas e transportadoras foram parcialmente favoráveis à obrigatoriedade do uso do CDU. O maior acordo para com esse critério partiu dos guardas municipais (pelo menos 75% deles). A explicação dada por alguns motoristas e varejistas é que se uma solução não for obrigatória, ninguém a colocará em prática. Um motorista ainda afirma que "se é uma solução que irá melhorar o transporte de carga, seu uso deve ser obrigatório". Sabe-se, que os CDUs implementados em Parma e Vicenza (Itália) praticamente obrigaram os transportadores a utilizarem sua instalação. Em La Rochelle (França) foram concedidos benefícios aos utilizadores da instalação, com a implementação de restrições de tráfego e permissão para os veículos do CDU utilizarem pistas de ônibus (Ville, Gonzalez-Feliu e Dablanc., 2010).

Quanto ao aspecto social, no mínimo 75% dos residentes e guardas municipais concordam que UFT gera insegurança para os pedestres. Porém, Quak (2008) explica que geralmente há menos pessoas no centro da cidade pela manhã (quando as janelas de entrega são geralmente colocadas). Assim, a segurança aumenta. Como resultado, 50% das transportadoras e 25% dos varejistas discordam da insegurança criada pelo UFT. Alguns dos motoristas declararam que os veículos não criam insegurança para os pedestres, mas sim os pedestres (especialmente os turistas que andam fora das calçadas) geram insegurança a eles próprios.

Ao se considerar o aspecto cultural, abalo do acervo patrimônio arquitetônico e a depredação do patrimôniio por choque mecânico, pelo menos metade de todos os agentes concordam que eles seus efeitos são intensificados por veículos de carga, corroborando as conclusões de Azevedo e Patrício (2001), Zarinato (2008) e Resende et al. (2011). Contudo, no geral, os varejistas e as transportadoras discordaram do impacto do trânsito de veículos nestes critérios.

No que diz respeito ao aspecto ambiental, com exceção das transportadoras, no mínimo 75% dos outros agentes concordam que o nível de poluição do ar deve ser considerado na criação de soluções para a UFT; pelo menos 75% dos residentes e guardas municipais concordam que a UFT no centro gera barulho e intrusão visual. A falta de qualidade do ar é um grave problema de saúde causado pela UFT (Quak, 2008) e representa 16 a 50% da poluição atmosférica na área urbana (Dablanc, 2007). No entanto, as transportadoras atribuem menos importância a este critério, pois para os motoristas a existência de uma janela de entrega especificada é suficiente para reduzir as emissões de poluentes no centro histórico. Assim, residentes buscam uma área urbana atraente sem intrusão visual e as autoridades públicas tendem a cumprir os desejos de seus votantes (Ballantyne, Lindholm e Whiteing, 2013).

Finalmente, o uso de veículos de propulsão alternativa na UFT é bem considerado por pelo menos 75% dos residentes e guardas municipais em comparação com 50% dos varejistas e transportadoras. Os varejistas afirmam que esta é "uma realidade distante do nosso país". Ainda, 25% dos motoristas se opuseram totalmente ao uso deste tipo de veículo por receio de que esta ação viesse a obrigá-los a alterarem seus veículos de carga para veículos ecológicos. Tal aversão explica-se porque veículos elétricos e híbridos têm altos custos de aquisição, capacidade de carga limitada (peso e volume) e baixa disponibilidade (Browne et al., 2011).

5. DISCUSSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para residentes e guardas municipais, os critérios com o mais alto nível de acordo foram o cumprimento da legislação, nível de poluição do ar e tamanho do veículo. Para os guardas municipais, o favorecimento do cumprimento da lei vigente é consistente com a profissão em que atuam, porém, no caso dos residentes, indica que estes últimos agentes não conhecem em profundidade as dificuldades da UFT enfrentadas pelos varejistas e transportadoras no centro histórico. Quak (2008) explica essa visão: as entregas nesses locais são feitas principalmente no período na manhã, assim muitos residentes podem não se depararem com veículos de carga executando o carregamento/descarregamento. Neste caso, a amostra predominante de residentes que não moram no centro justifica o desconhecimento das dificuldades da UFT.

Do ponto de vista dos varejistas, o tamanho do veículo e o uso da tecnologia são os critérios com maior concordância para serem utilizados na implantação de um CDU. Dado o perfil da amostra, os varejistas do setor alimentar tendem a receber entregas mais frequentemente porque os seus produtos são para consumo quase imediato, necessitando maior contato com os transportadores para evitar a falta de estoque. O tamanho do veículo é um critério importante pois os veículos que transportam alimentos e bebidas possuem maior capacidade e, portanto, rotineiramente enfrentam problemas como a falta de vagas de estacionamento.

No caso das transportadoras, além do tamanho do veículo e o uso da tecnologia, os critérios que receberam alto nível de concordância foram o nível de atendimento ao cliente e aumento das vagas de estacionamento. Então, os varejistas e transportadoras destacam a necessidade de uso de veículos de carga menores e, de preferência, equipados com tecnologias como telefone celular e *palmtop* nas entregas feitas no centro histórico. As transportadoras também expressaram preocupação com a melhoria do nível de serviço, pois a janela de entrega permitida para distribuição de mercadorias no centro por lei é curta. Acrescenta-se a dificuldade de encontrar locais de estacionamento adequados, o que obriga os condutores a estacionarem longe dos estabelecimentos e levarem a carga nas mãos ou com o uso de carrinhos ou então estacionarem perto do estabelecimento e realizarem a entrega muito rapidamente, quase sem contacto com o cliente (varejista). Mais uma vez, a importância desses critérios é explicada pelo perfil da amostra, onde a maior parte da carga transportada pertence ao setor de alimentos e bebidas, ou seja, são produtos de consumo rápido e, consequentemente, alta frequência de entrega, afetando diretamente o nível de serviço. Destaca-se que o cumprimento da legislação atual não foi bem avaliado por varejistas e transportadoras, indicando insatisfação perante a lei e a necessidade de se pensar em alternativas para melhoria desse contentamento.

Os critérios que apresentaram a maior concordância entre todos os agentes foram: aumento do nível de serviço; prosperidade local; total de investimentos e custos; uso de tecnologias e tamanho do veículo. Portanto, destacam-se como critérios importantes na implantação de um CDU para atender ao centro histórico de Ouro Preto.

Conclui-se, portanto, que residentes e guardas municipais têm pontos de vista semelhantes sobre os critérios de implantação de um CDU para atender o centro histórico de Ouro Preto e concordam com muitos dos efeitos negativos da UFT (nível de poluição do ar, nível de instrusão visual, insegurança e congestionamento). Assim, o governo e a comunidade desejam ter ruído e congestionamento mínimos, baixas emissões, poucos acidentes de trânsito e uma boa qualidade de vida urbana (Afzal e Kin, 2014). Este resultado confirma a visão convergente das autoridades públicas e impactados (Quak, 2008; Ballantyne, Lindholm e

Whiteing, 2013; Afzal e Kim, 2014), respectivamente, guardas municipais e residentes. Porém, transportadoras e varejistas tendem a suavizar os efeitos negativos da UFT, discordando da existência da maioria deles. Além disso, mesmo fazendo parte do grupo de profissionais que atuam diretamente no transporte (Quak, 2008; Ballantyne, Lindholm e Whiteing, 2013), varejistas e transportadoras têm visões distintas entre si e em relação aos guardas municipais e residentes. Ressalta-se que apesar dos diferentes pontos de vista dos agentes, a inclusão do tamanho do veículo entre os critérios mais bem avaliados indica que um dos principais objetivos do uso do CDU é bem visto pelos agentes: a redução do número de veículos de grande porte no centro histórico.

Como limitações do estudo, cita-se o uso da escala de *Likert* de 1 a 5 pontos que pode não revelar com precisão a opinião de cada entrevistado. Para compensar essa limitação, foram realizadas análises estatísticas de valores atípicos para dados multivariados. A segunda limitação refere-se à falta de conhecimento da população de transportadoras, não permitindo afirmar que os dados desse agente representam uma variabilidade de amostragem da cidade. Como proposição de trabalhos futuros, pretende-se encontrar o melhor local para instalação do CDU para atender aos varejistas posicionados no centro histórico de Ouro Preto.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES pelo financiamento desta pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Afzal, M. K.; Kim, Y. J. (2014) *Demand Determinants for Urban Freight Consolidation Center*: Case Study Korea. International Journal of Transportation, v. 2, n. 2, p.89-108.

Agrebi, M., Abed, M.; Omri, M.N. (2015) *Urban Distribution Centers' Location Selection's Problem*: A survey. In.: Proceedings of the IEEE International Conference on Advanced Logistics and Transport, 4, 246-251.

Allen, J.; Browne, M.; Woodburn, A.; Leonardi, J. (2012) *The Role of Urban Consolidation Centres in Sustainable Freight Transport*. Transport Reviews, v. 32, n. 4, p. 473-490.

Awasthi, A.; Chauhan, S.S. (2012) *A hybrid approach integrating Affinity Diagram, AHP and fuzzy TOPSIS for sustainable city logistics planning*. Applied Mathematical Modelling, v. 36, n. 2, p. 573-584.

Azevedo, F.S.; Patrício, J. (2001) *Vibrações ambientes: critérios de dados e de incomodidade*. Atualidades e perspectivas futuras. Tecni Acústica. La Rioja, p. 1-9.

Ballantyne, E., Lindholm, M., Whiteing, A. (2013) *A comparative study of urban freight transport planning: addressing stakeholder needs*. J. Transport Geogr., v. 32, p. 93-101.

Browne, M.; Sweet, M.; Woodburn, A.; Allen, J. (2005) *Urban freight consolidation centres*. Report for Department for Transport. London: University of Westminster- Department for Transport.

Browne, M.; Allen, J.; Leonardi, J. (2011) *Evaluating the use of an urban consolidation centre and electric vehicles in central London*. IATSS, v. 5, n. 1, p 1-6.

Cochran, W. (1985) *Sampling Techniques* (2ª ed.), Boston: John Wiley & Sons.

Chwesiuk, K.; Kijewska, K.; Iwan, S. (2010) *Urban consolidation centres for medium-size touristic cities in the Westpomeranian Region of Poland*. Procedia Social and Behavioral Sciences, v. 2, p. 6264–6273.

Comissão Europeia (2000) *Good practice in freight transport*. A sourcebook. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.

Cooper, D. R.; Schindler, P. S. (2003) *Métodos de pesquisa em administração*. 7th. Porto Alegre: Bookman.

Dablanc, L. (2007). *Goods transport in large European cities*: Difficult to organize, difficult to modernize. Transportation Research Part A, v. 41, p. 280-285.

Dablanc, L., Giuliano, G., Holliday, K., O'Brien, T. (2013) *Best Practices in Urban Freight Management*: Lessons from an International Survey. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, v.2379, p. 29-38.

Forza, C. (2002) *Survey research in operations management*: a processbased perspective. Int. J. Operat. Prod. Manage, v.22, n. 2, p. 152-194.

Gonzalez-Feliu, J. (2012) Freight *distribution systems with cross docking*: a multidisciplinar analysis, Journal of the Transportation Research Forum, v. 51, n. 1, p. 93-109.

Gonzalez-Feliu, J. Morana, J. (2010) *Are city logistics solutions sustainable*? The Cityporto case. Territorio Mobilità e Ambiente, v. 3, n. 2, p. 55–64.

Henriot, F., Patier, D., Bossin, P., Gérardin, B. (2008) *Méthodologie d'évaluation des innovations en matière de logistique urbaine*. Rapport final. PREDIT-DRAST, Paris, France.

IBGE (2015) *Minas Gerais*: Ouro Preto. http://www.cidades.ibge.gov.br. (accessed 04.25.16).

IPHAN (2014) *Mobilidade e acessibilidade urbana em centros históricos*. Org. Sandra Bernardes Ribeiro. Brasília, DF: IPHAN.

Janjevic. M.; Lebeau, P.; Ndiaye, A.B.; Macharis, C.; Van Mierlo, J.; Nsamzinshuti, A. (2016) *Strategic scenarios for sustainable urban distribution in the Brusselscapital region using urban consolidation centres*. Transportation Research Procedia. v. 12, p. 598– 612.

Kin, B., Verlinde, S., Van Lier, T., Macharis, C. (2016) *Is there life after subsidy for an urban consolidation centre*? An investigation of the total costs and benefits of a privately initiated concept. Transportation Research Procedia, v. 12, p.357-369.

Lin, J. Q.; Chen, K.; Kawamura, K. (2016) *Sustainability SI*: Logistics Cost and Environmental Impact Analyses of Urban Delivery Consolidation Strategies. Networks and Spatial Economics, v. 16, n. 1, p. 227-253.

Marcucci, E.; Danielis, R. (2008) *The potential demand for an urban freight consolidation centre*. Transportation, v. 35, p.269-284.

Maroco, J. (2007) *Análise estatística com utilização do SPSS*. 3th. Lisboa: Edições Sílabo.

Miranda, C.A.C. (2013) *Re-habitar o centro histórico*: o caso de Palmela. Dissertação (Mestrado em Arquitetura). Universidade de Lisboa, Faculdade de Arquitetura, Lisboa, 160f.

Ministério das Cidades. Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN) (2011) *Implementação de ações em áreas urbanas centrais e cidades históricas*. Brasília- DF: IPHAN: Ministério das Cidades.

Nordtomme, M. E.; Bjerkan, K. Y.; Sund, A. B. (2015) *Barriers to urban freight policy implementation*: The case of urban consolidation center in Oslo. Transport Policy, v. 44, p. 179-186.

Panero, M., Shin, H., Lopez, D., J. D. (2011) *Urban Distribution Centre a means to reducing freight vehicle miles traveled*. Final report. New York.

Pereira, M. e Teixeira, J. A. (2002) *logística urbana*: conceito inovador na gestão dos fluxos de bens e serviços. Geo Inova, v. 5, p. 168-185.

Quak, H. (2008) *Sustainability of urban freight transport*: Retail Distribuition and Local Regulations in cities. Doctoral Dissertation, Erasmus University, Rotterdam, The Netherlands.

Rao, C. Goh, M., Zhao, Y., Zheng, J. (2015) *Location selection of city logistics centers under sustainability*. Transportation Research Part D, v. 36, p. 29–44.

Reys, A.C.; Lama E.A.; Dehira, L.K. (2008) *Monumentos da cidade de São Paulo*: formas de alteração e conservação. Revista CPC, v. 5, p. 93-122.

Resende, L. M. ; Cassino, F. S. L. ; Costa, A. R. (2011) *Análise de risco de danos por vibração mecânica nos monumentos setecentistas do "caminho tronco" de Ouro Preto*. Rev. A Pátria Mineira.

Russo. F.; Comi. A. (2010) *A classification of city logistics measures and connected impacts. The Sixth International Conference on City Logistics*. Procedia Social and Behavioral Sciences, v.2, p. 6355–6365.

Takebayashi, F. (2015) *Um modelo de localização-roteirização de instalações de transferência para distribuição de carga urbana baseado no método de cluster-first route-second*. Doctoral Dissertation. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

Van der Donk, M. H. M. (2015) *Critical design variables of a freight consolidation centre*. Faculty of TPM, Delft University of Technology, Netherlands.

Van Duin, J.H.R.; Van Dam, T., Wiegmans, B.; Tavasszy, L.A. (2016) *Understanding Financial Viability of Urban Consolidation Centres*: Regent Street (London), Bristol/Bath & Nijmegen. Transportation Research Procedia, v. 16, p. 61-80.

Van Rooijen, T e Quak, H. (2009) *Binnenstadservice.nl*: a new type of urban consolidation centre. Association for European Transport and Contributors.

Ville, S., Gonzalez-Feliu, J., Dablanc, L. (2010) *The limits of public policy intervention in urban logistics: The case of Vicenza (Italy) and lessons for other European cities*. In: Proceedings of the 12th World Conference on Transport Research, Lisbon, Portugal.

Zarinato, S.H. (2008) *A mobilidade nas cidades históricas e a proteção do patrimônio cultural*. Revista Eletrônica de Turismo Cultural, v. 2, n. 2, p.1-16.

Zijlstra, W. P., Van Der Ark, L. A., Sijtsma, K. (2013) *Discordancy Tests for Outlier Detection in Multi-Item Questionnaires*. Methodology: European J. Research Methods for the Behavioral and Social Sciences, v. 9, n. 2, p. 69–77

Zunder, T.; Marinov, M. (2011) *Urban freight concepts and practice*: would a traditional UCC scheme work? In: Transport Problems: International Conference, v. 6. n. 1.

Apêndice A: Visão dos quatro agentes sobre os critérios para implantação de CDU

Critério	Aspecto	Residentes				Guardas Municipais				Varejistas				Transportadoras			
		Moda	1ºQ	Mediana	3ºQ	Moda	1ºQ	Mediana	3ºQ	Moda	1ºQ	Mediana	3ºQ	Moda	1ºQ	Mediana	3ºQ
Vagas de estacionamento	O	1	1.00	1.00	2.00	1	1.00	2.00	3.50	1	1.00	1.00	2.00	1	1.00	1.00	1.00
Congestionamento	O	1	1.00	1.00	2.00	1	1.00	1.00	2.00	1ª	1.00	2.00	5.00	5	2.00	4.00	5.00
Qualificação profissional	O	1	1.00	1.00	2.00	1	1.00	2.00	3.00	1	1.00	1.00	3.00	1	1.00	2.00	5.00
Tamanho do veículo	O	1	1.00	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1.00
Elevado fator de carga	O	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1.00	1.50	3.00	1	1.00	2.00	4.00
Uso de tecnologia	O	-	-	-	-	1	1.00	1.00	2.00	1	1.00	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1.00
Confidencialidade da informação	O	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1.00	1.00	2.00	1	1.00	2.00	4.25
Conflitos de responsibilidade	O	-	-	-	-	2	1.50	2.00	4.50	1	1.00	1.00	2.00	1	1.00	2.00	3.25
Parceria entre usuários	O	-	-	-	-	1	1.00	1.00	2.00	1	1.00	1.00	3.00	1	1.00	2.50	5.00
Cumprimento da legislação	O;E	1	1.00	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1.00	1	1.00	1.00	4.00	5	2.00	4.00	5.00
Prosperidade local	Ec	1	1.00	2.00	2.00	1	1.00	1.00	2.00	1	1.00	1.00	2.00	1	1.00	1.00	2.00
Nível de serviço ao cliente	Ec	-	-	-	-	1	1.00	1.00	2.00	1	1.00	1.00	2.00	1	1.00	1.00	1.00
Investimentos e custos	Ec	-	-	-	-	1	1.00	2.00	2.50	1	1.00	1.00	2.00	1	1.00	1.00	2.00
Obrigação de uso	Ec	-	-	-	-	1	1.00	1.00	2.00	1	1.00	2.00	5.00	1	1.00	2.00	5.00
Partilha de custos e ganhos	Ec	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1.00	2.00	5.00	1	1.00	1.00	1.25
Insegurança	S	1	1.00	2.00	2.00	1	1.00	1.00	2.00	1	1.00	2.00	5.00	5	1.00	4.00	5.00
Abalo do acervo arquitetônico	C	1	1.00	1.00	1.00	1	1.00	1.00	2.00	1	1.00	2.00	2.00	2	1.75	2.00	5.00
Depredação por choque mecânico	C	1	1.00	1.00	2.00	1	1.00	1.00	2.00	1	1.00	1.00	3.25	1	1.00	2.00	5.00
Nível de poluição do ar	A	1	1.00	1.00	2.00	1	1.00	1.00	2.00	1	1.00	1.00	2.00	1	1.00	2.00	4.00
Nível de poluição visual	A	1	1.00	1.00	2.00	1	1.00	1.00	1.50	1	1.00	2.00	4.00	5	1.00	2.00	5.00
Nível de poluição sonora	A	1	1.00	1.00	2.00	1	1.00	1.00	2.00	1	1.00	3.00	4.00	5	2.00	4.00	5.00
Uso de veícuclos de propulsão alternative	A	1	1.00	1.00	2.00	1	1.00	1.00	2.00	1	1.00	2.00	3.00	1	1.00	2.00	4.25

Nota 1: 1°Q e 3°Q são o primeiro e terceiro quartil, respectivamente / Nota 2: A (Ambiental); Ec (Econômico); S (Social); O (Operacionall); C (Cultural)

AVALIANDO A SUSTENTABILIDADE E O NÍVEL DE SERVIÇO ALCANÇADOS POR MEIO DA UTILIZAÇÃO DE TRICICLOS NA DISTRIBUIÇÃO POSTAL EM ÁREA URBANA

Cíntia Machado de Oliveira[1, 2]
Renata Albergaria de Mello Bandeira[1,3]
George Vasconcelos Goes[1]
Daniel Neves Schmitz Gonçalves[1]
Márcio de Almeida D'Agosto[1]
Universidade Federal do Rio de Janeiro/COPPE[1]
Programa de Engenharia de Transportes
Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca[2]
Instituto Militar de Engenharia[3]
Programa de Pós-graduação em Engenharia de Transportes

RESUMO
Objetivou-se com este estudo avaliar a sustentabilidade e o nível de serviço alcançados por meio da utilização de triciclos na distribuição postal, na cidade do Rio de Janeiro. Os métodos e técnicas adotados se mostraram adequados ao estudo realizado. Identificou-se uma redução de 27,86% do custo total de transportes. Obtiveram-se reduções mensais de emissões de poluentes atmosféricos, por rota, de 10,11 g de CO; 32,78 g de NO_X; 0,02 g de RCHO; 0,7 g de NMHC; e 0,33 g de MP. As reduções mensais de GEE por rota foram de 20,73 kg de CO_2, 0,81g de N_2O; e 1,27 g de CH_4, o que equivale a uma emissão de 21,01 kg de CO_2eq. Com relação aos aspectos sociais, observou-se que, na operação de distribuição com o apoio do triciclo elétrico, a frequência cardíaca mostrou-se constante durante toda a operação, enquanto, na operação de distribuição tradicional intermodal, verificou-se uma maior variação da mesma durante toda a operação de entrega.

ABSTRACT
This paper aims to evaluate the sustainability and level of service achieved with the adoption of electric tricycles in the postal distribution service in the city of Rio de Janeiro. The methods and techniques used were adequate for the final purpose of the study. Results indicated a 27.86% reduction in total transport costs, as well as the following reductions in emissions of atmospheric pollutants monthly per route: 10.11 g CO; 32.78 g of NOX; 0.02 g of RCHO; 0.7 g NMHC; and 0.33 g MP. Monthly reductions of GHG emissions per route were: 20.73 kg of CO_2; 0.81 g of N_2O; and 1.27 g of CH_4, which is equivalent to an emission of 21.01 kg of CO_{2eq}. Regarding the social aspects, it was observed that, in the distribution by electric tricycle, the heart rate of the postman was constant throughout the operation, while, in the traditional intermodal distribution, there was a greater variation of the heart rate during the entire delivery process.

1 INTRODUÇÃO

De acordo com estimativas das Nações Unidas, cerca de 70% da população mundial, até 2050, viverá em áreas urbanas (ONU, 2013), o que demonstra uma tendência de crescimento para a demanda dos serviços de transporte em todo o mundo. Adicionalmente, a atividade de transporte, para a distribuição de bens e serviços em áreas urbanas, é responsável por promover impactos sociais, ambientais e econômicos, sobretudo em relação à intensificação dos congestionamentos de tráfego, à emissão de poluentes atmosféricos, poluição sonora e gases do efeito estufa (GEE), principalmente o dióxido de carbono (CO_2), além de promover o aumento dos custos e diminuir a segurança da população, em função do aumento do número de acidentes (Mckinnon *et al*., 2010; Oliveira *et al*., 2015).

Os efeitos dessa problemática são potencializados nas operações que envolvem a última milha (*last mile),* pois é nesta fase em que se evidencia a maior participação dos custos de uma cadeia logística (Roumboutsos *et al*., 2014). Assim, fabricantes, transportadores e operadores logísticos são instigados a trabalhar a um custo reduzido, porém mantendo o nível de serviço. Esses agentes, portanto, buscam soluções por meio de uma maior cooperação e integração de

suas operações, utilizando seus recursos de forma mais eficiente (Steadi e Seifi *et al*., 2014). Ao mesmo tempo, as cidades precisam avançar em suas transformações e permitir a exploração inovadora de formas de operação do Transporte Urbano de Carga (TUC), sobretudo no que diz respeito ao desenvolvimento de novas tecnologias (Bjorklund e Gustafsson, 2015).

Um estudo realizado na China por Cherry *et al*. (2009) demonstra que há uma grande busca por estratégias de distribuição urbana de carga, em *last mile*, não poluentes. Neste cenário, a tecnologia de triciclos elétricos tem sido considerada uma solução alternativa e sustentável de mobilidade urbana, tendo em vista que atende aos anseios de sustentabilidade ambiental do mundo contemporâneo, frente à piora da qualidade do ar das cidades, oriunda do uso intenso dos veículos com motor a combustão interna e dos combustíveis fósseis (Cherry *et al*., 2009). Deste modo, este estudo tem como objetivo avaliar a sustentabilidade, bem como o nível de serviço oferecido, por meio da utilização do triciclo elétrico como alternativa para a distribuição postal em *last mile*, por meio de um estudo de caso de uma empresa pública, que atua neste segmento, na cidade do Rio de Janeiro, Brasil.

A partir desta introdução, este trabalho se divide em quatro seções. Na seção dois apresenta-se uma revisão bibliográfica acerca das formas de operação e as tecnologias utilizadas no TUC para distribuição em *last mile*, em todo o mundo. A metodologia utilizada para o levantamento de dados, bem como a realização da avaliação econômica, ambiental e do nível de serviço oferecido pela empresa, é apresentada na seção três. Na seção quatro, apresentam-se os resultados encontrados e suas respectivas análises. Finalmente, na seção cinco encontram-se as conclusões, limitações e sugestões de aprimoramento deste trabalho.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Com o objetivo de verificar a relevância do estudo de caso que está sendo avaliado neste artigo, optou-se por realizar uma Revisão Bibliográfica Sistemática. A identificação dos artigos foi realizada em duas bases de indexações (*ISI Web of Science* e SCOPUS) e em cinco bases de dados (EBSCO, *Science Direct*, DOAJ, Springer Link e Compendex) de modo atender à recomendação de Thomé *et al*. (2006) de se utilizar mais de duas bases de dados para garantir a identificação de uma maior diversidade de trabalhos.

De forma inicial, foram identificados 157 artigos, que, após a eliminação de artigos duplicados (uma vez que a busca foi realizada em mais de uma base de indexação), resultou em uma lista de 125 publicações, cuja leitura dos resumos foi realizada por pelo menos dois autores, conforme recomendado por Thomé *et al*. (2016). O processo de seleção foi iterativo, de modo a buscar a concordância entre os pesquisadores, sendo selecionados 46 artigos para a leitura completa. Dentre esses, 26 estudos foram inclusos para o desenvolvimento da RBS.

Dos trabalhos inclusos na RBS, 42% apontaram a utilização de bicicleta/triciclo como melhor alternativa para entregas urbanas de *last mile*. Destes, no que diz respeito à energia utilizada, 64% apontaram a energia elétrica e 36% a propulsão humana. Na outra vertente, os veículos do tipo comerciais leves, que se tratam dos veículos com peso bruto total (PBT) inferior a 3,5 toneladas, foram considerados em 58% dos estudos, dentre os quais, no que diz respeito à fonte de energia utilizada, 73% apontou a energia elétrica e 33% apontou outras fontes de energia (diesel de petróleo, metano e biodiesel). Ainda, ressalta-se que um dos estudos considerou a utilização de um veículo do tipo comercial leve, não tripulado, ou seja, veículo autônomo, movido à energia elétrica. Outro estudo apontou a utilização de pequenos carros, bicicleta,

triciclo e motocicleta em conjunto aos veículos do tipo comercial leve (todos elétricos), como alternativa para entrega de *last mile*.

Segundo Schoemaker *et al*. (2006), o número de veículos do tipo comercial leve, na Europa, aumentou 15%, entre 1990 e 2003, enquanto o número de veículos com PBT superior a 3,5 toneladas apresentou um aumento de 6.6%, neste mesmo período. Isto reflete a tendência, desde então, do aumento de veículos do tipo comercial leve (em especial vans) no transporte urbano de cargas. Adicionalmente, de acordo com Dablanc (2009), o TUC é ineficiente na maioria das cidades, incluindo aquelas de países desenvolvidos, com baixas taxas de ocupação. Por exemplo, pode-se citar a cidade Londres, onde as taxas de ocupação desses tipos de veículos variavam entre 40 e 60% em 2006 (Schoemaker *et al*., 2006). Tal prática também vem sendo aplicada em países em desenvolvimento, como por exemplo o Brasil, onde verificou-se a utilização de triciclos por empresas como Coca-Cola (Fernandes, 2015a) e Correios (Oliveira, 2015), que buscam contornar os efeitos dos congestionamentos do tráfego, das restrições de circulação impostas pelas autoridades nas cidades, empregando práticas sustentáveis do ponto de vista socioambiental que garantam a manutenção ou a melhora do nível de serviço oferecido.

Dessa forma, tais fatos podem justificar a tendência de utilização de veículos ainda menores, tais como triciclos e bicicletas, conforme verificado nesta RBS. Infere-se, portanto que há uma tendência apontada pela literatura especializada na redução do tamanho dos veículos utilizados para entregas urbanas de *last mile*, com a adoção de bicicletas, triciclos e veículos do tipo comercial leve.

Em referência ao tipo de energia utilizada pelos veículos, considerando todos 26 artigos inclusos na RBS, verificou-se que 69% abordam veículos movidos a energia elétrica, o que demonstra seu potencial de aplicação na atividade do TUC, sobretudo na distribuição de *last mile*. Os outros tipos de energia empregados nas aplicações analisadas foram: metano, biodiesel, diesel de petróleo (23%) e propulsão humana (8%).

Os estudos apontaram a redução do consumo de energia, redução no tempo de entrega e redução dos congestionamentos. Os benefícios ambientais concentraram-se na redução da emissão de CO_2, poluentes atmosféricos e poluição sonora. Quanto aos benefícios sociais, pode-se destacar a geração de empregos e melhoria na qualidade de vida das pessoas. É oportuno ressaltar que o estudo de Sarma *et al*. (2014) apontou os problemas de saúde que podem ser acarretados em função da utilização da bicicleta (propulsão humana) e o excesso de peso da carga (195 kg).

Verificou-se que a velocidade média das bicicletas/triciclos variou de 2 a 6 km/h (*Sarma et al*., 2014), enquanto o veículo comercial leve chegou a 25 km/h (Gruber *et al*., 2014). Com relação às restrições de peso, Gruber *et al*. (2014) apontam 100 kg para carregamentos em bicicletas elétricas na Alemanha. Já o estudo realizado por Schiliwa *et al*. (2015) aponta que há uma limitação de peso de até 60 kg para carregamentos em bicicletas eletro-assistidas na Inglaterra. No entanto, Schier *et al. (*2016), em sua pesquisa sobre a distribuição urbana de *last mile*, consideram que bicicletas e triciclos eletro-assistidos podem transportar entre 50 e 250 kg de carga. No caso analisado por Sarma *et al*. (2014), em Nova Déli, são transportados até 195 kg de carregamentos por bicicletas movidas à propulsão humana.

3 METODOLOGIA

Tendo em vista os resultados obtidos por meio da RBS, o presente estudo tem como objetivo avaliar a sustentabilidade econômica e ambiental, bem como o nível de serviço, por meio da utilização de veículos elétricos na distribuição postal, em área urbana, em uma empresa pública, na cidade do Rio de Janeiro, Brasil.

A distribuição tradicional intermodal (DTI) ocorre, atualmente, por meio de caminhada a pé, a utilização do ônibus convencional e o apoio operacional de um veículo comercial leve com motor à combustão. Deste modo, propõe-se a alternativa de distribuição postal com o apoio de Triciclo Elétrico (DTE).

Para avaliar a distribuição com a apoio de triciclo elétrico (DTE), a empresa pública de distribuição postal realizou experimentos onde as entregas nos bairros do Leme e Copacabana, na cidade do Rio de Janeiro, Brasil, foram realizadas por triciclos elétricos durante o período de duas semanas. Estes bairros apresentam uma área pequena (4,1 km²) com alta densidade populacional (36.000 hab/km²) e estão localizados em uma área plana, localizado entre uma montanha e uma praia. Esses fatores proporcionam um cenário de alta complexidade para a distribuição urbana, justificando assim a escolha do local para a realização do teste experimental.

A seguir, são apresentadas as descrições das operações avaliadas neste estudo, a técnica de coleta de dados adotada e os métodos de avaliação utilizados para as análises ambientais, socioeconômicas e de nível de serviço.

3.1 Descrição das operações avaliadas neste estudo

A distribuição postal precede de uma série de atividades internas relacionadas a recebimento, triagem, separação, pesagem, ordenamento e lançamento no sistema, que ocupam grande parte do tempo de serviço do responsável pela distribuição postal, seguidas da atividade de transporte e entrega em si. Entretanto, o presente trabalho tem como objeto de estudo apenas as atividades que têm início e fim nos momentos de saída e retorno do responsável pela distribuição postal (no Brasil, é denominado como Carteiro) ao Centro de Distribuição (CD), respectivamente, e são descritas em duas estratégias de distribuição: (i) Distribuição Tradicional Intermodal (DTI), que é a estratégia utilizada pela empresa atualmente e (ii) Distribuição com o apoio de Triciclo Elétrico (DTE), que se pretende avaliar.

3.1.1 Distribuição Tradicional Intermodal (DTI)

Esta operação é realizada por meio de uma caminhada a pé com apoio de carrinho de mão e bolsa própria, mais a utilização do ônibus convencional e o apoio operacional de um veículo comercial leve com motor à combustão.

Ao sair do CD, o carteiro percorre a rota estabelecida de ida, a pé, caso seja próximo, ou de ônibus urbano convencional de linha, até o bolsão de atendimento onde realiza as entregas. Estas são feitas a pé pelo carteiro com apoio de carrinho de mão e bolsa própria. Devido ao limite legal, o peso da bolsa, estabelecido pelo acordo coletivo da categoria, é de 10 kg para homens e 8 kg para mulheres. Deste modo, o carteiro tem o apoio de um veículo comercial leve com motor à combustão para realização do transporte do excedente de peso a pontos pré-definidos de sua rota, que são os pontos de apoio para distribuição (PAD's). Ao terminar a entrega de um carregamento, o carteiro se dirige ao PAD para receber mais um carregamento

e, a partir daí, tem início uma nova distribuição, que é realizada a pé. Ao término da sua rota, o carteiro retorna ao CD por meio do ônibus urbano convencional de linha, tal como ilustrado na Figura 1.

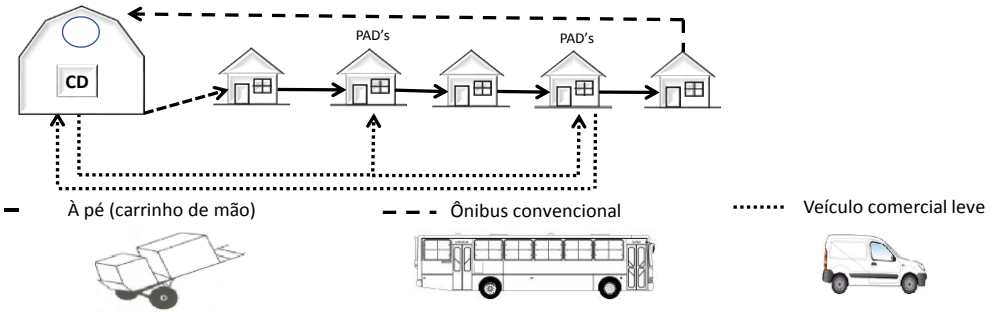


Figura 1: Distribuição Tradicional Intermodal

3.1.2 Distribuição com apoio de Triciclo Elétrico (DTE)

Esta operação é realizada com o apoio do triciclo elétrico ao longo de todo o percurso, logo, o limite de peso passa a ser a capacidade do triciclo (no caso em questão, a capacidade do triciclo utilizado é de 50 kg) e não mais a restrição legal, imposta pelo acordo coletivo da categoria devido ao limite de peso a ser carregado a pé pelo carteiro. Portanto, esta operação dispensa o apoio do veículo comercial leve e da utilização dos PAD's.

O carteiro realiza o deslocamento principal de ida, do CD até o primeiro ponto de atendimento, sobre o triciclo elétrico, pedalando, pedalando simultaneamente com a assistência do motor ou apenas com o uso do motor. Ao chegar ao bolsão de entrega, estaciona o veículo e realiza as entregas nas proximidades a pé, tal como apresentado na Figura 2.

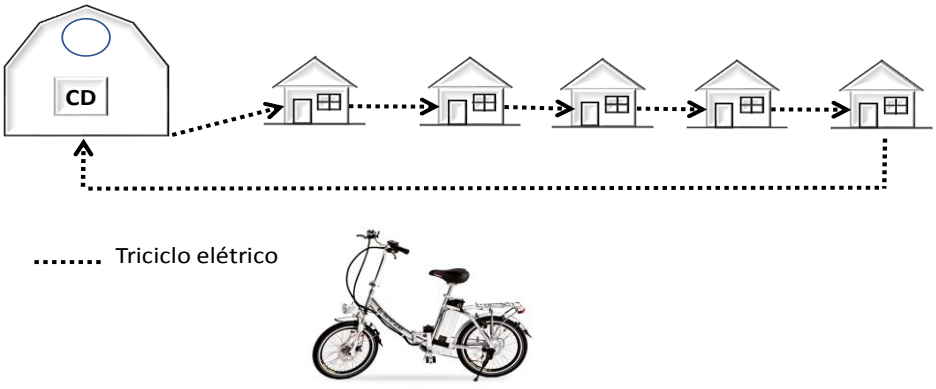


Figura 2: Distribuição com apoio de Triciclo Elétrico

3.2 Coleta de dados

A coleta de dados foi realizada, para ambos os tipos de operação, de terça a quinta durante os meses de abril e maio de 2014. Foram coletados dados referentes a dez dias de operação, sendo cinco para cada tipo de operação.

Os dados levantados durante a coleta podem ser agrupados nos seguintes itens: (i) tempo – ida, volta e entrega; (ii) distância – ida, volta e entrega; (iii) velocidade média – ida, volta e entrega; (iv) número de clientes atendidos; e (v) frequência cardíaca do carteiro. Para mensurar a

frequência cardíaca do carteiro para ambos os tipos de operação, foi utilizado o equipamento da marca Garmin, modelo Forerunner 405, com GPS e Medidor Cardíaco, que grava data, hora, latitude, longitude, altitude, distância e batimento cardíaco. Além disso, também foi levantado o consumo médio de combustível e seu respectivo custo para ambos os processos de entrega.

Em seguida, realizou-se o teste de Shapiro-Wilk para verificar a normalidade da amostra, sendo o p-valor encontrado superior a 0,05 (nível de significância adotado) para todos os dados analisados (BUSSAB e MORETTIN, 1987). Deste modo, pode-se afirmar que a amostra segue uma distribuição normal. Assim, a seguir são apresentados os métodos de avaliação adotados neste estudo.

3.3 Método de avaliação

Nesta seção, são apresentados o método de avaliação adotado para analisar o impacto da operação sob a perspectiva da sustentabilidade, com base em seus três pilares – econômico, ambiental e social, bem como para o nível de serviço da operação.

3.3.1. Método de avaliação econômica

A avaliação econômica para comparação de cada estratégia de distribuição (DTI e DTE) baseou-se no levantamento dos custos totais (soma do custo fixo e variável), calculado com base no Manual de Cálculo de Custos e Formação de Preços do Transporte Rodoviário de Cargas (NTC, 2014), conforme Equações 1 e 2.

$$Ct_{DTI} = (Cc/h * tc) + (Cp * n) + (Cm/h * tcf) + (Cf/km * df) \quad (1)$$

Em que,
CtDTI = Custo total da DTI
Cc/h = Custo do carteiro por hora
tc = Tempo total do ciclo
Cp = Custo da passagem de ônibus
n = Número de viagens de ônibus
Cm/h = Custo do motorista do veículo comercial leve por hora
tcf = Tempo de ciclo do veículo comercial
Cf/km = Custo do furgão por km
df = Distância percorrida pelo veículo comercial

$$Ct_{DTE} = (Cc/h * tc) + (Ctr/km * dtr) \quad (2)$$

Em que,
CtDTE = Custo total
Cc/h = Custo do Carteiro por hora
tc = Tempo total do ciclo
Ctr/km = Custo do triciclo por km
dtr = Distância percorrida pelo triciclo em km

É importante salientar que, para cálculo dos custos por km para o veículo comercial leve, foram considerados os custos relativos à depreciação, manutenção, impostos, seguros obrigatórios, combustível e energia elétrica, conforme indicado em NTC (2014).

3.3.2 Método de avaliação ambiental

Como a DTE é não emissora de gases poluentes, considerando apenas o uso final, e dispensa à utilização do veículo comercial leve e do ônibus urbano, a avaliação ambiental se baseia na comparação de quanto se deixa de emitir de cada poluente analisado. Os poluentes analisados foram o CO (monóxido de carbono), N_2O (óxido nitroso), NOx (óxido de nitrogênio), RCHO (aldeídos), NMHC (hidrocarbonetos com a exceção de metano), CH_4 (Metano), MP (material particulado), e CO_2 (dióxido de carbono).

Para o cálculo das emissões dos Gases de Efeito Estufa (GEE) e dos poluentes atmosféricos (PA) da operação DTI, foi adotado o método bottom-up, de modo que se multiplicou os fatores de emissão de cada gás, obtidos em MMA (2013), pela quilometragem média percorrida, conforme a Equação 3.

$$E = (fef * df) + ((feo * do)/(IPKo*do)) \quad (3)$$

Em que:
E = Emissão de poluentes atmosféricos da DTI
fef = Fator de emissão do furgão para cada poluente (g / km)
feo = Fator de emissão do ônibus para cada poluente (g / km)
do = Distância percorrida pelo carteiro no ônibus (km)
df = Distância percorrida pelo furgão (km)
IPKo = Índice de passageiro por quilômetro do ônibus

O cálculo das emissões de dióxido de carbono (CO_2) se baseou na multiplicação do fator de emissão, obtido em MMA (2013), pelo consumo médio de combustível para cada veículo de combustão interna utilizado na operação DTI. Ressalta-se que os ônibus são movidos a diesel S10 B7, mistura que contém 7% em volume de biodiesel e 93% em volume de óleo diesel de petróleo (MMA, 2013). Ainda, o veículo comercial leve adotado nesta operação é abastecido com gasolina C, mistura que contém 73% de gasolina automotiva e 27% de etanol anidro. Os fatores de emissão considerados no estudo são do 2º Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários (MMA, 2013), como apresentado na Tabela 1. Ainda, para estimar o impacto direto dos gases de efeito estufa, foi utilizada a conversão das emissões de CH_4 e N_2O para o equivalente de CO_2 (cálculo do CO_2 equivalente), considerando as taxas de 21 GWP e 310 GWP, respectivamente.

Tabela1: Fatores de emissão considerados no estudo.

Ano/Modelo	Combustível	$CO^{(1)}$	$NO_x^{(1)}$	$RCHO^{(1)}$	$NMHC_{escap}^{(1)}$	$CH_4^{(1)}$	$MP^{(1)}$	$N_2O^{(1)}$	$CO_2^{(2)}$
2013	Flex - Gasolina C	0,25	0,0030	0,0017	0,014	0,026	0,0011	0,026	2,0267
P6 e P7 PROCONVE 2012	Diesel	0,44	2,103	-	0,033	0,06	0,0200	0,03	2,5909

Nota: (1) g/km; (2) kg/l, destaca-se que os valores apresentados foram obtidos por meio da média ponderada da proporção de combustíveis na mistura.
Fonte: MMA (2013)

Os dados referentes ao transporte público foram obtidos na base de dados do Rio ônibus (2016). O Sindicato das Empresas de Ônibus da Cidade do Rio de Janeiro (Rio Ônibus) disponibiliza em seu *website* dados históricos (1984-2015) das operações do setor, que permitiram o cálculo do IPK (1,67) e o rendimento energético (2,59 km/l). Por sua vez, o rendimento do veículo

comercial leve foi realizado a partir dos dados levantados durante a operação, onde se verificou um rendimento médio de 4,56 km/l.

3.3.3 Método de avaliação social

O esforço realizado pelo carteiro em cada uma das operações de distribuição pode ser avaliado pelo acompanhamento do batimento cardíaco e medido pela Frequência Cardíaca (FC) máxima, estimada, com base na idade do indivíduo, por meio da Equação 4, proposta por Arena *et al*., (2016).

$$FCM = 209.3 - 0.72 * (i) \quad (4)$$

Sendo:
FCM = Frequência Cardíaca Máxima (batimentos por minuto);
i = idade (anos).

É importante salientar que, inerente a todas equações para estimar a FC máxima de um indivíduo, há um erro padrão, visto que a FC máxima é uma variável fisiológica difícil de se determinar devido à complexidade das variáveis cardíacas em geral (assim como a relação entre FC máxima e idade) (Froelicher et al, 1998; Almeida, 2014).

Conforme o *Americam College of Sports Medicine* (ACSM, 1998), dividiu-se a frequência dos batimentos por minuto em seis faixas percentuais em relação a FC máxima: (i) 40 - 50%, Repouso; (ii) 50 - 60%, Zona de Manutenção; (iii) 60 - 70%, Zona Aeróbia Lipolítica; (iv) 70 - 80%, Zona do Limiar Aeróbio; (v) 80 - 90%, Zona Mista e (vii) 90 - 100%, Zona de Esforço Máximo.). A medida de comparação é dada pelo tempo percentual que a frequência medida permanece em cada faixa de esforço durante a realização da atividade.

3.3.4 Método de avaliação no nível de serviço

O nível de serviço para cada operação de distribuição foi mensurado com base no número de clientes atendidos, conforme a Equação 5.

$$NS = \frac{\sum ca}{\sum te} \quad (5)$$

Onde,
NS = Nível de Serviço
ca = Número de clientes atendidos;
te = Tempo total de entrega.

4 RESULTADOS E ANÁLISES

A Tabela 2 apresenta o detalhamento dos itens considerados para composição dos custos totais da rota analisada para cada tipo de distribuição (DTI e DTE). Assim, com base no método de avaliação econômica apresentado na seção 3.3.1, foi possível calcular os custos fixos e variáveis para cada operação, conforme apresentado na Tabela 3. Desta forma, verificou-se que o custo total diário das rotas analisadas para as operações de distribuição DTI e DTE foi de R$ 38,31 e R$ 27,63, respectivamente, sendo possível identificar uma economia dos custos de 27,86%.

Tabela 2: Detalhamento dos itens considerados para composição dos custos totais por tipo de operação (DTI e DTE).

Especificações da operação	Und	DTI	DTE
Quantidade de dias mês considerados	und	26	26
Quilometragem média percorrida na rota	km	5,01	10,74
nº de viagens por dia	und	2	1
nº médio de passagens de ônibus	und	2,40	-
Valor da passagem de ônibus em R$	R$	3,00	-
nº de carteiros atendidos na rota	und	10	1

Tabela 3: Especificação dos custos fixos e variáveis, considerados nas operações DTI e DTE.

Custos Fixos Mensais	Und	VCL	Triciclo
Remuneração de capital	R$	309,80	33,12
Salário do motorista + encargos	R$	2.636,10	-
Salário do carteiro + encargos em rota	R$	590,11	459,51
Salário de oficina	R$	425,65	44,34
Reposição do veículo	R$	161,63	47,20
Licenciamento	R$	120,55	-
Seguro do casco do veículo	R$	162,81	-
Seguro de responsabilidade civil facultativa	R$	94,92	-
Total:	**R$**	**4.501,56**	**584,17**

Custos Variáveis:	Und	VCL	Triciclo
Peças, acessórios e materiais de manutenção	R$/km	0,7100	0,1973
Combustíveis	R$/km	0,7348	0,0100
Lubrificantes	R$/km	0,0153	-
Reposição de Baterias	R$/km	-	0,0377
Lavagem e lubrificação	R$/km	0,2857	0,1432
Pneus	R$/km	0,0327	0,0309
Total:	**R$/km**	**1,7786**	**0,4192**

Quanto à avaliação ambiental, foram estimadas apenas as emissões da operação DTI, uma vez que esta utiliza veículos ciclo Otto e ciclo Diesel, enquanto a operação DTE utiliza veículo elétrico, portanto pode ser considerada uma emissão final nula. Logo, obtiveram-se as reduções mensais de poluentes por rota de 10,11 g de CO; 32,78 g de NO_X; 0,81g de N_2O; 0,02 g de RCHO; 0,7 g de NMHC; 1,27 g de CH_4; 0,33 g de MP e 20,73 kg de CO_2. Destaca-se que, considerando apenas as emissões de GEE, tem-se uma emissão de 21,01 kg de CO_{2eq}.

No tocante ao aspecto social, a Tabela 4 evidencia a comparação entre a FC coletada nas operações DTI e DTE. Realizou-se a medição em um funcionário de 34 anos, com 82 kg e FC máxima (estimada pela Equação 4) de 184 bpm.

Tabela 4: Faixas de FC medidas nas operações DTI e DTE.

Faixas de FC		DTI média (%)	Desvio Padrão	DTE média (%)	Desvio Padrão	Variação % DTI x DTE
< 50 %	0 – 91 bpm	23,93	21,93	9,29	6,12	-61,17
50 – 60 %	92 – 109 bpm	52,42	15,84	84,83	2,59	61,81
60 – 70 %	110 – 128 bpm	22,01	22,09	5,88	4,85	-73,27
70 – 80 %	129 – 146 bpm	1,64	3,28	0,00	0,00	-
80 – 90 %	147 – 165 bpm	0,00	0,00	0,00	0,00	-
90 – 100 %	166 – 184 bpm	0,00	0,00	0,00	0,00	-

Observa-se a ocorrência de batimentos na Zona do Limiar Aeróbio (70 a 80% da FC máxima) apenas na operação DTI. Na outra vertente, em cerca de 84% do tempo total de entrega da operação DTE, a frequência cardíaca do entregador ficou na Zona de Manutenção (entre 50 e 60% da FC máxima), sendo 61% maior do que na operação DTI. Os dados inferem que, na operação de DTI, há uma maior variação da FC durante toda a operação de entrega (com maior pico do esforço), enquanto na operação DTE apresentou uma tendência a um platô, com FC constante durante toda a operação.

Com relação ao nível de serviço, observou-se um aumento de 26% da produtividade, se comparada à operação DTE em relação à operação DTI. Verificou-se que a operação DTE, além de consumir menos tempo, foi capaz de realizar um maior número de entregas, atendendo mais clientes na rota analisada, conforme pode ser observado na Figura 3.

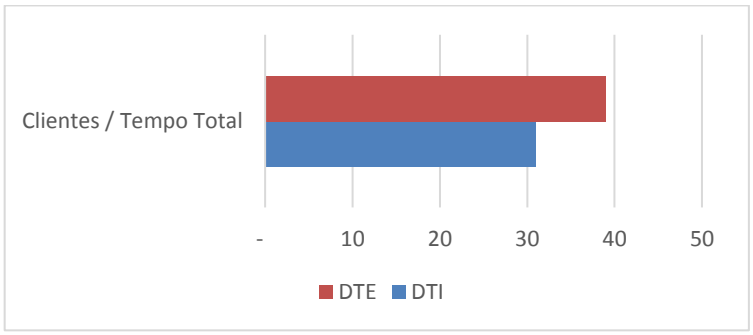


Figura 3: Comparação do nível de serviço

Assim, os resultados encontrados neste estudo apontam que a adoção triciclo elétrico para a distribuição postal, na cidade do Rio de Janeiro, está alinhado com a necessidade de eliminar as externalidades negativas produzidas pela atividade do transporte, sobretudo por causa do grande consumo de energia de origem fóssil, apontado por Rothengatter *et al*. (2003). Além disso, como os resultados apontaram redução de custos e melhoria do nível de serviço, mostram-se também coerente com o estudo de Foltyński (2014), que aponta a eficiência da alternativa de adotar veículos elétricos para o transporte de carga em áreas urbanas.

A operação DTE também trouxe vantagens sob o ponto de vista social, uma vez que se observou que, na operação DTE, a frequência cardíaca do entregador ficou na Zona de Manutenção (entre 50 e 60% da FC máxima) em um intervalo de tempo 61% maior do que na operação DTI, trazendo assim vantagens para a saúde do trabalhador. Este resultado está alinhado ao estudo de Hinde e Dixon (2005), que aponta a contribuição do uso de triciclos elétricos na manutenção da saúde das pessoas, na medida em que possibilita a realização de exercício físico para os trabalhadores.

Desta forma, a análise dos resultados encontrados permite constatar que se justifica a inserção dos triciclos elétricos na operação de distribuição postal, em área urbana, no segmento de distribuição postal, na cidade do Rio de Janeiro, tanto do ponto de vista ambiental, devido às emissões evitadas, quanto do ponto de vista econômico, devido à redução do custo de distribuição, e do ponto de vista social, por meio da análise da FC do trabalhador. Além disso, verificou-se também uma melhoria quanto ao nível de serviço, tendo em vista a redução de tempo alcançado e o aumento do número de clientes atendidos.

Ainda, é importante destacar que, para o caso da inserção dos triciclos elétricos na operação de para a distribuição postal do Rio de Janeiro, não seria necessária a adoção de incentivos tributários por parte do poder público. Mesmo considerando a aquisição dos veículos elétricos pela empresa, a análise econômica ainda apresentou uma redução no custo total de transportes da operação DTE em relação à DTI.

Por fim, constatou-se que a utilização do triciclo elétrico como alternativa para a distribuição postal em *last mile* foi capaz de promover benefícios econômicos, ambientais, sociais e melhorar o nível de serviço da empresa pública de distribuição postal na cidade do Rio de Janeiro.

5 CONCLUSÕES, LIMITAÇÕES E SUGESTÕES

O objetivo deste trabalho consiste em avaliar a sustentabilidade, bem como o nível de serviço oferecido, por meio da utilização do triciclo elétrico na distribuição postal, em área urbana, na cidade do Rio de Janeiro. Os métodos de avaliação adotados, bem como a técnica de coleta de dados e da observação não estruturada, se mostraram adequados ao estudo realizado.

Identificou-se uma redução de 27,86% do custo total de transportes por rota devido à adoção do triciclo elétrico na distribuição postal urbana. Esta prática também implica na redução da emissão de poluentes atmosféricos e GEE. Obtiveram-se reduções mensais de poluentes atmosféricos por rota de 10,11 g de CO; 32,78 g de NO_X; 0,02 g de RCHO; 0,7 g de NMHC; e 0,33 g de MP. As reduções mensais de GEE por rota foram de 20,73 kg de CO_2, 0,81g de N_2O; e 1,27 g de CH_4, o que equivale a uma emissão de 21,01 kg de $CO_{2eq.}$

Com relação aos aspectos sociais, observou-se que, na operação DTE, a FC apresentou uma tendência a um platô, sendo constante durante toda a operação, enquanto, na operação de DTI, verificou-se uma maior variação da FC durante toda a operação de entrega (com maior pico do esforço). Deste modo, pode-se inferir que a adoção dos triciclos elétricos trouxe vantagens para a saúde do trabalhador, o que implica em vantagens de cunho social.

Por fim, no tocante ao nível de serviço oferecido pela empresa, verificou-se um aumento de 26% da produtividade, se comparada à operação DTE em relação à operação DTI. Portanto, a análise, neste estudo, mostrou que a alternativa do triciclo elétrico é viável tanto nos aspectos econômico, ambiental e social, quanto na manutenção do nível de serviço da empresa.

Quanto à limitação para realização desse estudo, destaca-se a escassez de literatura sobre o tema, tendo em vista que não se identificou qualquer outro estudo comparativo considerando a utilização de triciclo elétrico para o transporte de carga. No entanto, esta limitação também ressalta a contribuição inovadora desta pesquisa, que abordou o ganho de sustentabilidade e nível de serviço associados à utilização de triciclo elétrico em operações de transporte de carga.

Enfim, verificou-se que a utilização do triciclo elétrico como alternativa para a distribuição postal em *last mile* foi capaz de promover benefícios econômicos, ambientais, sociais e melhorar o nível de serviço da empresa pública de distribuição postal na cidade do Rio de Janeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACSM, 1998. Position Stand. The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness, and flexibility in healthy adults. Med. Sci. Sports Exerc. 30:975–991, 1998

Allen, J., Browne, M. (2008). Review of Survey Techniques Used in Urban Freight Studies. Report produced as part of the Green Logistics Project: Work Module 9 (Urban Freight Transport), London, U.K., http://www.greenlogistics.org.

Almeida, M. B, 2007. Frequência Cardíaca e Exercício: Uma interpretação baseada em evidências. Rev. Bras. Cineantropom. Desempenho Hum., 9(2):196-202.

Ananda Mani Paudel n, Philipp Kreutzmann - Colorado State University-Pueblo, 2200 Bonforte Boulevard, Pueblo, CO 81001, USA - http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2014.08.078 - Renewable and Sustainable Energy Reviews.

Arena, R., Myers, J., Kaminsky, L.A., 2016. Revisiting age-predicted maximal heart rate: Can it be used as a valid measure of effort? Am. Heart J. 173, 49–56.

Bradley MJ. Comparison of energy use & CO2 emissions from different transportation modes. Washington DC; 2007.

Bussab,W. O. e Morettin, P. A. (1987) Estatística Básica – 4ª Ed, Atual Editora.

Cherry, C. R. et al. Comparative Environmental Impacts of Electric Bikes in China. Transportation Research D, V. 14, pg. 281- 290, 2009.

DECOPE, 2014. Manual de Cálculo de Custos e Formação de Preços do Transporte Rodoviário de Cargas. Departamento de Custos Operacionais, Estudos Técnicos e Econômicos. São Paulo.

Design and performance analysis of a hybrid solar tricycle for a sustainable local commute.

Dutra; N. G. S., 2004, Enfoque de "City Logistics" na Distribuição Urbana de Encomendas. Tese D.Sc., UFSC, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil.

Foltyński, M. (2014) Electric fleets in urban logistics. Procedia Social and Behavioral Sciences, v. 151, pp. 48–5 9 doi: 10.1016/j.sbspro.2014.10.007

Froelicher VF, Myers J, Follansbee WP, Labovitz AJ, 1998. Exercício e o coração. 3 ed. Rio de Janeiro: Revinter.

Leonardi, J., Browne, M. e Allen, J. Before-after assessment of a logistics trial with clean urban freight vehicles: A case study in London. Procedia - Social and Behavioral Sciences, v. 39, p. 146 – 157, 2012.

MCT, 2010. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação – MCTI. 2010. Segundo Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa. Relatórios de Referência: Emissões de Gases de Efeito Estufa no Transporte Rodoviário.

MMA, 2013. Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários 2013: Ano-base 2012, Ministério do Meio Ambiente, Brasília, DF.

ONU. (2013). ONU: mais de 70 da população mundial viverá em cidades até 2050. Disponível em: http://www.onu.org.br/onu-mais-de-70-da-populacao-mundial-vivera-em-cidades-ate-2050/. Acesso em 08 de Outubro de 2015.

Paudel, A. M. e Kreutzmann, P. (2015) Design and performance analysis of a hybrid solar tricycle for a sustainable local commute. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 41, pp. 473–482.

Peres, L. A. P., Ferreira, A. P. F., Krempser, A. R. e Ferreira, T. S. (2012) Benefícios Energéticos e Ambientais da Utilização de Triciclos Elétricos em Centros Urbanos no Brasil Cleiton Magalhães. XIV CBE Congresso Brasileiro de Energia Rio de Janeiro. Disponível em: http://www.gruve.eng.uerj.br/download/BeneficiosdaUtilizacaodeTriciclosEletricosFINAL. /. Acesso em 28 de Janeiro de 2016.

Rothengatter W, Hensher DA, Button KJ. Environmental concepts – physical and economic. Handbook of transportation and the environment. 1st ed. . Amsterdam: Netherlands: Elsevier Ltd.; 2003; 827.

Sivak, M; Schoettle, B (2012): Eco-driving: Strategic, tactical, and operational decisions of the driver that influence vehicle fuel economy. Transport Policy, v. 22, p. 96–99.

Suksri, J. e Raicu, R. Developing a conceptual framework for the evaluation of urban freight distribution initiatives. Procedia - Social and Behavioral Sciences, v. 39, p. 321 – 332, 2012.

Sustainable urban transport: Four innovative directions Todd Goldman, Roger Gorham Technology in Society 28 (2006) 261–273.

VIABILIDADE DA UTILIZAÇÃO DA INTERMODALIDADE NO TRANSPORTE DE CARGAS COMO MEIO DE DESENVOLVIMENTO REGIONAL: O CASO DO VALE DO JACUÍ – RIO GRANDE DO SUL

Caroline Alves da Silveira
Marceli Adriane Schvartz
Jonathan Barros Felipe Vieira
Alejandro Ruiz-Padillo
César Gabriel dos Santos
Universidade Federal de Santa Maria - Campus Cachoeira do Sul - Laboratório de Mobilidade e Logística

RESUMO
O desequilíbrio a favor do modal rodoviário causa retrocesso competitivo no Brasil em relação a outros países, gerando instabilidade no escoamento e distribuição das mercadorias e significativo impacto nos custos finais. O equilíbrio procurado pode ser encontrado na prática da intermodalidade e seus diversos benefícios. Com a aplicação de um método híbrido ponderado formado pelo Diagrama de Mudge e do Método TOPSIS, o presente trabalho tem o objetivo de propor uma metodologia que considera os principais atributos (Qualidade do Serviço, Segurança e Custo) na escolha do modal de transporte e como auxílio no estudo das potencialidades de intermodalidade. A metodologia foi testada a um estudo de caso a partir das avaliações dos responsáveis logísticos das principais empresas de movimentação de cargas do centro da região do vale do Jacuí, no interior do Estado do Rio Grande do Sul, cuja matriz atual de transportes também sofre com esse desequilíbrio.

ABSTRACT
The imbalance in favor of the road modal causes a competitive setback in Brazil in relation to other countries, generating instability in the distribution and distribution of the goods and significant impact on the final costs. The balance sought can be found in the practice of intermodality and its various benefits. With the application of a weighted hybrid method formed by the Mudge Diagram and the TOPSIS Method, the present work has the objective of proposing a methodology that considers the main attributes (Quality of Service, Safety and Cost) in the choice of transportation mode and as assistance in the study of intermodality potentialities. The methodology was tested in a case study based on the assessments of logistics managers of the main cargo handling companies in the center of the "Jacuí" river valley region, in the State of "Rio Grande do Sul" (Brazil), whose current transportation matrix also suffers from this imbalance.

1. INTRODUÇÃO

Na atualidade, os custos de transporte possuem um papel de grande importância na economia global, de tal forma que os setores econômicos em sua totalidade estão dependentes, de forma direta ou não, da funcionalidade e eficiência alcançadas pelo setor dos transportes (Ferreira, 2013). Sendo assim, rodovias, ferrovias e vias navegáveis compõe a conexão de diversas localidades com a comunidade regional e nacional, proporcionando benefícios e evolução ao país, transformando-se em um elemento de integração (Graciano, 1971; Schmidt, 2011).

Porém, uma excessiva dependência do transporte de cargas em um único modal ocasiona desequilíbrios no escoamento e distribuição das mercadorias, com o consequente impacto nos custos finais (tanto em dinheiro quanto em tempo) dos produtos (Behrends, 2012). Esta dependência, às vezes, é consequência das características geográficas da região onde é realizado o transporte, de forma que em países de tamanho relativamente reduzido, como na Europa, o transporte de cargas tem sido baseado tradicionalmente em um modelo de transporte unimodal, fundamentalmente o transporte rodoviário na maioria dos casos, também como suporte indispensável dos outros modais de transporte, como o ferroviário ou o aquaviário (Ferreira, 2013; Zhang e Pel, 2016).

As grandes economias emergentes mundiais, grupadas no bloco político denominado BRICS (Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul), da mesma forma que outros países em desenvolvimento com dimensões geográficas expressivas, destacam que os setores dos transportes, assim como o setor energético, é chave no crescimento da economia (Nassani *et al.*, 2017). Neste contexto, o Brasil, 5º maior país em extensão territorial do mundo, os investimentos em infraestrutura de transportes converteram-se em prioridade de política pública nos últimos anos (Amann *et al.*, 2016), de forma que o país dispõe de quase 2 milhões km de rodovias, 50 mil km de hidrovias, 37 portos, aproximadamente 4 mil aeroportos e 30 mil km de ferrovias.

No entanto, o desenvolvimento das facilidades de transporte no Brasil não foi uniforme e o crescimento da infraestrutura rodoviária teve ritmo acelerado desde meados do século passado, com a implantação da indústria automobilística (GETRAM, 2004) e através de mecanismos institucionais que foram criados pelo Fundo Rodoviário Nacional (FRN) (Graciano, 1971; Schmidt 2011). Este desequilíbrio a favor de um único modal causou retrocesso competitivo no Brasil em relação a outros países, pois é necessário um sistema de transporte compensado, eficiente e barato, que intensifique a competitividade do mercado e aumente as economias de escalas de produção (Ballou, 2006).

Por conta desta desproporção da matriz modal brasileira, o Ministério dos Transportes criou o Plano Nacional de Logística e Transportes (PNLT), que tem como base a utilização coordenada dos diferentes modais e recomenda ações para equilibrar a matriz de transporte de cargas no país (MT, 2007, 2009, 2012). Este Plano também visa a mudança do percentual de utilidade e investimentos dos modais, reduzindo a excessiva dependência do modal rodoviário e a infrautilização dos outros sistemas de transportes, com o objetivo da redução de custos logísticos (Guimarães *et al.*, 2015).

O equilíbrio procurado pode ser encontrado na prática da intermodalidade e seus diversos benefícios, que entrou significativamente em pauta nos últimos anos. A intermodalidade no transporte de cargas descreve um carregamento que utiliza vários modais de transporte, dentre as cinco opções principais, do ponto de partida ao ponto de destino (David e Stewart, 2010). Recentemente, o significado evoluiu para limitar o uso desse termo à carga para qual é emitido um documento para cada uma das atividades executadas (Moori e Riquette, 2014).

Porém, é constatada uma falta de unicidade tanto na definição do conceito, quanto da nomenclatura na literatura especializada, de forma que muitas vezes a intermodalidade é abordada também pelo termo multimodalidade. O conceito de multimodalidade no Brasil é definido pela Lei 9.611 de 19 de fevereiro de 1998, a qual diz que o "transporte multimodal de cargas é aquele que é regido por um único contrato, utiliza duas ou mais modalidades de transporte, desde a origem até o destino e é executado sob a responsabilidade única de um Operador de Transporte Multimodal (OTM)" (Brasil, 1998). Desta forma, na multimodalidade é emitido apenas um documento de conhecimento de carga pelo próprio OTM.

A escolha do modal ou dos modais de transporte mais eficientes para o deslocamento de uma determinada carga entre dois pontos do território é influenciada por vários fatores ou critérios que fazem parte do processo decisório de forma simultânea e, às vezes, contraditória, mas sempre com diferentes graus de importância relativa (Zhang e Pel, 2012). Desta forma, as empresas produtoras, assim como as empresas fornecedoras de serviços logísticos, como

peças-chave do desenvolvimento econômico e social da região na qual se inserem, precisam conhecer e analisar estes fatores e suas características com o objetivo de realizar uma adequada tomada de decisão e verificar a viabilidade da opção intermodal no transporte (Macharis e Bernardini, 2015).

Nesses casos, os tomadores de decisão normalmente utilizam ferramentas de análise multicritério, para se sentirem mais confiantes na ponderação dos critérios envolvidos na escolha ou na ordenação de alternativas (Belton e Stewart, 2002). Sendo assim, os métodos de análise multicritério apontam facilitar e auxiliar na tomada de decisões que serão realizadas pelo decisor, com o intuito de escolher alternativa mais adequada, de acordo com o problema, com a realidade da empresa e com o estilo do responsável logístico (Keeney e Raiffa, 1993).

Este trabalho visa, por meio da aplicação de um método multicritério híbrido, formado pelo Diagrama de Mudge e o Método TOPSIS, para ponderação de critérios e ordenação de alternativas respectivamente, a análise das importâncias relativas dos diferentes fatores que influenciam na escolha do modal de transporte de cargas, com o objetivo da proposição de melhorias do sistema a partir da prática intermodal segundo as necessidades dos próprios usuários, empresas que mais movimentam carga na região. A metodologia foi aplicada ao estudo do caso da região do Vale do Jacuí, no interior do Rio Grande do Sul, especificamente na cidade de Cachoeira do Sul, polo industrial e econômico da mesma.

2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O estudo foi desenvolvido em 9 etapas descritas na Figura 1. Os dados necessários para aplicação do método multicritério híbrido proposto ao caso de estudo foram coletados a partir dos resultados de um questionário de pesquisa, aplicado nas cinco maiores empresas de movimentação de cargas locadas na região.

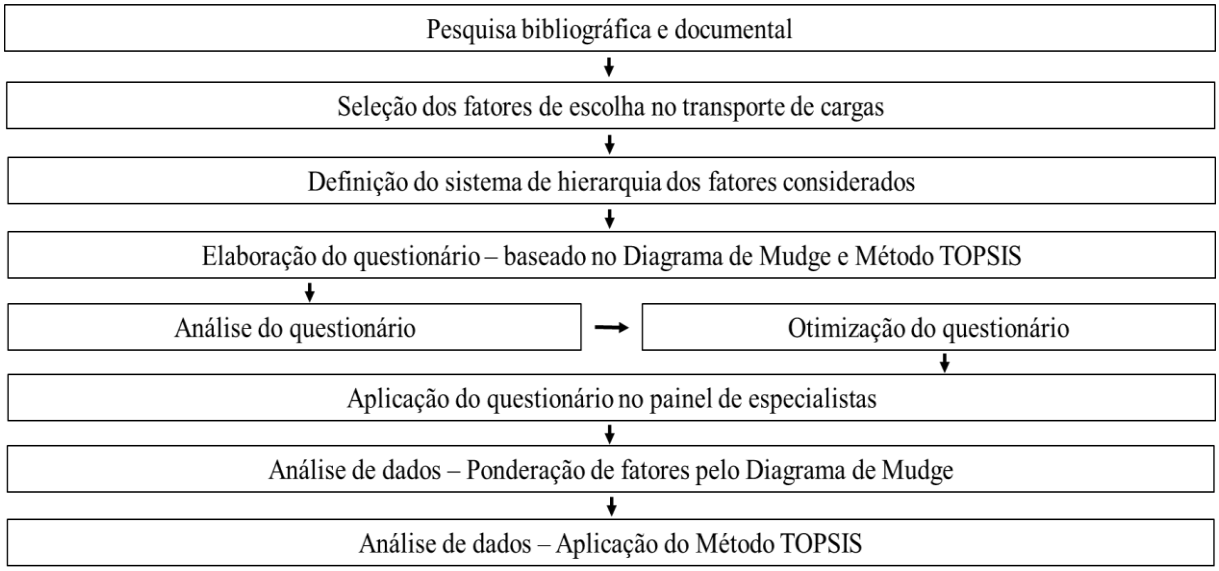


Figura 1: Etapas do estudo

2.1. Cenário de estudo

O estudo foi conduzido no município de Cachoeira do Sul, que possui 85600 habitantes, localizada no Vale do Jacuí, distante 196 km da capital do Estado do Rio Grande do Sul, Porto Alegre (IBGE, 2016). A economia local é ligada às indústrias de beneficiamento de

grãos, principalmente arroz e soja e ao setor metal mecânico, ambos de grande destaque, além do setor pecuarista que mesmo tendo pequena participação, possui relevância econômica. Além disso, a cidade está estrategicamente localizada sendo viável a prática intermodal de transportes, já que apresenta ou possui potencial de existência dos cinco modais.

2.2. Pesquisa bibliográfica e documental no acervo do Arquivo Histórico da cidade

Foi realizada uma profunda revisão bibliográfica de contextualização do objetivo do trabalho, destacando as características gerais dos modais de transportes, concretizando para a realidade atual do Rio Grande do Sul e do Brasil.

Por sua parte, o Arquivo Histórico de Cachoeira do Sul foi um meio de consulta bibliográfica para pesquisa sobre o histórico dos transportes no município, já que é a única fonte de informação confiável e completa sobre o assunto. Por meio de documentos e reportagens de jornais arquivados, livros escritos por historiadores cachoeirenses e relatórios datilografados, foram coletadas informações que descrevem em ordem cronológica a construção da infraestrutura que existiu ou ainda é presente na cidade, os destinos da movimentação de cargas e como os transportes influenciaram positivamente ou negativamente a economia e o crescimento da cidade desde a sua origem. Além disso, foi possível estudar como era praticada a intermodalidade no Vale do Jacuí, pois já foi tema de discussão no Seminário de Transportes Intermodal no ano de 1994 com o objetivo de debater e planejar os rumos do entroncamento modal na região.

Os resultados destas pesquisas permitiram elencar os principais atributos destacados na bibliografia para a tomada de decisão sobre o modal de transporte idôneo, e que constituíram os critérios de análise da metodologia proposta. Estes dados são apresentados na seção 3.

2.3. Diagrama de Mudge

O Diagrama de Mudge é um método de ponderação de critérios, mediante um procedimento de comparação aos pares, a partir do grau de importância que um apresenta em relação ao outro, já que, embora todos os critérios são necessários, alguns apresentam um grau de importância maior. Desta forma, o método permite hierarquizar por relevância os fatores e fazer a análise numérica funcional, de acordo com o que elas representam para o cumprimento das exigências explicitadas pelos usuários (Csillag, 1995).

A comparação é realizada atribuindo letras aos critérios como *a*, *b*, *c*, ... , *n*, e, em seguida valores numéricos para as comparações por pares (Rocco e Silveira, 2008). Nesse estudo foram atribuídos cinco graus de importância, sendo eles: importante (1), um pouco mais importante (2), mais importante (3), muito mais importante (4) e extremamente mais importante (5).

O processo inicia-se com a comparação do requisito *a* com o requisito *b*, analisando se o requisito *a* é mais importante que o b. No caso afirmativo, registra-se na célula *a*, e se negativo, na *b*. Logo, atribui-se o grau de relevância, entre 1 e 5, do critério *a* em relação ao *b*, demonstrando que embora as características sejam necessárias, algumas apresentam uma classificação mais significativa de acordo com a necessidade do usuário. A quantificação do Diagrama de Mudge se fez pelo somatório dos pesos atribuídos às letras, tanto na linha como na coluna, do requisito avaliado e normalizado (Santos *et al.*, 2008).

2.4. Método TOPSIS

Da mesma forma que existem diversos métodos utilizados para a ponderação dos critérios de um problema de decisão, são variadas as técnicas empregadas no campo da análise multicritério para a classificação de alternativas (Zanakis *et al.*, 1998). Para o presente trabalho foi escolhido um método de agregação completa e hierárquica, o Método TOPSIS (*Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*), amplamente conhecido e utilizado também em casos relacionados com infraestruturas (Janic e Reggiani, 2002; Tsaur *et al.*, 2002; Tseng *et al.*, 2005; Wang e Elhag, 2006; Mahmoodzadah *et al.*, 2007).

Este método de análise multicritério é definido pela solução positiva ideal e a solução negativa ideal para um problema (Hwang e Yoon, 1981). A solução ideal positiva é composta dos melhores valores que podem ser obtidos pelos critérios e a solução negativa ideal ou anti-ideal é composta dos piores valores que podem ser obtidos pelos critérios, levando em conta suas avaliações normalizadas ponderadas individuais (Tsaur *et al.*, 2002; Tseng *et al.*, 2005, Wang e Elhag, 2006).

Com isso, o TOPSIS calcula a similaridade relativa das alternativas avaliadas em relação às ideais, de forma que a opção escolhida deve tentar minimizar a distância para a solução ideal enquanto maximiza a distância até a alternativa anti-ideal (Kahraman, 2008). Este método é adequado para modelar valores de critérios quantitativos precisamente conhecidos, o processo de coleta de dados é mais simples e requer menor quantidade de julgamentos (Lima Junior e Carpinetti, 2015).

A aplicação ao caso de estudo do método híbrido proposto e a discussão dos resultados obtidos são mostrados na seção 4.

3. ANÁLISE DOS SISTEMAS DE TRANSPORTES NO VALE DO JACUÍ - RS

Um bom planejamento de transportes é de extrema importância para o desenvolvimento local, pois uma adequada infraestrutura permite avanços econômicos, possibilitando investimentos de empresas na região e gerando uma maior circulação de capital (Araújo e Guilhoto, 2008). Contudo, se a infraestrutura for precária e ultrapassada, ela dificultará a distribuição de produtos e também irá elevar o custo logístico, diminuindo assim o lucro total (Ballou, 2006).

Além disso, é necessário apresentar controle e operação precisos, para que haja diminuição de custos e aumento da competitividade (Almeida, 2004) e por meio da interconexão dos modais haverá redução no tempo de transportes, um dos fatores que atravancam o fluxo dinâmico de mercadorias (Christaller, 1933 *apud* Docherty e MacKinnon, 2013).

No caso do estado do Rio Grande do Sul, a posição geográfica distante dos principais mercados consumidores do Brasil e do exterior, mesmo estando no centro do Mercosul, faz com que os custos de transportes e logística sejam fundamentais para manter a competitividade da sua economia. Na atualidade, a matriz modal de transportes do Rio Grande do Sul é composta por 85,3% do modal rodoviário, 8,8% do ferroviário, 3,6% do sistema hidroviário, 2,1% de transporte dutoviário e apenas 0,2% de uso do modal aeroviário, segundo dados da Secretaria de Infraestrutura e Logística do Estado. Estes dados evidenciam um acusado desequilíbrio da matriz direcionada ao modal rodoviário e um uso reduzido da malha ferroviária e hidroviária, as quais, no entanto, representam umas das maiores do Brasil.

O modal rodoviário caracteriza-se pelo transporte de cargas por rodovias em caminhões, carretas, etc. (Rodrigues, 2008). Atualmente é o mais procurado para o transporte de mercadorias no Brasil e se destina principalmente ao transporte de curtas distâncias de produtos acabados e semi-acabados. Apresenta preços de frete mais elevados do que os modais ferroviário e hidroviário, portanto sendo recomendado para mercadorias de alto valor ou perecíveis. Além disso, outras características do transporte de carga no Brasil são: baixo custo inicial de manutenção, adequado a curtas e médias distâncias, muito poluente com forte impacto ambiental, serviço de entrega porta a porta, velocidade moderada entre outros e o mais acessível dos modos existentes, segundo o Ministério dos Transportes. Em Cachoeira do Sul, as principais vias de acesso são as rodovias federais BR 153, BR 290 e a rodovia estatual RS 590, além de uma malha rodoviária municipal de aproximadamente 3500 km.

Por sua parte, o transporte ferroviário possui uma economicidade no custo operacional, pontualidade e produz um baixo custo ambiental. Esse modal aponta especial flexibilidade para grandes volumes de cargas transportadas a distâncias superiores aos 500 km. No entanto, possuiu algumas desvantagens como: baixa acessibilidade das rotas; pouca segurança de cargas e uma expressiva lentidão de transporte (Rodrigues, 2008).

Os documentos consultados no Arquivo Histórico da cidade mostram que a estação ferroviária de Cachoeira do Sul foi inaugurada em 1883 para o transporte de carga agrícola e localizava-se no centro da cidade, porém atualmente ela se encontra na região periférica da cidade e está desativada. Além disso, a mesma está no caminho de ferro de Uruguaiana até Porto Alegre, onde sofreu não só inúmeras alterações do trajeto original, mas também apresenta uma infraestrutura precária, resultando em um baixo interesse das empresas locais nesse modal. Esses trilhos pertencem à malha ferroviária conhecida por Ferrovia do MERCOSUL, ligando o Rio Grande do Sul a Buenos Aires, cuja operação e manutenção está concedida à empresa ALL (*América Latina Logística*, atual *RUMO Logística*) desde fevereiro de 1997 (Rodrigues, 2008).

Já o transporte hidroviário caracteriza-se por utilizar rios, lagos e oceanos no deslocamento de pessoas e mercadorias dentro de um país ou entre diferentes nações. No Brasil podem se destacar dois subsistemas de transporte: o fluvial ou hidroviário, que utiliza os rios navegáveis; e o marítimo, que abrange a navegação no mar e a circulação na costa atlântica (CNT, 2013). Uma das principais vantagens do transporte hidroviário é o baixo custo total, já que os custos operacionais são baixos e, por os navios terem uma capacidade relativamente grande, os custos fixos podem ser absorvidos pelos grandes volumes, com redução dos valores dos custos unitários por tonelada (Arnold, 1999; Chopra e Meindl, 2011). Esse transporte também pode ser caracterizado pela movimentação de cargas volumosas de baixo valor agregado, velocidades baixas, um menor consumo de combustível quando comparado a outros modais de transportes, sendo, portanto, indicado para longas distâncias.

Segundo as referências documentais do Arquivo Histórico de Cachoeira do Sul, em 1843, no rio Jacuí, iniciou-se a navegação entre Rio Pardo e Cachoeira do Sul, e em 1882 foi iniciado o tráfego regular de embarcações entre Cachoeira e Porto Alegre. Já no ano de 1875, foi inaugurado o primeiro armazém de carga e descarga de mercadorias, dando início a uma época de grande desenvolvimento da navegação no Jacuí. Dentre as mercadorias transportadas via fluvial constavam açúcar, arame, aguardente, café, farelo, fazendas, farinha de trigo, mandioca, querosene, louças, sal, vidros e vinho.

Segundo a informação da Superintendência de Portos e Hidrovias do Estado, atualmente, Cachoeira do Sul conta com um porto que apresenta estrutura de cais composta por uma plataforma de 70 metros de comprimento por 30 metros de largura e calado de 8,2 pés, aproximadamente 2,5 metros, porém está desativado.

O transporte aeroviário é avaliado como mais rápido entre as modalidades de transporte e o mais apropriado para o transporte de pequenos volumes, mercadorias de alto valor agregado e passageiros, destacando-se também pela pontualidade e rápida velocidade de transporte. Por outro lado, são consideradas como desvantagens a menor capacidade de carga, o valor do frete elevado e o alto custo da infraestrutura (CNT, 2013). A modalidade destaca-se pela sua amplitude, permitindo o acesso a diversos países e regiões, as quais são de difícil alcance por outras modalidades de transporte. Além disso, o transporte por via aérea contribui com o desenvolvimento de cadeias produtivas que necessitam intercambiar mercadorias, insumos, máquinas, equipamentos, tecnologias e mão de obra com rapidez e eficácia (Jarach, 2001; Cappa e Boas, 2010).

Na década de 40, mais precisamente no ano de 1945, iniciou-se o transporte pelo modal aeroviário em Cachoeira do Sul, a princípio como um ponto facultativo no plano de viagem da empresa Varig na linha Porto Alegre – Cachoeira do Sul – São Gabriel – Alegrete – Uruguaiana. Nesse ponto projetado o avião chegava em Cachoeira nas terças e sextas-feiras com viagens de idas e voltas. Com o aumento da procura por esse modal, em 1952, Cachoeira do Sul começa a operar com a Savag e a Varig linhas durante toda a semana menos as terças-feiras, prestando assim excelente serviço ao desenvolvimento do trafego aéreo entre Cachoeira e Porto Alegre (Selbach, 2008).

O Aeroporto Municipal de Cachoeira do Sul, que está localizado a 10 km do centro da cidade, possui pista pavimentada e sinalizada de 1018 metros de comprimento, sendo disponível para aterrisagem e decolagem de aviões de médio porte. Atualmente, o aeroporto está sob o uso exclusivo de uma escola de formação de pilotos agrícolas e disponível para operação de aviões para aplicação de agrotóxicos.

Finalmente, o transporte dutoviário consiste no transporte de granéis, por gravidade ou pressão mecânica, por meio de dutos adequadamente projetados à finalidade a que se destinam (Ferreira, 2008). Esse modo de transporte possui processo de operação ininterrupto, alta segurança em relação a avarias e à perda de carga, porém possuem pouca acessibilidade e flexibilidade de cargas.

Em relação a Cachoeira do Sul, atualmente, é o único modal de transporte de cargas que não se encontra disponível. Porém, o município está como parte integrante como uma das cidades em que a infraestrutura do gasoduto Bolívia-Brasil, no trecho de Porto Alegre a Uruguaiana se fará presente, segundo informações da Transportadora Sulbrasileira de Gás.

Sendo assim, destaca-se que a situação geográfica do município de Cachoeira do Sul e as potencialidades de transporte fundamentalmente por meio de rodovias, ferrovias e hidrovias, unem as quatro regiões do Estado de norte a sul e leste a oeste, oferecendo condições para o desenvolvimento de um entroncamento rodo-ferro-hidroviário na região, vinculado ao porto de Cachoeira do Sul e à ferrovia existente, por meio da prática intermodal. Porém, é possível

perceber que existem diferentes fatores influenciando a escolha dos modais de transporte de cargas que estes apresentam características distintas para cada caso.

De acordo com a pesquisa bibliográfica e documental realizada, os atributos selecionados para análise do objetivo do trabalho são:

- Disponibilidade: característica do transporte estar operacionalmente presente na região.
- Acessibilidade: além do transporte estar disponível, há a possibilidade da carga ingressar no modal e dele se utilizar para deslocamento.
- Flexibilidade: capacidade que o modal tem de responder a mudanças imprevistas internamente e externamente.
- Pontualidade: característica de começar e terminar o serviço dentro do prazo convencionado.
- Segurança em relação a avarias: refere-se a avarias na infraestrutura, como má condições das vias, de sinalização e avarias nos veículos, como problemas mecânicos.
- Segurança em relação a acidentalidade: refere-se a possibilidade de ocorrer acidentes durante o trajeto.
- Segurança em relação a perdas de carga: refere-se à perda de carga por assaltos, por roubos ou pelo mau armazenamento da carga.
- Economicidade: propriedade do transporte oferecer um custo monetário compatível com o valor de seu serviço.
- Tempo de transporte: é o tempo de duração do deslocamento, desde o ponto de origem até o ponto de destino final.
- Custo Ambiental: refere-se aos impactos que os modais de transporte podem causar no meio ambiente (ex: emissão de gases de efeito estufa, poluição sonora, contaminação dos rios, etc).

4. APLICAÇÃO DO MÉTODO MULTICRITÉRIO HÍBRIDO AO CASO DE ESTUDO

Para uma melhor aplicação da técnica, foi realizada uma hierarquização de dez fatores selecionados com base em três principais critérios: Qualidade do Serviço, Segurança e Custo de Transporte como mostra a Tabela 1.

Tabela 1: Critérios e Subcritérios de escolha do transporte de cargas

Critérios	Subcritérios	Peso por subcritério (%)	Classificação	Peso por critérios (%)
Qualidade do Serviço (A)	Disponibilidade (D)	3,49	8º	22,50
	Acessibilidade (E)	6,40	6°	
	Flexibilidade (F)	4,70	7°	
	Pontualidade (G)	10,92	5º	
Segurança (B)	Segurança em relação a perdas ou avarias (H)	1,73	10°	41,90
	Segurança em relação à acidentalidade (I)	20,6	1º	
	Segurança em relação à perda de carga (J)	19,55	2°	
Custo (C)	Economicidade (K)	16,43	3º	32,60
	Tempo de Transporte (L)	13,01	4º	
	Custo ambiental (M)	3,16	9º	

Para obtenção dos dados de entrada necessários para aplicação do método híbrido foi necessário elaborar um questionário, mostrado na Figura 2, tendo como população alvo os responsáveis pela logística e distribuição das cinco empresas que mais movimentam carga em Cachoeira do Sul, informação essa que foi fornecida pela SMIC – Secretaria Municipal de Indústria e Comércio de Cachoeira do Sul. O questionário foi aplicado presencialmente ou foi enviado por correio eletrônico e dividiu-se em oito seções, onde a primeira continha perguntas

de caracterização do respondente e apresentava-se brevemente o objetivo da pesquisa. Nas quatro seções seguintes, eram realizadas perguntas referente a comparação dos critérios, sendo uma seção referente aos 3 principais critérios e as outras três seções sobre os 10 subcritérios; dessa forma foram obtidos os dados necessários para aplicação do Diagrama de Mudge. Previamente foram definidos os critérios e subcritérios, assim como a forma de preenchimento das comparações por pares.

Nas últimas três seções, foram avaliados os 10 subcritérios para os três principais modais presentes na região: modal rodoviário, modal ferroviário e modal aquaviário. Para isso, foi solicitado aos especialistas avaliarem cada subcritério segundo uma escala de cinco níveis similar à utilizado nas comparações para o Diagrama de Mudge. Os dados coletados nessas seções foram utilizados para aplicação do Método TOPSIS, junto com os pesos obtidos, posteriormente, como resultado dos Diagramas de Mudge.

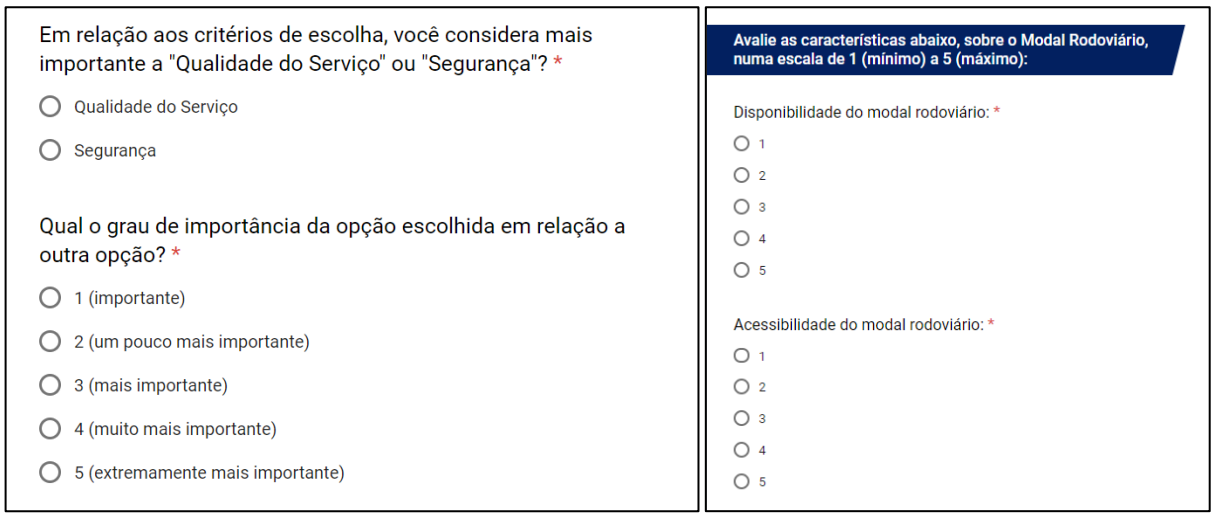


Figura 2: Vistas parciais do questionário aplicado à população de estudo

Após a aplicação do questionário ao painel de especialistas conformado pelos responsáveis das empresas selecionadas foram obtidos os dados de entrada para a aplicação do Diagrama de Mudge a cada respondente. A seguir foram obtidas as médias aritméticas dos pesos para cada critério e subcritério que são apresentados na Tabela 1. Os resultados evidenciam, por meio da hierarquização dos dez critérios selecionados, que o de maior relevância para população entrevistada é a Segurança, e em seguida, classificou-se os Custos e Qualidade do Serviço, respectivamente.

No que se refere à classificação dos subcritérios, temos que a Segurança em relação à acidentalidade e a Segurança em relação à perda de cargas obtiveram maior destaque, e logo após, a Economicidade e o Tempo de Transporte. Os considerados menos relevantes para a escolha do modal de transporte foram a Disponibilidade, o Custo ambiental e, finalmente, a Segurança em relação a perdas ou avarias.

Estes valores percentuais foram utilizados como pesos na aplicação do Método TOPSIS, para ordenação dos três modais analisados segundo sua idoneidade para o transporte de carga da região, sempre desde o ponto de vista das empresas questionadas. Na Tabela 2 é apresentada a

matriz de decisão do Método TOPSIS, conformada pelas médias das avaliações de cada uma das alternativas (modais rodoviário, ferroviário e aquaviário), normalizadas.

Tabela 2: Matriz de decisão – Aplicação do Método TOPSIS

	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
Rodoviário	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,68	0,32	0,68	0,84	0,56
Ferroviário	0,24	0,24	0,28	0,56	0,68	0,76	0,68	0,68	0,36	0,56
Aquaviário	0,44	0,52	0,52	0,52	0,76	0,8	0,76	0,8	0,4	0,64

As soluções ideal e anti-ideal são apresentadas na Tabela 3, e configuram as soluções intermodais teóricas de maior e menor desempenho, respectivamente, para a realidade da região analisada. Estas soluções evidenciam que os quatro subcritérios que compõe a Qualidade do Serviço, mesmo após serem normalizados e ponderados, temos que o modal rodoviário continua como o meio de transporte que mais preenche os quatro requisitos e que os três subcritérios que compõe a Segurança, continua em destaque o modal aquaviário.

Tabela 3: Soluções Ideal e Anti-Ideal – Aplicação do Método TOPSIS

	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
A+	0,024 rodov.	0,046 rodov.	0,033 rodov.	0,079 rodov.	0,010 rodov./ aquav.	0,168 aquav.	0,150 aquav.	0,113 rodov. ferrov.	0,110 rodov.	0,016 rodov./ ferrov.
A-	0,008 ferrov.	0,015 ferrov.	0,013 ferrov.	0,057 aquav.	0,009 ferrov.	0,143 rodov.	0,063 rodov.	0,133 aquav.	0,047 ferrov.	0,018 aquav.

A partir destes resultados, foi calculada a similaridade relativa das três alternativas em relação ás soluções ideal e anti-ideal, buscando minimizar a distância para a alternativa ideal positiva enquanto maximizar a distância até a alternativa ideal negativa. Estes valores, apresentados na Tabela 4, mostram que o transporte aquaviário seria a alternativa escolhida, pois oferece uma melhor avaliação ponderada mediante a agregação de todos os subcritérios analisados. Porém, a solução menos adequada é a atualmente existente, do transporte rodoviário exclusivamente.

Tabela 4: Resultado Final – Aplicação do Método TOPSIS

Alternativa	Similaridade relativa
Rodoviário	0,470
Ferroviário	0,491
Aquaviário	0,582

Contudo, por meio do método híbrido aplicado, é possível afirmar que a melhor solução intermodal na região de estudo baseada nas cinco empresas estudadas seria a junção do transporte aquaviário e rodoviário, por meio da ligação das possíveis cargas transportadas com o meio de transporte mais eficiente.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste estudo foi o desenvolvimento de uma ferramenta de análise multicritério híbrido dos modais de transporte de cargas a partir dos seus principais atributos de escolha visando propor melhorias no sistema no município de Cachoeira do Sul, no centro do Vale do Jacuí, interior do Estado do Rio Grande do Sul, a partir da prática intermodal segundo as necessidades dos próprios usuários, empresas que mais movimentam carga na área de estudo. A partir disso, houve a necessidade de uma busca aprofundada por informações sobre a matriz modal de transportes da região para fundamentar a importância desta pesquisa, já que

Cachoeira do Sul, anos atrás, alocou uma matriz ativa que na atualidade está parcialmente desativada e parte dela em má conservação, contudo possui grande potencial.

Por meio da consulta a documentos e relatórios inéditos, bem como reportagens e livros pouco acessíveis que o Arquivo Histórico de Cachoeira do Sul possui em seu acervo, foi compilado um conjunto de dados, gerando um estudo pioneiro, de base bibliográfica e documental, sobre os cinco modais transportes no município.

Da mesma forma, foi evidenciado que os fatores que influenciam na escolha e desempenho das diferentes alternativas de transporte apresentam importâncias relativas que precisaram ser ponderadas. Para isso, a ferramenta propõe a aplicação do método do Diagrama de Mudge, para ponderação dos critérios, e do método TOPSIS para avaliação das alternativas. Os dados de entrada necessários no método híbrido constituído foram obtidos a partir de um painel de especialistas conformado pelos responsáveis logísticos das principais empresas de movimentação de cargas da região.

Os resultados mostraram a necessidade do não favorecimento de apenas um único modal de transporte, e assim, constatar que a conexão dos modais aquaviário e rodoviário seria de grande proveito, já que ambos se complementam e reúnem os melhores resultados dos critérios selecionados, sendo o transporte aquaviário o de melhor Segurança e o rodoviário de maior nível de Qualidade do Serviço. Ainda, o porto de Cachoeira do Sul é propício para receber essa integração, dado que em sua infraestrutura há a possibilidade de um entroncamento rodo-ferro-hidroviário, pois importantes rodovias estão na adjacência, da mesma maneira que um antigo ramal ferroviário. Sendo assim, a utilização intermodalidade no transporte de cargas proporcionaria ao município um sistema de transporte mais eficiente e barato, intensificando a competitividade do mercado local.

Finalmente, cabe destacar como trabalhos futuros a continuidade do estudo de forma a abranger todas as cidades localizadas no Vale do Jacuí, fazendo com que haja a união dos municípios em prol do desenvolvimento econômico regional, assim como o aprimoramento da ferramenta multicritério apresentada a partir de um conjunto de dados maior e uma análise aprofundada dos resultados obtidos.

Agradecimentos
Os autores agradecem à Prefeitura Municipal de Cachoeira do Sul, à Câmara de Agronegócio, Comércio, Indústria e Serviços de Cachoeira do Sul – CACISC, ao Arquivo Histórico de Cachoeira do Sul e ao técnico administrativo Dr. Deivis Jhones Garlet da UFSM Campus Cachoeira do Sul. Marceli Adriane Schvartz, Caroline Alves da Silveira e Jonathan Barros Felipe Vieira agradecem às bolsas FIEX e PIVEX da UFSM.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Almeida, E. S. de (2004) *Duplicação da Rodovia Fernão Dias: Uma Análise de Equilíbrio Geral.* Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo, São Paulo.

Araújo, M. P. A. e J. J. M. Guilhoto (2008) *Infraestrutura de Transporte e Desenvolvimento Regional no Brasil*. Teoria e Evidência Econômica. Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo.

Arnold, J. R. T. (1999) *Administração de materiais*. Editora Atlas, São Paulo.

Ballou, R. H. (2006) Gerenciamento da cadeia de suprimentos/Logística empresarial. Editora Atlas, São Paulo.

Belton, V. e T. Stewart (2002) *Multiple Criteria Decision Analysis*. Kluwer Academic Publishers.

Behrends, S. (2012) *The urban context of intermodal road-rail transport – Threat or opportunity for modal shift?* The Seventh International Conference on City Logistics. ScienceDirect.

Brasil (1998) Lei 9.611 de 19 de fevereiro de 1998, que dispõe sobre o Transporte Multimodal de Cargas e dá outras providências. Brasília.

Cappa, J. e T. V. A. Boas (2010) *Logística industrial de Viracopos comprometida pela falta de visão sistêmica dos transportes no brasil*. Revista Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos, v.4, n. 1.

Chopra, S. e P. Meindl (2011) *Gestão da cadeia de suprimentos: estratégia, planejamento e operações*. 4 ed. Editora Pearson, São Paulo.

CNT (2013) *Pesquisa da Confederação Nacional do Transporte Aquaviário*. Cabotagem 2013. CNT, Brasília.

Csillag, J. M. (1995) *Análise do valor*. 4 ed. Editora Atlas, São Paulo.

David, P. e R. Stewart (2010) *Logística Internacional*. Tradução 2 ed norte-americana.

Docherty, I. e D. MacKinnon (2013) *Transport and economic development*. In: Rodrigue, J.P., Notteboom, T. and Shaw, J. (eds.) The Sage Handbook of Transport Studies. Sage, London.

Ferreira, V. H. M. (2013) *O Setor dos Transportes de Mercadorias em Portugal: A intermodalidade enquanto fator dinamizador das empresas exportadoras.* Dissertação de Mestrado em Economia. Universidade do Porto, Portugal.

Fornaciari, A. F. (2015) *Localização-alocação de centros de integração logística submetidos a demandas par-a-par*. Revista TRANSPORTES v. 25, n. 1.

GETRAM - MBA em Logística, Transporte e Mobilidade (2004) *Transporte Rodoviário*. Cap 2. p. 4. Disponível em: <http://www.citamericas.org/imagens/files/livros/vol_4/livro_vol_4_cap_02.pdf> Acesso em: 12 jun. 2017.

Graciano, M. L. (1971) *Transporte: fator de desenvolvimento econômico e social.* Editora Cia Brasileira, Rio de Janeiro.

Guimarães, V. A.; G. M. Ribeiro; V. L Forte; A. Lucena; A. M. Leitao Jr; L. C. S. N. Pereira; A. F. Fornaciari, (2015) *Localização-alocação de centros de integração logística submetidos a demandas par-a-par*. Revista TRANSPORTES v. 25, n. 1.

Hwang, C. e K. Yoon (1981) *Multiple attribute decision making: Methods and application*. Springer, New York.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2016) *Cachoeira do Sul*. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/v4/brasil/rs/cachoeira-do-sul/panorama> Acesso em: 22 mai. 2017.

Janic, M. e A. Reggiani (2002) *An Application of the multiple criteria decision making (MCDM) analysis to the selection of a new Hub Airport*. European Journal of Transport and Infrastructure Research 2.

Jarach, D. (2001) *The evolution of airport management practices: towards a multi-point, multiservice, marketing-drivem firm*. Journal of Air Transport Management 7, Oxford.

Kahraman, C. (2008) *Fuzzy multicriteria decision making: theory and applications with recent developments*. Springer Science, Turkey.

Keeney, R. L. e H. Raiffa (1993) *Decisions with Multiple Objectives: Preferences and Value Tradeoffs (Probability & Mathematical Statistics).* Cambridge University Press, Cambridge.

Lima Junior, F. R. e L. C. R. Carpinetti (2015). *Uma comparação entre os métodos TOPSIS e Fuzzy-TOPSIS no apoio à tomada de decisão multicritério para seleção de fornecedores*. Gest. Prod., São Carlos, v. 22, n. 1, p. 17-34.

Macharis, C. e A. Bernardini (2015) *Reviewing the use of Multi-Criteria Decision Analysis for the evaluation of transport projects*: *Time for a multi-actor approach.* Journal Transport Policy, p. 177-186.

Mahmoodzadah, S.; J. Shahrabi; M. Pariazar; M. S. Zaeri (2007) *Projects selection by using fuzzy AHP and TOPSIS technique*. World Academy of Science, Engineering and Technology v. 30, p. 333-339.

Moori, R. G. e A. Riquetti (2014). *Estação de Transbordo de Cargas como Mediador da Logística de Fertilizantes*. Revista de Administração Contemporânea, v. 18, n. 6.

MT - Ministério dos Transportes (2007) *Plano Nacional de Logística e Transportes: Sumário executivo*. Brasília.

MT - Ministério dos Transportes (2009) *Relatório Executivo PNLT*. Brasília.

MT - Ministério dos Transportes (2012) *Projeto de reavaliação de estimativas e metas do PNLT: Relatório Final*. Brasília.

Nassani, A.A; A. M. Aldakhil; M. M. Q. Abro; K. Zaman (2016) *Environmental Kuznets curve among BRICS countries: Spot lightening finance, transport, energy and growth factors*. Journal of Transport Geography.

Rocco, A. M. e A. D. Silveira (2008) *Ferramental para eficiência em vendas*. Congresso de administração e gerência. Cascavel, Paraná.

Rodrigues, P. R. A. (2008) *Introdução aos Sistemas de Transportes no Brasil e à Logística Internacional*. 4 ed, revista e ampliada. Editora Aduaneiras – Informações Sem Fronteiras, São Paulo.

Santos, P. M. dos; J. F. Schlosser; L. N. Romano; D. Rozin; J. da C. Turatti; M. Witter (2008) *Prioridades de requisitos para projeto de postos de operação de tratores quanto à ergonomia e* segurança. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

Selbach, J. F. (2008) *Caderno de pesquisa: textos e charges selecionados do Jornal do Povo de 1929 a 2001*. Edição eletrônica, São Luis.

Schmidt, E. L. (2011) *O sistema de transporte de cargas no Brasil e sua influência sobre a Economia.* Monografia de bacharelado em Ciências Econômicas. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

Tsaur, S.; T. Chang; C. Yen (2002). *The evaluation of airline service quality by fuzzy MCDM*. Tourism Management v. 23, p. 107–115.

Tseng, G.; C. Lin; S. Opricovic, (2005) *Multi-criteria analysis of alternative-fuel buses for public transportation*. Energy Policy v. 33, p. 1373–1383.

Zanakis, S.; A. Solomon; N. Wishart e S. Dublish (1998) *Multi-attribute decision making: A simulation comparison of select methods*, European Journal of Operational Research v. 107, p. 507-529.

Zhang, M.; Pel, A.J. (2015) *Synchromodal hinterland freight transport: Model study for the port of Rotterdam*. Journal of Transport Geography.

Wang, U. e T. Elhag (2006) *Fuzzy TOPSIS method based on alpha level sets with an application to bridge risk assessment*. Expert Systems with Applications v. 31, p. 309–319

Caroline Alves da Silveira (caroline.alves.silveira@gmail.com)
Marceli Adriane Schvartz (schvartz.marceli@gmail.com)
Jonathan Barros Felipe Vieira (jonathanbarros26@gmail.com)
Alejandro Ruiz Padillo (alejandro.ruiz-padillo@ufsm.br)
César Gabriel dos Santos (cesar.g.santos@ufsm.br)
Laboratório de Mobilidade e Logística, Universidade Federal de Santa Maria, Campus Cachoeira do Sul
Rua Ernesto Barros, 1345 – Cachoeira do Sul, RS, Brasil

ANÁLISE DOS DETERMINANTES DO VALOR DO FRETE DE GRÃOS NA REGIÃO CENTRO-SUL DO BRASIL

Andréa Leda Ramos de Oliveira
Faculdade de Engenharia Agrícola (UNICAMP)
Bruno Miyamoto
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS)
Jamile de Campos Coleti
Instituto de Economia (UNICAMP)

RESUMO
Em um contexto econômico altamente competitivo, o agronegócio brasileiro é considerado o setor que insere o Brasil nas dinâmicas globais. A safra de grãos tem aumentado a cada ano que passa, porém, uma infraestrutura logística não tem acompanhada o crescimento da produção o que acaba acarretando dificuldades no escoamento da produção. Este artigo foi elaborado com o objetivo de analisar os principais determinantes do preço do frete de grãos no Brasil. Para cumprir este objetivo foi construído um modelo econométrico utilizando as variáveis independentes: período de safra, preço do óleo diesel, distância da rota e qualidade da via. Os resultados mostraram que o valor do óleo diesel tem alta influência sobre o preço do frete., assim como o período de safra. Além do modelo de Regressão Linear Múltipla, regressões quantílicas foram projetadas a fim de obter resultados frente às variações nas faixas de preço de frete.

ABSTRACT
In a highly competitive economic context, Brazilian agribusiness is considered the sector that inserts Brazil into the global dynamics. The grain harvest has increased with each passing year, however, a logistic infrastructure has not accompanied the growth of production, which is causing difficulties in the flow of production. This article was elaborated with the objective of analyzing the main determinants of the price of grain freight in Brazil. To achieve this objective, an econometric model was constructed using the independent variables: harvesting period, diesel oil price, route distance and road quality. The results showed that the value of diesel oil has a high influence on the freight price, as well as the harvest period. In addition to the Multiple Linear Regression model, quantile regressions were designed in order to obtain results against the variations in the freight price ranges.

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, com o crescimento econômico e o aumento da produção agrícola, o Brasil vêm se destacando como um importante player do agronegócio. Os níveis de produtividade vêm se expandido a cada ano, porém o sistema logístico nacional não tem conseguido acompanhar às novas necessidades para escoar a produção e as dificuldades enfrentadas têm influenciado negativamente na competitividade do setor.

De acordo com Contini (2014), até 2004 o Brasil era considerado um país fechado ao comércio internacional, porém desde 2011 as exportações totais brasileiras ultrapassam o valor de US$ 240 bilhões, sendo que só o agronegócio é responsável por cerca de 40% das exportações nos últimos anos (AGROSTAT, 2014).

Num primeiro momento a necessidade por melhorias no sistema de transporte nacional pode ser justificado no sentido de diminuir os custos logísticos a fim de tornar a produção mais competitiva internacionalmente, mas além disso, com as melhorias a produção agrícola ficaria mais acessível ao mercado interno.

De 1975 a 2013, a colheita de grãos no Brasil aumentou 315% passando de 45 milhões de toneladas em 1975 para 187 milhões em 2013. Segundo dados do Departamento de

Agricultura dos Estados Unidos - USDA (2015), na safra 2014/15, o país foi o segundo maior produtor e exportador de soja no mundo e atualmente é o produto agrícola mais exportado no país.

Sendo assim, este estudo busca responder à seguinte pergunta: Qual o comportamento do frete rodoviário de grãos frente as alterações nas principais variáveis determinantes?

Os grãos milho e soja foram os produtos escolhido para este estudo devido a grande importância ao agronegócio, pois além liderarem o mercado interno de grãos, existe uma perspectiva positiva em relação à elevação de consumo devido ao aumento na demanda de seus subprodutos: óleo, farelo e biocombustíveis.

O frete de retorno com foco no produto fertilizantes foi escolhido justamente por o Brasil ser quase 100% dependente de importações dos compostos químicos para sua fabricação, que chega via porto de Santos. Então os caminhões seguem da região produtora de soja para Santos carregados com o os grãos brasileiros com destino à exportação e retornam do Porto de Santos para as regiões produtoras de soja e milho com fertilizantes.

2. O SISTEMA DE TRANSPORTE BRASILEIRO

O sistema logístico brasileiro é caracterizado pela forte presença do modal rodoviário, de acordo com dados do Instituto ILOS (2013) cerca de 65% do transporte de cargas no território nacional é realizado através do modal rodoviário.

De acordo com Oliveira (2011) o modal rodoviário é indicado para curtas distâncias, para fazer a ponta rodoviária entre um modal e outro, porém não é isso que vem ocorrendo nos últimos anos no Brasil. Devido à baixa disponibilidade dos demais modais, os caminhões com soja acabam percorrendo rotas de mais de 1.000 quilômetros carregados, atravessando uma malha viária em péssimas condições e pagando fretes abusivos.

Sobre as condições da via, a última pesquisa da Companhia Nacional de Transportes (CNT, 2016) revelou que apenas 12% da malha viária brasileira encontra-se pavimentada e que a idade média da frota varia entre 18 e 20 anos para empresas privadas e autônomos respectivamente.

Uma malha viária nessas condições aliada às longas distâncias percorridas acabam causando perdas do produto durante o trajeto, acarretando prejuízos que poderiam ser facilmente evitados se houvesse um melhor planejamento do sistema logístico nacional.

A baixa presença dos modais ferroviário e hidroviário que são mais indicados para o transporte de grãos é fruto das políticas adotadas pelos governantes que priorizaram o investimento no modal rodoviário, sendo que dos anos 1980 até 2016 a disponibilidade de ferrovias regrediu mostrando um intenso sucateamento da malha (CNT,2016).

Schroeder e Castro (2014) afirmam que a escolha pela modalidade rodoviária como principal meio de transporte de carga é um fenômeno que se observa a nível mundial desde a década de 50, tendo como ponto inicial a expansão da indústria automobilística juntamente com os baixos preços dos combustíveis derivados do petróleo no período.

No Brasil essa priorização ocorreu no mesmo período que o resto do mundo, de forma que além da implementação da indústria automobilística, a mudança da capital para o Centro-Oeste implicou numa expansão na construção de rodovias ao longo de todo território nacional (SCHROEDER e CASTRO, 2014). Observa-se através da **Figura 1** que a priorização dos investimentos públicos no transporte rodoviário é uma tendência seguida até os dias atuais.

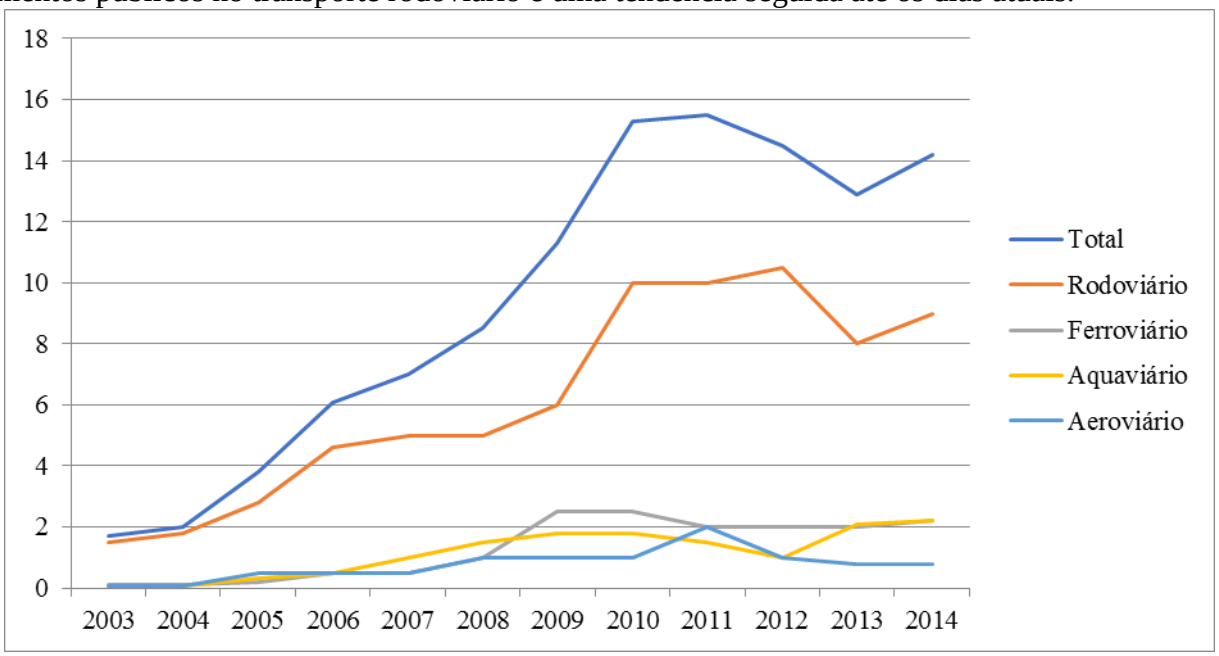


Figura 1: Evolução do Investimento Público Total em Infraestrutura de Transporte - Total Pago (R$ bilhões correntes)
Fonte: CNT (2014).

O desequilíbrio entre os modais de transporte do Brasil demonstra uma fragilidade no nosso sistema de transporte, fato que prejudica o escoamento da produção. Além da limitação em relação à escolha do modal, os principais portos de exportação do Brasil enfrentam problemas diários com superlotação acarretando o pagamento de diárias e taxas extras por atrasos de carregamento, afetando a competitividade da produção agrícola nacional.

A produção de grãos no Brasil atualmente está concentrada na região Centro-Sul, a logística de movimentação de grãos inicia-se no local de produção e é escoada até o destino final ou até o terminal portuário onde é realizado o embarque marítimo para em seguida ser enviado para o próximo país, a maior parte dos grãos são exportados através do Porto de Santos localizado no estado de São Paulo. De Sorriso (maior cidade produtora de soja) até o Porto de Santos os caminhões carregados com soja percorrem uma distância de mais de 2.000 km. De acordo com dados do Instituto Matogrossense de Economia Agropecuária (IMEA, 2015) o custo do frete impacta em aproximadamente 20% nos preços pagos aos produtores de Sorriso/MT, o polo produtor de grãos no estado do Mato Grosso.

3. MÉTODOS

Os modelos de regressão linear múltipla contemplam a análise do relacionamento entre múltiplas variáveis explicativas e, em alguns casos, múltiplas variáveis dependentes. Grande parte das pesquisas delineadas para examinar o efeito exercido por duas ou mais variáveis independentes sobre uma variável dependente utiliza a análise de Regressão Múltipla (ABBAD e TORRES, 2002).

Wooldridge (2010) afirma que em um modelo de regressão linear múltipla, os coeficientes angulares $\beta's$ são responsáveis por captar o efeito parcial de uma variável independente sobre a variável dependente. Ou seja, qual seria a variação marginal em *Y* para uma variação unitária em *Xj*, mantendo-se constante as demais variáveis independentes.

O modelo de regressão múltipla permite maior manipulação explícita de outros fatores, ao mesmo tempo afetando simultaneamente a variável explicada (y) (WOOLDRIDGE, 2010).

A utilização do modelo de regressão linear múltipla é justificada pelo fato desses modelos usarem de múltiplas variáveis independentes que podem, por vezes, estar correlacionadas inferindo assim na causalidade nos casos em que a análise de regressão simples seria enganosa. Outra vantagem a mais que a análise de regressão múltipla pode incorporar ao modelo é uma maior flexibilidade, que pode ser utilizado para construir modelos mais robustos e capazes de prever com mais exatidão a variável explicada (WOOLDRIDGE, 2010).

O resultado final de uma regressão linear múltipla é sempre representado por uma equação da reta que ilustra a melhor predição de uma variável dependente a partir de uma série de variáveis independentes. Abbad e Torres (2006) apontam que esta equação representa um modelo aditivo, no qual as variáveis preditoras somam-se na explicação da variável critério. Sendo que a inclusão de novas variáveis na equação de ajuste pode ser feita para aumentar o grau de correlação entre os dados teóricos e reais (SASSI *et* al, 2012). A equação da regressão linear pode ser usualmente apresentada por:

$$\hat{Y}_i = \alpha + b_1 X_{1i} + b_2 X_{2i} + \cdots + b_k X_{ki} + \epsilon_i \qquad (1)$$

Em que:

$\hat{Y}_i$= a variável dependente;

α = a constante, ou o intercepto entre a reta e o eixo ortogonal;

b_i = determina os efeitos (contribuição) das variáveis independentes X_k (coeficiente de inclinação);

$X_{1i}, X_{2i}, \ldots, X_{ki}$= são as variáveis independentes preditoras

ε = é o erro ou resíduo, que se refere à diferença entre os valores observados e os previstos.

Hair *et* al. (2005), explicam que o coeficiente ajustado de determinação (R^2), é a medida que considera o número de variáveis independentes incluídas na equação de regressão e no tamanho da amostra, esta estatística é importante pois pode representar o número de observações que são enquadrados no modelo.

3.1 Descrição dos dados

As variáveis inseridas no modelo foram: *logfrete, xretorno, XSAFRA, Xlogdistkm, xlogiqualirota e Xlogdiesel*, explicadas em seguida.

A variável *logfrete* representa o logaritmo natural do valor do frete rodoviário medido em reais por tonelada (R$/ton) entre região de origem e destino, referente ao ano de 2014 para os produtos soja, milho e fertilizantes disponibilizados pelo Informe SINFRECA.

A segunda variável analisada foi *xretorno* que representa a binária criada para verificar o

impacto do frete de retorno na variável *logfrete*. Assume valor 1 caso a rota praticasse frete de retorno e 0 caso contrário.

A variável *XSAFRA* representa uma binária criada para verificar o impacto do período de safra no *logfrete*. Foi ajustada considerando o período de safra de cada cultura (milho e soja) em cada unidade da federação presente na base (MT, MS, SP, PR, GO). Atribuiu-se valor 1 caso a data associada a rota estivesse vinculada ao período safra e 0 caso contrário.

A variável *Xlogdistkm* representa o logaritmo da distância da rota medida em quilômetros.

A variável *xlogiqualirota* representa o logaritmo do índice de qualidade da rota. O índice de qualidade da rota foi calculado pelos autores a partir do Relatório de qualidade da via do ano 2014 disponibilizado pelo CNT (Companhia Nacional de Transportes). Esse indicador foi desenvolvido a partir do estado geral da via, pavimentação, sinalização e geometria da via. Foi atribuído um valor entre 0 a 10 através da média ponderada desses fatores e o resultado é mostrado na **Figura 2**.

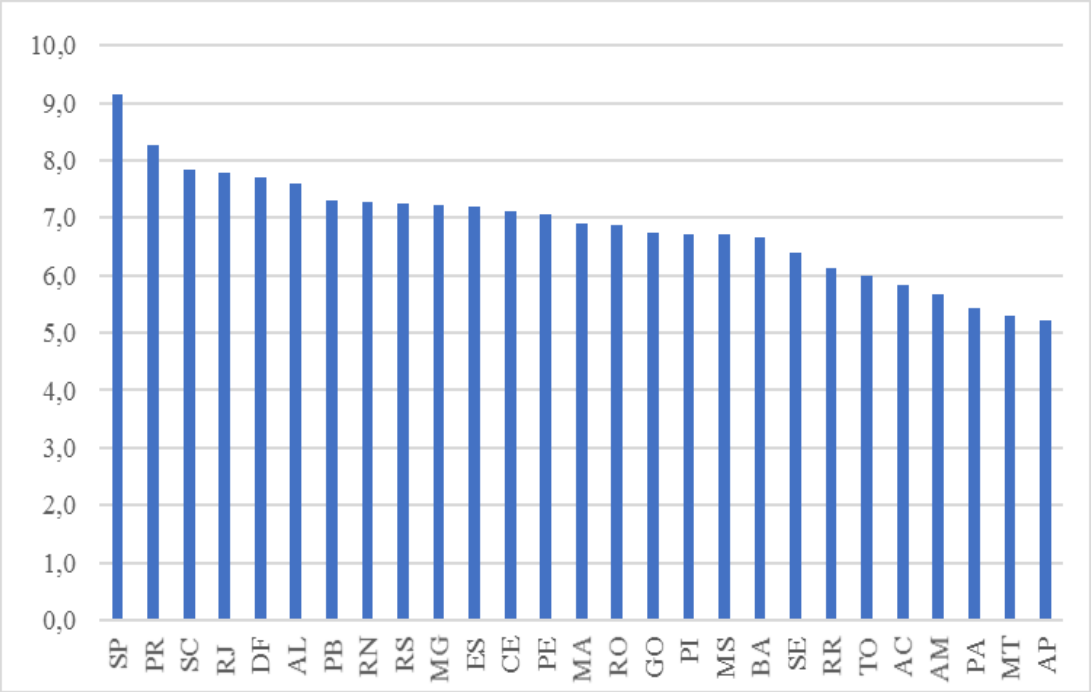


Figura 2: Indicador de qualidade da via por estado no Brasil
Fonte: Elaborado pelos autores (2017).

A variável *Xlogdiesel* representa o logaritmo do preço médio do litro do diesel na rota em R$. O preço médio do litro do diesel na rota foi obtido por uma média simples entre o preço médio do diesel na UF de origem e o preço médio do litro do diesel na UF de destino.

A variável dependente (y) utilizada foi *logfrete* e as demais variáveis foram inseridas nos ajustes como variáveis independentes (x_i). Para avaliar o efeito das variáveis independentes no valor médio de *logfrete* foi ajustado uma modelo de regressão linear múltipla. Já para avaliar o impacto das variáveis independentes em diferentes faixas de valores de frete foram realizados ajustes quantílicos. Esses ajustes foram efetuados para os percentis ou quantis 25%,

50% (mediana) e 75% da variável *logfrete*. Ou seja, procurou-se verificar os diferentes efeitos das variáveis independentes nos menores valores de frete (primeiro quartil), valores de frete intermediários (segundo quartil) e nos valores de frete mais altos (terceiro quartil).

O software *R* foi utilizado para a obtenção dos resultados a partir do modelo de regressão linear múltipla; uma ferramenta do software serviu como subsídio para essa análise.

4. RESULTADOS E DICUSSÃO

O modelo de regressão linear mostrou-se significativo a 1% (p-value: < 2.2e-16). Todas as variáveis inseridas também foram significativas a 1%, com exceção de *xretorno* que foi significativa a 5%. O ajuste possui um bom poder explicativo, com um valor de R quadrado ajustado de aproximadamente 87%.

A variável contínua com maior impacto em *logfrete* foi *xlogdiesel*. O que significa que a cada 1% de aumento no preço do óleo diesel leva a um aumento de aproximadamente 2,4% no valor do frete.

As variáveis *xlogdistkm* e *xlogiqualitrota* também se mostraram representativas. Para cada 1% de aumento na distância da rota e no índice de qualidade da rota, espera-se respectivamente um aumento de 0,7% e 0,5% no valor do frete. O impacto positivo da qualidade da rota no valor do frete pode ser atribuído ao fato de rodovias melhores cobrarem pedágios mais elevados, que é o que se observa no indicador criado pelos autores, já que o estado de São Paulo possui maior quantidade de rodovias privatizadas, mas consequentemente com melhor qualidade. Os índices são observados na **Tabela 1**.

Tabela 1: Resultados Análise a partir da Regressão Linear Múltipla

Resíduos	
Min	-2,12
1Q	-0,13
Média	0,00118
3Q	0,12672
Max	1,10854

Coeficientes	Estimativas	Erro	Valor t	Pr (>|t|)
Intercepto	-3,578658	0,589698	-6,069	1.49e-09
Xretorno	0,022534	0,011205	2,011	0,0444
Xsafra	0,125531	0,009142	13,732	<2e-16
Xlogdistkm	0,706071	0,005888	119,925	<2e-16
xlogiqualirota	0,580919	0,108249	5,366	8,77E-08
Xlogdiesel	2,403254	0,41814	5,747	1,02E-08

R^2	0,8757
R^2 ajustado	0,8754

Fonte: Elaborado pelos autores (2017).

As binárias *XSAFRA* e *xretorno* também apresentaram efeito positivo em *logfrete*. O fato do transporte de grão ocorrer em período de safra torna o valor do frete em média 12,5% mais elevado. Além disso, se a rota possuir frete de retorno com carga de fertilizantes pode-se esperar um valor de frete de grãos 2,25% mais elevado. Isso pode ser explicado pelo fato de que as rotas que possuem frete de retorno também são as mais longas, que geralmente tem como partida o local de origem da carga de grãos e como destino o porto de Santos ou de Paranaguá, o que também torna essas rotas as mais caras. Isso faz com que o frete de retorno esteja associado as rotas mais caras e longas da base de dados utilizada no trabalho.

4.1 Regressões Quantílicas:

Nas regressões quantílicas todas as variáveis foram significativas para explicar o comportamento de *logfrete*, com exceção de *xretorno*, que foi significativa apenas no ajuste referente ao quantil 25%. A variável *xlogdiesel* e a binária *xSAFRA* possuem impactos crescentes a medida que se avança para as distribuições de valores de frete mais altas.
Na categoria mais elevada de valor de frete (quantil 75%) um aumento de 1% no preço do óleo diesel gera um aumento de 2,91% no valor do frete, enquanto que na categoria inferior (quantil 25%), um aumento de 1% no valor do diesel geral uma elevação de 2% no valor do frete.

A qualidade da rota também se mostrou mais importante para valores de frete maiores. Uma elevação de 1% no índice de qualidade da rota *(xlogiqualirota*) nos percentis 50% e 75%, produz respectivamente um aumento de 0,66% e 0,65% no valor do frete. Já uma elevação similar no índice de qualidade da rota para o percentil 25% gera um aumento no valor do frete (*logfrete*) de 0,62%.

Já a distância da rota apresentou impacto menor nas distribuições mais elevadas de valor de frete. Em outras palavras, quanto maior o valor do frete menor o impacto da distância da rota em sua composição. Nos percentis 75% e 50%, um aumento de 1% na distância percorrida (*xlogdistkm*) gera respectivamente uma elevação de 0,71% e 0,73% no valor do frete (*logfrete*).

Já na categoria de valores de fretes mais baixos (percentil 25%) uma elevação de 1% na distância percorrida produz uma elevação no valor do frete de 0,76%. Isso sugere que quanto menor o valor do frete, maior é o espaço para que os ajustes de preço em função da distância sejam elevados. Ou então, sendo o valor do frete proporcional à distância percorrida, rotas com distâncias menores possuem preços de frete por quilômetro maiores do que as rotas mais longas.Os índices podem ser observados nas tabelas abaixo:

Tabela 2: Resultados apresentado no primeiro quartil (25%)

Coeficiente	Valor	Std. Erro	Valor t	Pr(>|t|)
Intercepto	-3,78878	0,71645	-5,2883	0
Xretorno	0,04856	0,0122	3,97943	0,00007
xSAFRA	0,10612	0,01082	9,81066	0
Xlogdistkm	0,765	0,00733	104,41881	0
Xlogiqualirota	0,62117	0,13046	4,76148	0

Xlogdiesel	2,00842	0,50743	3,95802	0,00008

Fonte: Elaborado pelos autores (2017).

Tabela 3: Resultados apresentado no segundo quartil (50%)

Coeficiente	Valor	Std. Erro	Valor t	Pr(>|t|)
Intercepto	-3,91365	0,60225	-6,49833	0
Xretorno	0,01783	0,00957	1,86201	0,06272
xSAFRA	0,11977	0,00861	13,91024	0
Xlogdistkm	0,73482	0,00688	106,81841	0
Xlogiqualirota	0,6667	0,11198	5,95395	0
Xlogdiesel	2,38334	0,42863	5,56039	0

Fonte: Elaborado pelos autores (2017).

Tabela 4: Resultados apresentado no terceiro quartil (75%)

Coeficiente	Valor	Std. Erro	Valor t	Pr(>|t|)
Intercepto	-4,0804	0,64381	-6,33798	0
Xretorno	-0,00584	0,01015	-0,57536	0,5651
xSAFRA	0,12491	0,0087	14,35294	0
Xlogdistkm	0,70899	0,00733	96,6649	0
Xlogiqualirota	0,65201	0,11993	5,43674	0
Xlogdiesel	2,91309	0,45833	6,35581	0

Fonte: Elaborado pelos autores (2017).

Sendo assim, esse artigo foi importante para que identificarmos os efeitos de diversas variáveis no valor do frete de grãos. Conhecer o comportamento das variáveis permite uma maior liberdade de negociação no momento da contratação do serviço de transporte, o que pode tornar o produto mais competitivo. Para estudos futuros e melhor entendimento do mercado de fretes para o mercado de grãos outras variáveis podem ser exploradas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abbad, G.; Torres, C. V. (2002). Regressão múltipla stepwise e hierárquica em Psicologia Organizacional: aplicações, problemas e soluções. *Estudos de Psicologia*, n. 7 (Número Especial), P. 19-29.

AGROSTAT (2014). Foreign Trade Statistics of Brazilian Agribusiness. Disponível em: http://sistemasweb.agricultura.gov.br/pages/AGROSTAT.html. Acesso em 10 ago. 2014.

BRASIL (2014). CONFEDERAÇÃO NACIONAL DOS TRANSPORTES. Boletim Estatístico – CNT – Jan, 2014. Disponível em < http://www.cnt.org.br/Paginas/Boletins_Detalhes.aspx?b=3> Acesso : Jan, 2017.

BRASIL (2016). CONFEDERAÇÃO NACIONAL DOS TRANSPORTES. Boletim Estatístico – CNT – Jan, 2017. Disponível em: < http://www.cnt.org.br/Paginas/Boletins_Detalhes.aspx?b=3> Acesso : Jan, 2017.

Contini, E. (2014). Exportações na dinâmica do agronegócio brasileiro: oportunidades econômicas e responsabilidade mundial. *In:* "O mundo rural no Brasil do século 21: a formação de um novo padrão agrário e agrícola.". Brasília, EMBRAPA. Part 1, cap. 3, p. 149-173.

Hair, JR., J. H.; Anderson, R. E.; Tatham, R. L.; Black, W. C. (2005). *Análise multivariada de dados.* 5ª ed. Porto Alegre. Bookman.

ILOS (2014). Custos logísticos no Brasil. Disponível em: http://www.ilos.com.br/web/custos-logisticos-no-brasil/. Acesso: mar, 2017.

IMEA. (2010). Instituto Mato-grossense de Economia Agropecuária. Boletim Semanal – Disponível em: <http://www.imea.com.br/upload/publicacoes/arquivos/2010_12_17_BSSoja.pdf>. Acesso: mai, 2017.

Oliveira, A. L. R. (2011). *O sistema logístico e os impactos da segregação dos grãos diferenciados: desafios*

para o agronegócio brasileiro. 79 p. Tese (Doutorado). Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, Brasil.

Sassi, C. P. ; Perez, F. G. ; Myazato, L. ; YE, X. ; Ferreira-Silva, P. H. ; Louzada, F. (2012). Modelos de regressão linear múltipla utilizando os softwares R e Statistica: uma aplicação a dados de conservação de frutas. São Carlos: *ICMC-USP*, nº 377.

Schroeder, E. M.; Castro, J. C. de. (2014). Transporte Rodoviário de Carga: Situação Atual e Perspectivas. Disponível em < http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/revista/carga.pdf>. Acesso: jan 2017.

USDA (2013). Departament of Agriculture. USDA agricultural projections to 2022. Washington, DC. Disponível em :http://www.ers.usda.gov/publications/oce-usda-agricultural-projections/oce131.aspx#.U_eYrfldVqU. Acesso: jun, 2017.

Wooldridge, J. M. (2010). *Introdução à econometria: uma abordagem moderna*. 4. ed. São Paulo: Cengage Learning.

Andrea Leda Ramos de Oliveira (andrea.oliveira@feagi.unicamp.br)
Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas
Av. Cândido Rondon, 501 - Cidade Universitária, Campinas - SP, Brasil
Bruno Miyamoto (bruno.miyamoto@ifrs.edu.br)
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS)
R. Princesa Isabel, 60, Feliz – RS, Brasil
Jamile de Campos Coleti (jamile.coleti@gmail.com)
Instituto de Economia – Universidade Estadual de Campinas
R. Pitágoras, 353 - Cidade Universitária, Campinas - SP, Brasil.

ANÁLISE DO MOMENTO DE TRANSPORTE RODOVIÁRIO DE CARGA NO BRASIL DE 1970 A 2016

Isabela Rocha Pombo Lessi de Almeida[1]
Mariane Gonzalez da Costa[2]
Daniel Neves Schmitz Gonçalves[3]
Márcio de Almeida D'Agosto[4]
[1, 2, 3, 4]
Programa de Engenharia de Transportes (PET/COPPE)
Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

RESUMO
O estudo realiza uma análise histórica para identificar as possíveis causas das mudanças no transporte rodoviário de carga brasileiro, auxiliando na modelagem de cenários futuros para o setor de transportes no país. O objetivo do artigo é analisar a correlação entre o momento de transporte rodoviário de carga no Brasil e alguns fatores, além do PIB. Por meio de uma revisão bibliográfica, foram identificados os fatores: densidade demográfica; momento de transporte de carga de cada modo; carga transportada por setor; importações e exportações; frota; mudanças tecnológicas; além do PIB. Os dados obtidos para a presente análise são nacionais e datam desde 1970 até 2016. O método utilizado foi a Regressão Linear e, como resultado, os fatores que apresentaram R^2 mais próximo de 1 foram frota de veículos rodoviários de carga e momento de transporte ferroviário de carga. Foi realizada outra análise com o fator frota considerando os tipos de veículo que a compõe. Foram identificados três pontos críticos que foram analisados a partir do levantamento de hipóteses. As hipóteses são: (1) Mudanças na legislação; (2) Mudanças no mercado de vendas de veículos; (3) Tipo de carga transportada; e (4) Mudança dos modos utilizados para o transporte de carga nos anos estudados.

SUMMARY
The study aims a historical analysis to identify the possible causes of the changes in Brazilian road freight transport, helping in the modeling of future scenarios for the transportation sector in the country. The objective of the article is to analyze the correlation between the intensity of freight road transport in Brazil and some factors besides GDP. Through a bibliographic review, the following factors were identified: Demographic density; Intensity of freight transport of each mode; Cargo transported by sector; Imports and exports; Fleet; Technological changes; In addition to GDP. The data obtained for the present analysis are national and date from 1970 to 2016. The method used was the Linear Regression and, as a result, the variables that presented R^2 closest to 1 were the fleet of road vehicles for freight and intensity of freight rail transport. Another analysis was carried out with the Fleet factor considering the types of vehicle that compose it. Three critical points were identified that were analyzed from the hypothesis survey. The hypotheses are: (1) Changes in legislation; (2) Changes in the vehicle sales market; (3) Type of cargo transported; And (4) Change in the modes used to transport cargo in the years studied.

PALAVRAS-CHAVE: transporte rodoviário de carga, regressão linear, momento de transporte, veículos rodoviários de carga.

1 INTRODUÇÃO

O transporte de carga por modo rodoviário é predominante no mundo. Em 2013, representava 34,8% do transporte de carga na China, 66,4% na India, 51,1% na União Européia (EU-28) e 56,8% nos EUA (IEA, 2016). O modo rodoviário tem como característica a sua adequação para o transporte de pequenos e médios fluxos de carga em curtas e médias distâncias. Neste contexto, o transporte de carga possui três tipos de operações: coleta; transferência; e distribuição. A distribuição e coleta são semelhantes, ocorrendo de um único ponto de origem para dois ou mais pontos e o contrário para a coleta, geralmente em áreas urbanas e em curtas e médias distâncias (D'Agosto, 2015). Desta forma, o transporte rodoviário de carga se adequa bem a esses dois tipos de operação. A operação de transferência ocorre de um ponto de origem a um ponto de destino e, normalmente, em longas distâncias, necessitando de

modos de maior capacidade para o transporte da carga. Por conta disso, é necessário entender os fatores que influenciam o comportamento do transporte rodoviário de carga, permitindo uma modelagem mais representativa para o planejamento estratégico do setor de transportes brasileiro.

Além disso, há uma nova tendência em desassociar a evolução do PIB com a evolução do momento de transporte (Alises *et al*., 2015). Primeiramente porque associar o PIB como o único fator que influencia essa evolução torna a modelagem demasiadamente simplificada e assim há a necessidade de identificar e verificar outros fatores que permitam maior representatividade de um modelo. Outro motivo é a questão da sustentabilidade (Alises *et al*., 2014; Ottemöller e Friedrich, 2016 e Tapio, 2005). Questiona-se como permitir um maior desenvolvimento econômico sem que necessariamente isso implique em um acréscimo no momento de transporte, que pode gerar impactos ambientais negativos. As mudanças de tendências econômicas e de comportamento influenciam essa evolução. Alguns países têm sua economia desenvolvida por conta dos serviços, porém isso não aumenta significativamente o momento de transporte (Kveiborg e Fosgerau, 2007). Já o aumento das compras pela internet, por exemplo, aquece a economia e aumenta o momento de transporte (Meersman *et al*., 2016a).

Portanto, busca-se realizar uma análise histórica que identifique as possíveis causas responsáveis por essas mudanças e que auxiliem na modelagem de cenários futuros para o setor de transportes no Brasil. Então, o objetivo do artigo é avaliar a correlação entre a evolução do momento de transporte rodoviário de carga no Brasil e fatores selecionados por meio de revisão bibliográfica, além do PIB.

Além dessa Introdução (1), o artigo é dividido em quatro outras seções: na seção Revisão Bibliográfica (2), será descrito como a revisão foi realizada, de modo a entender o estado da arte do tema e identificar quais fatores devem de fato ser considerados. Na seção Metodologia (3), será descrito onde os dados foram levantados e será descrita a aplicação da Regressão Linear para verificar a correlação entre os fatores. Na seção 4, Resultados e Análises, serão apresentados os resultados da aplicação da Regressão Linear e sua análise. Na seção Conclusão (5), serão apresentadas considerações de como o momento de transporte rodoviário de carga está correlacionado com o PIB e outros fatores.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Para a realização da pesquisa bibliográfica, a base de dados utilizada foi a *Science Direct*, considerando as palavras-chave *scenarios trucks trend; freight transport; road freight transport; decoupling GDP*; *type vehicles load transportation*. Foi utilizada também a base de dados da Scielo, considerando as palavras-chave: transporte rodoviário carga, frota, heterogeneidade da frota. Foi considerada uma abrangência temporal de 5 anos e uma abrangência espacial global. Dos 16 artigos internacionais utilizados, 7 são relacionados à dissociação do PIB por conta de sustentabilidade nos transportes e são provenientes de países europeus. Essa concentração pode ser explicada pelo fato de que a União Europeia possui um grande projeto voltado para sustentabilidade em transporte de carga, focado na melhoria da eficiência destes sem prejudicar o crescimento econômico (Alises *et al.*, 2014). A partir desses artigos, foram identificados os principais fatores quantitativos utilizados: momento de transporte de carga por modo [t.km]; demanda de transporte de carga por commodity [t.km/commodity]; e volume de tráfego rodoviário [veículos-km].

Os objetivos de Alises *et al.* (2015) e de Kveiborg e Fosgerau (2007) são os mais próximos ao objetivo do presente artigo, que é relacionar a evolução do momento de transporte com outros fatores que não apenas o PIB. Alises *et al*. (2015), Meersman *et al*. (2016a), Meersman *et al.* (2016b) citam fatores que influenciam essa evolução, como as importações e exportações, as mudanças tecnológicas, a questão da sustentabilidade, a densidade demográfica e a abertura da economia. Meersman *et al.* (2016a) e Meersman *et al.* (2016b) citaram como exemplo a relação entre transporte ferroviário e rodoviário e as mudanças no consumo por conta de *e-commerce*.

Já Kveiborg e Fosgerau (2007) citam a restruturação logística como um fator influenciador e comenta que a mudança na composição das *commodities* dentro das indústrias tem pouca influência no momento de transporte de carga. Além disso, Meersman *et al.* (2016a) e Ottermöller e Friedrich (2016) comentam que o investimento em infraestrutura de transportes afeta em menor espaço de tempo o momento de transporte em países em desenvolvimento do que países desenvolvidos. No caso dos países desenvolvidos, apenas grandes mudanças tecnológicas têm maior peso na mudança do momento de transporte nacional. Ahman (2004) afirma que a diminuição no momento de transporte de carga pode estar relacionada a melhoria na eficiência do sistema de transporte e também na melhoria da eficiência logística.

Jong *et al.* (2016) afirma que o escopo do modelo de transporte rodoviário de carga deve incorporar a interação com transporte de passageiros e que o comportamento do transporte de carga depende fortemente do tipo de *commodity* transportada, além da relação com a economia e modelos de planejamento espacial. Também faz considerações quanto a especificações do modelo como, por exemplo, usar dados agregados do que desagregados quando se trata de dimensão nacional. Jong *et al.* (2016) aponta a necessidade de identificar quais fatores influenciam na escolha do tipo de veículo para a elaboração modelos visam auxiliar nos estudos para a elaboração de políticas de redução de emissões; esquemas de concepção e manutenção de infraestruturas; e previsão de emissões. Para isso, existe a necessidade de uma base de dados consistente sobre os tipos de veículos que compõe a frota do transporte rodoviário de carga e a compreensão da variação dessa frota.

3 METODOLOGIA

A seção Metodologia é dividida em três subseções: subseção Levantamento de dados (3.1), que apresenta a série histórica dos dados levantados; subseção Cálculo da frota e curva de sucateamento (3.2); e subseção Regressão Linear (3.3), que explica o método utilizado para verificar a correlação entre os fatores.

3.1 Levantamento de dados

O levantamento de dados foi realizado por meio de relatórios publicados no Brasil entre os anos de 2013 e 2017. Os dados obtidos são nacionais e datam de 1970 até 2016 (Figuras 1 a 7). Para o histórico de venda de veículos novos, baseou-se nos dados fornecidos pela ANFAVEA (2016). A curva de sucateamento foi obtida a partir do Estudo da Frota Circulante Brasileira (SINDIPEÇAS, 2009). As curvas de sucateamento foram calibradas a partir de dados de idade média e de frota total de 1997 fornecidos pelo DENATRAN (MMA, 2013). Os dados de população foram obtidos a partir de séries históricas do IBGE (2013). Os dados de momento de transporte foram obtidos no estudo Revolução Energética do Greenpeace (2016). Os dados do PIB foram obtidos no World Bank.

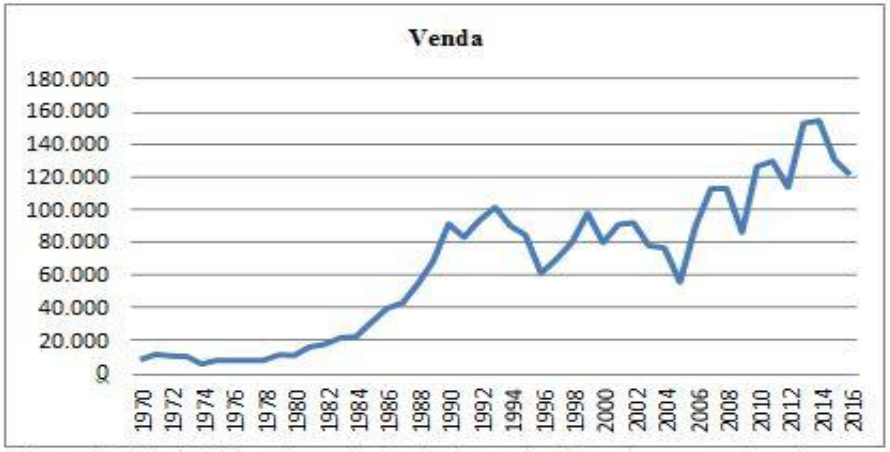


Figura 1: Série histórica de venda de veiculos rodoviários de carga no Brasil.
Fonte: Elaboração própria a partir de ANFAVEA, 2016.

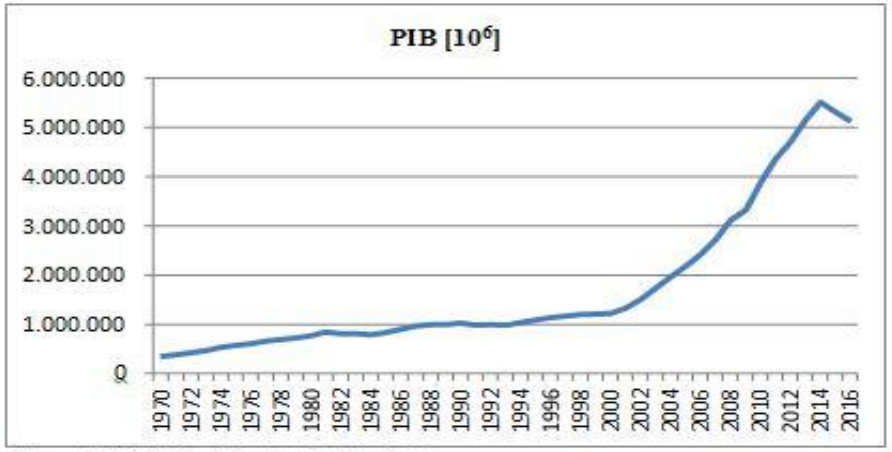


Figura 2: Série histórica do PIB brasileiro.
Fonte: Elaboração própria a partir de World Bank.

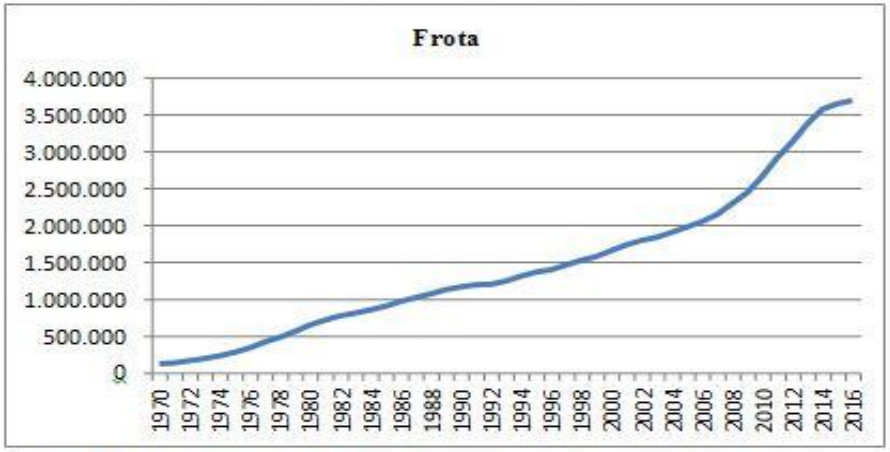


Figura 3: Série histórica da frota de veiculos rodoviários de carga no Brasil.
Fonte: Elaboração própria a partir MCT, 2010; SINDIPEÇAS, 2009 e; MMA, 2013.

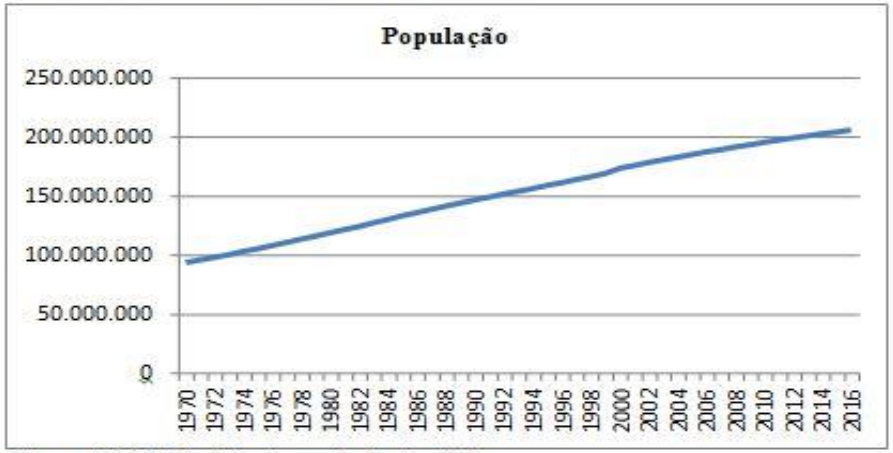


Figura 4: Série história da população brasileira.
Fonte: Elaboração própria a partir de IBGE,2013.

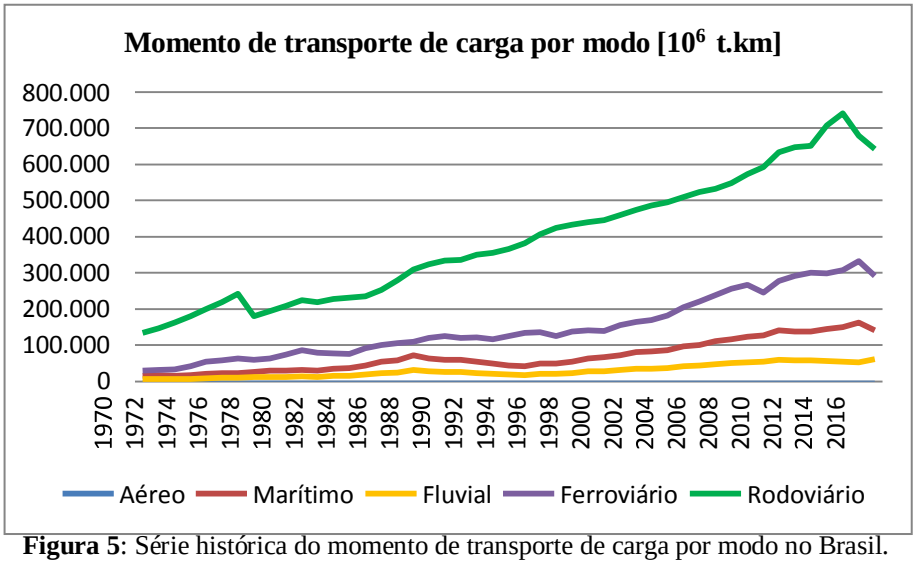


Figura 5: Série histórica do momento de transporte de carga por modo no Brasil.
Fonte: Elaboração própria a partir de Greenpeace (2016)

A categorização dos veículos foi realizada de acordo com o Peso Bruto Total (PBT), que representa o peso máximo autorizado que o veículo pode transmitir ao pavimento, isto é, a soma da tara mais a lotação, e o Peso Bruto Total Combinado (PBTC), que representa o peso máximo que pode ser transmitido ao pavimento pela combinação de um veículo de tração ou de carga, mais possíveis combinações de reboques e semi-reboques (Tabela 1), como estabelecido pela Resolução CONTRAN n° 211 de 2006.

Tabela 1: Categorização dos Veículos para o Transporte Rodoviário de Carga

TIPO DE VEICULO	PESO
Caminhões semileves	3,5 t < PBT < 6 t
Caminhões leves	6 t ≤ PBT < 10 t
Caminhões médios	10 t ≤ PBT < 15 t
Caminhões semipesados	PBT ≥ 15 t.; PBTC < 40 t
Caminhões pesados	PBT ≥ 15 t.; PBTC ≥ 40 t.

Fonte: Elaboração própria com base em MMA (2013)

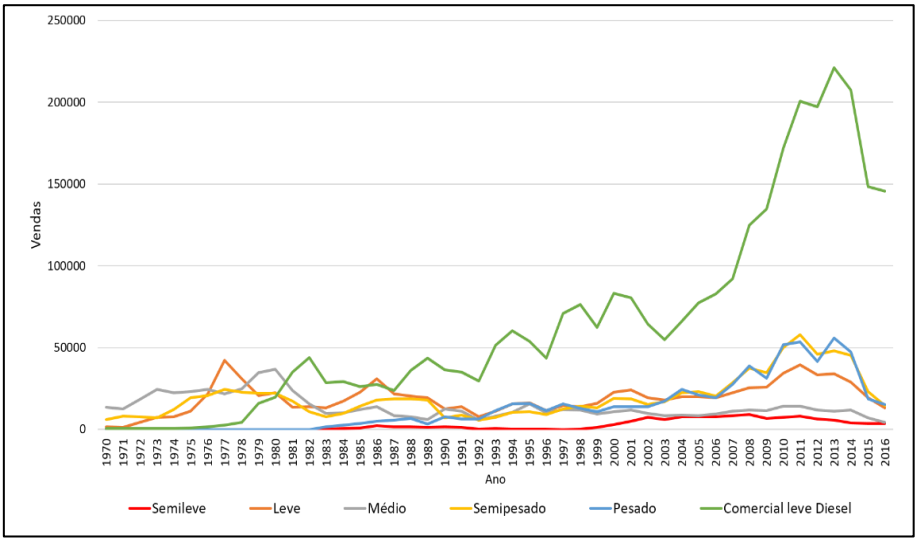


Figura 6: Série histórica da venda por tipo de veículos para o Transporte Rodoviário de Carga no Brasil.
Fonte: Elaboração própria com base em MCT (2010) e SINDIPEÇAS (2009).

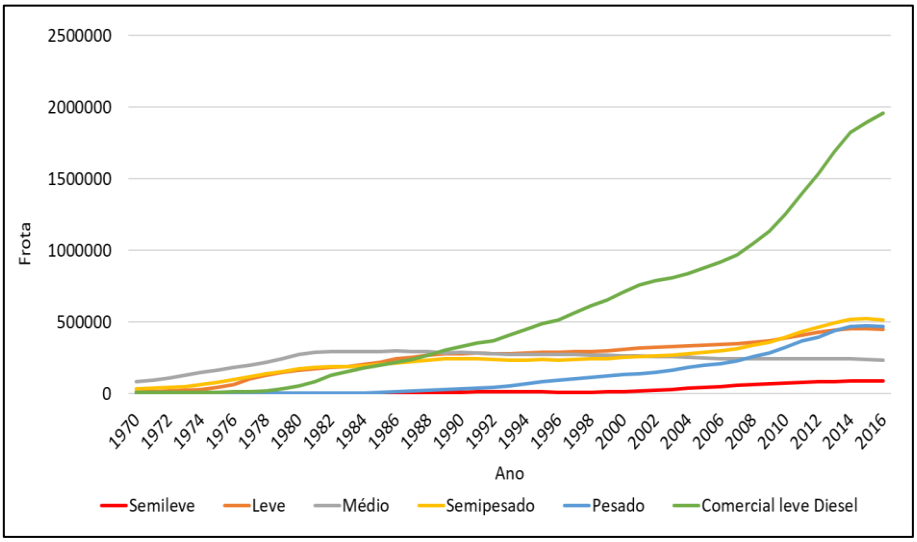


Figura 7: Série histórica da frota de veículos equipados com motores do ciclo diesel para o Transporte Rodoviário de Carga no Brasil.
Fonte: Elaboração própria com base em MCT (2010) e SINDIPEÇAS (2009).

3.2 Cálculo da frota e curva de sucateamento

O cálculo da frota circulante baseou-se na estimativa das vendas e das curvas de sucateamento para os diferentes tipos de veículos, segundo a Equação 1 (MCT, 2010; SINDIPEÇAS, 2009).

$$Fr_{a,V_{md},k} = \text{Vmd,a}\ x\ (1 - S_{a,V_{md},k}) \quad (1)$$

em que

$Fr_{a,V_{md},k}$: frota circulante estimada, expressa em números de veículos (Vmd,k) para o ano (a);

$V_{md,k}$: número de veículos do tipo (V), do ano-modelo (md) e combustível (k) e;

$S_{a,V_{md},k}$: fração de veículos (Vmd,k) já sucateados que não circulam mais no ano (a).

A curva de sucateamento para os veículos do tipo comercial leve do ciclo Diesel, ônibus e caminhões é dada por uma função Logística, segundo a Equação 2 (MCT, 2010; SINDIPEÇAS, 2009).

$$S_{A,V_{md},k} = \frac{1}{1+\exp\left(\alpha\ (a-a_0)\right))} + \frac{1}{1+\exp\left(\alpha\ (a+a_0)\right))} \quad (2)$$

em que

a: idade do veículo em anos, sendo:

α= 0,17 para veículos comerciais leves do ciclo Diesel e α= 0,10 para caminhões

a_0= 15,3 para veículos comerciais leves do ciclo Diesel e a_0= 17 para caminhões

3.3 Regressão linear

A Regressão Linear é utilizada para previsões incondicionais, ou seja, não vincula as variáveis a influências de comportamento e, portanto são utilizadas apenas séries históricas. A equação genérica da Regressão Linear é dada pela Equação 3.

$$\bar{y} = a + b\bar{x} \quad (3)$$

em que

a: coeficiente linear (Equação 4) e;

b: coeficiente angular (Equação 5)

$$a = \bar{y} - b\bar{x} \quad (4)$$

$$b = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^{n} x_i - \bar{x})^2} \quad (5)$$

Foram realizadas oito rodadas de Regressão Linear utilizando a ferramenta Análise de Dados do programa Excel. Em cada rodada, foi elaborada uma regressão entre os dados de cada fator ($\bar{x}$) e o momento de transporte rodoviário de carga ($\bar{y}$).

Como identificado na Revisão Bibliográfica, os principais fatores utilizados são: momento de transporte de carga por modo [t.km]; demanda de transporte de carga por commodity [t.km/commodity]; e volume de tráfego rodoviário [veículos-km]. Entretanto, para o presente trabalho, foram adotados os fatores: momento de transporte de carga por modo [t.km]; frota e venda de veículos rodoviários de carga; PIB; e população. A justificativa de não adotar fator o volume de tráfego rodoviário e sim os fatores frota e venda de veículos rodoviários de carga é por conta do objetivo do artigo estar focado em uma análise agregada nacional. O fator volume de tráfego rodoviário é usado para análises em escala menor e então seria necessário ponderar por zona, município ou microrregião. Optou-se, então, pelos fatores frota e venda de veículos rodoviários de carga já que estes têm relação com fator volume de tráfego rodoviário, isto é, as características do tráfego dependem da composição da frota (DNIT, 2006).

4 RESULTADOS E ANÁLISES

Os resultados gerados pela Regressão Linear são apresentados na Tabela 1. Foram avaliados pelo coeficiente de determinação (R^2), F de significação e valor-p. Quanto mais próximo de 1 for R^2, maior a correlação entre os fatores. Além disso, valor-P e F de significação devem ser menores do que 0,005. Os fatores que apresentaram R^2 mais próximo de 1 foram frota de veículos rodoviários de carga, momento do transporte ferroviário de carga e população brasileira ($R^2 > 0,90$). Já momento de transporte marítimo de cabotagem, venda de veículos rodoviários de carga, momento de transporte fluvial de carga (navegação interior), PIB brasileiro apresentaram um R^2 relativamente alto ($0,89 > R^2 > 0,80$). Já o momento de transporte aéreo de carga apresentou um R^2 baixo ($R^2 \approx 0,36$). Quanto ao f de significação, todos apresentaram valores menores que 0,005. Quanto ao valor-p, a única variável que apresentou um valor-p maior que 0,005 foi o coeficiente linear associado ao modo aéreo.

Tabela 2: Resultado de cada rodada da Regressão Linear.

Nº	($\bar{y}$)	($\bar{x}$)	R^2	F DE SIGNIFICAÇÃO	COEFICIENTES		VALOR-P
1	Momento de transporte rodoviário de carga	PIB brasileiro	0,8086	9,11E-18	Linear	215.560	1,38E-16
					Angular	0,10	9,11E-18
2		População brasileira	0,9567	2,51E-32	Linear	-344.505	1,75E-18
					Angular	0,00	2,51E-32
3		Frota de veículos rodoviários de carga	0,9483	1,38E-30	Linear	142.907	9,36E-18
					Angular	0,17	1,38E-30
4		Venda de veículos rodoviários de carga	0,8635	4,37E-21	Linear	156.500	4,08E-12
					Angular	3,59	4,37E-21
5		Momento do transporte ferroviário de carga	0,9308	2,67E-21	Linear	125.777	8,52E-09
					Angular	1,84	2,67E-21

Nº	(ȳ)	(x̄)	R²	F DE SIGNIFICAÇÃO	COEFICIENTES		VALOR-P
6		Momento de transporte marítimo de cabotagem	0,8726	8,83E-17	Linear	156.972	1,52E-08
					Angular	3,54	8,83E-17
7		Momento de transporte fluvial – navegação interior	0,8500	1,44E-15	Linear	141.308	1,60E-06
					Angular	8,92	1,44E-15
8		Momento de transporte aéreo de carga	0,3578	1,17E-04	Linear	162.641	2,50E-02
					Angular	266,45	1,17E-04

Fonte: Elaboração própria

Os fatores com maior correlação foram a frota de veículos rodoviários de carga e momento do transporte ferroviário de carga. A correlação com a frota de veículos rodoviários de carga é coerente porque quanto maior a demanda por transporte rodoviário de carga, maior a necessidade de aumentar a capacidade de carregamento e assim maior a oferta de frota. Entretanto, verificou-se que as vendas de veículos rodoviários de carga não têm uma correlação tão forte com o momento de transporte rodoviário de carga, já que é uma variável relacionada à frota.

Quanto ao momento de transporte de cada modo, o momento do transporte ferroviário de carga apresentou uma forte correlação, demonstrando a interdependência entre este modo e o modo rodoviário. Apesar de competirem entre si, o modo rodoviário complementa o modo ferroviário, pois é mais flexível. Além disso, o momento de transporte marítimo de cabotagem apresenta um R² próximo a 0,90, assim, indica que o transporte de cabotagem possui uma forte intermodalidade com o modo rodoviário. Isso está relacionado com a forma como a maioria das cargas são transferidas e distribuídas nacionalmente. Afinal, os modos ferroviário e aquático têm como característica transportar altas demandas de carga, sendo flexíveis quanto ao tipo de carga. Já o momento de transporte aéreo de carga não apresentou nenhuma correlação, já que o tipo de carga transportada por esse modo é muito específico, de alto valor agregado e de pequenas a médias demandas.

Por ser o principal fator utilizado para a modelagem de transportes, era esperado que o PIB apresentasse o maior R² dos fatores adotados. Entretanto, o resultado foi um valor de 0,81. Como visto na Revisão Bibliográfica, muitas são as possíveis razões dessa dissociação. Por isso devem ser testadas as hipóteses: investimento em transporte mais limpo; alteração na divisão modal; as mudanças tecnológicas que exigem menos mercadorias; e a transição de economias orientadas para o serviço (Alises *et al*. (2015); Meersman *et al*. (2016a); Meersman *et al*. (2016b); Ottermöller e Friedrich (2016); Ahman (2004)). A população apresentou um R² de 0,96, o que pode ser justificado devido ao aumento da demanda por alimentos e produtos.

Ao analisar as figuras 6 e 7, percebe-se um considerável aumento na venda de veículos comerciais leves a diesel, e consequentemente da frota. Em relação aos outros tipos de veículos, a venda sofre variações, mas não tende a um crescimento significativo ao longo dos anos. Alguns pontos críticos identificados possibilitam uma investigação e analise destas variações. O primeiro ponto crítico identificado é o aumento da frota dos Veículos Leves (VL), composta por comerciais leves, caminhões semileves e leves. O crescimento da frota começou em 1977, ganhando participação em 1999 de 60% e em 2016 de 67,2%. O segundo

ponto crítico que pode ser observado é o crescimento de mesmo perfil dos caminhões médios e semipesados nas décadas de 70 e 80, porém com a diminuição relevante da frota de veículos médios a partir da década de 90. O terceiro ponto é o de crescimento dos veículos pesados a partir do final da década de 80, nivelando-se às frotas de veículos leves e semipesados no ano de 2016.

Pode-se adotar algumas hipóteses a serem verificadas para justificar as variações na frota de veículos: (1) Mudanças na legislação, no que se trata principalmente nas limitações do PBT dos veículos, restrições de horário aos tipos de caminhões em áreas urbanas, entre outras (Harris *et al*., 2011; Reis, 2014); (2) Mudanças no mercado de vendas de veículos para o transporte rodoviário de carga (Ueda, 2012); (3) O tipo de produto transportado; e (4) A mudança dos modos utilizados para o transporte de carga nos anos estudados.

Segundo Silva (2012), diversas imposições foram implementadas pelo Poder Público na restrição de caminhões no Transporte Urbano de Carga (TUC), tais como proibições de estacionamentos, a restrição de acessibilidade e de limitações às operações de carga e descarga no centro das cidades brasileiras. A partir de 1997, as empresas transportadoras de carga tiveram que adequar suas frotas, introduzindo veículos que atendessem às Legislações Federal e Municipal. Assim sendo, os aspectos de peso e dimensões dos veículos são restringidos para minimizar os congestionamentos provocados pelo transporte de cargas.

Os Municípios estabelecem diferentes restrições e critérios para suas áreas urbanas, dificultando uma análise global do transporte de carga nos principais centros urbanos. Entretanto, as restrições poderiam explicar o aumento do VL na frota, devido ao fato delas serem para caminhões, principalmente, aqueles com maior PBT – médios, pesados e semipesados. Segundo Ueda (2012), o segmento de VL foi a porta de entrada para marcas chinesas a partir do ano de 2006, aumentando a competição entre as principais montadoras presentes no Brasil. Este fato pode estar diretamente ligado ao grande aumento da venda e da frota de VL a partir desse ano no Brasil.

O crescimento da frota de veículos pesados pode ser explicado devido ao aumento da demanda do modo rodoviário mesmo para o transporte de carga em grandes quantidades e por longas distâncias e com o equilíbrio da divisão modal no Transporte de carga. A diminuição da frota de veículos médios, entretanto, não pôde ser explicada de forma evidente por meio da análise realizada neste estudo. O fato das restrições em áreas urbanas justifique o aumento dos VL, leves e que a transferência de produtos em grandes quantidades o de veículos semipesados e pesados, poderia justificar uma redução dos veículos médios, que não atendem áreas urbanas e não possuem capacidade para a transferência.

Analisando a divisão modal para os anos levantados (figura 5), pode-se identificar a influência da transferência modal na variação da frota de veículos para o transporte rodoviário de carga. Durante os anos estudados, percebe-se um maior equilíbrio na utilização dos modos. A mudança do momento de transporte de carga para modos de maios capacidade reduziria o uso do transporte rodoviário de carga, principalmente no que se refere à etapa de transferência (longas distâncias). Isto devido ao fato do transporte rodoviário de carga ser mais adequado para curtas distâncias, 500 km em média, com cargas de pequeno volume e alto valor agregado (Furtado e Frayret, 2015). Entretanto, de 2007 a 2013, houve um aumento de 16,9% no licenciamento de veículos rodoviários de carga, que representa um aumento da demanda

de serviços de transporte rodoviário e uma maior pressão sobre as rodovias (CNT, 2014).

O modo rodoviário possui atributos de flexibilidade para atuar do início ao fim da cadeia produtiva, permitindo o acesso a locais não alcançados por ferrovias e por hidrovias, compatíveis com diferentes tipos de cargas e origens e destinos da movimentação (CNT, 2015). Para percursos de longas distâncias, como no caso do escoamento de grande parte da produção agrícola brasileira, o transporte rodoviário deveria atuar no deslocamento da produção das origens até os transbordos para modos com maior capacidade para estes tipos de carga ou em ligações mais curtas dentro do sistema logístico. Entretanto, com a reduzida oferta de infraestrutura adequada à operação de outros modos, as rodovias são responsáveis pela maior parte da movimentação de cargas no país. (CNT, 2015).

5 CONCLUSÃO

O objetivo do estudo de analisar a correlação entre momento de transporte rodoviário de carga e fatores selecionados foi atendido, já que o método adotado (Regressão Linear) se mostrou adequado para propósito.

Por meio de uma revisão bibliográfica, foi possível destacar os principais fatores utilizados em estudos do mesmo tema, porém o levantamento de dados apresentou uma limitação. Esta limitação foi não ter levantado dados quanto o tipo de carga transportada. Esses dados auxiliariam para uma melhor análise quanto ao modo rodoviário, a heterogeneidade da frota, e sua relação com outros modos.

Os fatores com maior correlação foram a frota de veículos rodoviários de carga e momento do transporte ferroviário de carga. A correlação com a frota de veículos rodoviários de carga é coerente porque quanto maior a demanda por transporte rodoviário de carga, maior a necessidade de aumentar a capacidade de carregamento e assim maior a oferta de frota.

Quanto as variações na frota de veículos, pode-se levantar algumas hipóteses, como: (i) Mudanças na legislação, (ii) Mudanças no mercado de vendas de veículos para o transporte rodoviário de carga, (iii) o tipo de produto transportado e (iv) a mudança dos modos utilizados para o transporte de carga nos anos estudados. Esta análise foi limitada pela questão da autonomia dos Municípios para criarem suas restrições ao acesso do transporte de carga em suas áreas urbanas. Esse fato não permite uma visão detalhada das restrições e de como afetaram as variações da frota de veículos utilizados no transporte rodoviário de carga.

Uma sugestão para trabalhos futuros é testar as hipóteses levantadas em relação aos motivos da dissociação do PIB brasileiro e o momento de transporte rodoviário de carga no Brasil.

REFERÊNCIAS

ÅHMAN, M. (2004) *A Closer Look at Road Freight Transport and Economic Growht in Sweden - Are there any opportunities for Decoupling?* (report no: 5370). Naturvårdsverket.

ALISES, A.; VASSALLO, J. M. (2015) *Comparison of road freight transport trends in Europe. Coupling and decoupling factors from an Input–Output structural decomposition analysis*. Transportation Research Part A, v. 82, p.141–157.

ALISES, A.; VASSALLO, J. M.; GUZMÁN, A.F. (2014) *Road freight transport decoupling: A comparative analysis between the United Kingdom and Spain.* Transport Policy, v. 32, 186–193.

ANFAVEA (2017). Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores. Disponível em: <http://www.anfavea.com.br/tabelas.html>.

CNT, 2014. *Plano CNT de Transporte e Logística 2014.* Confederação Nacional de Transporte.

CNT, 2015. *Entraves logísticos ao escoamento de soja e milho.* Confederação Nacional de Transporte – Brasília

D'AGOSTO, M. A.; GONÇALVES, D. N.S.; OLIVEIRA, L. D.. *Emissão de Gases de Efeito Estufa – 2050: Implicações Econômicas e Sociais do Cenário de Plano Governamental – Setor de Transportes. PROJETO IES-Brasil – 205*0 Centro de Estudos Integrados sobre Meio Ambiente e Mudanças Climáticas (Centro Clima/COPPE/UFRJ).

DNIT. (2006) *Manual de Estudos de Tráfego.* Ministério dos Transportes. Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes. Publicação IPR-723. Disponível em: <http://www1.dnit.gov.br/arquivos_ internet /ipr/ipr_new/ manuais/manual_estudos_trafego.pdf>

EPE (2012). Empresa de Pesquisa Energética. *Estudo Associado ao Plano Decenal de Energia – PDE 2021. Consolidação de Bases de Dados do Setor de Transporte: 1970-2010.* Nota técnica SDB-Abst 1/12012, Ministério de Minas e Energia, Brasil, 2012.

EPE, 2016. Demanda de Energia – 2050. Empresa de Pesquisa Energética. Janeiro, 2016.

FAURIAT, W.; MATTRANDB, C.; GAYTONB, N.; BEAKOUB, A. (2015). *An application of stochastic simulation to the study of the variability of road induced fatigue loads.* Procedia Engineering, vol. 133, p. 631 – 645. Doi: 10.1016/j.proeng.2015.12.643

FURTADO, P.; FRAYRET, J. (2015). *Proposal Sustainability Assessment of Resource Sharing in Intermodal Freight Transport with Agent-based Simulation.* IFAC-PapersOnLine, vol. 48-3, p. 436–441.

GREENPEACE, 2016. *[R]evolução Energética: Rumo a um Brasil com 100% de energias limpas e renováveis.* Disponível em: <http://greenpeace.org.br/revolucao/>. Última visualização: 11 de maio de 2017.

HARRIS, I.; NAIM, M.; PALMER, A.; POTTER, A.; MUMFORD, C. (2011). *Assessing the impact of cost optimization based on infrastructure modelling on CO2 emissions.* Int. Journal of Production Economics, vol. 131, p. 313–321.

IBGE. (2013) Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <http://www.bcb.gov.br/ pec/Indeco/Port/ie1-51.xlsx>.

IEA. (2016) Consumption and CO2 emissions - Focus on sustainability targets. 5ª ed. International Energy Agency Energy. Disponível em: https://www.iea.org/topics/transport/publications/railwayhandbook2016/

JONG, G.; TAVASSZY, L.; BATES, J.; GRØNLAND, S. E.; HUBER, S. H.; KLEVEN, O.; LANGE, P.; OLE OTTEMÖLLER, O.; NORA SCHMORAK, N. (2016*). The issues in modelling freight transport at the national level.* Case Studies on Transport Policy, vol. 4, p. 13–21.

KVEIBORG, O.; FOSGERAU, M. (2007) *Decomposing the decoupling of Danish road freight traffic growth and economic growth.* Transport Policy, v. 14, p. 39–48.

MCT. (2010) *Relatório de Referência de Emissões de Gases de Efeito Estufa no Setor Energético por Fontes Móveis. Segundo Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa.* Ministério da Ciência e Tecnologia, Brasília, DF. Disponível em: <http://www.mct. gov.br/upd_blob /0212/212594.pdf>.

MEERSMAN, H.; EHRLERB, V. C.; BRUCKMANNC, D.; CHEND, M.; FRANCKEE, J.; HILLF, P.; JACKSONG, C.; KLAUENBERGB, J.; KUROWSKIB, M.; SEIDELB, S.; VIERTHH, I. (2016) *Challenges and future research needs towards international freight transport modelling*. Case Studies on Transport Policy, v. 4, p. 3-8.

MEERSMAN, H.; NAZEMZADEH, M. *The contribution of transport infrastructure to economic activity: The case of Belgium.* Case Studies on Transport Policy, 2016.

MMA. (2013) *Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários 2013: Ano-base 2012,* Ministério do Meio Ambiente, Brasília, DF.

OECD. (2010) *Road Freight Transport Services.* World Trade Organization, Organisation for Economic Co-operation and Development. Disponível em: <http://www.oecd.org/tad/services-trade/46348780.pdf>.

OTTEMÖLLER, O.; FRIEDRICH, H. (2016) *Opportunities of sectoral freight transport demand modelling.* Case Studies on Transport Policy, v. 4, p. 9–12.

OTTEMÖLLER, O.; SCHMORAKH, N. (2016) *The issues in modelling freight transport at the national level.* Case Studies on Transport Policy, v. 4, p.13–21.

REIS, V. (2014). *Analysis of mode choice variables in short-distance intermodal freight transport using an agent-based model.* Transportation Research Part A, vol. 61, p. 100–120.

RESOLUÇÃO CONTRAN n°211/06. *Requisitos necessários à circulação de Combinações de Veículos de Carga – CVC.*

SILVA, R. C. (2012). *Contribuição ao Planejamento do Transporte Urbano de Carga pela Análise Física do Espaço Urbano: Estudo da Área da Rua do Catete e Largo do Machado do Rio de Janeiro*. Dissertação de Mestrado COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

SINDIPEÇAS. (2009) Credidio, J. & Serra, B (coord). *Estudo da frota circulante brasileira – Sindicato*

Nacional de Industria de Componentes para Veículos Automotores.

TAPIO, P. (2005) *Towards a theory of decoupling: degrees of decoupling in the EU and the case of road traffic in Finland between 1970 and 2001*. Transport Policy, v. 12, p. 137–151.

UEDA, T. V. A. (2013*). A entrada dos veículos comerciais leves chineses: uma ameaça à hegemonia das grandes marcas?* Journal of Transport Literature, vol. 7, n. 1, p. 83-102.

WILLS, W. E; GROTTERA, C. (2015). *Cenários Econômicos e Sociais.* In: LA ROVERE, E. L. et al. – *Implicações Econômicas e Sociais de Cenários de Mitigação de Gases de Efeito Estufa no Brasil até 2030:* Projeto IES Brasil, Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas – FBMC. COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2016.

WORLD BANK. (2017) *World Bank Data: Brasil* Disponível em: <http://data.worldbank.org/country/brazil?locale=pt>

OS EFEITOS DOS CUSTOS DAS TRANSAÇÕES COMERCIAIS E DOS CUSTOS LOGÍSTICOS NA COMPETITIVIDADE DO ETANOL

Jamile de Campos Coleti
Andrea Leda Ramos de Oliveira
Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)

RESUMO
Com foco no etanol, este projeto de pesquisa busca analisar e discutir os efeitos dos custos logísticos e das transações comerciais de etanol no mercado nacional e internacional. Através do desenvolvimento de um modelo de equilíbrio parcial formulado como um Problema de Complementaridade Mista – PCM, aplicado ao etanol, buscamos novas ferramentas analíticas que oriente políticas de comercialização mais eficazes e que busquem reduzir o custo das transações e o custo logístico. O Brasil é o segundo maior produtor de etanol do mundo e sua produtividade vem aumentando a cada ano. Assim, identificar onde e como podem ser formados os custos logísticos e de transação é de fundamental relevância para o agronegócio brasileiro. Soma-se a isso o fato do aumento no nível de consumo interno e da participação no comércio internacional elevando o número e a frequência das negociações e as possibilidades de elevação dos custos de comercialização.

INDICADORES DE FATORES CRÍTICOS DE SUCESSO PARA OPERADORES DE ÔNIBUS DO TRANSPORTE PÚBLICO URBANO

Maíra Vitoriano Rodrigues de Freitas
Universidade de Brasília
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental
Yaeko Yamashita
Universidade de Brasília
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental

RESUMO
A qualidade do transporte público foi e é bastante difundida no meio acadêmico, em que a Lei n° 8.987/1995 exige a prestação de um serviço adequado ao usuário, tem balizado as discussões. Por outro lado, as empresas operadoras do transporte público, que na sua grande maioria são empresas familiares, não existem muitas discussões que os orientem na busca do sucesso empresarial. Nesse sentido para contribuir com o amadurecimento das empresas operadoras, este artigo pretende identificar quais indicadores devem ser constantemente monitorados para garantir o sucesso da empresa. Para isso, foram utilizados os Fatores Críticos de Sucesso, para elencar um conjunto de indicadores que são fundamentais para o sucesso de uma empresa operadora. Concluiu-se por meio de uma pesquisa com os operadores que não existe um consenso na visão do que seria o sucesso dos operadores do transporte para que possam definir os indicadores a serem monitorados a fim de buscar o sucesso da empresa.

ABSTRACT
The quality of public transport has spread in academia and the Law nº 8987/1995, that requires the provision of an adequate service to the user, has marked the discussions. On the other hand, operators of public transport companies, which are mostly family businesses, don't encourage discussions to guide them in the pursuit of business success. Therefore, to contribute to the maturation of the operating companies, this article aims to identify which indicators should be constantly monitored to ensure the company's success. To achieve that, it was used the Critical Success Factors to list a set of indicators that are key to the success of an operating company. It was concluded, by a survey of operators, that there isn't a consensus in view of what would be the success of the transport operators in order to define the indicators to be monitored seeking the company's success.

1. INTRODUÇÃO

A maioria da população habita em ambiente urbano, esta corresponde a 84,36% dos habitantes do Brasil (IBGE,2010). E um dos desafios da urbanização é o transporte. O transporte coletivo é utilizado por 61% da população, 42% o utilizam como seu principal meio de locomoção de casa para a escola ou local de trabalho e 34% da população têm no ônibus o seu principal meio de locomoção de conforme CNI (2011).

Além disso, o transporte público urbano por ônibus é de extrema importância para a concretização da Política Nacional de Mobilidade Urbana, cuja as diretrizes, segundo a Lei nº 12.587/2012, relacionadas a este setor são:

- Prioridade dos serviços de transporte público coletivo sobre o transporte individual motorizado;
- Integração entre os modos e serviços de transporte urbano;
- Priorização de projetos de transporte público coletivo estruturadores do território e indutores do desenvolvimento urbano integrado.

O Serviço de Transporte público Urbano por Ônibus - STPUO é realizado por empresas privadas por meio de contratos de concessão elaborados pelos órgãos gestores municipais. O STPUO, conforme a Lei nº 8.987/1995, compreende um conjunto de técnicas, meios,

sistemas, serviços e infraestrutura utilizados racionalmente, de forma a promover a complementaridade, a integração e a priorização dos modos coletivos de transporte. E, também é responsável por proporcionar aos cidadãos o acesso universal, seguro e equânime ao espaço urbano.

Já constitui obrigação das empresas contratadas prestar o serviço delegado, de forma adequada à plena satisfação dos usuários, conforme disposições de leis, regulamentos, normas complementares, em editais e dos contratos de adesão segundo a mesma Lei nº 8.987/1995. Nas contratações mais recentes, como no Distrito Federal, o grau de qualidade desses serviços é mensurado por meio de indicadores operacionais, que permitem a orientação de ações operacionais e de planejamento para a superação das principais deficiências observadas.

Os indicadores são elementos centrais no processo de tomada de decisão. Eles são os principais elementos de informação e é sobre eles que o conhecimento sobre diversos temas é construído pelos tomadores de decisão (Magalhães, 2004). Por isso, que indicadores de OTPUO são tão importantes para caracterização das operadoras, para servir de processo e parâmetro para a avaliação da qualidade do serviço e para estimular a melhoria contínua da qualidade.

No entanto, não há consenso sobre quais indicadores são definidos como essenciais entre as operadoras, seja para monitoramento, seja para definição de metas, que norteiem as prestadoras de serviço na busca de sucesso. Por isso, essa pesquisa utiliza os Fatores Críticos de Sucesso (FCS) como ferramenta para selecionar quais são os indicadores que as operadoras devem monitorar sistematicamente, a fim de buscar o sucesso da empresa, seja do serviço ou financeiro. Fatores críticos de Sucesso conforme Rockart (1979) afirma também que esses fatores levam em conta a satisfação que o usuário tem do serviço, ou seja, da avaliação da qualidade do serviço prestado.

A estrutura do artigo contempla na segunda seção as definições de Sistema de Transporte Público Urbano por ônibus (STPUO) e Operação de Transporte Público Urbano por Ônibus (OTPUO), tendo o foco no último conceito, discutindo de forma breve suas funções e sua inter-relação com os outros elementos do STPUO, além de planejamento e controles operacionais. A terceira seção discute o conceito de qualidade e a qualidade inserida na OTPUO. Os indicadores são discutidos na quarta parte, por meio do seu conceito, características e funções mostrando a sua importância. A introdução ao conceito de Fatores Críticos de Sucesso será feita na quinta seção. Já na sexta seção, tem-se o desenvolvimento da metodologia usada na pesquisa e os resultados são apresentados e analisados. E, por fim, tem-se a conclusão na sétima seção.

2. SISTEMA E OPERAÇÃO DO TRANSPORTE PÚBLICO URBANO POR ÔNIBUS

Um Sistema de Transporte Público de Urbano por Ônibus (STPUO) compreende a estrutura do transporte público urbano nos seus vários modos, expresso pelos tipos de serviços e linhas, com as respectivas características operacionais, os níveis tarifários, conexões, relacionamento

com o usuário, além dos equipamentos e sistemas de serviços necessários à operação (EBTU, 1988).

Os elementos intervenientes no STPUO são: Usuários, Poder Público e Operadores. Os usuários se utilizam de um serviço público para suprir suas necessidades de deslocamento e quando utiliza esse serviço, pondera uma série de atributos para a tomada de decisão de quando, onde e como usar o transporte. O Poder Público é o responsável legal pelo transporte público, deve regulamentar, planejar, programar e fiscalizar a execução dos serviços, servindo constantemente como árbitro nos conflitos de interesse entre usuários e operadores, valendo-se de uma legislação específica. Já os Operadores são encarregados de administrar e fazer funcionar um complexo sistema de transportes (financiamento, aquisição, manutenção, renovação da frota, etc.) e de comercializá-lo, sob a forma de prestação de um serviço público. Suas preocupações estão relacionadas com as variáveis que influenciam os custos e receitas na oferta do serviço (EBTU, 1988).

Sobre a inter-relação dos elementos do transporte público, o operador recebe contribuições dos usuários em forma de receita; do Governo pode receber como input, doações, subsídios, restrições e padrões. Em contrapartida, o operador fornece capital e trabalho e, através dos modos de transporte, oferta serviços aos usuários. Os usuários, por sua vez, pagam ao operador uma tarifa e despendem na utilização do serviço, tempo e esforço. O Governo recebe do sistema de transporte (operador e usuário) os impostos, as taxas e a contribuição dos impactos políticos, e, finalmente, o prestígio proporcionado pela operação do sistema (CAVADINHA, 2005).

A importância da compreensão destas relações foi bem percebida por Santana Filho (1992) *apud* Cavadinha (2005) quando mostra as consequências que

> Uma operação inadequada pode ter reflexos extremos sobre os vários atores envolvidos no sistema. Para o usuário, a oferta de parâmetros operacionais inadequados pode acarretar um nível de serviço ruim e custos operacionais elevados. Para o operador, pode acarretar um desequilíbrio ou vantagem financeira. E para o Governo e sociedade, pode acarretar congestionamento, aumento de impostos para fim de subsídio ou investimentos e interferências no desenvolvimento urbano e social da região.

Existem diferentes níveis de planejamento para o estudo e implantação de melhorias no sistema de transporte. O planejamento operacional, em geral de caráter corretivo, foca nas soluções de curto e médio prazo, priorizando as soluções de baixo custo e rápida implantação, incluindo características das empresas operadoras, veículos e condições de circulação, programação de horários, racionalização de itinerários entre outras (Pereira, 2014).

Os objetivos do controle da operação são: fazer com que as viagens sejam realizadas nos horários programados; fazer com que não haja fraudes no recebimento/pagamento da passagem; fazer com que os operadores tenham comportamento adequado no que refere à segurança e comodidade do transporte, tratamento dos usuários e honestidade na cobrança pelo serviço; coletar dados e informações sobre a operação para checar o cumprimento da

programação operacional e fazer o planejamento do serviço, de modo a não ter excesso de lotação dos coletivos que comprometa a qualidade e nem baixa ocupação que comprometa a eficiência; e, em alguns casos regular a oferta com uma programação em tempo. Para controlar a operação, os fiscais exercem esse papel e a por vezes, contam com o suporte de tecnologias adequada (Ferraz, 2004).

3. QUALIDADE E DESEMPENHO

A qualidade e o desempenho são importantes na OTPUO, em que o bom desempenho impactará no sucesso da operação que por sua vez contribuirá na sua qualidade. A qualidade mede tanto a disponibilidade quanto o conforto e as facilidades oferecidas e depende, em grande parte, de decisões operacionais tomadas em um sistema de transporte sobre onde, com que frequência, em que período do dia e com que características o serviço deve ser oferecido. Segundo Vuchic (2005), os requisitos de qualidade do serviço de transporte são: disponibilidade, frequência, pontualidade, tempo de viagem, conforto, facilidades, segurança e custo para o usuário.

No entanto, Moller (1988) ressalta que muitos fatores devem ser levados em consideração ao se julgar o desempenho de item de qualidade:

- Um serviço com a mesma qualidade pode ser julgado de forma diversa por pessoas com experiência, educação, idade e formação diferentes. Além de que pode ser percebido de formas diversas pela mesma pessoa em épocas diferentes, dependendo da situação, do humor e das atividades da pessoa;
- O mesmo serviço pode satisfazer necessidades bastante diversas. Assim, as pessoas irão julgar a qualidade de um serviço de acordo com suas necessidades em uma dada situação;
- As pessoas têm diferentes padrões de qualidade.

Por isso cabe à gestão de qualidade de um serviço ter a preocupação com a adequação ao uso e que a gestão leva a um processo que prioriza todos os elementos do produto ou do serviço que sejam relevantes para o usuário, sejam eles subjetivos ou não, mensuráveis ou não, perfeitamente caracterizados ou não, expressamente declarados ou não. Essa adequação mostra que a ação da gestão de qualidade não pode ser absoluta, mas tem sempre uma característica de relatividade, com o permanente confronto entre o produto e o consumidor. A qualidade é o elemento que os une. A satisfação do consumidor, com suas necessidades e conveniências, e o sucesso da empresa, com sua capacidade de desempenho e suas estratégias de mercado, serão itens fundamentais na avaliação da qualidade (Paladini, 2010).

4. INDICADORES

Os indicadores são os meios mais utilizados no monitoramento dos serviços, como na operação do transporte público. Sendo assim, uma forma de mensurar a qualidade e o desempenho dos mesmos. O sistema de indicadores é uma das abordagens principais para definir as necessidades de informação de gestão, nele o competidor consegue fornecer as informações em nível executivo (Rockart, 1979).

4.1. Definição, Características e Funções

Existem alguns termos que aparecem frequentemente quando se trabalha com indicadores, esses termos são: dados, indicador, índice e informação.

O dado é o componente mais básico do indicador, ele é a base para os indicadores, índices e informações. O indicador, que é derivado do dado, é a ferramenta mais básica e primeiramente usada para analisar as mudanças numa sociedade. Os indicadores são dados superiores, como uma ferramenta analítica, que servem como base para avaliações fornecendo informações sobre condições e tendências do objeto de estudo (Segnestam, 2002).

De maneira geral, o índice é uma agregação, proposta de representação de todo um sistema, ou tema, por um único elemento, normalmente adimensional, sendo utilizado em aproximações iniciais e proporcionando uma descrição geral sobre o tema analisado. Assim, um índice é, também, um indicador, e sua distinção é feita apenas para valorizar a agregação de dados, as regras de relacionamento entre estes dados, além de sua estrutura de cálculo (Nahas, 2003 apud Magalhães, 2004).

A análise dos dados, indicadores e índices resultam na informação, que é a base para tomar decisões. Para que as análises sejam completas e precisas, mais dados e mais indicadores podem ser incluídos para monitoramento. Um indicador pode evidenciar uma mudança – não necessariamente divulgar todos os aspectos por trás de uma mudança. E os indicadores alcançam seus objetivos quando a informação é alcançada e o processo de tomada de decisão seja integrado com essa informação (Segnestam, 2002).

5. FATORES CRÍTICOS DE SUCESSO (FCS)

Os fatores críticos de sucesso (FCS) são abordados neste estudo, como suporte para identificar um pequeno grupo de indicadores relevantes para o sucesso da empresa na OTPUO. Assim, fatores críticos de sucesso são números limitados de áreas nas quais, se os resultados forem satisfatórios, estes irão assegurar um desempenho competitivo de sucesso para a organização. Os FCS são poucas “áreas chave”, as quais devem ter um bom desempenho para o negócio consolidar-se (Rockart, 1979).

Para Rockart (1979), esse método fornece uma maneira de identificar as necessidades de informações gerenciais de forma clara e significativa. Além disso, leva-se em consideração o fato de que as necessidades de informação variam de gerente para gerente e que essas necessidades evoluem com o tempo. Rockart (1979) afirma que os fatores críticos de sucesso são áreas que devem receber atenção constante e cuidados da administração. O status atual de desempenho em cada área deve ser continuamente medido, e que a informação deve ser disponibilizada. Para Brandme (2015), os FCS também servem para compreender a distância entre o que sua empresa está oferecendo para seus clientes comparativamente às suas expectativas e “dores” coletadas pela pesquisa.

Na área de transportes, pouco tem sido explorado a utilização de FCS no desenvolvimento de indicadores que foquem no sucesso da operação, entretanto trabalhos como Bertazzo *et al* (2009) e Sanches (2008) identificam os FCS de qualidade e atendimento ao usuário do transporte público aplicado para Manaus e Curitiba respectivamente; já o Celis (2000)

apresenta uma discussão envolvendo FCS das informações que seriam relevantes para as empresas de transporte público por ônibus.

6. DESENVOLVIMENTO DO ESTUDO

Com o entendimento do conceito e da necessidade do mapeamento dos FCS, buscou-se identificar os fatores críticos de sucesso para os operadores do transporte público urbano. Para isso as seguintes etapas foram realizadas:

6.1. Mapeamento dos indicadores já existentes e definição dos critérios de seleção

Foram mapeados vários documentos que apresentavam os indicadores de transportes e transportes públicos, a pesquisa levantou indicadores dos seguintes autores e instituições: ANTP (1999), Cavadinha (2005), EBTU (1988), ETUFOR (2011), Lima (1996), Molinero e Arellano (1996), ST-DF (2012), Tomazinis (1975) e Vuchic (1981). Esta etapa desenvolve para cada indicador analisado, critérios para seleção destes. Foram utilizados os seguintes critérios: existência da descrição do indicador; expressão métrica; unidade medida; clareza; adequação ao tipo de análise de desejado; complexidade do cálculo; disponibilidade; representatividade dos dados.

6.2. Seleção dos indicadores de fatores críticos de sucesso para operadores de transporte público urbano:

Com base nos critérios de seleção e nos elementos necessários ao indicador, foi realizado um levantamento de diversos indicadores na literatura que possuíssem esses requisitos. No total, dos 75 indicadores identificados com objeto operação de transporte público, 29 indicadores possuíam os critérios e os elementos exigidos, foram selecionados indicadores do ST-DF (2012), Lima (1996), ANTP (1999), Cavadinha (2005), Tomazinis (1975), Vuchic (1981), Molinero e Arellano (1996) e ETUFOR (2011) que estão listados na Tabela I abaixo:

Tabela 1: Indicadores selecionados para a pesquisa.

Indicadores	Indicadores
Intensidade de utilização do serviço	Receita operacional ou tarifária por veículo
Índice de passageiro transportado por viagem	Consumo de combustível por veículo x quilômetro
Índice de passageiros por quilômetro	Despesa operacional por lugares x quilômetros
Racionalidade do tempo investido	Índice de cobertura da rede
Desempenho econômico	Índice de percurso médio mensal – PMM
Margem de cobertura do custo operacional	Índice de funcionários por passageiro pagante
Tarifa Equivalente	Despesa total com a função de suporte por veículo
Custo total da viagem	Despesa total com a função suporte por passageiro transportado
Realização do Programado	Grau de ocorrência de irregularidades de trânsito
Quantidade de lugares totais oferecidos x quilômetro por pessoal de operação x hora	Grau de limpeza dos veículos
Custo operacional total por quilômetro	Grau de ocorrência de acidentes de trânsito
Custo de passageiro transportado	Grau de variação dos intervalos nos pontos terminais

Demanda Equivalente	Grau de falhas de veículo em operação
Despesa operacional por passageiro	Grau de reclamações dos usuários sobre os serviços
Despesa operacional por custo operacional total	Grau de reprovação de veículos em vistorias programadas pelo Poder Concedente
Receita operacional ou tarifária por veículo x quilômetro	Total: 29 indicadores

6.3. Pesquisa com os operadores e técnicos do setor para identificar os principais indicadores de fatores críticos de sucesso para operadores de transporte público urbano

6.3.1. Planejamento do formulário para a pesquisa:

O formulário possuía os 29 indicadores elencados, no qual o operador deveria responder objetivamente ao grau de importância para a operação do indicador citado. O grau de importância nesse formulário possuía cinco níveis: sem importância, pouca importância, importante, muito importante e extremamente importante. Os indicadores selecionados nessa pesquisa foram as respostas que apresentavam as maiores modas dos indicadores listados. Logo a seleção foi feita de modo que os indicadores que obtiveram maior votação no quesito extremamente importante foram escolhidos e, para critérios de desempate, também foram utilizados os quesitos muito importante e importante.gea

A tecnologia escolhida para realizar a coleta de dados foi o *software web, Google Forms*. O formulário apresentava um texto introdutório, que possuía o conceito de indicadores e a importância dessa ferramenta, além dos conceitos de Fatores Críticos de Sucesso e o objetivo da pesquisa, a identificação dos indicadores de desempenho na OTPUO de acordo com a visão das operadoras, e, em seguida, os 29 indicadores com todos os elementos necessários para o operador julgar o nível de importância do indicador para a OTPUO.

6.3.2. Elaboração e aplicação do formulário:

O formulário foi elaborado com o intuito de representar a forma como Rockart (1979) realizou a abordagem dos FCS ao ajudar os executivos a definirem suas necessidades de informação significativas.

A pesquisa foi aplicada, conforme o formulário, no universo/população do Distrito Federal e a amostra escolhida foi constituída por profissionais da OTPUO do DF. Dos possíveis tipos de amostragem, a não probabilista intencional foi a escolhida para essa pesquisa, segundo Marconi e Lakatos (2009), essa técnica não faz o uso de formas aleatórias de seleção, e, por isso, não se aplica fórmulas estatísticas para o cálculo, nem para erros de amostra. Além de que, por ser intencional, a pesquisa está interessada na opinião de determinados elementos da população que segundo seu entender, pela função desempenhada, cargo ocupado, exercem funções de líderes e tem a propriedade de influenciar as decisões de determinado assunto num contexto específico (Marconi e Lakatos, 2009).

Na população do DF, a amostra possuía cinco empresas operadoras que realizam o serviço no DF, e para validar o estudo, foram obtidas 14 (quatorze) respostas, o que permitiu analisar o entendimento de indicadores de fatores críticos de sucesso na OTPUO.

6.3.3. Análise dos Resultados

Cabe lembrar que o objetivo da pesquisa é de identificar indicadores que possam representar o sucesso da OTPUO pela visão do operador, definindo assim, os indicadores de fatores críticos de sucesso, para que com isso os operadores pudessem monitorar os mesmos e buscar o sucesso da empresa. Assim se buscou poucos indicadores que pudessem assegurar, desde que apresentassem resultados satisfatórios, o sucesso da empresa. Do resultado da pesquisa aplicada, os indicadores selecionados na Tabela 2, foram aqueles escolhidos como de extrema importância para o sucesso da empresa:

Tabelas 2: Indicadores de FCS

Indicador	**Descrição**	**Extremamente importante (%)**	**Expressão Métrica**
IPK	Calcula quantos passageiros pagantes são transportados por quilômetro. Unidade de medida: pass/km.	85,7	$\frac{Qtd.\ de\ passageiros\ pagantes}{Quilometragem\ percorrida}$
Consumo de combustível por veículo x quilômetro	Esse indicador representa a quantidade de combustível para realizar cada quilômetro de uma linha ou do sistema, expresso em litros de óleo diesel por quilômetro. Unidade de medida: L (óleo diesel) /km.	42,9	$\frac{Litros\ de\ combustível\ consumido}{Qtd.\ de\ veículos\ x\ quilômetro}$
Grau de reclamação dos usuários	Mede o nível de satisfação com o serviço. Os dados são obtidos por meio do Sistema de Atendimento ao Usuário. Tem abrangência total de cada concessionário e periodicidade mensal. Unidade de medida: reclamações/pass.	42,9	$\frac{\sum Reclamações\ de\ usuários}{Qtd.\ de\ passageiros\ transportados}$
Demanda equivalente	Representa a parcela que paga pelo serviço de uma linha ou de um sistema. Unidade de medida: adimensional.	41,7	$\frac{Passageiros\ totais\ pagantes}{Qtd.\ lugares\ disponíveis\ do\ veíc.}$
Realização do programado	Índice de cumprimento da oferta, de viagens, de horários, permitindo variações de até 10% do intervalo médio programado para a hora de execução da viagem. No caso de atrasos de até 50% do intervalo programado para a hora de execução da viagem limitado a um atraso de no máximo 15 minutos em relação ao horário	35,7	$\frac{Viagens\ realizadas}{Viagens\ programadas}$

	programado. A viagem fora destes intervalos serão consideradas como não realizadas. Unidade de medida: adimensional.		
Grau de ocorrência de acidentes de trânsito	Avalia o grau de segurança do veículo. Para todos os veículos e possui periodicidade mensal. Unidade de medida: acidentes/veíc.	35,7	$\frac{Qtd.\ acidentes\ c/\ ou\ sem\ vítima}{Frota\ operacional}$
Margem de cobertura do custo operacional	Representa o equilíbrio financeiro de uma linha ou de um sistema de ônibus. Confrontando-se o que se ganha com o que se gasta. Unidade de medida: adimensional.	35,7	$\frac{Receita\ tarifária}{Custo\ operacional\ total}$

O resultado da pesquisa identifica 7 indicadores, conforme a Tabela II, verifica-se que os indicadores estão relacionados com a rentabilidade, o custo e a qualidade do serviço ofertado.

O indicador **Índice de passageiros pagantes por quilômetro - IPK**, reflete nessa pesquisa, que cerca de 86% dos pesquisados consideram mais importante para se obter o sucesso da empresa. Esse indicador relaciona o que é consumido com o que é produzido, para uma linha, parte do sistema ou para o sistema completo. Uma queda pode representar ociosidade, enquanto um aumento representa uma melhor ocupação dos veículos. O índice de passageiros pagantes por quilômetro pode representar maior rentabilidade para o operador visto que o veículo terá mais passageiros pagantes, no entanto, é visto negativamente quando se trata de conforto para o usuário. Esse indicador reflete a preocupação do operador quanto a sua receita, o que é uma das prioridades de uma empresa privada em relação ao seu faturamento.

O indicador **Consumo de combustível por veículo x quilômetro** foi considerado extremamente importante por cerca de 43% dos pesquisados, que pode não muito alto, mas foi o segundo mais relevante, juntamente com o indicador grau de reclamações dos usuários sobre os serviços. O indicador de consumo, reflete a economicidade energética da frota, o que é de interesse do empresário uma vez que demonstra a efetividade da operação, impactando no seu custo operacional. É um indicador relevante para o operador, visto que o consumo de combustível de um veículo pode representar uma parte significativa dos custos da operação. Esse indicador pode ter relevâncias distintas dependendo da região, das condições de tráfego, das condições das vias e dos períodos de operação. Assim, o acompanhamento desse indicador poderá tornar a condução mais eficiente como também a melhoria no sistema de manutenção.

O indicador **Grau de reclamações dos usuários sobre os serviços** refletiu em torno de 43% das respostas consideradas extremamente importantes. Esse indicador é prejudicial para o operador e reflete o quanto sua operação não está adequada. Para o operador, não basta quantificar esse indicador, mas que as reclamações sirvam de análise qualitativa, para que ele possa superar esses problemas vistos negativamente pelo usuário.

O indicador de **Demanda Equivalente** reflete em torno de 42% na escolha dos pesquisados. Quanto maior for esta relação, maior a arrecadação da operação. Assim a demanda equivalente é um indicador importante para o operador, visto que a receita arrecadada pelos passageiros pagantes é o que custeará a operação e garantirá a tarifa operacional. Sem esse indicador, o operador tem uma falsa ideia de receita em função das gratuidades, que em algumas cidades chegam a 30% do total de passageiros transportados.

Indicador de **Realização do Programado** representa em torno de 36% na escolha dos pesquisados. A realização do programado reflete a pontualidade do serviço para o usuário e é um aspecto positivo da operação, sendo um fator de atratividade para o usuário, que podem confiar no serviço, levando a um aumento na demanda e, consequentemente, a receita da operação.

O indicador **Grau de ocorrência de acidentes de trânsito** como resultado de extremamente importante pelos pesquisados refletiu em torno de 36%. É esperado para esse indicador esperado que sempre se mantenha em baixos patamares, ele é prejudicial para ambos os elementos intervenientes em um STPUO. Esse indicador se torna importante na visão das empresas, uma vez que o envolvimento dos veículos/passageiros em acidentes significa um custo adicional na sua operação.

O indicador de **Margem de Cobertura do Custo Operacional** representa em torno de 36% das respostas. Um valor alto para a margem de cobertura do custo operacional é lucrativo para o operador, porém, se esse valor não for equilibrado, pode representar tarifas elevadas para o usuário. Quanto maior for este indicador, mais lucrativo é a operação dos serviços, o que pode não significar qualidade do serviço.

Verifica-se pelos resultados obtidos da pesquisa de que não existe um consenso em relação a escolha dos indicadores de fatores críticos de sucesso. A exceção do indicador IPK que é classicamente conhecido pelo mercado, os demais apresentam resultados de baixo consenso entre 35% a 43%. Essa variação que ocorreu na escolha, demostra, conforme a discussão de fatores críticos de sucesso anteriormente apresentada, a falta de uma maturidade das empresas que sempre foi conhecido por ser empresa familiar. Atualmente encontramos empresas já na segunda ou terceira geração, que deveriam demonstrar uma maturidade profissional e empresarial maior. Entretanto a pesquisa não contemplou as empresas mais maduras do mercado.

7. CONCLUSÕES

A pesquisa teve o foco nos indicadores, pois eles são capazes de fornecer informações para as tomadas de decisão da OTPUO e porque existem pouca contribuição com base científica e métodos adequados para a construção de índices satisfatórios que meçam a qualidade e o sucesso da operação. Além disso, a pesquisa teve a finalidade de selecionar um conjunto de indicadores com base nos FCS, para que as empresas operadoras possam monitorá-los para obterem sucesso no serviço de transporte público urbano por ônibus.

Acerca dos indicadores de FCS selecionados, pode-se perceber que poucos critérios da qualidade da operação para o usuário foram levados em conta, que foram pontualidade e segurança. Porém, há diversos critérios relevantes para o usuário na hora de classificar a qualidade do transporte público urbano por ônibus.

Espera-se que para obter esses indicadores de fatores críticos de sucesso, possa realizar mais pesquisas onde pudesse identificar por meio de *benchmarks* as empresas com melhor performance para poder direcionar as demais empresas no Brasil. Complementando o estudo, seria necessário um aprofundamento nas definições dos indicadores com a descrição, métrica e a forma de coleta dos dados, pois os dados podem ser coletados deformas diferentes e isso impossibilita a comparação entre eles.

Apesar disso, espera-se que com a implementação dos indicadores de FCS as empresas possam monitorar e definir as suas referências e metas para atingir o sucesso e, com o passar do tempo, possam renovar as suas metas, até que o serviço prestado possa atender aos princípios da Política Nacional de Mobilidade Urbana como promover acessibilidade universal; participar do desenvolvimento sustentável das cidades, nas dimensões socioeconômicas e ambientais; equidade no acesso dos cidadãos ao transporte público coletivo; eficiência, eficácia e efetividade na prestação dos serviços de transporte urbano e segurança nos deslocamentos das pessoas (Lei Nº 12.587/2012). É fundamental que também atendam aos requisitos da Lei Nº 8.987/1995 da concessão do transporte público atendendo as seguintes características de serviço adequado que satisfaz as condições de regularidade, continuidade, eficiência, segurança, atualidade, generalidade, cortesia na sua prestação e modicidade das tarifas conforme o Art.6 parágrafo 1.

Agradecimentos

As autoras agradecem à Capes - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pelo apoio a esta pesquisa por meio do programa Jovens Talentos para a Ciência e à UnB - Universidade de Brasília.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTP – AGÊNCIA NACIONAL DOS TRANSPORTES. *Referenciais comparativos de gestão do transporte urbano***.** Revista dos Transportes Públicos - ANTP - Ano 21, 1999.

BERTAZZO, Ângela Beatriz Souza, Luciany Oliverira Seabra, Miguel Ângelo Pricinote. *Fatores Críticos de Suceso de Transporte Coletivo por Ônibus – Estudo de Caso de Manaus*. CEFTRU – Centro de Formação de Recursos Humanos em Transporte. Brasília, 2009.

BRANDE ME**.** *Planejamento estratégico – capítulo 1.* Disponível em <http://www.brandme.com.br/download-cap1> acessado 18/02/2016 às 12h32.

CASAS Celis, Fernando. *Identificação e Priorização das Necesidades de Informação das Empresas de Transporte Urbano de Passageiros para a Montagem de un Sistema de Inteligência Estratégica.* Dissertação de Mestrado em Transportes. Universidade de Brasilia – UnB, Brasília, 2000.

CAVADINHA, E. V. C**.** *Avaliação do desempenho de sistemas metropolitanos integrados de transporte público sob os aspectos da produtividade, da eficiência e da qualidade: o Sistema Estrutural Integrado da Região Metropolitana do Recife*. Recife, 2005.

CNI - CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. *Retratos da Sociedade Brasileira: Locomoção Urbana*. Agosto, 2011.

EMPRESA BRASILEIRA DOS TRANSPORTES URBANOS. *Gerência do Sistema de Transporte Público de Passageiros*. Brasília, 1988.

EMPRESAD DE TRANSPORTE PÚBLICO DE FORTALEZA. *Anuário de Transportes Público de Fortaleza.* Fortaleza, 2011.

FERRAZ, Antônio "Coca" Pinto e Isaac Guilhermo Espinosa Torres. *Transporte público urbano.* São Carlos: RiMa, 2004.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Características da população, Censo Demográfico 2010*. Disponível em <http://7a12.ibge.gov.br/vamos-conhecer-o-brasil/nosso-povo/caracteristicas-da-populacao.html> acessado 03/02/2016 às 9h35.

LEI Nº 12.587. *Política Nacional da Mobilidade Urbana*. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12587.htm> acessado em 02/04/2016 às 13h36. De 3 de Janeiro de 2012.

LEI Nº 8.987. *Lei das Concessões*. Disponível em < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L8987cons.htm > acessado em 18/04/2016 às 18h48. 13 de fevereiro de 1995.

MAGALHÃES, Marcos Thadeu Q. *Metodologia para Desenvolvimento de Sistemas de Indicadores: Uma Aplicação no Planejamento e Gestão da Política Nacional de Transportes***.** Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, 2004.

MARCONI, Marina de Andrade, Eva Maria Lakatos**.** *Técnicas de pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisa, elaboração, análise e interpretação de dados***.** 7ª edição – 2ª reimpressão. São Paulo: Atlas, 2009.

MOLLER, Claus. *Personal quality – The Basis of all Other Quality.* Time Manager International, 1988.

NTU - ASSOCIAÇÃO NACIONAL DAS EMPRESAS DE TRANSPORTES URBANOS. *Desempenho e Qualidade nos Sistemas de Ônibus Urbanos*. Brasília**,** 2008.

PALADINI, Edson Pacheco**.** *Gestão de qualidade: teoria e prática.* 2ª Edição. São Paulo, 2010.

ROCKART, J.F. *Chief executive define their own data needs*. Harvard Business Review, Harvard. 1979. Disponível em <https://hbr.org/1979/03/chief-executives-define-their-own-data-needs#> acessado 21/02/16 às 17h10.

ROYUELA, M. A. *Los Sistemas de Indicadores Ambientales y su Papel em la Información e Integración Del Medio Ambiente.* I Congreso de Ingeniería Civil, Territorio y Medio Ambiente, p.1231-1256, 2001.

SEGNESTAM, L**.** *Indicators of Environmental and Sustainable Development: Theories and Practical Experiences*. World Bank, Washington DC, 2002.

ANÁLISE DO GRAU DE VULNERABILIDADE DO SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO URBANO POR ÔNIBUS A PARTIR DO ESTUDO DA DEMANDA

Luisa Cordeiro Evangelista Moraes
Universidade Federal de Goiás
Escola de Engenharia Civil e Ambiental
Willer Luciano Carvalho
Universidade Federal de Goiás
Engenharia de Transportes

RESUMO
Nas últimas décadas o intenso processo de urbanização das cidades tornou a humanidade majoritariamente urbana. Esse desenvolvimento trouxe também uma crescente taxa de motorização da população, já que está ligado aos canais de circulação, de acordo com as tecnologias de transporte existentes para atender as necessidades das pessoas em se locomover. Portanto os sistemas de transporte devem ser eficientes, seguros, de qualidade e suficientes para atender a demanda. Uma forma de garantir tal eficiência é identificar, entender e prever os aspectos que influenciam no comportamento desse serviço de transporte, ou seja, suas vulnerabilidades. Assim, esse trabalho teve como objetivo analisar os fatores de vulnerabilidade do sistema de transporte público urbano por ônibus da rede metropolitana de Goiânia, onde foi observado que o sistema é vulnerável principalmente aos feriados, aos dias anteriores e posteriores aos feriados, à fatores climáticos como chuvas intensas e aos períodos de Copa do Mundo.

ABSTRACT
In the last decades the intense process of urbanization of the cities made humanity mostly urban. This development of cities has also brought an increasing rate of motorization of the population, since it is connected to the circulation channels according to the existing transport technologies to meet the needs of the people to move in a larger space. Therefore transport systems must be efficient, safe, quality and sufficient to meet demand. One way to guarantee such efficiency is to identify, understand and predict the aspects that influence the behavior of this transport service, that is, its fragilities, called vulnerabilities. Thus, this study aimed to analyze the vulnerability factors of the urban public transport system by buses of the metropolitan network of Goiânia, where it was observed that the system is vulnerable mainly to holidays, days before and after holidays, climatic factors such as Intense rains and World Cup periods.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, de acordo com levantamento da ANTP – Associação Nacional de Transportes Públicos (2015), 40% do total de viagens realizadas no Brasil são a pé e/ou em bicicleta, seguidas pelo transporte individual motorizado – carros e motocicletas com 31% do total – e pelo transporte coletivo, que representa 29% do total. Porém, o mesmo estudo mostra que o transporte coletivo é responsável por percorrer 57,2% das distâncias nas viagens habituais, e o ônibus é responsável por mais de 80% dos deslocamentos urbanos. Ainda assim, a utilização de ônibus urbanos hoje em dia é sinônimo de sofrimento para o usuário, principalmente devido a sua lentidão, demora, lotação, riscos e veículos, na sua maioria, pouco seguros.

Estudos recentes da NTU - Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos mostram que entre 2014 e 2015 houve redução de 687 mil passageiros de transporte público por dia no país, caracterizando queda brusca, já que na pesquisa anterior (2013 - 2014) a queda registrada foi de 300 mil usuários por dia, e Goiânia tem acompanhando essa tendência nacional.

As alterações da demanda do sistema de transporte público podem ser causadas por diferentes incidentes, resultantes de ações humanas – erros técnicos e humanos, atos de guerra ou terroristas, greves - ou naturais – desastres naturais, clima adverso - de maneira planejada ou imprevisível (BERDICA, 2002).

Esses fenômenos que causam flutuações na demanda podem ser considerados como uma vulnerabilidade, ou seja, uma particularidade que indica uma exposição ou um estado de fraqueza do sistema de transporte (PEREIRA, 2016).

O estudo e a análise de vulnerabilidade dos sistemas de transporte público são estratégias que servem para identificar os fatores que ajudam no entendimento e na avalição de incidentes ou eventos planejados que podem afetar a funcionalidade e a demanda da rede (PIPICANO, 2014).

Diante disso, esse trabalho apresenta uma abordagem diferenciada, buscando elementos para os tomadores de decisão no que se refere a ações que minimizem os impactos na demanda do transporte público de uma cidade, e tem como objetivo identificar os fatores que geram vulnerabilidade no sistema de transporte coletivo urbano por ônibus, sob o ponto de vista da demanda, observando seu comportamento histórico e os principais eventos/incidentes ocorridos nesse período, bem como determinar o grau de vulnerabilidade gerada por esses fatores.

2. SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO

Transporte é o deslocamento intencional de bens ou produtos. Um sistema de transportes é caracterizado por um conjunto de partes – veículos, vias e terminais – que interagem entre si de modo a promover o deslocamento de pessoas e mercadorias, segundo a vontade dos usuários e as regras de controle pré-estabelecidas (RECK, 2016).

O sistema de transporte público é caracterizado pelo meio de transporte onde os passageiros não são proprietários dos veículos utilizados, sendo servido por terceiros. O transporte público pode ser urbano, semi-urbano, intermunicipal, interestadual ou ainda internacional (PIPICANO, 2014).

O transporte público é um tipo de transporte acessível a toda a população contra pagamento de uma tarifa (ou gratuitamente, em alguns casos), e tem seus serviços submetidos à obrigação de explorar permanentemente uma rede de transportes determinada, transportar todos os passageiros segundo um horário fixo, cobrar tarifas definidas pelo poder público, informar previamente aos usuários o valor dos serviços e executar um transporte social em alguns casos, a favor de determinados grupos sociais ou para atender certas regiões (RODRIGUES, 2016).

Estas obrigações legais ou regulamentares impostas pelo poder público definem e caracterizam os serviços públicos de transporte de passageiros, cuja representação atualmente se destaca pelo transporte de massa (metrô, trem de subúrbio, bonde), pelo transporte coletivo (trólebus, ônibus, micro-ônibus) e pelo transporte individual (táxi) (RECK, 2016).

Além disso, o sistema de transporte público exerce importante função na configuração dos deslocamentos urbanos hoje em dia, interligando as diversas regiões das cidades e também constituindo uma alternativa para a redução de graves problemas derivados do rápido processo de urbanização, como congestionamentos, acidentes de trânsito e impactos ambientais (RODRIGUES, 2016).

Assim, o transporte público de passageiros atua como um facilitador dos deslocamentos das pessoas dentro das cidades, favorecendo o acesso e a mobilidade urbana, e viabiliza o crescimento e a integração entre diferentes cidades, organizando tanto a ocupação dos espaços quanto o uso do solo (RADEL, 2013).

Para manter o sistema de transporte coletivo atrativo, este precisa ser muito bem planejado, visando melhor eficiência e eficácia. A principal preocupação do planejamento do sistema deve ser a constante reavaliação do seu desempenho tanto nos parâmetros operacionais como dos custos de transporte, buscando um equilíbrio entre a manutenção de uma tarifa reduzida e a melhoria na qualidade dos serviços ofertados (RECK, 2016).

A lógica operacional de um sistema de transporte público consiste na formulação de um a filosofia de prestação de serviços, de forma a aumentar a eficiência dos veículos e dos terminais e reduzir os custos do transporte. Para elaboração dessa lógica operacional é realizada a análise das principais vias de circulação, do atendimento espacial da demanda, das áreas terminais e da integração dos transportes. Assim, a principal preocupação operacional é a adequação das condições de oferta às características da demanda, em especial a sua distribuição geográfica na área urbana, onde a grande maioria dos deslocamentos das diversas partes de uma cidade ou de seu entorno são orientados para o seu núcleo central (RECK, 2016).

A demanda pelo sistema de transporte urbano no Brasil vem sofrendo uma queda em quase todos os estados nos últimos anos, justificada a partir de inúmeros fatores, como a descentralização dos centros urbanos, o aumento das viagens a pé e por automóvel, a economia vigente, a alta taxa de criminalidade, etc. Neste quadro, que se caracteriza pela perda de espaço no mercado, é muito importante buscar referenciais mais modernos, inteligentes e competitivos para o sistema de transporte público, tornando-o eficiente e de qualidade para o usuário (SILVA, 2000).

Porém, é observado que mesmo um sistema de transporte moderno e eficiente está sujeito a diversas eventualidades que podem alterar a sua operação e sua demanda. Esses efeitos podem ter causas naturais ou serem causados por ação do homem, podendo ocorrer de forma planejada ou inesperada, e são considerados a vulnerabilidade do sistema.

3. VULNERABILIDADE

A operação de um sistema de transporte público é vulnerável à ocorrência de interrupções. O interesse no estudo na área de sistemas de transporte, com o objetivo de conhecer e determinar a vulnerabilidade do sistema deve-se ao fato desse estudo possibilitar a realização de estimativas realistas sobre as alterações nas diversas partes do sistema, como a oferta do serviço, a demanda pelo serviço, a rede viária, etc. identificando as causas com o objetivo de reduzir o impacto dessas interrupções.

O termo vulnerabilidade indica uma exposição ou um estado de fraqueza, ou seja, aquilo que pode ser exposto a danos físicos ou morais devido à sua fragilidade. Este conceito pode ser aplicado a um indivíduo ou grupo social conforme a sua capacidade de prevenir, resistir e contornar potenciais impactos, mas em aplicações técnicas não há uma um conceito geral muito aceito (HOLMGREN, 2007).

Na última década houve um aumento considerável dos estudos de vulnerabilidade em transporte. Segundo Cats e Jenelius (2012) e Husdal (2006) existem várias definições sobre este conceito e diversas expressões matemáticas estudadas. Porém, a maioria dos autores que tratam desse assunto dá ênfase no estudo das ameaças sobre a infraestrutura de transporte.
Assim, a definição de vulnerabilidade tem sido relacionada com as consequências visíveis no sistema de transportes, causadas por qualquer incidente nos seus trechos, desconsiderando a probabilidade da sua ocorrência, ou seja, o foco do estudo é na funcionalidade do sistema (PIPICANO, 2014).

Portanto, o conceito de vulnerabilidade de sistemas de transporte também depende do ponto de vista da análise que será realizada, e pode ter diversos focos (WISNER, 2009).

Para Berdica (2002), o conceito de vulnerabilidade tem uma natureza mais geral, que consolida uma série de definições sequenciais, onde diversos incidentes ou eventos podem causar reduções ou até mesmo interromper a funcionalidade do sistema. A probabilidade de que tais eventos ocorram e as suas consequências são combinadas no chamado termo de risco. Dessa forma, a vulnerabilidade de uma rede de transporte é definida como a susceptibilidade a um incidente que pode resultar em uma considerável redução na funcionalidade da rede viária.

Um evento é um acontecimento, fenômeno organizado, e um incidente é um evento não planejado. Ambos são ações que tem efeito na funcionalidade da rede de transporte, que podem ser mais ou menos previsíveis, causados de forma voluntária ou involuntária, por intermédio da ação do homem ou da natureza (BERDICA, 2002).

Outro estudo sobre a vulnerabilidade de sistemas de transporte público tem sido realizado por meio de análises e métodos matemáticos que visam entender como a oferta e a demanda, atuando juntas, determinam a vulnerabilidade por meio dos padrões de viagens dos usuários (CATS e JENELIUS, 2012).

Este trabalho também não apresenta foco principal nas redes de transporte. Seu principal objetivo é analisar a vulnerabilidade da operação do sistema de transporte, com ênfase no ponto de vista da sua demanda.

Sabe-se que o sistema de transporte público está sujeito a diversas influências externas, de natureza social, política, econômica ou climática, que podem afetar sua demanda, tanto de maneira positiva, quanto negativa. Na hipótese de um evento adverso atingir a rede de transporte existem dois atributos que podem garantir o nível normal de serviço: o grau de flexibilidade ou de robustez da rede, onde a flexibilidade indica a habilidade da rede em acomodar eventual aumento de demanda, sem prejuízo no nível de serviço; e as robustez mostra a capacidade da rede em manter o seu funcionamento mesmo após a ocorrência de eventos adversos que degradam seus componentes (PEREIRA, 2016).

O aumento do preço das tarifas, a retirada de benefícios de certos grupos, greves, manifestações, ocorrência frequente de vandalismo, chuvas, férias e feriados reduzem a demanda de transporte. Já a redução das tarifas, a ocorrência de eventos como festas, shows e jogos, a publicidade, o aumento de atividades econômicas, necessidades momentâneas do cliente, aumento da acessibilidade do serviço, liberação do tráfego em novas regiões, etc aumentam a demanda do sistema (RMTC, 2016).

Os eventos que causam flutuação na demanda são considerados como uma vulnerabilidade do sistema de transporte. Descobrir os elementos que condicionam a demanda e entender seus efeitos requer coleta de dados, que auxiliam na determinação dos mecanismos que podem ser mais efetivos para influenciar a demanda e antever os impactos (TEIXEIRA, 2015).

Portanto, um dos caminhos possível de determinar a vulnerabilidade de um sistema de transporte é o estudo do histórico da sua demanda, identificando os eventos que causaram flutuação. A intensidade da variação de demanda indica o grau de vulnerabilidade do sistema a ocorrência de determinado evento. Esse trabalho tem como objetivo especifico aplicar essa metodologia de estudo no sistema de transporte público da região metropolitana de Goiânia.

4. TRANSPORTE PÚBLICO URBANO DE GOIÂNIA

Goiânia foi fundada em 24 de outubro de 1933, planejada e construída para ser a capital política e administrativa do Estado de Goiás com o objetivo de acelerar o desenvolvimento e incentivar a ocupação do Centro-Oeste brasileiro (PREFEITURA DE GOIÂNIA, 2016). Planejada para 50 mil pessoas, a cidade sofreu um acelerado crescimento populacional desde a década de 1960, e tem hoje mais de 1,3 milhões de habitantes. A região metropolitana de Goiânia, composta pela capital e mais 19 municípios, possui mais de 2,2 milhões de habitantes, segundo pesquisa realizada em 2010 pelo IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

A modernização do sistema de transporte da cidade só teve início por volta da década de 70, quando havia a necessidade de ampliação do sistema para o deslocamento da crescente população.

Em 2007 a CMTC (Companhia Metropolitana de Transportes Coletivos) licitou o sistema, mas as vencedoras foram as empresas que já atuavam na capital: Rápido Araguaia, HP transportes, Viação Reunidas e Cootego. Em 2008 a frota foi renovada com mais de 1.000 veículos novos. Nessa nova fase de sistema coletivo surgiu a RMTC, dando ao sistema as características que ele tem hoje (RMTC, 2016).

A rede é formada por 268 linhas de ônibus, com integração físico-tarifária entre elas, 19 terminais de integração e diversos pontos de conexão eletrônica. O sistema viário que compõe a RMTC, abrange tanto trechos de linhas urbanas quanto linhas semi-urbanas (linhas intermunicipais com características urbanas principalmente devido grande conurbação das cidades) é totalmente pavimentado, e suporta o tráfego misto de veículos individuais e coletivos (RMTC, 2016).

Atualmente, a demanda do serviço da RMTC vem sofrendo queda significativa, com ciclos anuais que se desenvolveram de maneira muito rápida (Figura 1). O problema ficou evidente

em 2012, quando a cultura local de prioridade ao transporte individual atingiu seu ápice, principalmente devido ao incentivo do Governo Federal ao zerar impostos sobre carros novos (PORTAL BRASIL, 2016).

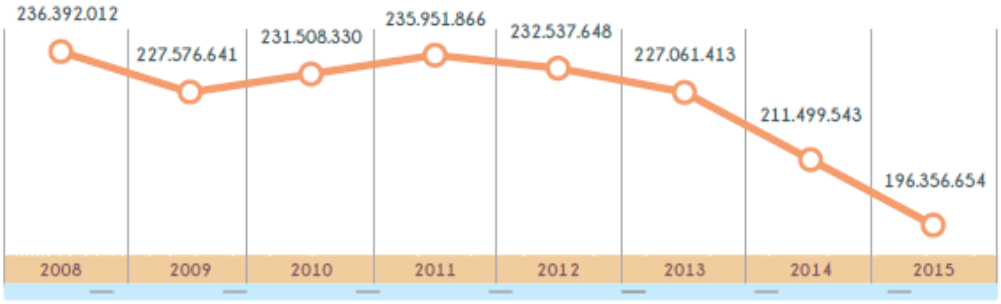


Figura 1 - Demanda anual da RMTC desde 2008
Fonte: anuário RMTC, 2016

Essa queda contínua da demanda, ilustrada na Figura 1 não é uma realidade vista apenas na Região Metropolitana de Goiânia. Dados publicados pela NTU com estudo em 9 capitais em 2015 mostram que existe uma queda de 300 mil passageiros por dia no sistema de transporte por ônibus.

A queda da demanda evidencia então uma perda social, além da comercial, já que a fuga de passageiros do transporte coletivo representa o crescimento das opções de transporte individuais, que causam adensamento do trânsito e iminente inviabilização dos centros urbanos (SILVA, 2000).

A única maneira de reverter o processo vicioso de abandono do transporte público é torná-lo altamente atrativo, capaz de alterar a cultura da sociedade local. A oferta de serviço deve ser de qualidade, pontual, confortável e com velocidade satisfatória. Portanto, deve haver investimentos em infraestrutura, como os corredores exclusivos, e maior planejamento de transporte, como o estudo da vulnerabilidade da operação (RMTC, 2016).

5. METODOLOGIA

Para atingir os objetivos deste trabalho, foi realizada a coleta da demanda diária do transporte público urbano por ônibus de Goiânia juntamente a CMTC, onde foi possível obter os dados dos últimos 12 anos, e definiu-se que seria avaliada a demanda dos dias úteis da região, uma vez que o sistema apresenta comportamento muito diferente nos finais de semana, e os dias úteis são mais representativos.

Os dados obtidos foram tratados de duas maneiras. Para relacionar as informações, primeiramente foi realizada uma análise comparando a demanda de um dia em relação ao dia anterior, optando por considerar inicialmente uma demanda excepcional quando a variação é igual ou superior a 10%, tanto para mais quanto para menos, já que foi observado nos dados que uma variação de até ± 5% é corriqueira no sistema. Assim, nesses caso, foi necessário avaliar o que ocorreu naquela data, através da procura em livros, jornais, e sites, dos eventos que ocorreram na data e que poderiam gerar tal alteração. Em seguida, foi realizada a análise inversa: procurou-se a demanda nos dias em que foram detectados eventos ou incidentes na cidade, como a Romaria de Trindade, jogos da seleção brasileira, a Pecuária, manifestações políticas e greves, avaliando a influência deles no sistema.

Com esse estudo foi possível observar em quais dias do período estudado houve alteração significativa de demanda de transporte público na cidade, tanto para mais quanto para menos, e o que gerou essa mudança. Assim, o grau de vulnerabilidade da demanda do sistema de transporte público coletivo por ônibus da cidade de Goiânia, foi obtido através de uma análise quantitativa-descritiva com cálculo da média aritmética das variações observadas, já que esta gera uma ideia do comportamento da região ao longo dos anos, uma vez que é obtida pelo quociente entre a soma de todos os valores observados e o número total de observações.

Além disso, após determinar o grau de vulnerabilidade de cada evento, foi observado se este tinha comportamento uniforme ao longo dos anos ou não. Para isso, primeiramente foi calculado o desvio padrão da série de dados.

O desvio padrão pode ser considerado grande ou pequeno dependendo da ordem de grandeza da variável. Uma maneira de expressar a variabilidade dos dados tirando a influência da ordem de grandeza dessa variável é através do coeficiente de variação 'CV', que é interpretado como a variabilidade dos dados em relação à média, ou seja, quanto menor o CV, mais homogêneo é o conjunto de dados (UFPR, 2016).

Pode ser difícil classificar um coeficiente de variação como baixo, médio ou alto, já que existem diversos meios de classificação, além do coeficiente ser considerado intrínseco para cada processo. Porém, esta classificação pode ser bastante útil na comparação das variáveis. Neste trabalho, optou-se por seguir a classificação utilizada em CEP – Controle Estatístico do Processo, indicado na Tabela 1 a seguir:

Tabela 1: Classificação CV

Faixa	*cv*	dispersão
menor ou igual a 15%	baixo	baixa dispersão dos dados
entre 15% e 30%	médio	média dispersão dos dados
maior do que 30%	alto	alta dispersão dos dados

Fonte: www.datalyser.com.br, 2016

6. ANÁLISE DOS DADOS E RESULTADOS

A análise da série de dados da demanda diária foi realizada para cada mês de cada ano da amostra, e se deu em duas etapas distintas: primeiro, identificou-se os dias que apresentam variação de demanda considerada excepcional em relação ao dia anterior, ou seja, igual ou superior a 10% (para mais ou para menos), e foi feita pesquisa na *internet*, jornais e livros sobre os acontecimentos dos respectivos dias. Em seguida, observou-se a demanda durante alguns eventos importantes ocorridos na região, como a Romaria de Trindade, a pecuária, greves, manifestações e jogos de futebol da seleção brasileira, onde havia expectativa de verificar variação significativa no número de passageiros do sistema, além dos feriados nacionais e municipais.

A partir desse estudo, foram geradas tabelas e gráficos que permitiram identificar os dias que apresentavam variação na demanda igual ou superior a 10%. Então, fez-se a investigação para tentar identificar as ocorrências regionais que correspondiam e justificavam tal variação na

demanda. A Tabela 2 e a Figura 2 apresentam o exemplo do conjunto de dados analisados e suas análises prévias para cada um mês de um dos anos estudados. Além disso, foram gerados ainda gráficos anuais da demanda diária.

Tabela 2: Dados Junho 2014

Junho			
02/06/2014	711.046	5%	
03/06/2014	703.788	-1%	Jogo Brasil x Panamá
04/06/2014	708.831	1%	
05/06/2014	718.393	1%	Feriado Municipal
06/06/2014	714.629	-1%	
09/06/2014	735.186	3%	
10/06/2014	746.779	2%	
11/06/2014	731.142	-2%	
12/06/2014	489.644	-33%	Copa do Mundo
13/06/2014	662.346	35%	sem jogo
16/06/2014	707.723	7%	
17/06/2014	501.832	-29%	Copa do Mundo
18/06/2014	691.536	38%	sem jogo
19/06/2014	207.190	-70%	Feriado
20/06/2014	582.141	181%	Volta do Feriado
23/06/2014	465.817	-20%	Copa do Mundo
24/06/2014	681.420	46%	sem jogo
25/06/2014	672.250	-1%	
26/06/2014	663.759	-1%	
27/06/2014	657.791	-1%	Romaria de Trindade
30/06/2014	659.428	0%	Romaria de Trindade

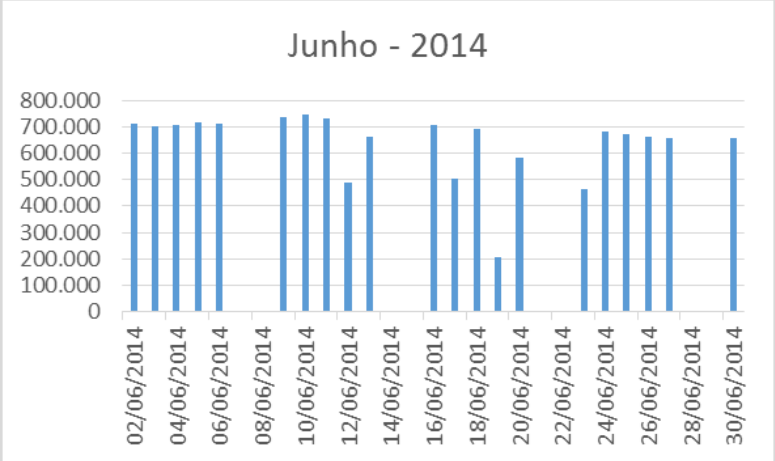


Figura 2: Junho 2014

Após a tabulação dos dados coletados e de todo o tratamento prévio realizado, os dados foram analisados, possibilitando identificar os fatores que mais impactaram na demanda do sistema de transporte coletivo por ônibus de Goiânia, além de analisar o efeito dos grandes eventos realizados na região no sistema de transporte.

Os principais eventos observados que causam grande variação de demanda no sistema de transporte público urbano por ônibus foram os feriados, as vésperas de feriados, dias posteriores aos feriados, período de Copa do Mundo e dias de chuvas intensas, nessa ordem. Os resultados encontrados estão indicados na Tabela 3.

Tabela 3 - Fatores que causam vulnerabilidade no sistema

FATORES QUE CAUSAM VULNERABILIDADE					
ANO	**FERIADO**	**VÉSPERA DE FERIADO**	**PÓS FERIADO**	**CHUVA**	**COPA DO MUNDO**
2015	-66%	-22%	-7%	-9%	-
2014	-52%	-12%	-13%	3%	-26%
2013	-61%	-12%	-17%	-3%	-
2012	-61%	-14%	-7%	-2%	-
2011	-56%	-14%	-6%	-3%	-
2010	-58%	-21%	-5%	-2%	-11%
2009	-61%	-18%	-7%	2%	-
2008	-60%	-13%	-9%	-	-
2007	-58%	-12%	-5%	-	-
2006	-59%	-9%	-5%	-	-16%
2005	-54%	-9%	-13%	-	-
2004	-56%	-18%	-4%	-	-
MÉDIA	**-58%**	**-15%**	**-8%**	**-2%**	**-17%**
DESVIO PADRÃO	**3,69%**	**4,40%**	**4,07%**	**3,80%**	**7,79%**
COEF. DE VARIAÇÃO	**-6%**	**-30%**	**-50%**	**-214%**	**-45%**

Apesar dos feriados serem eventos previsíveis, a flutuação de demanda nos dias anteriores e posteriores a eles são grandes, o que pode ser considerado como vulnerabilidade, uma vez que o sistema pode não estar preparado para resistir a essa mudança. Os feriados sozinhos promovem uma redução, no dia de sua ocorrência, de 58% em média, sendo sua variação ao longo do período entre -66% e -52%, seu desvio padrão de 3,69% e seu coeficiente de variação 6%. Já nos dias que antecedem os feriados, essa redução fica em média igual a 15%, variando entre -22% e -9%, com desvio padrão 4,40% e CV -30%. E nos dias posteriores aos feriados, a redução é de cerca de 8% se comparada à média da demanda verificada para o mês de análise, com dados que variam entre -17% e -4% com desvio padrão 4,07% e coeficiente -50%.

Durante os períodos de Copa do Mundo foi observada uma redução significativa da demanda nos dias de jogos do Brasil, mesmo estes ocorrendo durante a semana e em horário comercial, correspondendo a 17% em média, com variação observada entre -26% e -11%, gerando um desvio padrão de 7,79% e coeficiente CV -45%.

Foi observado também que fenômenos climáticos, como chuvas fortes, podem impactar significativamente na demanda do sistema, onde foi observada redução média de -2% mas com variação de 3% até -9% da demanda, apresentando um desvio padrão de 3,80% e coeficiente CV -214%. Porém, a falta desses dados dificultaram uma análise mais aprofundada ao longo de toda a série histórica avaliada.

Dessa forma, o grau de vulnerabilidade do sistema para cada um desses eventos foi obtido através da média aritmética da variação de demanda observada por eles ao longo dos 12 anos estudados. Além disso, foi determinado o desvio padrão para cada um dos incidentes, e seu respectivo coeficiente de variação, onde apenas os feriados apresentam comportamento

uniforme, ou seja, com baixa dispersão de dados. As vésperas de feriado apresentam dispersão média, e tanto os dias após o feriado, os dias de chuvas intensas e os períodos de Copa do Mundo apresentam comportamento não uniforme, com alta dispersão de dados.

As análises realizadas também mostram que para eventos grandes que ocorrem na região como a Romaria de Trindade e a pecuária, não foi observada uma grande alteração de demanda do sistema conforme esperado no início deste trabalho, o que indica que o sistema de transporte da região não é vulnerável a esses eventos. A Pecuária de Goiânia Resultou em uma redução média de -4%, com desvio padrão de 6,81% e coeficiente de variação -170%, variando de -12% a 7%. A Romaria de Trindade, apresentou média 0%, apesar de sua variação ao longo dos anos ocorrer entre redução de -8% e aumento de 6%, apresentando um desvio padrão de 3,49% e CV -934%. A ausência de alguns dados na Tabela 6.146 ocorreram pela ausência da confirmação exata do período de ocorrência de cada evento para esses anos.

Os feriados municipais das cidades além de Goiânia também não apresentam grande variação na demanda, o que pode acontecer devido à grande importância da capital como atividade de trabalho e lazer da região A redução média de todos eles foi de -1%, gerando um desvio padrão de 11,16% e coeficiente de variação -872%. Os dados obtidos estão indicados na Tabela 4 a seguir:

Tabela 4 - Eventos que não causam vulnerabilidade no sistema

FATORES QUE NÃO CAUSAM VULNERABILIDADE			
ANO	**PECUÁRIA**	**TRINDADE**	**FERIADOS MUNICIPAIS**
2015	-5%	0%	17%
2014	-11%	-8%	-7%
2013	-12%	0%	-14%
2012	7%	-1%	16%
2011	-4%	-1%	-11%
2010	-8%	-	0%
2009	-1%	0%	1%
2008	-8%	-	-8%
2007	5%	0%	11%
2006	-	6%	-6%
2005	-	1%	-16%
2004	-	-	0%
MÉDIA	**-4%**	**0%**	**-1%**
DESVIO PADRÃO	**6,81%**	**3,49%**	**11,16%**
COEF. DE VARIAÇÃO	**-170%**	**-934%**	**-872%**

Assim, é possível observar que todos os fatores que não geram vulnerabilidade do sistema apresentam comportamento não uniforme ao longo dos anos, ou seja, existe uma alta dispersão dos dados coletados. Por isso, é importante fazer algumas considerações acerca dos resultados encontrados. Mesmo não atingindo, na média histórica, valores superiores a 10% no impacto da demanda, quando analisando anos específicos, surgem valores relevantes para os feriados municipais, tendo para esses, variações significativas, com períodos onde a redução na demanda foi de até 16%, como ocorrido no ano de 2005, e períodos de aumento de até 17%, como no ano de 2015.

Além disso, durante o período da pecuária também fica evidenciado variações pontuais significativas que impactam na demanda do sistema, com redução de 12% em 2013 a aumento

de 8% em 2008. A análise detalhada dos dados ano a ano permitiu observar que essas flutuações relevantes de demanda ocorreram principalmente devido a simultaneidade de eventos nessas datas, como por exemplo a realização da pecuária no mesmo período do feriado municipal da padroeira de Goiânia, e feriados nacionais coincidentes com feriados municipais. Esses valores elevados, mesmo que pontuais, e essa variação tanto para mais como para menos, indicam vulnerabilidades importantes para o sistema.

7. CONCLUSÕES

Esse trabalho teve como objetivo principal verificar os principais eventos que geram vulnerabilidade no sistema de transporte público urbano por ônibus na região metropolitana de Goiânia, além de identificar o grau de vulnerabilidade de cada um deles. A realização da pesquisa ocorreu entre os anos de 2004 a 2015, analisando a demanda de todos os dias úteis do período.

Diante dos resultados obtidos verificou-se que o sistema de transporte público urbano por ônibus da região metropolitana de Goiânia é vulnerável principalmente aos feriados, que gera redução média de 58%, as vésperas de feriados que reduzem a demanda cerca de 15%, aos dias posteriores aos feriados, que reduzem a demanda em média 8% em relação a demanda média do mês de referência, ao período de Copa do Mundo que reduz o número de passageiros em média 17% e dias de chuvas intensas, que diminuem a demanda em até 9%. Com isso, foi possível determinar o grau de vulnerabilidade do sistema para cada um dos eventos a partir da demanda, conforme a hipótese levantada. Além de ter permitido identificar aspectos que não apresentam vulnerabilidade do sistema.

Dessa forma, este trabalho mostra a importância do melhor entendimento do funcionamento de um sistema de transporte público, identificando e reconhecendo suas vulnerabilidades. Tal aspecto permite aos tomadores de decisão tentar antecipar tais ocorrências, possibilitando, com isso, desenvolverem medidas mitigadoras que reduzam o impacto causado por tais incidentes, sejam eles naturais, humanos ou do próprio sistema.

Com isso, a análise das vulnerabilidades do sistema pode contribuir de forma significativa na geração de benefícios sociais e econômicos em uma cidade, além de poder ser considerada uma ferramenta importante para os planejadores do transporte público.

Vale ressaltar, porém, que é importante o desenvolvimento de estudos mais aprofundados, a fim de identificar outros aspectos relevantes na variação da demanda, além de uma análise mais crítica em cima de cada um dos fatores já identificados neste trabalho.

Para outros estudos, recomenda-se uma análise não apenas diária, mas análises mensais e até mesmo anuais, para identificar aspectos de vulnerabilidade do sistema que promovem mudanças mais profundas, como redução da taxa de emprego, mudanças econômicas do país como recessão ou crescimento da economia, dentre outros. E, para avaliar com maior exatidão a influência de eventos culturais ocorridos em uma região no seu sistema de transporte público, também recomenda-se uma análise mais restrita. No caso da cidade de Goiânia, devido a divisão do sistema, que na última concessão passou a ser por arcos e não por linhas, seria interessante um estudo isolado de cada arco da rede.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTP (2015) *Sistema de Informação da Mobilidade Urbana*: Relatório Geral 2013. Associação Nacional dos Transportes Públicos, São Paulo, SP.

BERDICA, Katja. *An introduction to road vulnerability: what has been done, is done and should be done*. Transport Policy, 9(2), 117-127. 2002.

CATS, Oded; JENELIUS, Erick. *Vulnerability analysis of public transport networks: A dynamic approach and case study for Stockholm*. The 5th International Symposium on Transportation Network Reliability (INSTR2012), Hong Kong.

HOLMGREN, Ake. J.; *A framework for vulnerability assessment of eletric power system*. Advances in Spatial Science, Critical Infrastructure, Reliability and Vulnerability, 2007.

HUSDAL Jan. *Transport Network Vulnerability which Terminology and Metrics Should We Use*. Nectar Cluster, 1. 2006.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico 2010.

JENELIUS, Erik; MATTSSON, Lars-Goran. *Developing a methodology for road network vulnerability analysis*. Nectar Cluster, 1, 1-9. 2006.

MORESI, Eduardo. *Metodologia da Pesquisa*. Universidade Católica de Brasília, Pós-Graduação Stricto Sensu em Gestão do Conhecimento e Tecnologia da Informação. Brasília, 2003.

NTU (2015) *Anuário* 2014-2015. Associação Nacional das Empresas de Transporte Urbano.

PEREIRA, Rafael R.D. *Método de Análise de Vulnerabilidade utilizando Redes Complexas: Aplicação na Rede de Transportes aéreo Brasileira*. Dissertação (Mestrado em Transportes) - Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2016

PIPICANO, Edwin F. M. *Análise da vulnerabilidade da rede de transporte de sistemas de operação exclusiva em corredores de ônibus – BRT com base na medida da centralidade.* Dissertação (Mestrado em Transportes) - Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2014.

PORTAL BRASIL, 2016. Disponível em <http://www.brasil.gov.br/> Acessado em 06/06/2016

RADEL, E.; VIANA, L. F. C.; TEIXEIRA, L. M. A.; TEDESCO, G. M. T. *Análise comparativa da variação temporal da demanda por transporte urbano e intermunicipal*. 19º Congresso Brasileiro de Transporte e Trânsito, Brasília, 2013.

RECK, Garrone. Apostila Transporte Público. Departamento de Transporte, Universidade Federal do Paraná. Disponível em < http://www.dtt.ufpr.br/Transporte%20Publico/Arquivos/TT057_Apostila.pdf > Acessado em 04/05/2016

RMTC (2015) Anuário 2014. Rede Metropolitana de Transportes Coletivos de Goiânia. Goiânia, Goiás.

RMTC (2016) Anuário 2015. Rede Metropolitana de Transportes Coletivos de Goiânia. Goiânia, Goiás.

RODRIGUES, Marcos A.; SORRATINI, José A. *A qualidade no transporte coletivo urbano*. Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia. 2016. Disponível em < https://www.researchgate.net/publication/267387600_A_QUALIDADE_NO_TRANSPORTE_COLETIVO_URBANO > Acessado em 05/05/2016

SILVA, D.M. da; *Sistemas Inteligentes no Transporte Público Coletivo por Ônibus*. Pós graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 2000.

TEIXEIRA, L.A. da R. Junior*; Método para análise da vulnerabilidade dos nós intermodais da rede de transportes de carga brasileira*. Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

WISNER, B. *Vulnerability*. In K. Editors-in-Chief: Rob & T. Nigel (Eds.), International Encyclopedia of Human Geography (pp. 176-182). Oxford: Elsevier. 2009.

Luisa Cordeiro Evangelista Moraes (luisacemoraes@gmail.com)
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

GESTÃO DE SISTEMAS INTEGRADOS DE TRANSPORTE DE PASSAGEIROS: ESTUDO COMPARATIVO RECIFE – MEDELLÍN

Luiz Guimarães Ribeiro Neto
Universidade Federal de Pernambuco - UFPE
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco – IFPE
Anísio Brasileiro
Universidade Federal de Pernambuco

RESUMO
Este artigo tem como objetivo analisar como o modelo de gestão adotado contribui para a eficiência operacional de um sistema integrado de transporte público. Como resposta ao propósito central, foi analisado na literatura existente os pré-requisitos necessários para sua implantação, bem como os tipos, vantagens e desafios para construção de um padrão interligado. Na sequência foram pesquisados os formatos implantados nas regiões metropolitanas de Recife, Pernambuco, Brasil e Medellín, Antioquia, Colômbia. Em ambos os casos se verificou a importância da adoção de um modelo de regulação competente, as dificuldades em reduzir o transporte individual, bem como as melhorias para o sistema decorrentes da gestão e operação integrada.

ABSTRACT
This article aims to analyze how the adopted management model contributes to the operational efficiency of an integrated public transport system. In response to the central purpose, the prerequisites for its implementation were analyzed in the existing literature, as well as the types, advantages and challenges for the construction of an interconnected standard. In the sequence, the formats implanted in the metropolitan areas of Recife, Pernambuco, Brazil and Medellín, Antioquia, Colombia, were searched. In both cases, the importance of adopting a competent regulatory model, the difficulties in reducing individual transportation, as well as the improvements to the system due to integrated management and operation were verified.

1. INTRODUÇÃO

Determinar um modelo eficiente de mobilidade é um dos desafios mais presentes entre os gestores das grandes cidades. Esta busca deve levar em conta os custos reais dos transportes e a agenda regulatória deverá criar incentivos para as pessoas fazerem escolhas sustentáveis. (Santos et al, 2010). Na sociedade que prioriza meios de transporte individual (automóveis e motos) como paradigma, estimular um padrão coletivo torna-se ainda mais difícil.

A integração entre os modos de transporte surge neste cenário como um instrumento para tornar mais atrativo ao usuário a escolha pelo transporte público. Como os passageiros apresentam diferentes necessidades em relação aos seus deslocamentos, é possível adotar soluções específicas para cada tipo de trajeto, interligando-as com a formação de uma rede, sem comprometer o desempenho operacional ou financeiro do sistema. Sua implantação, no entanto, demanda um planejamento prévio da forma de gestão a ser adotada.

Estabelecer uma atratividade financeira às empresas envolvidas, compatível com as expectativas de qualidade dos usuários torna-se o ponto central a ser atingido pelo poder público responsável pela gestão do serviço. Assim, sua implantação está condicionada à maior racionalidade do sistema, permitindo a ampliação da oferta de transporte aliada a um melhor uso de fontes energéticas não renováveis.

O objetivo central do presente artigo é analisar a operação do sistema integrado de transporte nas regiões metropolitanas de Recife, Pernambuco, Brasil e Medellín, Antioquia, Colômbia e verificar como o modelo de gestão adotado contribui para o seu êxito. As duas áreas apresentam

características comuns em relação à sua população e desenvolvimento econômico e adotaram soluções distintas aos desafios da mobilidade.

A estrutura do trabalho apresenta a seguinte composição: inicialmente foi analisado na literatura existente os pré-requisitos necessários para implantação de um sistema integrado de transporte urbano de passageiros, bem como os tipos, vantagens e desafios operacionais. Na sequência, foram pesquisados o marco legal estabelecido e o modelo de operação/regulação presentes nas regiões metropolitanas citadas anteriormente. Finalizando, foi formulando um paralelo entre os modelos, constatando vantagens e pontos de melhoria em cada um.

2. METODOLOGIA

A presente pesquisa é do tipo exploratória e, como tal, busca através de investigações de experiências práticas em relação ao problema pesquisado, a análise de situações que estimulem o seu entendimento (Gil, 2008). Sua realização busca responder a seguinte pergunta: como o modelo de gestão pode promover eficiência no processo de integração entre os modos de transporte público?

Em resposta ao problema da pesquisa, o objetivo geral foi estabelecido como: identificar a forma como os modelos de gestão implantados nos sistemas integrados de transporte de passageiros das regiões metropolitanas de Recife, Pernambuco, Brasil e de Medellín, Antioquia, Colômbia contribuíram para eficiência operacional do sistema. A partir da definição da finalidade do trabalho, suas etapas foram estabelecidas conforme apresentado na sequência abaixo:

1- construir o referencial teórico mencionando os pré-requisitos necessários para sua implantação, bem como os tipos, vantagens e desafios para construção de um sistema integrado de transporte;
2- definir o marco legal estabelecido e o modelo de operação e regulação presentes no Sistema Estrutural Integrado da Região Metropolitana do Recife, Pernambuco, Brasil;
3- identificar o marco legal estabelecido e o modelo de operação e regulação presentes no *Sistema Integrado de Transporte del Valle de Aburrá*, da Região Metropolitana do Medellín, Antioquia, Colômbia;
4- formular um paralelo entre os modelos, constatando vantagens e pontos de melhoria em cada um.

3. CARACTERÍSTICAS DOS SISTEMAS INTEGRADOS DE TRANSPORTE DE PASSAGEIROS

Segundo Glover (2012), não existe uma unanimidade na definição dos Sistemas Integrados de Transporte de Passageiros (SITP), sendo o termo utilizado normalmente para se referir a um conjunto que possibilita deslocamentos porta a porta. De uma forma mais ampla, a expressão é empregada quando, em relação ao transporte, são unificadas as atividades de planejamento, uso e ocupação do solo, além da gestão das rotinas operacionais necessárias para o seu desenvolvimento. Mas também é utilizada quando apenas uma atividade foi interligada, como por exemplo, a cobrança de tarifas.

Para Janic (2010), um SITP abrange a utilização de diferentes modos numa única operação de transporte. Ou seja, o sistema troncal estruturante (constituído por metrô, trem, BRT, VLT, dentre outros), espinha dorsal do agrupamento, deve apresentar as interseções necessárias com o sistema alimentador (bicicleta, carros particulares, vans, ônibus, dentre outros), para garantir

uma maior eficiência ao conjunto. Com o objetivo de assegurar a complementaridade e eficiência do serviço, são utilizadas tecnologias que permitam a utilização de tarifas uniformes, planejamento e gestão unificados, além de tornar a informação dos procedimentos realizados acessíveis aos usuários.

Com a formação de um grupo interligado, o sistema torna-se mais completo na sua cobertura, mais complexo no seu modelo de gestão e com maior diversidade de agentes que apresentam interesses distintos. Desse modo, Sheller e Urry (2006) salientam não ser possível que os transportes sejam estudados limitando-se apenas aos deslocamentos físicos, havendo a necessidade de compreender o significado das relações em rede, sendo a mesma organizada em torno de três agentes principais: o poder público, o usuário (passageiro) e o agente operador. O poder público, presente nas três esferas (federal, estadual e municipal), tem a obrigação de prover o serviço diretamente ou por concessão, de acordo com o marco legal previsto na constituição brasileira. O usuário corresponde a parcela da população que utiliza o serviço de transporte para o seu deslocamento, enquanto o agente operador é a pessoa jurídica (pública ou privada) responsável por efetuar o serviço de transporte.

Kopecká e Švetak (2013) apresentam a necessidade de determinar alguns pré-requisitos para que a implantação de um modelo coordenado obtenha êxito. Dentre os pressupostos mais importantes destacam:

- pré-requisitos gerenciais: estabelecer um ambiente transparente, em que o Estado garanta a cooperação entre todas as organizações envolvidas, estimule a eficiência do sistema e garanta as informações necessárias aos passageiros;
- pré-requisitos econômicos, técnicos e tecnológicos: garantir as condições financeiras e operacionais que permitam a formação de uma infraestrutura necessária para funcionamento do sistema;
- pré-requisitos de transporte: definir quantidade, direção, horário e intensidade das rotas a serem disponibilizadas aos usuários.

De acordo com Stopka *et al.* (2015), a integração entre os modos de transportes pode ocorrer em vários níveis, estando os mais importantes destacados abaixo:

- organizacional: definição de um modelo de gestão conjunta, integrando as atividades de planejamento e operação do sistema;
- física: desenvolvimento de uma infraestrutura comum, com terminais, estações e pontos de intercâmbio que garantam a eficiência da rede de transporte, independente da empresa ou modo de transporte utilizado;
- espacial: busca a associação entre o desenvolvimento de um determinado espaço urbano com a infraestrutura de transporte disponível;
- tarifária: garante a unificação tarifária, independente do operador ou modo de transporte utilizado pelo usuário do sistema;
- informacional: as informações são disponibilizadas em tempo real aos passageiros, permitindo uma maior flexibilidade nas viagens, para melhor responder aos atrasos e/ou avarias na infraestrutura.

Baldwin *et al.* (2012) destacam que o sistema de transporte de passageiros apresenta as características econômicas relacionadas à formação de monopólios naturais. E como tal, retrata as particularidades de um modelo de competição imperfeita e requer a definição de uma política regulatória. Assim, o poder público deve determinar um modelo regulatório baseado na

competição, estimulando os ganhos de produtividade e melhoria na prestação do serviço oferecido. Para a formação de um SITP, os principais desafios estão relacionados à:
- planejamento conjunto da operação: minimizar os desequilíbrios na oferta, bem como reforçar a cooperação entre as entidades em processos de compra, marketing e compartilhamento de instalações físicas;
- dimensionamento adequado da rede: proporcionar maior acessibilidade, com uma maior abrangência das zonas atendidas;
- definição da qualidade do serviço: garantir aos usuários uma viagem com horários, tarifas e conforto esperados em todos os modos de transporte;
- equilíbrio financeiro: manter o equilíbrio na distribuição de receitas e de subsídio cruzado em ambientes integrados.

4. FUNDAMENTAÇÃO LEGAL E FORMAÇÃO DO SISTEMA INTEGRADO DO TRANSPORTE DE PASSAGEIROS DA REGIÃO METROPOLITANA DE RECIFE

No Brasil, o marco legal para implantação do serviço de transporte público, no modelo que conhecemos atualmente, teve início com a promulgação da Constituição Federal de 1988 (CF/1988). De acordo com o parágrafo XX do artigo 21°, cabe a União estabelecer os procedimentos para desenvolvimento urbano, inclusive o transporte urbano. Desse modo, só a esfera federal pode legislar em assuntos sobre diretrizes gerais de políticas urbanas, de transporte e trânsito (Brasil, 1988).

Os artigos 22, 25, 30 e 175, especificam ainda que a responsabilidade pela prestação do serviço de transporte coletivo público urbano deve ser exercido pelos municípios diretamente ou indiretamente (por meio de concessão/permissão), através de licitação. É também definido o direito aos estados federados de planejar serviços públicos organizados através da criação de regiões metropolitanas. Não entanto, não foi previsto um modelo de criação ou operação destas áreas, havendo a necessidade da criação de leis complementares para regular a operação. As mais importantes serão destacadas na sequência.

A Lei Federal nº 8.666, de 21 de junho de 1993, instituiu as normas gerais sobre as licitações e contratos pertinentes aos serviços e obras de todas as esferas da Administração Pública. Enquanto a Lei Federal n° 8.987 (Lei das Concessões), de 13 de fevereiro de 1995, a acrescentou, fundamentando o regime de concessão e permissão da prestação de serviços e definindo os princípios a serem seguidos para garantir a sua qualidade, os direitos e obrigações do usuário, bem como o equilíbrio econômico-financeiro dos contratos e a modicidade tarifária (Brasil, 1993).

Só em 2005 foi estabelecido como os serviços públicos de interesse comum poderiam ser executados de forma conjunta, com a publicação da Lei dos Consórcios Públicos (Lei Federal n° 11.107, de 6 de abril de 2005). A lei especifica como União, estados, Distrito Federal e municípios podem outorgar a um consórcio, através de concessão, autorização ou concessão, a prestação de serviços ou realização de obras de interesse comum. (Brasil, 2005).

Complementando a iniciativa de incentivar uma operação de deslocamento em conjunto, foi promulgada a Lei Federal nº 12.587, de 3 de janeiro de 2012, que define a Política Nacional de Mobilidade Urbana (PNMU). Seus princípios estão baseados nos seguintes pontos: integração

dos transportes com a política de desenvolvimento urbano; priorização aos transportes não motorizados e coletivos; necessidade de integração institucional, modal, tarifária dos sistemas de transporte (Brasil, 2012).

4.1. O sistema integrado de transporte público de passageiros da região metropolitana de recife

A capital do estado de Pernambuco, Recife, apresenta uma região metropolitana composta por 14 municípios, com uma população estimada de 3.940.456 habitantes em 2016, distribuídos por uma área de 2.770,45 Km², com densidade de 1.422,32 hab./km². (IBGE, 2017). O seu modelo de SITP foi baseado na formação do Sistema Estrutural Integrado (SEI), constituído por uma rede formada por linhas de ônibus, BRT, metrô e VLT, interligados através de terminais de integração.

Em Pernambuco, a Lei Estadual n° 13.235 de 24 de maio de 2007 confirma o protocolo de intenções celebrado entre o estado de Pernambuco e os municípios do Recife e de Olinda, visando à criação de um consórcio público para planejar e gerir o SITP da Região Metropolitana do Recife. Assim, neste mesmo ano foi instituído o Grande Recife Consórcio de Transporte (Pernambuco, 2007), sendo essa a experiência pioneira de implantação de consórcios nesse segmento no Brasil. (Grande Recife, 2017). O poder de regulação foi mantido sob o controle da Agência Estadual de Regulação dos Serviços Públicos Delegados do Estado de Pernambuco – ARPE, criada através da lei estadual nº 11.742, de 14 de janeiro de 2000. Dotada de autonomia financeira, orçamentária, funcional e administrativa a mesma apresenta entre os seus objetivos promover a eficiência e economicidade dos serviços públicos delegados e submetidos a sua competência regulatória (Pernambuco, 2000).

O planejamento e a gestão das linhas de ônibus e BRT são realizados pelo Consórcio Grande Recife, sendo também sua responsabilidade licitar e contratar os serviços de transporte, atualizar e fiscalizar os contratos de concessão. Cabe à Companhia Brasileira de Trens Urbanos (CBTU) a responsabilidade sobre a operação do metrô e do VLT. Entre ambos foi formulado um convênio de cooperação técnica que permite à CBTU o recebimento dos valores decorrentes dos passageiros embarcados através da bilhetagem eletrônica (Da Costa e Dos Santos, 2016). O Quadro 01 apresenta as características gerais do referido sistema integrado.

Quadro 01: Características gerais do SITP da Região Metropolitana do Recife

Modo de transporte	Número de passageiros atendidos diariamente	Número de linhas	Número de estações em funcionamento	Quilômetros de extensão	Total de municípios atendidos
Metrô	368.000	2	29	39,4	4
VLT	5.500	1	7	31,8	3
BRT	116.000	9	40	50	6
Ônibus	1.700.000*	185	ND**	ND**	10

Fontes: Lobo (2015), Grande Recife (2017) e CBTU (2017).
*Valor referente à 2015. **ND: Não disponível.

Analisando os dados apresentados no quadro 01 é possível perceber as distorções presentes no deslocamento dos passageiros da RMR. Os modos de transporte de maior capacidade (metrô,

VLT e BRT) são responsáveis por apenas 22,35% dos traslados, cabendo aos ônibus 77,65% dos carregamentos. De acordo com Mobilize (2013), as cinco cidades que evidenciam os melhores sistemas de transporte público do mundo (Tóquio, Nova Iorque, Londres, Paris e Moscou) apresentam mais de 50% dos deslocamentos realizados por metrô, sendo o mesmo interligado aos demais modos de transporte.

Conforme pode ser visto nas informações apresentadas na sequência, fazendo um comparativo entre os pré-requisitos gerenciais, econômicos e técnicos apresentados por Kopecká e Švetak (2013), descritos na seção 2, e o modelo de operação da RMR, percebe-se que alguns pontos não foram estruturados de forma adequada. Mesmo sendo construído um ambiente legal que prevê as formas de licitação e concessão que incentive a produtividade, os marcos gerencial e regulatório estabelecidos não estão garantindo o resultado operacional esperado.

Como exemplo desta realidade, Passos (2015) destaca o metrô. O modelo de acesso do usuário apresenta, aproximadamente, 44% dos passageiros ingressantes através dos ônibus oriundos dos terminais integrados vizinhos à estação, sendo esta transferência não tarifada. Com uma tarifa mantida sem aumento há seis anos, a sua arrecadação corresponde a apenas 20% das despesas, sendo o restante da operação subsidiado pela União. O padrão adotado inibe a possibilidade de expansão, mesmo tendo iniciado suas operações em 1985, só em 2009 conseguiu inaugurar a expansão de sua segunda linha. Sua atividade também torna-se comprometida, 1.000 viagens deixam de ser realizadas por mês em função de problemas técnicos ocorridos.

O sistema BRT também apresenta limitações no cumprimento dos pré-requisitos técnicos. De acordo com o Grande Recife (2107), mesmo tendo sido inaugurando em 2014, por falta de um planejamento financeiro pertinente, apresenta atualmente nove estações não concluídas, além de não possuir integração com o metrô, ou com a maior parte das linhas de ônibus pretendidas, gerando sobreposição de rotas ao longo de todo o seu trajeto. As fragilidades do planejamento operacional também tornam-se evidentes quando se observa que o sistema não apresenta vias segregadas em todo percurso, causando atrasos no seu deslocamento. Atualmente, não há um prazo estabelecido para conclusão das obras (ibidem).

As dificuldades apresentadas no sistema troncal, sobrecarregam o conjunto alimentador. Pesquisa realizada pelo Instituto Maurício de Nassau, com uma amostragem aleatória simples de 624 entrevistas, apresentando 95% de nível de confiança e uma margem de erro de 4%, divulgada por Soares (2017), apresenta que 65,40% dos usuários avaliam o serviço prestado pelos ônibus em Recife como ruim ou péssimo. Os problemas mais comuns descritos são: segurança, conforto e pontualidade.

O descontentamento em relação à prestação do serviço de transporte público estimula o número de carros particulares circulando na RMR. Segundo os dados do Detran-PE (2017), em abril de 2017 havia 1.307.928 veículos, com um crescimento da frota de 60,70% nos últimos 10 anos. Uma alternativa para melhorar a fluidez do trânsito seria intensificar a utilização de bicicletas nos deslocamentos urbanos. A Associação Metropolitana de Ciclistas do Grande Recife (AMECICLO, 2017) estima que existem, aproximadamente, 3.000 ciclistas que utilizam este modo de transporte para fins de trabalho na cidade por dia. No entanto, só estão disponíveis, entre ciclovias e ciclofaixas, 42 quilômetros na capital pernambucana que não apresentam conexão com os terminais de integração do SEI, ou com qualquer outra parte do SITP (Recife,

2017).

5. FUNDAMENTAÇÃO LEGAL E FORMAÇÃO DO SISTEMA INTEGRADO DE TRANSPORTE DE PASSAGEIROS DEL VALLE DE ABURRÁ

Assim como no Brasil, a Constituição Federal da Colômbia, promulgada em 4 de julho de 1991, concede ao Estado à prerrogativa de prestar os serviços públicos, como o de transporte, de forma direta ou indireta através de concessão a empresas públicas ou particulares. No entanto, em qualquer situação, é sua responsabilidade manter o controle e a qualidade da atividade através da implantação de um modelo de regulação (Colômbia, 1991).

A União também delineou um padrão gradativo de descentralização dos serviços, com a transferência de autonomia aos Departamentos e Municípios. A Lei Federal n° 128/1994, Lei Orgânica das Áreas Metropolitanas, estabeleceu o modelo para a formação de Áreas Metropolitanas, definindo e incentivando a ação coordenada dos municípios na prestação de tarefas essenciais (Colômbia, 1994a). Complementando, a Lei Federal n° 152/1994 - Lei Orgânica do Plano de Desenvolvimento, apresenta os procedimentos necessários para implantação dos planos de desenvolvimento, fixando os objetivos e metas nacionais e setoriais da ação estatal a médio e longo prazo (Colômbia, 1994b).

Os fundamentos da regulação foram determinados através da criação do Estatuto Nacional do Transporte (Lei Federal 336, 20 de dezembro de 1996) em que se especificaram as formas de criação e funcionamento das empresas de transporte público, definiu-se a importância da celebração dos contratos de concessão para realização da atividade, bem como se indicou a necessidade de priorização dos transportes de massa para garantir a eficiência do conjunto (Colômbia, 1996).

Nas delegações foi determinado ainda o prazo de cinco anos como limite máximo para prestação do serviço nas rotas e frequências autorizadas, podendo ser estendido automaticamente a permissão uma só vez em relação ao prazo inicialmente concedido, caso os objetivos de qualidade sejam atendidos. Dentre os parâmetros de avaliação estão a diminuição da idade da frota, otimização dos equipamentos de acordo com a demanda e utilização de tecnologias limpas.

A atividade regulatória foi complementada com a promulgação do Decreto Nacional 170, em 5 de fevereiro de 2001, regulamentando o serviço de transporte público coletivo urbano no âmbito Metropolitano, Distrital e/ou Municipal. Através do qual são indicados: requisitos para habilitação das empresas; classificação dos serviços; bem como os parâmetros para sua avaliação (Colômbia, 2001).

5.1. O sistema integrado de transporte público de passageiros del valle de aburrá

A capital do departamento de Antioquia, Medellín, é a cidade núcleo da área metropolitana do Valle de Aburrá, que reúne 10 municípios, com uma população estimada de 3.823.906 habitantes em 2016, distribuídos por uma área de 1.156,18 Km², com densidade de 3.307,36 hab./km². (DANE, 2017). O seu modelo de SITP foi baseado na formação do *Sistema Integrado de Transporte del Valle de Aburrá* (SITVA), constituído por uma rede formada por linhas de ônibus, teleféricos, BRT e metrô, interligados através de pontos de integração específicos.

Em função da sua versatilidade, a partir da década de 1950, o ônibus passa a ser o principal meio de transporte coletivo de Medellín. No entanto, o crescimento da cidade e os consequentes problemas de mobilidade, decorrentes de uma operação baseada em apenas uma forma de deslocamento, levaram as autoridades municipais e departamentais a repensar a forma de atuação (Metro de Medellín, 2017).

Deste modo, em 31 de maio de 1979, foi criada a empresa *Transporte Masivo del Valle de Aburrá Limitada - Metro de Medellín Ltda*. Seu objeto de atuação foi definido como planejar, construir, operar e administrar o sistema de transporte de passageiros de alta capacidade de toda região. Sua operação comercial tem início com a inauguração da linha A do metrô em 30 de novembro de 1995. São sócios do empreendimento o município de Medellín e o departamento de Antioquia em partes iguais (Metro de Medellín, 2017). A atividade de regulação e controle é exercida através da "*Área Metropolitana del Valle de Aburrá*", uma entidade de direito público que relaciona todos os municípios da região. O quadro 02 apresenta as características gerais do referido sistema integrado.

Quadro 02: Características gerais do SITP del Valle de Aburrá

Modo de transporte	Número de passageiros atendidos diariamente	Número de linhas	Número de estações em funcionamento	Quilômetros de extensão	Total de municípios atendidos
Metrô	565.000	3	29	37,2	5
Metroplús – BRT	135.000	2	28	26	1
Metrocable-Teleférico	36.000	4	13	9,37	1
Tranvia de Ayacucho - VLT	8.000	1	9	6	1
SIT Rutas integradas e alimentadoras – Ônibus	494.000	75	ND	ND	10

Fontes: DANE (2017); MEDELLÍN (2017).
ND*: Não disponível.

O sistema integrado corresponde a 52,45% dos deslocamentos realizados na região metropolitana em sistemas coletivos, pois aproximadamente 999.300 passageiros por dia utilizam ônibus e micro-ônibus para realizar suas viagens. São 41 empresas, com 133 rotas, submetidas ao mesmo modelo de regulação da "Área Metropolitana del Valle de Aburrá", mas que funcionam de modo independente ao conjunto massivo estabelecido (DANE, 2017).

O nível de integração do SITVA apresenta as principais dimensões do modelo descrito por Stopka *et al.* (2015) e apresentado na seção 2. Do ponto de vista organizacional foi criada uma *holding*, Sistema Integrado de Transporte del Valle de Aburrá, composta por 6 empresas (Metro de Medellín, Metrocable, Metroplus, Tranvía de Medellín, SIT e EnCicla - bicicletas) que

integram o planejamento e operação do sistema. Do ponto de vista físico, o complexo apresenta infraestrutura comum através de estações compartilhadas, permitindo o intercâmbio ao passageiro entre os diversos modos de transporte.

A incorporação espacial foi percebida no planejamento do conjunto com escolhas que permitiram a união do espaço urbano com a infraestrutura desenvolvida. Como exemplo, a utilização do teleférico ao sistema multimodal, uma vez que a cidade de Medellín apresenta grande parte da sua área formada por morros e a escolha de linhas de metrô de superfície que mantém harmonia com o seu traçado urbanístico. A integração tarifária foi atingida com o desenvolvimento de um cartão denominado "*Tarjeta Cívica*". O mesmo pode ser obtido e recarregado em estações específicas do metrô, ou ainda em agências bancárias estabelecidas. O modelo, no entanto, não garante a unificação tarifária, sendo o valor pago variável em função do tipo de conexão a ser realizada (Metro de Medellin, 2017).

Complementando o processo de integração, foi criada em 2011 uma empresa específica para planejar o processo de intermodalidade entre a bicicleta e os demais modos de transporte, a Encicla. Apesar de apresentar uso gratuito, o sistema exige um cadastramento prévio do usuário e como forma de facilitar a interligação, as estações estão sempre próximas dos pontos do transporte de massa. Para maior controle sobre o processo, é exigida a utilização da "*Tarjeta Cívica*" para fazer a retirada do equipamento. Em março de 2017, havia 55 pontos de coleta, 42.000 usuários cadastrados e 10.000 viagens sendo feitas por dia. A cidade apresenta 56 km de infraestrutura (ciclovias, ciclofaixas e ciclorrotas) destinada ao trânsito das bicicletas (El Tiempo, 2016; Wesura,2017).

Os avanços decorrentes da interligação entre os modos de transporte são evidentes, mas percebe-se no seu formato a necessidade de realização de alguns ajustes. A crítica mais comum está relacionada à operação do metrô. Tendo sua inauguração em 1995, Rodriguez (2015) destaca que o sistema encontra-se próximo da saturação, apresentando nos horários de pico uma média de aproximadamente oito pessoas por metro quadrado, enquanto ele foi projetado para operar com no máximo seis pessoas por metro quadrado.

As dificuldades também estão presentes na recarga da "*Tarjeta Cívica*" e aumento de falhas técnicas que retardam o tempo de viagem. A queda na qualidade pode ser identificada na pesquisa de opinião que reflete a percepção do usuário. Enquanto em 2008 o serviço foi aprovado por 92% da população, este percentual foi reduzido para 74% em 2016. Como forma de reduzir esta sobrecarga, foram inaugurados o sistema BRT - Metroplus (2011) e o VLT – Tranvia (2016). (Medellín Comovámos, 2016).

Outro aspecto de mudança está relacionado com a rede de ônibus dirigidos por empresas privadas, responsáveis por aproximadamente 48% dos deslocamentos do transporte coletivo. Linde (2017) destaca que este sistema opera com baixo nível de controle, não há padronização dos veículos utilizados, nem no modelo de pagamento. Apesar de algumas empresas aceitarem a "*Tarjeta Cívica*", é comum a realização do pagamento informal. As rotas e pontos de parada também não muito claros para os passageiros.

Gaitan, citado por Linde (2017), também destaca as contradições nos investimentos realizados em infraestrutura pelo poder público, através da construção de pontes e estradas para uso exclusivo de carros e motocicletas na região. Deste modo, mesmo com todas as ações de

incentivo à utilização do SITP, houve um aumento na participação do transporte privado entre 2007 e 2016 na matriz de viagens. Ressalta-se o expressivo aumento das viagens realizadas por motocicletas, que representavam 9% dos deslocamentos em 2007 e que representam 15% em 2016, enquanto os carros apresentaram uma redução de 7% (2007) para 5% em 2016 (Medellín Comovámos, 2016).

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O artigo apresentou a realidade de duas regiões metropolitanas com semelhanças em relação à dimensão da população e desenvolvimento econômico, mas que apresentaram diferentes níveis de soluções para um problema em comum: o transporte. Em ambos os casos, o marco inicial da mudança esteve relacionado à formação de um ambiente legal, em que foi definido o papel do Estado e a responsabilidade dos municípios na prestação do serviço. Ao mesmo tempo, em função das relações em rede estabelecidas, foi estimulada a formação de regiões metropolitanas e sua importância no planejamento conjunto do processo operacional.

Mesmo com um delineamento jurídico estabelecido, o relato das experiências mostra as dificuldades em se obter um processo de integração pleno nas atividades de planejamento, gestão e operação de um sistema de transporte. Em relação à zona metropolitana do Recife, existe um fracionamento do modelo com a formação de um consórcio de empresas privadas para funcionamento do sistema de ônibus, cabendo a uma empresa estatal federal (CBTU) a responsabilidade de operação do modelo ferroviário (metrô e VLT). O desequilíbrio está presente na dimensão financeira, comprometendo a eficiência do transporte massivo (metrô e VLT) em que aproximadamente 40% dos seus passageiros são oriundos dos ônibus e não tarifados.

Do mesmo modo, as deficiências operacionais estão presentes com a formação de um sistema com reduzidos pontos de interligação entre os principais modos de transporte utilizados (metrô, BRT e ônibus). Assim, diversas externalidades são introduzidas, dentre as mais comuns podem ser citadas: sobreposições de linhas, aumento no tempo de espera e do percurso e superlotação dos veículos. Como consequência, o conjunto não atende às expectativas da população, sendo avaliando de forma negativa pela maior parte dos seus usuários.

O planejamento e gestão de forma integrada do serviço proporcionou o desenho de melhores soluções operacionais, bem como a melhor utilização dos recursos, formatando um modelo superavitário do ponto de vista financeiro e com qualidade reconhecida pela população da área metropolitana do Valle de Aburrá. Entretanto, a região também apresenta desafios em relação ao tema pois, enquanto aproximadamente metade dos usuários do sistema coletivo utilizam um conjunto integrado, o restante dos passageiros é atendido por um modelo de ônibus de menor eficiência.

As duas realidades também descrevem a dificuldade em se estabelecer um padrão regulatório independente, com um procedimento de controle que traduza a legislação numa prática de trabalho compatível com as expectativas da população e garanta aos agentes envolvidos o cumprimento das regras definidas. Os obstáculos estão presentes desde a elaboração de licitações com prazos e regras mais apropriadas até a garantia de uma fiscalização mais presente nas regiões mais dispersas.

Do mesmo modo, em ambos os casos, percebe-se os obstáculos em manter um padrão de

investimentos compatível com a necessidade de expansão do serviço. O crescimento dessas zonas urbanas impõe desafios contínuos de uma ampliação coerente com o uso e a ocupação do solo de uma forma mais sustentável. Mesmo com os avanços ocorridos em Medellín no sistema de transporte coletivo e o reconhecimento da população, a participação dos modos individuais (carros e motocicletas) no deslocamento continuou a crescer nos últimos dez anos, mostrando a necessidade de adoção de políticas públicas que atuem na sua restrição.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMECICLO (2017) *Associação Metropolitana de Ciclistas do Grande Recife.* Disponível em: http://www.ameciclo.org/biblioteca. Acesso em: 14/05/2017.

Baldwin, R.; M. Cave e M. Lodge (2012) Understanding regulation: theory, strategy, and practice. University Press on Demand, Oxford, UK.

Brasil (1988) Constituição (1988). *Constituição da República Federativa do Brasil*. Brasília, DF: Senado Federal, p. 292.

_____(1993) Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993, Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 21 jun 1993 . Disponível em:<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L8666cons.htm>. Acesso em: 07/05/17.

_____(1995) Lei nº. 8.987, de 13 de fevereiro de 1995. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 14 de fevereiro de 1995. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L8987cons.htm>. Acesso em: 07/05/17.

_____(2005) Lei nº. 11.107, de 6 de abril de 2005. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 07 de abril de 2005. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/lei/l11107.htm>. Acesso em: 07/05/17.

_____(2012) Lei n. 12.587, de 3 de janeiro de 2012. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 04 de janeiro de 2012. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12587.htm. Acesso em: 07/05/17.

CBTU (2017) *Companhia Brasileira de Trens Urbanos.* Disponível em: http://www.cbtu.gov.br/index.php/pt/recife. Acesso em:11/05/2017.

Colômbia (1991) *Constitución Política de Colombia*, 1991. Disponível em: http://www.corteconstitucional.gov.co/inicio/Constitucion%20politica%20de%20Colombia%20-%202015.pdf. Acesso em:15/05/2017.

_____(1994a) Lei n° 128, 23 de fevereiro de 1994. Diário Oficial n°41.236, 23 de fevereiro de 1994. Disponível em: http://www.funcionpublica.gov.co/sisjur/home/Norma1.jsp?i=332. Acesso em: 15/05/2017.

_____(1994b) Lei n° 152, 15 de julho de 1994. Diário Oficial n°41.450, 15 de julho de 1994. Disponível em: http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=327. Acesso em: 15/05/2017.

_____ (1996) Lei n° 336, 28 de dezembro de 1996. Diário Oficial n° 42.948, 28 de dezembro de 1996. Disponível em: http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=346. Acesso em: 15/05/2017.

_____(2001) Decreto nível nacional n° 170, 05 de fevereiro de 2001. Diário Oficial n° 44.318, 05 de fevereiro de 2001. Disponível em: http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=6104. Acesso em: 15/05/2017.

Da Costa, C. G. O. e E. M. Dos Santos (2016) A Inadequação do Modelo da Integração do Metrô do Recife na Operação do Sistema de Transporte Público Coletivo de Passageiros da Região Metropolitana. *Anais do XXX Congresso de Pesquisa e Ensino em Transporte.* ANPET, Rio de Janeiro, v. 1, p. 340–351. p. 916–926.

DANE (2017) *Departamento Administrativo Nacional de Estadística*. Disponível em: http://www.dane.gov.co/. Acesso em: 12/05/2107.

DETRAN-PE (2017) Departamento Estadual de Trânsito de Pernambuco. *Estatísticas Anuais.* Disponível em: http://www.detran.pe.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=36&Itemid=72. Acesso em: 14/05/2017.

El Tiempo (2016) EnCicla celebra 5 años y traza su ruta a futuro. *El Tiempo*, 10 de outubro de 2016. Disponível em: http://www.eltiempo.com/colombia/medellin/cinco-anos-de-encicla-en-medellin-31082. Acesso em: 12/05/2017.

Gil, A. C. (2008) *Como elaborar projetos de pesquisa*. (4. ed.) Atlas, São Paulo.

Glover, L. (2012) Integrated Urban Transport and Distributed Systems for Urban Mobility: A Convergence of Ideas in Sustainable Transport?. In: *Australasian Transport Research Forum, ATRF 2012—Proceedings.*

Accessed May. p. 2016.
Grande Recife (2017) *Grande Recife Consórcio de Transporte.* Disponível em: http://www.granderecife.pe.gov.br/web/grande-recife. Acesso em: 08/05/2017.
IBGE (2017) Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Cidades***.** Disponível em: http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=261160. Acesso em: 10/05/17.
Janic, M. (2001) Integrated transport systems in the European Union: an overview of some recent developments. *Transport Reviews*, v. 21, n. 4, p. 469-497.
Kopecká, P. e J. Švetak (2013) The integrated public transport system. *Pomorstvo: Scientific Journal of Maritime Research*, v. 27, n. 1, p. 149-156.
Linde, P. ¿Qué tiene el transporte público de Medellín para ser un modelo en Latinoamérica? *El País*, 6 de março de 2017, Disponível em: http://elpais.com/elpais/2017/03/01/planeta_futuro/1488327644_918944.html. Acesso em: 12/05/2017.
Lobo, R. (2015) *Os 8 maiores sistemas de transporte do Brasil*. Disponível em: http://viatrolebus.com.br/2015/03/os-8-maiores-sistemas-de-transporte-do-brasil/. Acesso em: 14/05/2017.
Medellin (2017) *Secretaría de Movilidad de Medellín*. Disponível em: https://www.medellin.gov.co/movilidad/. Acesso em: 12/05/2107.
Medellín Comovámos (2016) *Encuesta de percepción ciudadana medellín 2016*. Disponível em: http://www.medellincomovamos.org/resultados-de-la-encuesta-de-percepcion-ciudadana-medellin-2016/. Acesso em: 12/05/2017.
Metro DE Medellin (2017) *Empresa de Transporte Masivo del Valle de Aburrá Limitada. Metro de Medellín Ltda*. Disponível em: https://www.metrodemedellin.gov.co/. Acesso em: 12/05/2107.
Mobilize – Mobilidade Urbana Sustentável (2013) *As 5 cidades com melhor transporte público. Metrô é a base.* Disponível em: http://www.mobilize.org.br/noticias/4125/os-cinco-melhores-transportes-publicos-do- mundo.html. Acesso em: 19/05/2017.
Passos, T. (2015) Metrô do Recife duplica o número de usuários e tem pior receita do país. *Diário de Pernambuco*, 23 de fevereiro de 2015. Disponível em: http://blogs.diariodepernambuco.com.br/mobilidadeurbana/2015/02/metro-do-recife-duplica-o-numero- de-usuarios-e-tem-pior-receita-do-pais/. Acesso em: 12/05/2017.
Pernambuco (2000) Lei nº 11.742, de 14 de janeiro de 2000. Diário Oficial do Estado de Pernambuco, Recife, PE, 15 de janeiro de 2000. Disponível em: legis.alepe.pe.gov.br/?lo11742200. Acesso em: 07/05/17.
_____(2007) Lei nº 13.235, de 24 de maio de 2007. Diário Oficial do Estado de Pernambuco, Recife, PE, 24 de maio de 2007. Disponível em: http://legis.alepe.pe.gov.br/pesquisaGeral.aspx?pagina=0. Acesso em: 07/05/17.
Recife (2017) *Prefeitura da Cidade do Recife*. Disponível em: http://www2.recife.pe.gov.br/servico/rotas-ciclaveis?op=NTI1NQ==. Acesso em: 16/05/2017.
Rodríguez, V. H. V. (2015) ?Hasta cuándo aguantará la capacidad del metro de Medellín? *El Colombiano*, 01 de setembro de 2015. Disponível em: http://www.elcolombiano.com/antioquia/movilidad/hasta-cuando-aguantara-la-capacidad-del-metro-de-medellin-XX2642167. Acesso em: 12/05/2015.
Santos, G., H. Behrendt, L. Maconi, T. Shirvani, A. Teytelboym, (2010) Part I: Externalities and economic policies in road transport, *Research in Transportation Economics*, V. 28, n. 1, P.2-45. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.retrec.2009.11.002. Acesso em: 15/06/17.
Sheller, M. e J. Urry (2006) The new mobilities paradigm. *Environment and planning A*, v. 38, n. 2, p. 207-226.
Soares, R. (2017) Péssimo, caro e perigoso. Essa é a avaliação do ônibus na Região Metropolitana do Recife. *Jornal do Commercio*, 18 de março de 2017. Disponível em: http://jc.ne10.uol.com.br/blogs/deolhonotransito/2017/03/18/pessimo-caro-e-perigoso-essa-e-avaliacao- do-onibus-na-regiao-metropolitana-do-recife/**.** Acesso em: 13/05/17.
Stopka, O.; L. Bartuška e R. Kampf (2015) Passengers' evaluation of the integrated transport systems. *NAŠE MORE, Znanstveno-stručni časopis za more i pomorstvo*, v. 62, n. 3 Special Issue, p. 153-157.
WESURA (2017) *Ciclovías en Medellín: recorridos habilitados para 2017*. Disponível em: http://descubre.wesura.com/blog/ciclovias-en-medellin-recorridos-habilitados. Acesso em: 12/05/2017.

ANÁLISE DA SUBSTITUIÇÃO DAS LOCOMOTIVAS A DIESEL POR VEÍCULOS LEVES SOBRE TRILHOS NA LINHA SUL DIESEL DO SISTEMA METROVIÁRIO DO RECIFE

Paulo Victor G. Machado
Taís Carvalho de A. Lima
Leonardo Herszon Meira
Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

RESUMO
O presente artigo visa analisar a substituição das antigas locomotivas que operavam na linha ferroviária Sul Diesel, no trecho Cajueiro Seco sentido Cabo de Santo Agostinho, situado da Região Metropolitana do Recife, por Veículos Leves sobre Trilhos (doravante VLT). Estudos foram feitos com o intuito de avaliar como se deu a implementação dos novos veículos, além disso, foi realizada uma visita à Companhia Brasileira de Trens Urbanos (CBTU), responsável pela operação do sistema metroviário local. Buscando compreender melhor o funcionamento do VLT, foram realizadas viagens nos dois sentidos do trecho em horários considerados de pico. Por fim, comparou-se o antigo sistema com o novo, em caráter técnico e em termos de mobilidade, onde foi possível concluir que apenas a substituição dos veículos não foi suficiente para tornar o sistema eficiente e eliminar os problemas enfrentados pelo antigo sistema. Entretanto, do ponto de vista dos passageiros, a mudança foi satisfatória.

ABSTRACT
This paper aims to analyze the replacement of the old locomotives that operated at the railway South Diesel line, on the piece between *Cajueiro Seco* and *Cabo de Santo Agostinho*, located in the metropolitan region of *Recife*, for Light Rail Transit (LRT). Studies have been conducted in order to evaluate how the implementation of the new vehicles took place, besides that, it was carried out a visit to the *Companhia Brasileira de Trens Urbanos* (CBTU), responsible for the operation of the local rail system. Looking for a better understanding of the LRT's working, trips have been made in the two-ways of the piece at peak times. Lastly, the old and the new systems were compared on a technical basis and in mobility terms, resulting that only the replacement of the vehicles was not enough to make the system efficient and to eliminate the problems faced by the old system, although for the passengers it was a satisfactory change.

1. INTRODUÇÃO

As regiões metropolitanas brasileiras estão cada vez mais desenvolvidas e é necessário que o sistema de transporte público acompanhe esse desenvolvimento. Surge então a necessidade de inovações e modernizações, que tornem esse sistema cada vez mais eficiente e atrativo.

Nesse contexto de busca por modernização, a Companhia Brasileira de Trens Urbanos (CBTU) lançou, em agosto de 2007, o edital de licitação para aquisição de Veículos Leves sobre Trilhos para operar na linha Sul Diesel do Metrô Recifense, no trecho entre Cajueiro Seco e Cabo de Santo Agostinho. Essa mudança estava inserida no Projeto de Modernização da Linha Sul, previsto no Plano de Aceleração do Crescimento (PAC), do Governo Federal. Os novos veículos substituíram as antigas locomotivas a diesel que antes operavam nessa linha. Além de Recife, outras cidades como Maceió, Rio de Janeiro e São Paulo utilizam a tecnologia VLT.

A alteração e adaptação das vias permanentes para circulação dos VLTs se deu numa extensão de 17,6 km, compreendendo seis estações, e foi adquirido um total de nove veículos, movidos a uma mistura de diesel e biodiesel, com capacidade de até 600 passageiros. O investimento inicial foi em torno de R$ 131 milhões com uma expectativa de movimentar até 30 mil usuários diariamente. O novo sistema entrou em operação efetivamente em março de 2013.

Essa inovação também foi incorporada em outro trecho, chamado de linha Norte Diesel, entre Cajueiro Seco e o Curado, de aproximadamente 14 km. Além disso, desde agosto de 2016 foi retomado o projeto que visa à ampliação da linha Sul Diesel em 11 km, partindo da estação do Cabo de Santo Agostinho até o Complexo Industrial e Portuário de Suape, no município de Ipojuca.

O objetivo deste trabalho é avaliar como essa modernização foi implantada e as mudanças que trouxe ao sistema e seus usuários, através da comparação dos números antes e depois da implantação do mesmo.

O artigo contempla na seção 2 as características do sistema VLT. Na seção 3 será apresentada a área de estudo, um breve histórico da linha, assim como detalhes da substituição. A seção 4 trata-se de uma comparação entre o novo e o antigo sistema. Por fim, na seção 5, são realizadas as conclusões sobre o tema.

2. A TECNOLOGIA VLT

O VLT se caracteriza por ser um modo de transporte com média capacidade que opera sobre trilhos, estando no intermédio entre o ônibus e o metrô pesado. Pode receber também o nome de *Light Rail Transit*, metrô leve, metrô de superfície, bonde moderno e *Tramway*, dependendo da tecnologia que for aplicada, que por sua vez vai depender do grau de segregação da via e o sistema operacional adotado. (Alouche, 2008a). Os veículos evoluíram dos antigos bondes que trafegavam em todo o mundo, e muitas vias permanentes dos bondes foram revitalizadas para utilização dos VLTs.

> O VLT é um exemplo de transporte limpo, sustentável, rápido e seguro, de média capacidade de transporte e que pode reutilizar linhas férreas dos antigos comboios de trens. Inclusive ser implantado em corredores exclusivos onde sua velocidade pode chegar a 80 Km/h ou em calçadões e centros históricos dividindo a via com veículos e pedestres com velocidade de 20 km/h ou até menos, é uma grande opção para o transporte urbano. Grande parte de locomoção se dá na superfície terrestre, possui baixo ruído e poucas vibrações, pode ser movido à eletricidade e/ou a diesel sendo um transporte menos poluidor do que os demais. (Alouche, 2008b, p. 38, apud. Bernardes; Ferreira, 2016, p. 4).

Para Juarez Barcellos, gerente de Vendas da Siemens,

> O custo de implantação do sistema depende, sobretudo, das características da linha a ser construída, podendo variar dependendo do tipo de solo, ocupação e necessidade de desapropriação, demanda estimada para o sistema, comprimento da linha, compartilhamento da faixa e volume de obras de arte, entre outros fatores. (WEBTranspo, 201?, apud. Revista Ferroviária, 2010).

O sistema vem se tornando cada vez mais popular e integrando os sistemas de transporte de um grande número de cidades, a maioria na Europa. De acordo com o Grupo CCR (2012), “Atualmente, a tecnologia VLT está em operação em mais de 400 cidades e em implantação em cerca de 60 cidades, e com projetos em desenvolvimento em torno de 200 cidades, distribuídas nos cinco continentes”.

Na Europa e em outras regiões, a tecnologia aplicada se difere da que atua na Região Metropolitana do Recife (RMR). Na maioria dessas cidades, existe uma ampla malha do modo VLT, que, segundo EMTU (2016), “interage com o meio urbano de maneira amigável,

circulando ao nível das ruas, preservando o patrimônio histórico e colaborando para a revitalização urbanística das vias por onde passa".

Em geral, os VLTs apresentam a vantagem de proporcionarem maior segurança, rapidez e conforto, realizarem integração com outros modos de transporte e desempenharem maior suavidade nos movimentos. São também capazes de vencer rampas de maior inclinação, realizar curvas mais fechadas e podem circular em bitola métrica (1,000 m), bitola internacional padrão (1,435 m) e bitola larga brasileira (1,600 m). Além disso, os veículos têm, em média, uma durabilidade de 30 anos. Entre as desvantagens, está o alto preço de implantação e a atenção que exige para evitar acidentes, principalmente quando o sistema interage com outros modais e com pedestres.

3. O VLT NO TRECHO CAJUEIRO SECO – CABO DE SANTO AGOSTINHO

3.1. Área de Estudo

O trecho analisado fica entre Cajueiro Seco, no município de Jaboatão dos Guararapes e o Cabo de Santo Agostinho, com uma extensão de 17,6 km e atende a seis estações, apresentadas na Figura 1: Cajueiro Seco, Ângelo de Souza, Pontezinha, Ponte dos Carvalhos, Santo Inácio e Cabo de Santo Agostinho.

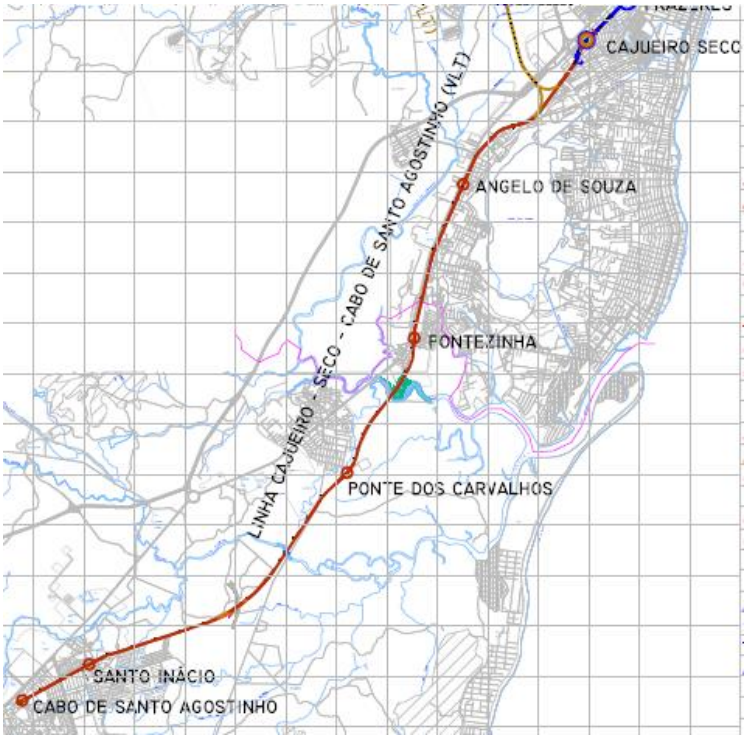


Figura 1: Rede atualizada (2017) VLT linha Sul Diesel. Fonte: Dados fornecidos pela CBTU.

Em viagem realizada no sistema VLT por todo o percurso da linha Sul Diesel, foi possível observar as características da vizinhança dos trilhos, que é composta basicamente por habitações humildes e com grande proximidade em relação aos trilhos, além de fábricas e indústrias. Não há estruturas de isolamento entre as casas e a linha por onde os VLTs trafegam, não sendo rara a ocorrência de pessoas (principalmente crianças) e animais sobre os trilhos, tornando frequente a necessidade de utilização da buzina para alertar da proximidade do veículo. Notou-se também a ocorrência de campos de futebol e vôlei e de carros

estacionados muito próximos à linha.

Há ainda a presença de vegetações e muito lixo (muitas vezes em processo de queima) nos arredores e sobre os trilhos, o que compromete o desempenho do sistema, obrigando o maquinista a trafegar em baixa velocidade, principalmente no trecho entre as estações de Ponte dos Carvalhos e Santo Inácio, o mais longo do trajeto. Em todo o seu percurso, o VLT passa por pontes sobre rios e cruza também com muitas ruas por onde trafegam carros, motos, ônibus, caminhões e pedestres. A maior parte desses cruzamentos possui um certo grau adequado de sinalização, além de fiscais da CBTU, já os que não possuem, exigem mais atenção e cuidado do maquinista e dos que cruzam os trilhos.

A partir da estação de Pontezinha até chegar ao Cabo, são vistos trilhos abandonados, alguns sucateados, que poderiam ser utilizados na duplicação da linha nesse trecho, o qual é único. Chegando ao Cabo de Santo Agostinho, observa-se um terminal de ônibus próximo que não é integrado à estação final do VLT, prejudicando alguns usuários que precisam seguir viagem.

Constata-se então que não houve um estudo sobre a área de implantação do sistema, tampouco sobre a vizinhança, proporcionando o risco de acidentes, além de não ter sido feita uma pesquisa de demanda relativa aos passageiros do sistema.

3.2. O antigo sistema da linha

A atual estrada de ferro que liga Recife ao Cabo de Santo Agostinho teve sua construção iniciada em 7 de setembro de 1855 e foi inaugurada em 8 de fevereiro de 1856. Antes chamada de ferrovia Recife - Cabo de Santo Agostinho ou Recife – São Francisco, foi a segunda ferrovia brasileira e tinha o objetivo de proporcionar a Pernambuco um transporte ferroviário para mercadorias e passageiros. Durante muitas décadas, esta ferrovia foi importante para a economia pernambucana e com o passar dos anos sofreu algumas modificações como, por exemplo, a redução da bitola, que passou de 1,60 m para 1,00 m (bitola métrica). A partir da década de 1970 houve um aumento das privatizações no setor ferroviário, que, junto ao aumento na procura pelo setor rodoviário resultou no abandono e na decadência das estradas de ferro (Silveira, 2013).

Atualmente, o sistema VLT faz parte da Linha Sul Diesel da malha viária recifense. Antes dos VLTs, a linha Sul Diesel era atendida por locomotivas ou trens a diesel que circularam por mais de cinquenta anos. O modelo que antes operava no trecho Cajueiro Seco-Cabo de Santo Agostinho era o modelo RS-8 cujos veículos foram fabricados em 1959 pela American Locomotive Company (ALCO) nos EUA e comprados pela Rede Ferroviária Federal Sociedade Anônima (RFFSA).

Das 20 unidades entregues ao Brasil, quatro operavam em Recife, com bitola de 1,000m e cada uma pesava 62 toneladas. Serviam tanto para transporte de passageiros, quanto de carga.

Através de dados fornecidos pela CBTU, no seu último ano de operação foram realizadas em torno de 14.400 viagens e foram transportados aproximadamente 1.400.000 passageiros com consumo de óleo diesel e energia elétrica de, respectivamente, 602.000 litros e 123.000 KWH.

3.3. A substituição por veículos leves sobre trilhos

No dia 22 de agosto de 2007, foi lançado pela CBTU o edital de licitação de nº 006/2007,

uma concorrência internacional que objetivava através do Projeto de Modernização da Linha Sul, o fornecimento de veículos leves sobre trilhos, os quais substituiriam as antigas locomotivas a diesel, para a linha denominada Sul Diesel do sistema metroviário da RMR, no trecho de 17,6 km entre o terminal integrado de Cajueiro Seco e a estação do Cabo de Santo Agostinho. Esse projeto está inserido no Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), do governo federal. (Pernambuco.com, 201?, apud. Revista Ferroviária, 2007). Conforme o Plano Diretor de Transportes Urbanos (2008), fornecido pela CBTU, essa intervenção foi orçamentada em R$ 131 milhões e caracterizava-se como de prioridade de implantação P0, que corresponde às obras de maior prioridade e que são fundamentais para atendimento da demanda. A expectativa era de que essa demanda fosse atendida ainda em 2012.

A empresa que ficou a cargo da fabricação dos novos VLTs é a Bom Sinal Indústria e Comércio, companhia cearense que tem sede no município de Bárbalha. A fábrica é especialista em veículos movidos a diesel e biodiesel, e também fabricou os VLTs que operam em Maceió e Fortaleza. E, segundo a mesma, "a diferença entre a implantação de um VLT elétrico e o movido a diesel é que o custo do primeiro supera em US$ 20 milhões, por quilômetro, o valor do sistema nacional." (WEBTranspo, 201?, apud. Revista Ferroviária, 2010). Os veículos que atualmente atuam no trecho são do modelo Mobile 3 e começaram a ser construídos em 2008. Eles aparecem na Figura 3 ao lado de uma antiga locomotiva.



Figura 2: O novo VLT ao lado de uma antiga locomotiva. Fonte: JC IMAGEM (2016).

Esse modelo é um Trem Unidade Hidráulico (TUDH), composto por três carros e que possui sistema hidráulico fornecido pela empresa de engenharia alemã chamada Voith. Os carros da extremidade são chamados de motor, onde ficam as duas cabines, enquanto o do meio recebe o nome de reboque, formando um sistema M-R-M que pode se movimentar bidirecionalmente pela via com bitola de 1,000m. Cada carro tem capacidade para 200 passageiros, sendo 51 sentados, com uma média de seis passageiros por m², totalizando 600 passageiros por veículo. O corpo é construído em aço galvanizado e, diferente de muitos modelos utilizados na Europa, que possuem piso rebaixado, os veículos da Bom Sinal apresentam piso elevado.

Os VLTs são movidos por uma mistura de 80% de óleo diesel com 20% de biodiesel e apresentam a vantagem de possuir uma moderna tecnologia de controle de emissão de poluentes, a qual atende a Norma EURO 3, elaborada em conformidade com o Protocolo de

Kyoto. (Pernambuco.com, 201?, apud. Revista Ferroviária, 2007).

Tabela 1 – Características do modelo Mobile 3

Característica	
Comprimento total	55,88 m
Largura	2,86 m
Altura	3,74 m
Portas	18 (3 de cada lado em cada carro)
Velocidade máxima	80 km/h
Peso	76000 kg
Raio mínimo de curva horizontal	90 m
Raio mínimo de curva vertical	500 m
Rampa máxima	3%

A CBTU destaca algumas datas que foram importantes: No dia 06 de dezembro de 2011, os novos veículos leves sobre trilhos chegaram ao Recife, e entraram em operação experimental no dia 30 de junho de 2012, em que operavam juntamente com os antigos trens a diesel. Só em 13 de março de 2013 que o novo sistema começou a operar efetivamente. A tabela 1 descreve esses marcos.

Tabela 2 – Marcos importantes da substituição por VLTs

Data	Marco Importante	Descrição
06/12/2011	Chegada dos novos Veículos Leves sobre Trilhos (VLT)	Os veículos, compostos de três carros climatizados, são movidos a biodiesel, com sistema de suspensão a ar, totalmente computadorizados e capacidade para transportar 600 passageiros cada.
30/06/2012	Início da operação experimental dos Veículos Leves Sobre Trilhos (VLT)	A CBTU deu início à operação em caráter experimental do Veículo Leve sobre Trilho (VLT), no trecho Cajueiro Seco – Cabo. Durante o período de testes, o VLT funcionou aos sábados, das 5h às 14h, enquanto a empresa realizava os últimos testes de tempo de viagem antes do início da operação comercial. O período serviu também para que os usuários se adaptassem ao novo veículo que substituiu os antigos trens a diesel, que continuaram circulando de segunda a sexta.
13/03/2013	Operação dos novos VLT (a diesel) entre Cabo e Curado	Começaram a operar em 13 de março três Veículos Leves sobre Trilhos (VLTs). Foram mais de R$ 100 milhões em investimentos, beneficiando cerca de 35 mil passageiros que circulam entre o Cabo e o terminal de Cajueiro Seco. Antes, esse número não chegava a quatro mil. A viagem que levava até 50 minutos, passou a ser feita em 30 minutos.

Fonte: Dados fornecidos pela CBTU.

De acordo com Clímaco (2011), o edital também "contempla a recuperação da via, com a substituição de trilhos e dormentes (liga um trilho ao outro) e de duas pontes, além da construção de duas pontes com passarelas para pedestre sobre os rios Pirapama e Jaboatão".

Além disso, incluía a conclusão da duplicação total da via permanente do trecho, no entanto, ainda hoje a linha só é dupla entre Cajueiro Seco e a estação de Pontezinha, seguindo única depois até o Cabo, o que atrasa as viagens, já que um veículo precisa esperar o outro terminar todo o seu trajeto para operar.

Novos projetos garantem que o sistema VLT irá se expandir para além do Cabo de Santo Agostinho, chegando até o Complexo Industrial e Portuário de Suape, em Ipojuca. A expansão deve acrescentar 11 km de trilhos e três novas estações à malha ferroviária da RMR e custará entre R$ 200 milhões e R$ 300 milhões. Os veículos vão operar numa antiga linha de carga ferroviária que será recuperada. Os arquitetos da CBTU estão trabalhando no projeto das estações, que deverão ser modernizadas e adaptadas ao novo transporte, além disso, pesquisas de demanda e de inserção urbana estão sendo realizadas para esse novo trecho. Pelo menos em um primeiro momento, a previsão é de que não seja necessário adquirir novos veículos, bastando o conserto dos defeituosos. (Diário de Pernambuco, 2016; G1 Pernambuco, 2016; Jornal do Commercio, 2016).

A partir do início das obras, estima-se dois anos para a conclusão. Em torno de 18 mil trabalhadores serão beneficiados pela implantação e terão uma alternativa ao transporte rodoviário. Outro benefício será o aumento de empregos diretos e indiretos na região. (Jornal do Commercio, 2016).

3.3.1. Observação do funcionamento da tecnologia e seus problemas

Em um típico dia de operação do sistema metroviário da RMR, foi realizada uma viagem de ida e volta no VLT entre Cajueiro Seco e Cabo para se observar melhor o comportamento da nova tecnologia. A tarifa do metrô/VLT custa R$1,60 e o percurso iniciou ainda no Terminal Integrado (TI) do Aeroporto Internacional do Recife, de onde partiu o metrô às 10:43h em direção ao TI Cajueiro Seco, chegando às 10:52h. Aqui foi encontrado o primeiro problema, de programação horária, pois o VLT para o Cabo com horário mais próximo havia partido às 10:47h, sendo necessário aguardar o próximo veículo, que sai apenas às 11:50h. Apesar desse problema, a integração entre os transportes nesse terminal é simples. A Figura 3 mostra a tabela horária da linha nos dias úteis. Nos sábados a linha funciona com horário reduzido e no domingo não tem operação.

Quando o veículo chegou à plataforma, mediu-se aproximadamente 45 cm entre a linha amarela de segurança e o limite da plataforma, e em torno de 23 cm entre este e o VLT, além de uma irrelevância vertical, prejudicando a acessibilidade, principalmente de deficientes físicos. Nesse momento também, uma empresa terceirizada realiza a limpeza dos veículos. Foi possível observar que a articulação dos VLTs é do tipo sanfonada e permite a troca entre os carros, e que, diferente dos metrôs, os novos veículos não possuem placas ou sinalizações visuais sobre as estações e a malha.

O VLT foi bastante pontual em sua partida. O tempo de viagem é em média 42 minutos na ida para o Cabo e 43 na volta, no entanto, na viagem descrita, a volta levou 1 hora e 18 minutos, quase o dobro do tempo, pois foi preciso aguardar na estação de Pontezinha, devido à quebra de outro veículo nos trilhos, o que prejudica todo o cronograma de viagens diário.

Durante todo o percurso, há seguranças no veículo, no entanto, outro problema é a presença de muitos vendedores ambulantes no mesmo, desagradando alguns usuários. Os passageiros

criticam também a superlotação constante, devido ao grande intervalo entre trens e as constantes quebras, que faz com que, em todo o sistema recifense, até mil viagens deixem de ser realizadas por mês. O Jornal do Commercio (2016) cita que "De acordo com Leonardo Vilar, os problemas tendem a diminuir com a linha duplicada e os nove VLTs em pleno funcionamento (cinco estão quebrados)".



TABELA HORÁRIA
LINHA DIESEL
a partir de 22/10/2015

SEGUNDA A SEXTA-FEIRA

Cabo	Santo Inácio	Ponte dos Carvalhos	Pontezinha	Ângelo de Souza	Cajueiro Seco
partida	partida	partida	partida	partida	chegada
5:16	5:21	5:39	5:46	5:53	5:59
6:19	6:24	6:42	6:49	6:56	7:02
7:22	7:27	7:45	7:52	7:59	8:05
8:25	8:30	8:48	8:55	9:02	9:08
9:28	9:33	9:51	9:58	10:05	10:11
10:31	10:36	10:54	11:01	11:08	11:14
11:34	11:39	11:57	12:04	12:11	12:17
12:37	12:42	13:00	13:07	13:14	13:20
13:40	13:45	14:03	14:10	14:17	14:23
14:43	14:48	15:06	15:13	15:20	15:26
15:46	15:51	16:09	16:16	16:23	16:29
16:49	16:54	17:12	17:19	17:26	17:32
17:52	17:57	18:15	18:22	18:29	18:35
18:55	19:00	19:18	19:25	19:32	19:38
20:01	20:06	20:24	20:31	20:38	20:44

Cajueiro Seco	Ângelo de Souza	Pontezinha	Ponte dos Carvalhos	Santo Inácio	Cabo
partida	partida	partida	partida	partida	chegada
5:32	5:39	5:46	5:52	6:10	6:14
6:35	6:42	6:49	6:55	7:13	7:17
7:38	7:45	7:52	7:58	8:16	8:20
8:41	8:48	8:55	9:01	9:19	9:23
9:44	9:51	9:58	10:04	10:22	10:26
10:47	10:54	11:01	11:07	11:25	11:29
11:50	11:57	12:04	12:10	12:28	12:32
12:53	13:00	13:07	13:13	13:31	13:35
13:56	14:03	14:10	14:16	14:34	14:38
14:59	15:06	15:13	15:19	15:37	15:41
16:02	16:09	16:16	16:22	16:40	16:44
17:05	17:12	17:19	17:25	17:43	17:47
18:08	18:15	18:22	18:28	18:46	18:50
19:11	19:18	19:25	19:31	19:49	19:53
20:17	20:24	20:31	20:37	20:55	20:59
20:48	20:55	21:00	21:08	21:26	21:30

Figura 3: Tabela Horária Linha Diesel. Fonte: Acervo dos autores.

4. COMPARAÇÃO ENTRE OS SISTEMAS

Ao longo dos últimos anos houve uma queda no número de passageiros que utilizam a linha Sul Diesel para se deslocar. De acordo com os dados fornecidos pela CBTU, essa diminuição foi de aproximadamente 47,3% entre os anos de 2005 e 2016, conforme mostra a Figura 4.

DEMANDA ANUAL DE USUÁRIOS DA LINHA DIESEL STU-REC (FONTE GOAPO/COTEC)													
USUÁRIOS LINHA DIESEL (TRECHOS ANG-CBO-CDO)													
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
JAN	138.946	136.929	128.814	137.143	107.958	91.729	86.482	117.720	107.399	96.894	94.436	54.720	68.997
FEV	123.212	120.164	113.565	123.781	95.286	86.119	90.793	118.833	84.391	87.768	82.744	63.858	66.888
MAR	131.994	132.021	123.574	119.597	103.314	96.978	113.963	131.848	94.822	102.805	97.323	67.051	73.636
ABR	123.453	114.264	112.466	126.173	95.248	95.398	110.396	117.867	107.729	97.824	79.197	49.498	60.797
MAI	124.857	129.127	118.750	125.789	89.764	98.571	131.999	79.846	114.693	103.665	80.442	55.912	72.867
JUN	109.467	65.202	78.736	116.115	61.320	84.471	123.001	63.444	108.381	96.607	84.349	54.381	
JUL	126.673	120.328	117.731	131.085	71.135	94.087	132.146	122.243	130.084	111.805	88.659	67.108	
AGO	132.072	130.029	120.642	124.079	88.691	72.690	132.493	127.647	150.503	124.970	100.910	70.939	
SET	131.084	122.882	121.169	125.794	99.533	84.215	133.750	112.306	137.472	120.533	97.747	55.977	
OUT	128.856	125.223	144.651	125.722	102.564	95.405	130.390	119.320	115.890	93.372	67.766	60.537	
NOV	127.941	122.486	132.960	117.777	97.112	93.575	122.310	120.207	113.907	101.469	68.592	58.672	
DEZ	130.838	115.944	122.109	101.399	93.359	75.656	116.593	108.575	100.260	96.927	55.127	64.012	
MED	127.449	119.550	119.597	122.871	92.107	89.075	118.693	111.655	113.794	102.887	83.108	60.222	68.637
TOT	1.529.393	1.434.599	1.435.167	1.474.454	1.105.284	1.068.894	1.424.316	1.339.856	1.365.531	1.234.639	997.292	722.665	343.185

Figura 4: Demanda de passageiros nos últimos anos. Fonte: Dados fornecidos pela CBTU.

Comparando-se os valores totais de passageiros referentes aos últimos anos, é perceptível a diferença no total de usuários da linha, caindo de 1.529.393 em 2005 para 722.665 ao final de 2016. Tal diminuição é resultado da baixa qualidade do transporte coletivo e da redução dos impostos para a aquisição de carros particulares. Segundo a Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos (NTU), entre 2003 e 2013 houve uma redução de 37% no número de passageiros do sistema de transporte público e um aumento de 88% de veículos circulando nas ruas de todo o país. (G1 São Carlos e Araraquara, 2013). É possível também notar na figura acima um aumento discreto nos valores da demanda relativa aos cinco primeiros meses do ano de 2017 em comparação ao ano de 2016, porém são valores ainda distantes aos registrados 12 anos atrás.

Outra explicação para a redução da demanda está no fato de que a capacidade de um VLT é menor do que a capacidade da locomotiva a diesel, visto que esta última contava com 4 carros, enquanto o VLT com apenas 3. A ideia operacional do sistema seria operar um maior número de veículos, a velocidades mais rápidas, realizando um número maior de viagens a fim de suprir tal diferença. Isto não ocorre na prática, pois há apenas um trilho sendo utilizado ao longo do trecho, existindo ainda a presença de lixo, animais e pessoas que circulam muito próximo e em alguns casos sobre os trilhos. A tabela 3 a seguir mostra a quantidade de passageiros transportados nos anos de 2012, 2013 e 2016, bem como outros dados operacionais da linha.

DADOS OPERACIONAIS DA LINHA - DIESEL

Itens	2012		2013		2016	
	Média por Mês	Total Anual	Média por Mês	Total Anual	Média por Mês	Total Anual
CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA ESTAÇÃO (KWH)	10.224,25	122.691,00	11.733,83	140.806,00	10.463,83	125.566,00
CONSUMO DE ÓLEO DIESEL (litros)	50.129,75	601.557,00	52.349,00	628.188,00	40.781,78	489.381,30
MÉDIA DE PASSAGEIROS TRANSPORTADOS DIA ÚTIL	5.219	62.629	4.833	57.997	2.619	31.431
NUMERO DE CARROS	4	48	3	38	3	36
PASSAGEIROS TRANPORTASDOS DIA ÚTIL	90.323	1.083.881	97.266	1.167.190	52.287	627.440
PASSAGEIROS TRANSPORTADOS	111.655	1.339.856	113.794	1.365.531	60.222	722.665
PONTUALIDADE	92,38	1.108,58	98,94	1.187,28	99,28	1.191,37
QUILOMETRAGEM PERCORRIDA (LOCO.KM)	20.488,00	245.856,00	22.351,08	268.213,00	18.131,50	217.578,00
REGULARIDADE	94,62	1.135,45	96,35	1.156,15	93,63	1.123,61
VIAGENS REALIZADAS	1.199	14.393	1.314	15.770	1.094	13.126
VIAGENS REALIZADAS POR DIA ÚTIL	1.020	12.238	1.106	13.267	1.277	15.322

Figura 5: Dados operacionais da linha Diesel nos anos de 2012, 2013 e 2016. Fonte: Dados fornecidos pela CBTU.

No ano de 2012 a locomotiva a diesel ainda operava no trecho Cajueiro Seco - Cabo de Santo Agostinho, estando o VLT em período de testes. O mesmo vale para os primeiros meses do ano de 2013. Já em 2016 percebe-se uma diferença significativa no número de passageiros transportados, caindo de 1.365.531 em 2013 para 722.665, uma redução de aproximadamente 53%. Ainda de acordo com a Tabela 3, comparando os anos de 2013 e 2016 houve uma redução no consumo de óleo diesel e de energia elétrica.

Na perspectiva do usuário, a substituição das locomotivas a diesel pelo sistema VLT repercutiu positivamente. A baixa tarifa no valor de R$ 1,60 aliada à modernização do sistema, que conta com carros climatizados, silenciosos e com menos balanço, gerando uma viagem mais confortável, proporcionou uma grande aceitação e aprovação das pessoas que dependem desse sistema. Além disso, foi possível notar a presença de seguranças durante as viagens, visando oferecer um deslocamento mais seguro, reduzindo a ocorrência de assaltos.

Segundo os próprios passageiros, antes da implantação dos VLTs, a viagem durava aproximadamente uma hora. Já com o novo sistema, foi registrado um tempo total de 42 minutos entre as estações de Cajueiro Seco e Cabo de Santo Agostinho. Este tempo poderia ser reduzido, visto que em alguns trechos o sistema desenvolve baixas velocidades devido à presença de vegetações sobre os trilhos, podendo chegar a 30 minutos, já que o VLT pode atingir velocidades maiores do que as locomotivas.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa se propôs, como objetivo geral, a analisar as mudanças e os impactos gerados pela substituição das antigas locomotivas movidas a diesel pelos VLTs. Foi realizada uma visita técnica à CBTU a fim de coletar os dados necessários e obter informações a mais que contribuíram para o desenvolvimento do trabalho. Para não se limitar apenas à abordagem teórica, buscou-se vivenciar a rotina dos usuários deste sistema, utilizando tal meio de transporte e questionando uma parcela destas pessoas a respeito das mudanças.

Chegou-se assim a algumas conclusões: não existiu mudança significativa na demanda de passageiros; houve diminuição no ruído e no balanço dos veículos, bem como no tempo de viagem e no consumo de energia e combustível; a substituição pelo sistema VLT gerou uma maior satisfação para os usuários por proporcionar uma viagem mais confortável, devido, principalmente, à climatização no interior do vagão e a presença de seguranças durante o deslocamento também é considerado um ponto positivo. Constatou-se presença de lixo, animais e pessoas, das mais diversas idades, circulando sobre os trilhos, devido à falta de um isolamento adequado entre as residências e a linha. Este fato é consequência da inexistência de estudos sobre a vizinhança e sobre a área onde foi implantado o sistema.

Por fim, de um ponto de vista técnico e econômico, não ocorreram mudanças significativas, visto que o sistema precisa ser pensado como um todo e que apenas a substituição dos veículos não foi suficiente para aprimorar o transporte. Faz-se necessário estudar a demanda e a área em torno dos trilhos, assim como a finalização da duplicação dos mesmos e a reparação dos VLTs disponíveis, para que assim todo o sistema possa circular efetivamente.

Agradecimentos

Os autores agradecem à CBTU pela receptividade e pela prestabilidade em fornecer informações para esse trabalho, aos professores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alouche, P., L. (2008a) *VLT: Um transporte moderno, sustentável e urbanisticamente correto para as Cidades Brasileiras.* Disponível em:<http://www.aeamesp.org.br/biblioteca/stm/14SMTF0809T09.pdf>. Acesso em: 13/jun/2017.

Bernardes, F. F.; Ferreira, W. R. (2016) Veículo Leve sobre Trilhos (VLT) – proposta de implantação para o transporte público em Uberlândia/MG. *Caminhos de Geografia (UFU)*, v. 17, p.189-204. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/31459/18503>. Acesso em:

13/jun/2017.

Clímaco, F. (2011) *VLT substituirá trem do Cabo.* PEDesenvolvimento. Disponível em: <https://pedesenvolvimento.com/2011/07/12/vlt-substituira-trem-do-cabo/>. Acesso em: 28/jun/2017.

Diário de Pernambuco (2016) *Suape deverá ter trem de passageiros.* Pernambuco. Disponível em: <http://www.impresso.diariodepernambuco.com.br/app/noticia/cadernos/vida-urbana/2016/08/12/interna_vidaurbana,151596/suape-devera-ter-trem-de-passageiros.shtml>. Acesso em: 19/jun/2017.

EMTU. (2016) *VLT da Baixada Santista - Veículo Leve sobre Trilhos.* Empreendimentos EMTU. Disponível em:<http://www.emtu.sp.gov.br/emtu/empreendimentos/empreendimentos/vlt-da-baixada-santista-veiculo-leve-sobre-trilhos.fss>. Acesso em: 04/jul/2017.

G1 Pernambuco (2016) *Ministro autoriza estudo para ampliar metrô até o Porto de Suape.* Pernambuco. Disponível em: <http://g1.globo.com/pernambuco/noticia/2016/08/ministro-autoriza-estudo-para-ampliar-metro-ate-o-porto-de-suape.html>. Acesso em: 19/jun/2017.

G1 São Carlos e Araraquara (2013) Número de usuários de transporte coletivo cai 33% em 10 anos, diz NTU. São Carlos. Disponível em: <http://g1.globo.com/sp/sao-carlos-regiao/noticia/2013/01/numero-de-usuarios-de-transporte-coletivo-cai-33-em-10-anos-diz-ntu-brasil-onibus.html>. Acesso em: 06/jul/2017.

Grupo CCR. (2012) *Estudo Preliminar e Provisório de Implementação do Veículo Leve Sobre Trilhos na Região Portuária e Centro do Rio de Janeiro.* Porto Maravilha. Disponível em:< http://www.mobilize.org.br/midias/pesquisas/projeto-funcional-do-vlt-porto-maravilha.pdf>. Acesso em: 05/jun/2017.

Jornal do Commercio (2016) *Ministro das Cidades quer projeto executivo para ampliar VLT até Suape*. Pernambuco. Disponível em: <http://jconline.ne10.uol.com.br/canal/cidades/educacao/noticia/2016/08/15/ministro-das-cidades-quer-projeto-executivo-para-ampliar-vlt-ate-suape-248819.php> . Acesso em: 19/jun/2017.

Revista Ferroviária (2007) *CBTU lança edital de licitação de VLT*. Disponível em: < http://www.revistaferroviaria.com.br/index.asp?InCdEditoria=2&InCdMateria=5057&pagina=652> . Acesso em: 08/jun/2017.

Revista Ferroviária (2010) *VLT: movido por eletricidade ou diesel?*. Disponível em: < http://revistaferroviaria.com.br/index.asp?InCdEditoria=2&InCdMateria=11011&pagina=96> . Acesso em: 28/jun/2017.

Silveira, M. R. (2003) *A importância geoeconômica das estradas de ferro no Brasil.*Tese de Doutorado em Geografia, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente.

Paulo Victor G. Machado (paulovgmachado94@gmail.com)
Taís Carvalho de A. Lima (tais.calima@gmail.com)
Leonardo Herszon Meira (leonardohmeira@gmail.com)
Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Pós-Graduação em Transportes e Gestão das Infraestruturas Urbanas. Rua Acadêmico Hélio Ramos, S/N; Campus Universitário; Cidade Universitária 50670-901 Recife - PE, Brasil; Tel: 55 81 2126-8977; 55 81 2126-7923

UM ESTUDO PRELIMINAR PARA UM PROCEDIMENTO METODOLÓGICO PARA ESTIMATIVA DE *HEADWAYS* EM OPERAÇÕES METROVIÁRIAS – O CASO DO METRÔ DO RIO DE JANEIRO

Fabio Pinheiro Alves
André Rodrigues de Carvalho
Universidade Federal do Rio de Janeiro
COPPE/ Programa de Engenharia de Transportes

RESUMO
Este trabalho descreve um procedimento metodológico, que possui o objetivo de investigar a relação entre o *headway* e o tempo de ocupação de trens em plataformas de embarque e desembarques em sistemas metroviários. As análises foram realizadas na faixa de horário crítico operacional do metrô do Rio de Janeiro. Busca-se neste trabalho comprovar a hipótese que existe uma forte dependência entre o *headway* e o tempo que o trem ocupa a plataforma de embarque/desembarque. Tal modelo pode ser utilizado para tomar decisões de planejamento a nível estratégico, tático e operacional. Uma aplicação do procedimento é apresentada para a linha 1 do metrô do Rio. Utilizam-se as ferramentas de simulação Arena®, no que diz respeito à operação metroviária e o Legion® com foco no fluxo de passageiros. Um modelo linear que propõem uma relação entre tempo de ocupação e *headway* é apresentado ao final do trabalho.

ABSTRACT
This paper describes a methodological procedure, which aims to investigate a relationship between the headway and the occupancy rate of trains in embarkations and disembarkations platforms in subway systems. The analyzes were carried out in the Rio de Janeiro subway during peak. In this paper we try to prove a hypothesis that there is a strong dependency between the headway and the occupancy time of the train in the platform. Such model can be used to make strategic, tactical and operational planning decisions. An application of the procedure is presented for the Rio de Janeiro's line 1 subway stations. Arena® simulation, for metro operation and Legion® focused on the flow of passengers, are the computational tools required in this analysis. A linear model that proposes a relation between the occupancy time and the headway is presented at the end.

1. INTRODUÇÃO

As sociedades modernas transitam entre origens e destinos diferentes, todos os dias utilizando as ferrovias. Por outro lado, acredita-se que existe uma demanda reprimida considerável em virtude da oferta de metrô e trens urbanos não acompanharem a geração de viagens. Isto pode ser visto nas grandes metrópoles globais como São Paulo, Rio de Janeiro, Nova York, Tóquio e Londres.

Nestas, o embarque e desembarque de passageiros nas plataformas tende a ser maior nos horários de pico, acarretando em plataformas e trens superlotados. Estas evidências levam a crer que se a oferta de metrô fosse superior, acomodaria uma parcela maior da demanda total de transporte que iria migraria do outros modos para o metrô. Contudo, realizar o aumento de capacidade ferroviária é extremamente dispendioso, por isso, antes de qualquer investimento, uma boa prática de planejamento requer um estudo da capacidade de transporte atual, antes da aplicação do capital.

Intuitivamente, pode-se acreditar que trens parados de porta aberta até lotar, levam uma quantidade maior de passageiros por unidade de tempo, porém isso não ocorre. O ato de embarcar e desembarcar de maneira desorganizada, comprometendo a frequência ferroviária. Mais tempo na plataforma da estação de porta aberta implica na necessidade dos trens que

estão atrás reduzirem suas velocidades e por vezes até parar, aguardando a liberação da seção de bloqueio da plataforma ferroviária à frente.

Uma busca pela eficiência da operação ferroviária envolve o controle dos tempos de embarque e desembarque nas estações, o controle da velocidade de tráfego e dos tempos de fila para obtenção de um *headway* que permita uma frequência que atenda a demanda de centenas de milhares de passageiros nas plataformas diariamente, sobretudo nos horários de pico.

O problema de minimizar tempos de ocupação de plataforma e filas de embarque são por vezes, inviáveis de serem estudados em campo, simulando operações in loco. Então, engenheiros e planejadores propõem modelos de simulações computacionais de eventos discretos.

Sendo assim, um procedimento que trás como etapas a coleta de dados em campo, a construção de modelos de simulações de tráfego, de embarque e de desembarque em horário de pico é apresentado neste trabalho. Através do uso de técnicas estatísticas de regressão linear foi possível encontrar um modelo de previsão do *headway* com dependência do tempo de ocupação de plataforma.

O presente trabalho está organizado na seguinte forma:

Na seção 2, aborda-se o problema de pesquisa; Na seção 3, se defini onde o trabalho está ambientado no campo da simulação de eventos discretos; Na seção 4, o problema de pesquisa é apresentado; Na seção 5, apresenta-se o procedimento metodológico para resolver o problema de pesquisa; Na seção 6, demonstra-se a aplicação do procedimento para o caso do Metrô do Rio; Na seção 7, apresenta-se o modelo de simulação para trens do Metrô Rio; Na seção 8, apresenta-se o modelo de simulação para pedestres, usuários do Metrô Rio; Na seção 9, apresenta-se o modelo de simulação para pedestres, usuários do Metrô Rio; Na seção 10, apresentam-se as conclusões do trabalho e proposta de futuros estudos; Na seção 11, apresentam-se as referências da literatura utilizadas no trabalho.

2. O CONTROLE DO HEADWAY EM OPERÇÕES FERROVIÁRIAS

As operações ferroviárias possuem limitações operacionais e de infraestrutura que interferem diretamente na capacidade de tráfego do modo ferroviário (Krueger, 1999).
O parâmetro operacional que influencia diretamente na capacidade de circulação de trens é chamado de *headway*. Ou seja, o intervalo de tempo entre dois trens consecutivos, medido entre faces frontais dos veículos em circulação.

Segundo o cálculo teórico de capacidade em linhas singelas (equação1), quanto menor o *headway* praticado em uma viagem em um determina intervalo do tempo, maior a capacidade de tráfego:

$$= \frac{T}{H} K \quad (1)$$

em que C: capacidade de Tráfego (trens/dia) ; T : tempo de operação; H: *headway* entre trens consecutivos e K: coeficiente de eficiência.

Por consequência, maior será a oferta de capacidade de transporte para passageiros por unidade de tempo no sistema. Uma revisão extensiva do tema capacidade foi realizada por Ratton e Carvalho (2016) e motivaram investigações em torno do *headway*. Pois tal parâmetro é particularmente interessante de ser estudado em horários de pico, onde a demanda pelo sistema aumenta consideravelmente e os sistemas ferroviários são forçados a operar próximo da saturação da capacidade.

Segundo Marinov et al (2013), a busca por uma operação que se aproxime da ideal, passa pelo combate aos atrasos operacionais e este são motivados por indisponibilidades dos materiais rodantes ou de via férrea não programadas; Condições climáticas severas; Conflitos de interação entre trens consecutivos; Transferência de Maquinista entre cabines de cauda e cabeça e vice versa em horários de pico e Reprogramação de grades horárias de trens.

Trabalhos que datam da década de 90 até hoje possuem uma preocupação com os conflitos gerados pelas diversidades de *headways* possíveis de ocorrerem na circulação de trens e pautam suas soluções em modelos para reprogramar inteiramente uma grade de trens (Cordeauetal,1998 e Harrod, 2012).

Outros trabalhos na área, como os realizados por Fu e Dessouky (2016) apresentam um modelo de programação linear inteira para prever o *headway* dinâmico. Que ocorre em função dos conflitos de circulação, atrasos e encontro de trens em cruzamentos. Nada foi estabelecido entre a relação passageiro – tempo de ocupação de plataforma – trem.

Neste trabalho, o parâmetro *headway* será estudado sobre a abordagem da interação dos trens com as infraestruturas de embarque/desembarque (plataformas) dos passageiros, em busca de um modelo de previsão de *headway* em função do tempo de ocupação de plataforma. Acredita-se que controlando os tempos de ocupação através da minimização sistemática dos tempos de porta aberta seja possível minimizar os conflitos de grade.

É importante ressaltar que este trabalho não aborda estudos de resolução de conflitos. Para estes, ver Dunda e Sahin (2015). Para melhor leitura das próximas seções, segue a seguinte lista de variáveis:

- To – tempo de ocupação;
- Tc – tempo de chegada do trem: contado do momento que avança o sinal de entradada plataforma até parar;
- Tp – tempo de trem parado na plataforma (inclui o tempo de porta aberta);
- Ts – tempo de saída do trem da plataforma;
- Hm- *headway* médio da linha metroviária com o mesmo sistema de sinalização

2.1. O tempo de ocupação de plataforma

O tempo de ocupação de plataforma ferroviária é definido como:

$$To = Tc + Tp + Ts \quad (2)$$

Esse tempo de ocupação é afetado pelo tempo de embarque e desembarque ao longo de todo o tempo de operação. Ele deve ser controlado, especialmente na faixa horária de pico.

2.2. Sistemas de Sinalização e Controle

O problema da operação de tráfego ferroviário envolve algumas tecnologias presentes em seu funcionamento que são responsáveis por realizar o controle do tráfego, com o objetivo de garantir segurança e eficiência as operações ferroviárias. Entre elas está o Controle Centralizado de Tráfego (CTC) e o Operador Automático de Tráfego (OAT)

2.2.1. Controle Centralizado de Tráfego (CTC)

Uma premissa básica das operações ferroviárias é que os trens não podem ocupar a mesma seção de bloqueio de outro trem. Para isso o veículo mantém uma distância do trem da frente suficiente para que este possa avistar o sinal à frente e parar antes de invadir a seção de bloqueio onde exista outro trem (Figura 1).

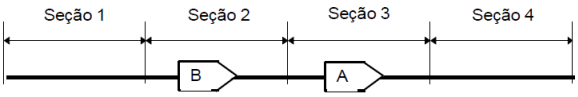


Figura 1: Seção de bloqueio ferroviária

O Centro de Controle Operacional (CCO) possui a posição dos trens em todas as seções da malha ferroviária em um painel eletrônico, chamado painel mímico. As informações são extraídas de circuitos presentes na via ferroviária. Mesmo os sistemas de controle mais sofisticados do mundo, possuem um CCO para observar e controlar o tráfego ferroviário.

2.2.2. Operador Automático de Tráfego (OAT)

O operador automático de tráfego reduz a velocidade dos trens por meio de sensores e atuadores que funcionam por acesso remoto e local quando um trem invade a sessão de bloqueio que possui um outro trem.

3. SIMULAÇÃO DISCRETA DE EVENTOS FERROVIÁRIOS

Segundo Aly *et al* (2015) a simulação pode ser usada para analisar como as mudanças na infraestrutura ferroviária influenciam a operação em redes ferroviárias. Através da representação de uma situação conhecida, simular a realidade, utiliza-se da lógica de programação ao invés de complexos modelos matemáticos para analisar um evento especifico e de difícil reprodução real. Aly *et al*, afirmam que as pesquisas na área de simulação costumam ser divididas em Simulação da performance dos trens (SPT), Otimização da operação ferroviária (OOF) e Simulação da Infraestrutura (SI)

A primeira trata de verificar como mudanças nas normas operacionais ferroviárias afetam a operação dos trens. Em otimização, é avaliado basicamente como mudanças na grade dos trens e na utilização de algum recurso (estação, operadores de tráfego, etc) afetam custo, efetividade e eficiência da operação ferroviária. A última linha, trata de simular como as mudanças que podem ser feitas na superestrutura e infraestrutura ferroviária podem afetar a operação ferroviária (SI). Este trabalho irá utilizar as metodologias de SI e de SPT.

4. A SIMULAÇÃO DE PEDESTRES EM ESTAÇÕES FERROVIÁRIAS

Os modelos existentes de simulação de pedestres podem ser divididos em dois segmentos: modelos microscópicos e macroscópicos (Wang *et al*., 2015). Nos modelos macroscópicos as conexões são vistas como um meio continuo, isto é, o conjunto de pedestres é tomado como uma massa homogênea que se comporta similarmente ao escoamento de um fluido, também chamado de Modelo de Rede de Fluxo. Um modelo de simulação de pedestres microscópico

consiste na análise individual de cada elemento no evento simulado. Com o avanço deste tipo de tecnologia, é possível incrementar em uma simulação certo tipo de "inteligência artificial" para cada pedestre circulando o evento.

No procedimento proposto, a simulação foi realizada no nível microscópico. O embarque e desembarque dos passageiros foi simulado no software *Legion®SpaceWorks*, pertencente à empresa britânica Legion. Tal ferramenta foi criado em 2003 e sua função consiste na utilização em projetos, operações, planejamento estratégico e procedimentos envolvendo multidões.

Fatores como capacidade física da infraestrutura da estação, controle de acesso/taxa de entrada, medidas de contenção em geral, podem ser avaliados em conjunto com o *headway* e tempo de ocupação para evitar a saturação e aumentar a eficiência do sistema. Através da simulação do fluxo de pedestres, será possível sugerir novas estratégias operacionais ou aperfeiçoamento das existentes.

5. O PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

O procedimento proposto seguiu as etapas descritas nas seções abaixo.

5.1. Obtenção dos dados

- Coleta dos tempos de ocupação de plataformas de embarque/desembarque da linha a ser estudada;
- Coleta dos *headways* dos diferentes tipos de trens;
- Obtenção das dimensões dos veículos, capacidade de transporte dos veículos e plataformas de embarque e desembarque;
- Conhecimento dos sistemas de sinalização e controle.

5.2. Tratamento dos dados

Conforme visto em seções anteriores o *headway* e o tempo de ocupação não são constantes ao longo do tempo de operação ferroviária. Por isso é necessário caso existam encontrar as distribuições estatísticas que representam estes dois parâmetros.

5.3. Construção de um modelo de simulação de trens

O modelo de simulação deverá ser capaz de simular com maior realismo possível o tráfego de trens, o embarque e desembarque de passageiros obedecendo a premissas básicas da operação ferroviária. Entre elas:

- Não ter mais de um trem por seção de bloqueio;
- Simular a operação dos trens com base nas distribuições encontradas;
- Possuir um contador de *headways* e tempos de ocupação no modelo;
- Possuir o tempo operacional correspondente à faixa horária de pico.

5.4. Etapas da construção de um modelo de simulação de pedestres

- Calibrar as entidades com distribuições de velocidade, circunferência e padrões comportamentais.
- Importar a planta do desenho a ser simulado para dentro do programa.
- Possuir a taxa de chegada das entidades, assim como sua matriz de origem destino.

- Programar o embarque nos trens de acordo com o perfil de chegada (headway) dos mesmos

6. O CASO DO METRÔ DO RIO

O metrô do Rio é composto por 3 linhas que cruzam a cidade ligando a zona norte a zona sul através das linhas 1 e 2, e pela recém inaugura linha 4 (2016) liga a zona sul a zona oeste da cidade. A Demanda pelo serviço, tem picos de demanda críticos no intervalo da manhã entre 6:00 e 9:00 horas da manhã, em um dia de operação chega a transportar cerca de 1 milhão de passageiros. Sendo as estações com maior relação de desembarque por embarque no trecho da linha 1 entre Central e General Osório no horário matinal. Uma ilustração das linhas do metrô do Rio é apresentada na Figura 2.

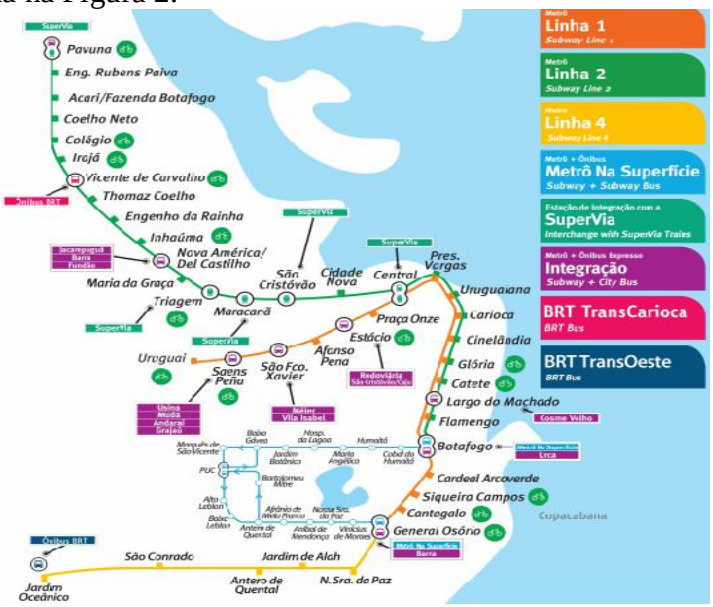


Figura 2: Linhas de metrô do Rio

Na Tabela 1 apresentam-se os dados operacionais coletados em visita realizada as instalações do Metrô do Rio Linha.

Tabela 1: Informações da cinemática dos trens para uma velocidade média

Estação para Estação	Distância	Velocidade Média (m/s)	Tempo entre estações (s)
Central<--->Pres.Vargas	600	17	36
Pres. Vargas <---> Uruguaiana	500	17	30
Uruguaiana <---> Carioca	600	17	36
Carioca<---> Cinelândia	400	17	24
Cinelândia <---> Glória	1100	17	66
Glória<---> Catete	650	17	39
Catete<--->Largo do Machado	500	17	30
Largo do Marchado <---> Flamengo	750	17	45
Flamengo <---> Botafogo	1400	17	84
Botafogo <---> Cardeal Arco Verde	1500	17	90
Cardeal Arco Verde <---> Siqueira Campos	750	17	45
Siqueira Campos <---> Cantagalo	1100	17	66
Cantagalo <---> General Osório	900	17	54

6.1. Tempo de ocupação de plataformas

Os dados operacionais coletados serão usados no modelo de simulação em Arena apresentado nas seções seguintes. Porém antes disso, faz-se necessário ter algumas amostras de *headways* praticados em algumas estações da linha 1 bem como amostras do tempo de ocupação de plataforma e estes são apresentados nas Tabelas 2 e 3.

Tabela 2: Tempo de ocupação das plataformas

Ocupação da plataforma Central(min)	Ocupação da plataforma Cinelândia(min)	Ocupação da plataforma Cantagalo (min)	Ocupação da plataforma General Osório(min)
1,75	1,26	1,37	3,07
1,42	1,2	1,45	2,67
1,63	1,41	1,48	2,38
1,38	1,29	1,38	4,00
1,55	1,47	1,58	3,57
1,75	1,45	2,45	4,22
1,67	1,67	1,50	4,58
1,58	1,58	1,58	3,12
1,62	1,40	2,00	3,33
1,48	1,69	2,10	2,00
1,45	1,48	2,00	3,05

Tabela 3: *Headway* medido nas plataformas de embarque e desembarque

Medido na Central		Medido na Cinelândia	Medido no Flamengo
Headway Trem Pavuna x Botafogo (min)	*Headway* Trem Uruguai x General Osório	*Headway* Trem Pavuna X Botafogo (min)	*Headway* Trem Uruguai x General Osório (min)
4,25	3,42	3,67	2,00
3,83	3,92	2,38	2,82
4,08	3.16	2,25	2,25
3,75	2,97	3,27	2,32
4,00	3,05	3,17	2,58
5,35	3,75	1,67	2,08
6,60	4,25	2,15	2,43
3,98	3,32	2,58	2,30
3,83	3,11	2,83	1,92
5,82	2,98	3,27	2,32

Os tempos de ocupação medidos foram analisados através da ferramenta de análise estatística (input analyser) do software Arena ®. As hipóteses adotadas para teste foram:

- Ho – Os tempos de ocupação e os headways seguem distribuições triangulares
- H1– tanto o tempo de ocupação como o headway ocorrem ao acaso ou não podem ser estudados com a amostra

As distribuições dos dados estão representadas abaixo:

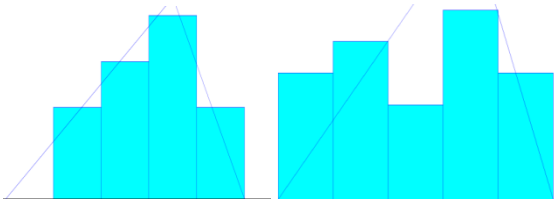
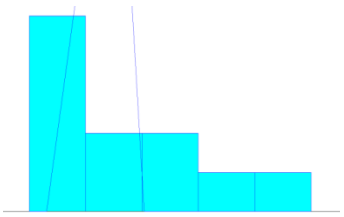


Figura 3: Tempos de ocupação

(a) Cinelândia-triangular(1.2; 1.5; 1.8) em minutob) Central -distribuição triangular (1.34; 1.66; 1.79) em minutos p-valor >5%, aceita-se a hipótese nula p-valor> 5%, aceita-se a hipótese nula



(b) Cantagalo -distribuição triangular (1.34; 1.66 ; 1.79) com p valor >5% aceita-se a hipótese nula

Os testes Kolmogorov-Smirnov fornecem o parâmetro valor de prova (valor-p, p-value ou significância), que pode ser interpretado como a medida do grau de concordância entre os dados e a hipótese nula (H0), sendo H0 correspondente à distribuição triangular. Quanto menor for o valor-p, menor é a consistência entre os dados e a hipótese nula. Então, a regra de decisão adotada para saber se a distribuição é triangular ou não é rejeitar H0 é: (i) se valor-p $\leq \alpha$, rejeita-se H0, ou seja, não se pode admitir que o conjunto de dados em questão tenha distribuição triangular; (ii) se valor-p $> \alpha$, não se rejeita H0, ou seja, a distribuição triangular é uma distribuição possível para o conjunto de dados em questão.Sendo assim,adotou-se a distribuição triangular para os tempos de ocupação de plataforma por possuírem p-valor maior que α =5% .

Para os tempos de ocupação, optou-se por adotar a distribuição encontrada para Cinelândia por ser a menos afetada por um “efeito de borda”;i.e; nas estações de ponta como Central e General Osório os trens permanecem mais tempo para embarque e desembarque. Então, uma interestação como Cinelândia, sofre menos esse efeito.

6.2. Análise dos headways medidos

Para o modelo de simulação que será proposto mais adiante, é fundamental o conhecimento da distribuição que rege o tempo de chegada do trem Uruguai –Central e Pavuna – Central medidos ambos na Central do Brasil por ser a estação que inicia o modelo de simulação.Portanto, tais dados foram coletados para os dois tipos de trens que compartilham a rota Pavuna – Botafogo e Uruguai – General Osório (Figura 4 e 5)

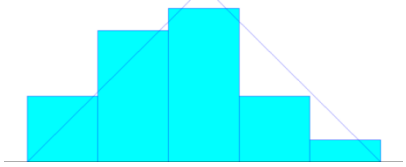


Figura 4: Distribuição triangular à esquerda dos *headways* medidos para os trens Uruguai – General Osório

No teste K-S o p-valor foi maior que 5%, i.e, aceita-se a hipótese nula, sendo assim a distribuição é triangular com 95% de confiança. No teste Qui-Quadradoop-valor foi menor que5%,sendo assim não há desvios significativos entre os dados esperados e os observados na amostra de *headway*. Foi considerado então a distribuição mais adequada que seria uma distribuição triangular (1.68; 3.09 ; 4.49) com 1,7 % de erro quadrado.

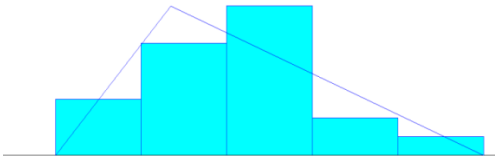


Figura 5: Distribuição triangular à esquerda dos *headways* medidos para os trens Pavuna – Botafogo

Analogamente a análise para os trens que seguem a rota Pavuna – Botafogo provaram-se ter *headways* aderentes a distribuição triangular (1,17,2.74, 7) erro quadrado 2,3 % possui p-valor < 5% no teste Qui Quadrado e p –valor > 15% no teste K-S.

Sendo assim, a distribuição adotada para os headways foram triangular (1.68; 3.09; 4.49) e triangular (1.17; 2.74; 7) .

7. O MODELO DE SIMULAÇÃO PARA TRENS

O modelo foi construído no software arena®. Levaram-se em consideração ideias básicas, como um trem não poder ultrapassar o outro ou ocupar a mesma seção de outro trem. Quando uma estação está sendo utilizada, para embarque /desembarque, ocorre a ocupação do recurso estação e um tempo de ocupação ocorre. O passo a passo do modelo foi:

- As chegadas dos trens Uruguai – General Osório e do trem Pavuna – Botafogo são modeladas no comando *Create*;
- Blocos em sequência estação- rota- estação são colocados para produzir a animação;
- Um bloco de decisão toma decisões com base no fato da plataforma a frente estar ocupada ou não por um trem. Se a plataforma estiver desocupada o trem avança para um bloco que lê o *headway*. Em seguida, passa por um bloco que registra a ocupação da plataforma e depois ocorre um processo de embarque e desembarque;
- Caso a plataforma esteja ocupada por outro trem, o mesmo aguarda na própria rota até que a estação da frente esteja desocupada;
- O trem ao sair da estação tem o seu momento de saída registrado e a diferença entre a saída e a entrada permite verificar o tempo de ocupação;
- O trem deixa a estação, partindo em rota para a estação seguinte e seguinte até General Osório onde o trem deixa o sistema.

Os passos podem ser verificados nas Figuras 6.a e 6.b.

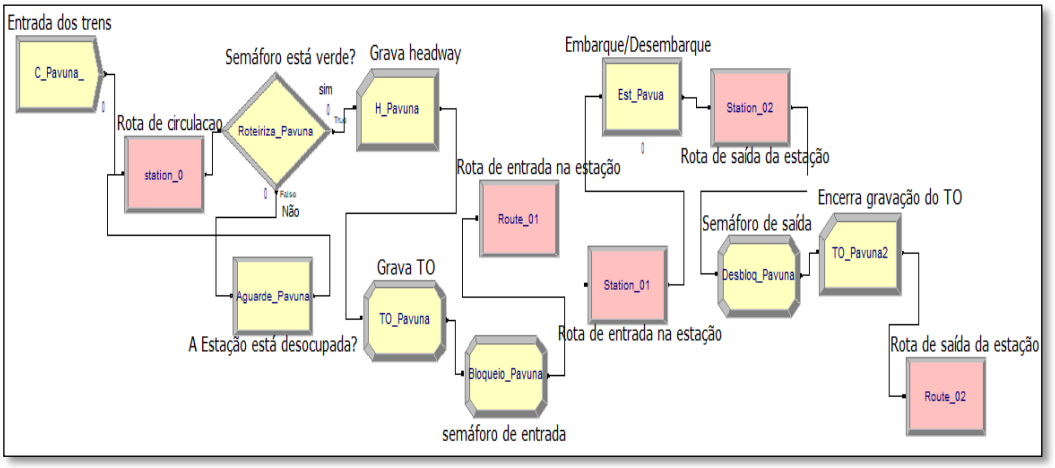


Figura 6.a: Modelo de estação única para o Metrô Rio em Arena

Esta estrutura se repete até chegar a última estação da linha 1, que é a General Osório apresentada abaixo:

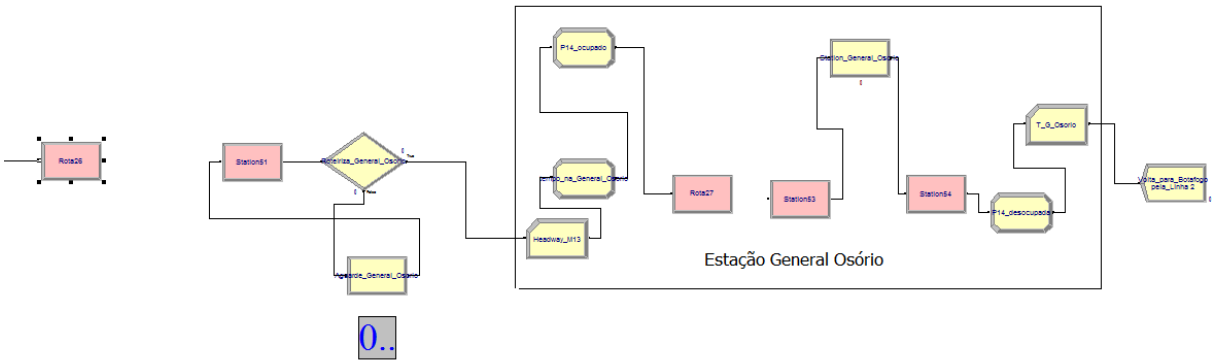


Figura 6.b: Modelo da operação ferroviária do Metrô Rio em Arena- chegada em General Osório

A simulação ocorreu por 3 horas, que seria o tempo correspondente a faixa horária onde a demanda atende um pico alto das 06 às 09 horas da manhã. Foi repetida 30 vezes, com período de aquecimento de 30 minutos. Esse procedimento foi repetido para três distribuições, correspondentes a tempos de ocupação que foram alocados no bloco de embarque/desembarque das estações. As abaixo:

- Cenário mais eficiente – triangular (1.0; 1.25; 1.5)
- Cenário de base -triangular(1.2; 1.5; 1.8)
- Cenário menos eficiente – triangular (2.2; 2.6; 3.0)

As saídas do modelo de simulação podem ser vistos na Tabela 4:

Tabela 4: Distribuição dos tempos de ocupação e headways obtidos na simulação

Distribuição dos Tempos de Ocupação	Medidor	Headway médio	Tempo de Ocupação de Plataforma
Triangular (1.0,1.25,1.5)	0	2,1824	1,2452
	1	2,1798	1,2459
	2	2,2213	1,2476
	3	2,2403	1,2482
	4	2,3017	1,2492
	5	2,4664	1,2494
	6	2,3307	1,2496
	7	2,2877	1,2501
	8	2,3316	1,2508
	9	2,2906	1,2523
	10	2,2725	1,2533
	11	2,5863	1,2557
	12	2,4015	1,2578
	13	2,3795	1,2583
Triangular (1.2,1.5,1.8)	0	2,4827	1,5529
	1	2,2190	1,5562
	2	2,1591	1,5571
	3	2,1576	1,5631
	4	2,1772	1,5647
	5	2,1576	1,5654
	6	2,2014	1,5655
	7	2,2364	1,5680
	8	2,2965	1,5685
	9	2,1619	1,5736
	10	2,2170	1,5745
	11	2,2644	1,5817
	12	2,3870	1,5823
	13	2,3255	1,5835
Triangular (2.2,2.6,3.0)	0	2,5911	2,5893
	1	2,7781	2,5936
	2	2,7372	2,5938
	3	2,6406	2,5966
	4	2,7644	2,5970
	5	2,7737	2,5973
	6	2,7582	2,5997
	7	2,7464	2,6036
	8	2,6513	2,6040
	9	2,6229	2,6045
	10	2,6869	2,6046
	11	2,7018	2,6049
	12	2,7250	2,6056
	13	2,6767	2,6145

8. MODELO DE SIMULAÇÃO DE PEDESTRES

O modelo foi construído no software *Legion*®. Inicialmente, alguns fatores das entidades como circunferência, velocidade, destino e do fluxograma de funcionamento do metro precisam ser editados para garantir a veracidade dos dados colhidos (Tabela 5).

A velocidade dos passageiros, colhida em campo, resultou em uma distribuição normal com média de 1,5 e valores máximos e mínimos de 1,7 e 1,3 respectivamente. A circunferência média (área física ocupada) medida das entidades foi de 25 cm de raio. A origem e destino de cada passageiro foram estabelecidos através de uma matriz OD(Tabela 6).

Para o metro, utilizou-se uma distribuição triangular com tempos de 02:20min, 02:42min, 02:54min para representar o *Headway*, um tempo de ocupação de 1,5 min (coletado)e um tempo de porta aberta (tempo efetivo para entrada e saída de passageiros) também como uma distribuição triangular de 20,30,40 ,50 e 60segundos.Sendo que em cada um dos casos foi considerado um intervalo de 5 segundos iniciais apenas para a saída de passageiros do trem, para se aproximar da realidade.

O período escolhido para simulação foi de 6:00 às 9:00 da manha, por ser considerado um horário de pico onde o sistema funciona com sua maior demanda e as medidas forma retiradas da estação de General Osório em Ipanema.

Tabela 5: Características da simulação

Item	Característica	Valor
Entidades	Velocidade	Dist. Normal entre 1,3 e 1,7
	Circunferência	25 cm de raio
	Origem/Destino	Matrix O/D
Metrô	Headway	Dist. Triangular entre 2:20, 2:42, 2:54
	Tempo de Ocupação	1,5 min
	T. de Porta	20,30,40,50 segundos

Tabela 6: Matriz OD local

	Destino:	Saída Metrô	Saída Oeste	Saída Norte	Saída Nordeste	Saída Leste
Origem	Total de Entidades					
Metro	134400	0	33600	33600	33600	33600
Oeste	4000	4000	0	0	0	0
Norte	4000	4000	0	0	0	0
Nordeste	4000	4000	0	0	0	0
Leste	4000	4000	0	0	0	0

9. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os dados de *headway* e tempo de ocupação obtidos da simulação foram analisados usando regressão linear. O modelo mais adequado, encontrado é apresentado na Figura 7 abaixo:

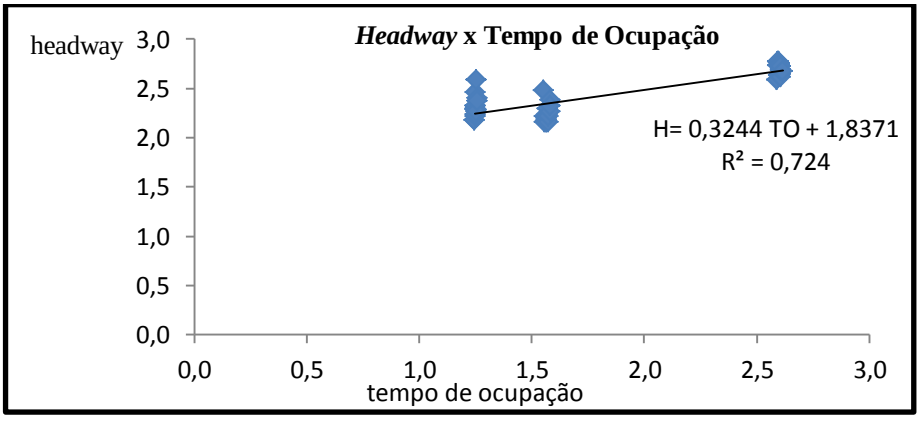


Figura 7: *Headway* x tempo de ocupação

O modelo de previsão de *headways* médios em função de tempo de ocupação foi aplicado ao cenário-base para confirmar seu funcionamento e verificar o ganho que reduções no tempo de porta aberta poderiam gerar no *headway* dos trens (Tabela 7).

Tabela 7: Análise dos resultados para o tempo de ocupação médio de 1,5 min

Tempo de Ocupação Médio de 1,5 min						
TPA em segundos	TPA (min)	TO (min)	H (min) calculado com modelo 1	Pessoas Embarcadas(segundo *Legion*)	% melhoria	% de melhoria em relação ao *headway* oficial do metrô Rio em horário de pico
60	1,0	1,5	2,31	9799		8%
50	0,83	1,3	2,26	9814	2,3%	10%
40	0,7	1,2	2,20	9830	4,6%	12%
30	0,5	1,0	2,15	9813	6,9%	14%
20	0,33	0,8	2,10	9855	9,2%	16%

O desvio padrão da quantidade de passageiros que embarcaram é igual a 22 pessoas.

10. CONCLUSÃO

A presente pesquisa está em um estágio preliminar, porém, conseguiu modelar a relação entre *headway* e tempo de ocupação. Tal abordagem é complementar as formas de controle de *headway* mais tradicionais como algoritmos genéticos e redes neurais.

O poder de explicação do modelo linear encontrado é de 72 %. Pode-se afirmar que o *headway* não depende apenas do tempo de ocupação em operações ferroviárias. O sistema de controle e permissão de tráfego e as decisões humanas, tomadas pelo operador de tráfego também influenciam o *headway*.

O modelo de previsão construído com o auxílio do Arena e do *Legion* é adequado pois demonstra que é possível reduzir *headways* em operações já consolidadas como a do Metrô do Rio. Isso foi provado ser possível, através de uma redução no tempo de tempo de porta aberta. Se implementado, o modelo afirma que é possível conseguir até 16% de redução no *headway* sem mexer em parâmetros de sistema e controle já estabelecidos no metrô hoje.

Tal melhoria motiva estudos futuros que viabilizem a redução do tempo de porta aberta com melhoria da quantidade de oferta de trens e consequente aumento de passageiros transportados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alves, F., P. e Portugal, L, S. (2016) Analise do fluxo e evacuação de pedestres através de simulações computacionais – *Congresso Rio de transportes.*

Carvalho, A, R e Ratton,Neto,X,H (2016) Uma revisão dos modelos de cálculo de capacidade ferroviária para aplicação em ferrovias brasileira - *Congresso Rio de transportes*.

Cordeau, J. e Toth, P. e Vigo, D. (1998) A survey of optimization models for train routing and scheduling. *Transportation Science*, 32(4), 380–404.

Lunce, Fu e Maged, D. (2016) Models and algorithms for dynamic head way control. *Computers and Industrial Engineering*

Marinov, M. e Sahin, I. e Ricci, S. e Vasic-Franklin, G. (2013) Railway operations, time-tabling and control. *Transportation Research Economics*

Selim, Dundar; Ismail, Sahin(2015) – Train re-scheduling with genetic algorithms and artificial neural networks for single-track railways, Transportation Research part c

Krueger, H. (1999) Parametric Modeling in Rail Capacity Planning.Proceedings of the 1999 Winter Simulation Conference (P.A. Farrington, H.B Nembhard, D.T.Sturrack, and G.W. Evans, eds) pp 1194 -1200.

Wang, J., Zhang, L., Shi, Q., Yang, P., Hu, X. (2015) Modeling and simulating for congestion pedestrian evacuation with panic. PhysicaA: Statical Mechanics and its Applications. v. 428, p.396-409.

André Rodrigues de Carvalho (andre.carvalho@pet.coppe.ufrj.br)
Fabio Pinheiro Alves (fabio.alves@pet.coppe.ufrj.br)
Hostilio Xavier Ratton Neto
Licínio Portugal
Programa de Engenharia de Transportes , COPPE/ UFRJ
Centro de Tecnologia -Bloco G- Sala 101- Av. Horácio Macedo, 2030 – Cidade Universitária- RJ- Brasil

EFICIÊNCIA EM FAIXAS EXCLUSIVAS DE ÔNIBUS: UM ESTUDO NO RECIFE

Diego Lopes Dutra
Jessica Helena de Lima
Universidade de Pernambuco

RESUMO
Frente ao grande desafio de combater o aumento desenfreado dos congestionamentos nas grandes cidades e suas consequências econômicas e ambientais, as políticas de mobilidade urbana percebem a necessidade de buscar soluções para incentivar o uso do transporte público em detrimento do transporte individual. Nesse contexto, as faixas exclusivas de ônibus surgem como alternativa de baixo custo e fácil implementação. Através da aplicação de três pesquisas de tráfego, este trabalho faz uma análise comparativa da eficiência de uma faixa exclusiva de ônibus em relação as faixas de uso misto de uma mesma via. Ao constatar que, mesmo representando cerca de 4% dos veículos circulantes, os ônibus foram responsáveis por transportar de 39,06% a 49,51% dos passageiros transportados, fica evidente a necessidade de repensar a forma como é priorizado o espaço em nossas cidades e também de intensificar o debate sobre o tema.

ABSTRACT
Upon the challenge to face the rampant increase of the traffic congestions on great cities and its economic and environmental effects, the urban mobility policies understand the need to find solutions to promote the public transportation rather than the private transportation. In this context, bus lanes arise as a low cost and easy implantation alternative. Through the execution of three traffic research methodologies, this paper aims to stablish a comparative analysis of the efficiency between a bus lane and a mixed traffic lane located on the same road. Upon verifying that with a share of about 4% of the vehicles present on the traffic flow, the buses are responsible for transporting 39,06% to 49,51% of the passengers, it becomes evident the urgency to rethink the way space is prioritized on our cities as well as intensify the debate over this subject.

1. INTRODUÇÃO

O ônibus surgiu como modo preferencial de transporte coletivo em substituição aos bondes, que no início do século XX foram incapazes de acompanhar o crescimento das metrópoles (Brasileiro *et al*., 2003, pg 22). Essa substituição se deu principalmente por que o novo modo era mais veloz. Embora alguns aspectos do sistema ainda sirvam de modelo para outros países, o sistema tem enfrentado dificuldades ao permanecer com uma demanda decrescente nos últimos anos (Santos e Aragão, 2004). Parte dessa perda está relacionada ao aumento do tempo de deslocamento em virtude dos altos índices de congestionamento.

Enrique Peñalosa (2016) argumenta que "se todos cidadãos são iguais, então alguém caminhando ou de bicicleta tem direito à mesma quantidade de espaço na via que alguém em um carro de luxo e um ônibus com 150 passageiros tem direito a 150 vezes mais espaço que um carro com um só" (Peñalosa, 2016).

Essa assertiva não é realidade em grande parte das cidades em desenvolvimento. O espaço viário é ocupado de maneira desigual quando se considera a proporção destinada a veículos de uso individual e coletivo. Na cidade do Recife, em 2012, 45,61% das viagens eram realizadas através do transporte coletivo, frente a 31,14% por transporte individual (PROGRAMA CIDADES SUSTENTÁVEIS, 2012). Apesar disso, pode-se observar uma enorme discrepância na composição da frota de veículos que circulam nas vias da capital pernambucana, onde 3.984 ônibus disputam espaço com 387.666 automóveis particulares (DENATRAN, 2017).

Em vigor desde 2012, a Política Nacional da Mobilidade Urbana, Lei 12.587/2012 determina que Poder Público deve priorizar o transporte público e ativo (BRASIL, 2012). Entretanto,

muitas vezes essa determinação é desrespeitada pelo poder local que fornece fortes incentivos ao uso do transporte individual (BRITO, 2014). Tais decisões trazem como consequência o agravamento das condições de (i)mobilidade urbana, impactando a qualidade de vida das pessoas e o desenvolvimento econômico da cidade.

Diante deste cenário, surge a necessidade de realizar estudos que sirvam de base teórica para a revisão do uso do espaço viário e para a promoção da priorização do transporte coletivo nas cidades. Assim, esse trabalho se propõe a medir a eficiência comparativa de um corredor exclusivo de ônibus quando comparado às faixas de uso misto onde predomina o transporte individual. Visa-se fundamentar a pressão ao poder público pela inserção de mais corredores exclusivos.

Este artigo está estruturado em quatro seções incluindo esta introdução. Na Seção 2 são abordados conceitos de faixas exclusivas de ônibus e BRS (Bus Rapid System). A seguir, a Seção 3 traz a metodologia do estudo realizado, com detalhamento do objeto de estudo e das pesquisas de tráfego, aplicado a um corredor na Zona Norte do Recife. A Seção 4 discorre sobre o planejamento da pesquisa. A Seção 5 analisa os resultados do trabalho. Por fim, a Seção 6 tece as considerações finais e traz recomendações para trabalhos futuros.

2. FAIXAS EXCLUSIVAS DE ÔNIBUS E BRS

Diante do contexto atual das grandes cidades, que enfrentam graves problemas relacionados à mobilidade urbana e suas consequências diretas, surgiu o conceito do Bus Rapid System, ou Serviço Rápido de Ônibus. O BRS consiste num amplo sistema que engloba, além da implementação da separação física do tráfego de ônibus dos demais veículos, a racionalização das linhas e pontos de parada existentes, implementação de mecanismos de fiscalização além da formulação de um sistema eficiente e de fácil acesso a informação para os usuários (FETRANSPOR, 2013).

O sistema BRS, através das faixas exclusivas, não só atende as diretrizes fundamentais estabelecidas pela Secretaria Nacional de Transporte e da Mobilidade Urbana (SeMob), para a priorização da circulação do transporte coletivo sobre o individual, como também é visto como uma solução de baixo custo e facilidade de implementação e operação (FETRANSPOR 2013).

O sistema BRS propõe a priorização do transporte coletivo através da separação parcial do fluxo de tráfego. Isto significa que, apesar de priorizar o ônibus, as faixas também permitem o fluxo de outros veículos sob determinadas condições.

Dentre os principais elementos das faixas pode-se destacar: a) sinalização horizontal, delimitam fisicamente o espaço destinado à faixa exclusiva, normalmente são utilizadas faixas contínuas na coloração azul. As faixas não-contínuas são utilizadas nos trechos onde é permitida a circulação de outros tipos de veículo, como por exemplo em áreas onde ocorre a conversão à direita, b) sinalização vertical: além de indicar a restrição do uso da faixa também oferece informações como os dias e horários de funcionamento; c) instrumentos de fiscalização: podem ser instalados dispositivos eletrônicos capazes de detectar a presença de veículos não autorizados na faixa, prosseguindo para a identificação e autuação; d) recuos: espaços na via destinados ao embarque e desembarque de passageiros, são projetados para reduzir o impacto deste tipo de parada no fluxo dos demais veículos.

3. CONTEXTO DA CIDADE DO RECIFE

Com uma população, estimada para 2016, em 1,6 milhões de habitantes e uma área de 218,4 km², Recife apresenta uma densidade demográfica urbana na ordem de 7.039 habitantes por quilômetro quadrado. Sua Região Metropolitana é composta de 14 municípios que congregam 4 milhões de habitantes, a sexta mais populosa do país (IBGE, 2017).

Desde 1991, Recife é apontada como a capital com maior índice de desigualdade do país (Pascoal, 2017). O salário médio mensal era, em 2014, de 3,3 salários mínimos. Considerando domicílios com rendimentos mensais de até meio salário mínimo por pessoa, 38.1% da população encontravam-se nessas condições (IBGE, 2017).

Isso se reflete em um alto índice de dependência do transporte público por parte da população. De acordo com a pesquisa origem-destino de 2016, Recife possui 51% dos deslocamentos via transporte público, dos quais 86% por ônibus. Carros correspondem a 31% dos deslocamentos, caminhada 8%, motocicleta 5%, bicicleta 4% e táxi 1% (ICPS, 2017).

Quanto ao sistema, a RMR conta com uma frota cadastrada de 3.417 ônibus, com 24 terminais integrados que permitem a troca de ônibus entre os 14 municípios, tendo atendido a 358.781.367 passageiros em 2016 (Grande Recife). Existe um sistema de metrô com duas linhas (Centro e Sul) com 71 km e 37 estações, transportando cerca de 8,9 milhões de passageiros ao mês (CBTU, 2016). O sistema de BRT é composto por dois corredores Norte-Sul, com 32,8 km atendendo a 56 mil usuários/dia e Leste-Oeste, com 14,8 km, atendendo a 65 mil usuários dia (ITDP, 2017). A rede cicloviária é composta de 38,8 km (IEMA, 2017).

As condições de trânsito na cidade são debilitadas. De acordo com o índice TomTom (2016) Recife é a terceira cidade mais congestionada do Brasil, com 37% a mais de tempo de viagem em virtude dos congestionamentos. Esse acréscimo significa 38 minutos de viagem a mais por dia, o que em um ano se traduz em 145 horas perdidas.

Ainda assim, o governo insiste em priorizar obras destinadas ao uso exclusivo do transporte individual privado, como pode ser visto na conclusão da Via Mangue, uma via expressa de 4,75 km, exclusiva para automóveis, cujo custo estimado excedia o custo de implantação de 45 km dos dois corredores de BRT que seguem inacabados (Lima, 2016).

3.1. Objeto de estudo

A rua Real da Torre é uma via de sentido único que percorre os bairros da Torre e Madalena, sendo de grande importância na ligação da zona norte com a zone oeste e centro da cidade do Recife. Trata-se de uma via com quatro faixas de rolamento em sentido único, sendo uma exclusiva para ônibus e táxis credenciados por onde passam, segundo informações do Grande Recife Consórcio de Transporte, 34 linhas de ônibus.

No ano de 2015, duas grandes intervenções foram entregues nessa via. A primeira delas, no mês de abril, foi túnel da abolição (JC Trânsito, 2015), obra que fazia parte do pacote de mobilidade para a copa do mundo de 2014 e que compõe o chamado corredor leste/oeste. Já em agosto foi implementada a faixa exclusiva de ônibus da via (Globo Nordeste, 2015), que opera de segunda a sexta-feira, das 6h às 22h e percorre um trecho de 1,4 km de extensão.

A via atravessa uma região onde o solo é ocupado tanto por densas áreas residenciais como também grandes centros comerciais, como o supermercado Carrefour, Atacado dos Presentes além do tradicional Mercado da Madalena, apresentando também grande quantidade de pequenos estabelecimentos comerciais e de serviços.

3.2. Pesquisas de tráfego

Este trabalho tem por objetivo verificar os ganhos de eficiência com a implementação de uma faixa exclusiva para ônibus. Assim, visando um maior embasamento para o estudo, e considerando os recursos disponíveis, como o tempo, pessoal e equipamentos, foram desenvolvidas três pesquisas de levantamento de dados, descritas a seguir.

a) Contagem volumétrica: visam determinar a quantidade, o sentido e a composição do fluxo de veículos que passam por um ou vários pontos selecionados do sistema viário, numa determinada unidade de tempo (DNIT, 2008).

b) Pesquisa de velocidade e retardamento: têm como objetivo aferir a facilidade e/ou dificuldade que o tráfego enfrenta ao percorrer determinada via (CET). A partir desta metodologia obtém-se indiretamente a velocidade média no espaço, resultado da divisão da distância percorrida pelo tempo gasto sem desconsiderar o tempo em que o veículo esteve parado.

c) Estimativa de ocupação: tem como objetivo conhecer o número de pessoas que estão sendo transportadas pelos veículos da via, em média. Segundo o DNIT (2008), as informações obtidas através deste estudo são de grande importância na avaliação da eficiência do transporte coletivo e particular.

4. METODOLOGIA

A avaliação do desempenho da faixa azul da Rua Real da Torre foi realizada através da aplicação de três metodologias de levantamento de dados: contagem volumétrica, velocidade e retardamento e estimativa de ocupação. Os recursos disponíveis de pessoal e equipamentos limitarão os estudos aos horários de pico da manhã, que compreende das 6h30 às 9h00 e tarde, das 17h00 às 19h30.

O DNIT (2008), sugere que locais onde os veículos são obrigados a parar ou reduzir a velocidade, como cruzamentos controlados por semáforo, apresentam melhores condições para a realização das contagens. Assim, o cruzamento da rua Real da Torre com a rua José Osório (Figura 1), foi escolhido como localização da seção para realização as contagens, feitas por observadores munidos de fichas para transcrição de dados.



Figura 1: Detalhe da interseção escolhida para realização das pesquisas de tráfego

As contagens volumétricas foram realizadas em dois dias nos horários estabelecidos, como caráter classificatório, os veículos observados foram divididos em veículos de passeio, ônibus e caminhões. O registro dos dados feito com o auxílio de fichas de pesquisa formuladas a partir das orientações do manual de estudos de tráfego do DNIT (2008), e adaptadas para este trabalho.

Para as pesquisas de velocidade e retardamento utilizou-se veículos-teste que percorreram o trecho que contempla o início da faixa azul em estudo, na rua José Bonifácio, até o cruzamento da rua Real da Torre com a rua José Osório, totalizando um percurso de 1,4 km (Figura 2). Com o objetivo de estabelecer uma análise comparativa entre as diferentes faixas, os pesquisadores percorreram o trecho a bordo de um ônibus de linha e também utilizando um veículo de passeio. Para a amostra deste trabalho foram feitas três viagens utilizando os dois veículos em cada horário de pico, totalizando doze viagens.



Figura 2: Trajeto da faixa exclusiva de ônibus da rua Real da Torre

Já as pesquisas de ocupação foram realizadas novamente nos horários de pico com o auxílio de fichas de pesquisa, onde para os veículos de passeio é registrado o número de ocupantes enquanto que os veículos de transporte coletivo serão divididos de acordo com a classe de ocupação, conforme orientações do DNIT (2008).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As pesquisas indicam que a rua Real da torre apresenta em geral um fluxo de veículos relativamente equilibrado em ambos os horários de pico pesquisados, como possíveis razões deste cenário temos o uso variado do solo na região e o papel da via de conectar as zonas norte e oeste da cidade. No entanto, é possível observar diferentes condições de fluxos nos dois horários, conforme os resultados apresentados a seguir.

5.1. Pesquisas de Volume

As Tabelas 1 e 2 apresentam os volumes registrados nas quatro faixas da rua Real da Torre, contabilizados em intervalos de 15 minutos, em cada um dos horários estudados, já o quadro 3 mostra os valores médios resultantes. Durante as contagens volumétricas não houve distinção entre as faixas, o volume de motos também não foi contabilizado.

Tabela 1: Resultados da pesquisa de volume no turno da manhã

Data: 08/11/2016			Data: 21/11/2016		
Carro	Ônibus	Caminhão	Carro	Ônibus	Caminhão
407	20	13	377	15	9
451	19	13	434	15	15
367	13	10	460	18	11
407	11	6	411	12	6
387	7	5	437	12	14
411	10	7	433	9	8
2430	80	54	2552	81	63

Tabela 2: Resultados da pesquisa de volume no turno da tarde

Data: 08/11/2016			Data: 21/11/2016		
Carro	Ônibus	Caminhão	Carro	Ônibus	Caminhão
327	15	8	406	24	7
406	12	6	360	10	2
395	14	3	411	13	3
439	14	5	420	12	4
383	15	3	351	17	0
367	15	2	408	12	3
2317	85	27	2356	88	19

Tabela 3: Valores médios dos resultados da pesquisa de volume

Turno: Manhã			Turno: Noite		
Carro	Ônibus	Caminhão	Carro	Ônibus	Caminhão
392	17.5	11	366.5	19.5	7.5
442.5	17	14	383	11	4
413.5	15.5	10.5	403	13.5	3
409	11.5	6	429.5	13	4.5
412	9.5	9.5	367	16	1.5
422	9.5	7.5	387.5	13.5	2.5
2491	81	59	2337	87	23

Percebe-se que enquanto os volumes de veículos particulares e ônibus apresentam valores relativamente aproximados nos horários estudados. Por outro lado, após o final do horário comercial, o fluxo de caminhões diminui sensivelmente. Apesar de representar apenas cerca de 2,2% do volume da via (considerando os valores médios), a redução no número de grandes veículos circulando pode ser umas das causas que contribuem para a melhora nas condições

de fluxo no turno da noite, quando a proporção perante os total de veículos cai para 0,9%, conforme será apresentado adiante.

5.2. Pesquisas de velocidade média

As tabelas 4 e 5 apresentam os resultados obtidos na pesquisa de velocidade média.

Tabela 4: Resultados da pesquisa de velocidade média dos ônibus

Turno	Tempo de Percurso	Tempo parado	Vel. Média (km/h)
Manhã	00:06:08	00:03:06	13.70
Manhã	00:07:36	00:02:49	11.05
Manhã	00:05:58	00:01:17	14.08
Média	00:06:34	00:02:24	12.94
Tarde	00:06:18	00:01:24	13.33
Tarde	00:04:58	00:01:35	16.91
Tarde	00:06:24	00:02:49	13.13
Média	00:05:53	00:01:56	14.46

Tabela 5: Resultados da pesquisa de velocidade média dos carros

Turno	Tempo de Percurso	Tempo parado	Vel. Média (km/h)
Manhã	00:14:31	00:09:30	5.79
Manhã	00:14:05	00:09:30	5.96
Manhã	00:09:47	00:05:45	8.59
Média	00:12:48	00:08:15	6.78
Tarde	00:03:38	00:01:00	23.12
Tarde	00:03:34	00:00:58	23.55
Tarde	00:05:20	00:02:17	15.75
Média	00:04:11	00:01:25	20.81

A partir destes resultados podemos ter uma percepção do comportamento da via ao longo do dia. O registro das velocidades indica que as piores condições de tráfego ocorrem no período da manhã, onde os carros registram média de velocidade de 6,78 km/h, já no período da noite, apesar de apresentar volumes semelhantes, os carros conseguem percorrer a via com velocidade média de 20,81 km/h. Pode-se atribuir este fenômeno ao movimento pendular dos usuários, que passam a utilizar as vias adjacentes, que possuem sentido inverso, após o horário de trabalho.

Apesar deste estudo não possuir acesso aos dados referentes a velocidade média antes da implementação da faixa exclusiva de ônibus, pode-se inferir que esta solução permitiu aos veículos de transporte coletivo apresentar um desempenho regular em ambos os períodos de pico. BENITES (2014), conclui, em seu estudo, que uma troca modal de 20% do transporte particular para o público pode representar um ganho de até 200% na velocidade deste último em vias exclusivas, sem provocar impactos negativos no desempenho do primeiro. Durante a

manhã os ônibus conseguem percorrer a via mais rapidamente do que os carros, atingindo uma velocidade média de 12,94 km/h, este resultado melhora no período da tarde, onde os veículos circulam a 20,81 km/h, em média. Uma justificativa para o desempenho inferior dos coletivos em relação aos carros durante a noite é a maior necessidade de paradas para servir passageiros, enquanto os carros encontram um fluxo livre, parando somente quando solicitados pelos semáforos.

5.3. Pesquisas de ocupação

Enquanto os veículos particulares enfrentam grandes variações nas velocidades desempenhadas durante os horários de pico, quando consideramos a ocupação média é a vez dos ônibus apresentarem maiores flutuações. Primeiramente, é pertinente destacar que, para o pico da noite, ao mesmo tempo em que as condições de fluxo melhoram em comparação com a manhã, temos também um aumento significativo no número de pessoas circulantes na via, graças a ocupação média dos veículos. Neste período, em média, cada carro transporta em média 1,37 pessoas, 10,48% a mais do que o observado no pico da manhã. Já os ônibus registram um crescimento de 63,86%, passando dos 21,92 pessoas/veículo para 35,95 pessoas/veículo na mesma comparação (Tabelas 6 e 7).

Tabela 6: Resultados da pesquisa de ocupação dos ônibus

Turno: Manhã				Turno: Tarde			
Veículo: Ônibus	Veículos contados	Num. passageiros	Índice de ocupação	Veículo: Ônibus	Veículos contados	Num. passageiros	Índice de ocupação
Dia 1	62	1360	21.94	Dia 1	67	2730	40.75
Dia 2	79	1730	21.90	Dia 2	69	2150	31.16
Média	71	1545	21.92	Média	68	2440	35.95

Tabela 7: Resultados da pesquisa de ocupação dos carros

Turno: Manhã				Turno: Tarde			
Veículo: Carro	Veículos contados	Num. passageiros	Índice de ocupação	Veículo: Carro	Veículos contados	Num. passageiros	Índice de ocupação
Dia 1	1711	2058	1.20	Dia 1	1671	2344	1.40
Dia 2	2169	2763	1.27	Dia 2	1973	2632	1.33
Média	1940	2411	1.24	Média	1822	2488	1.37

Aqui, pode-se fazer duas análises da eficiência do sistema de transportes da rua Real da Torre. Primeiramente, considerando os veículos, apesar da divergência no tamanho da amostra colhida nas pesquisas, pode-se afirmar que o volume de ônibus representa menos de 4% do volume total de veículos circulantes na via, em todas as situações estudadas. Entretanto, este modal é responsável por transportar 39,06% das pessoas que utilizam a via durante o período da manhã, e 49,51% das que circulam no período da tarde.

Considerando agora o espaço disponível na via, 25% é destinado ao transporte público e o restante permite o tráfego misto. Se considerarmos que as faixas normais apresentam volume equilibrado de tráfego, podemos concluir que, ao compararmos individualmente, a faixa exclusiva de ônibus apresenta uma eficiência 1,92 vezes maior do que uma faixa normal no período da manhã, quando consideramos o número de pessoas transportadas, e 2,94 vezes no período da tarde (Figuras 3 e 4).

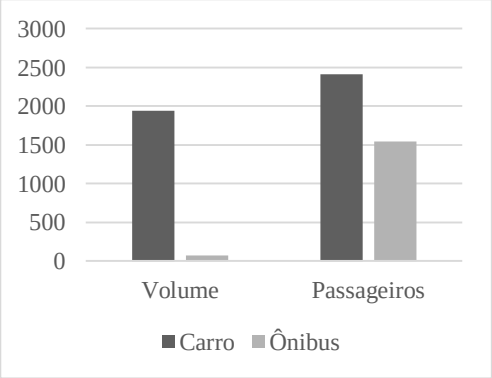


Figura 3: Estudo de eficiência das faixas no turno da manhã

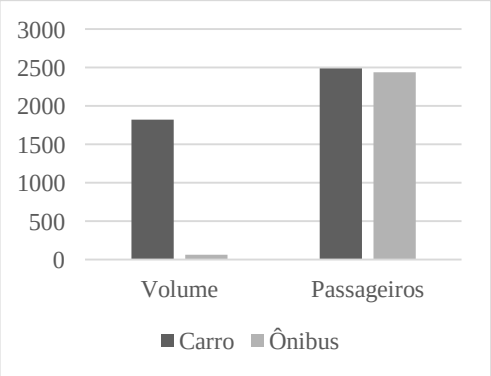


Figura 4: Estudo de eficiência das faixas no turno da tarde

6. CONCLUSÃO

Frente aos graves problemas enfrentados diariamente pelos usuários do transporte público nas cidades brasileiras, percebe-se a importância da realização de estudos que visam atestar os benefícios entregues à população com a implementação de soluções que favorecem esse sistema de transportes, medidas estas que comumente sofrem rejeição por parte dos usuários dos diferentes sistemas.

No caso da rua Real da Torre, a implementação da faixa exclusiva garante aos seus usuários, que são maioria proporcional, um serviço de melhor qualidade e confiabilidade, contribuindo para a democratização do transporte na cidade. Apesar do desempenho positivo da faixa exclusiva, algumas observações são pertinentes, e poderiam contribuir para a melhoria do serviço na região.

Primeiramente, as pesquisas sugerem que as demandas pelo transporte coletivo variam consideravelmente no decorrer do dia, durante o período da manhã, a ocupação média registrada nos coletivos foi de 21,92 pessoas, ou seja, foram encontrados muitos veículos circulando vazios ou muito aquém da sua capacidade. Aqui, entramos nos processos de identificação e racionalização das linhas, sugeridos pelo FETRANSPOR (2013), em seu manual. Talvez seja possível otimizar os horários e frequências das linhas de maneira a melhorar a ocupação média dos veículos, contribuindo, assim, para a redução do volume na faixa e, consequentemente, com o aumento das velocidades médias, já que os ônibus passariam a enfrentar menos congestionamentos nas paradas.

Outro ponto negativo observado foi um grande volume de veículos não autorizados circulando na faixa exclusiva, mesmo sem a intenção de fazer um giro à direita, resultando em constantes conflitos com os ônibus. Uma possível causa para esses eventos é a fiscalização

deficiente ou até mesmo inexistente em alguns trechos da via. Xinchen Ye e Wanjing Ma (2013) sugerem, em seu estudo, que é possível mitigar os atrasos provocados pelos movimentos de giro à direita através do adequado dimensionamento dos trechos onde os veículos são autorizados a utilizar a faixa exclusiva, através de simulações baseadas nos dados da via.

A priorização do transporte coletivo é uma diretriz mundialmente defendida por planejadores de transportes, no Recife, a experiência com as faixas exclusivas mostra que é possível beneficiar um número considerável de pessoas adotando soluções simples e de baixo custo, sendo notável o caso da faixa exclusiva da avenida Domingos Ferreira, onde os ônibus apresentaram um aumento de velocidade média de 50% após sua instalação (RECIFE. Prefeitura Municipal, 2014). No entanto, percebe-se que os resultados obtidos até o momento são demasiado tímidos visto que atualmente de todas as vias por onde circulam ônibus no Recife, apenas 5% contam com faixas exclusivas (IEMA, 2016), o que mostra que a divulgação de resultados como esses são imprescindíveis para a quebra de paradigmas, e apontam para um futuro mais sustentável e socialmente inclusivo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRAWAL, A. W.; GOLDMAN, T. e HANNAFORD, N. (2012) Shared-use bus priority lanes on city streets: Case studies in design and management. Mineta Transportation Institute. San José.

SANTOS, E.; ARAGÃO, J. (2004) Transporte em Tempos de Reforma, Estudos sobre o transporte Urbano. 2ª. Edição revista. Natal- RN. EDUFRN.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES URBANOS (2013) Faixas exclusivas de ônibus – Experiências de sucesso. Distrito Federal, 2013. 38 p.

BRASIL (2007) Ministério das cidades. PlanMob – Construindo a cidade sustentável. Brasília. 184 p.

BRASILEIRO, et al. (2003) Viação Ilimitada. O onibus nas cidades brasileiras. Ed. Cultura. São Paulo.

CBTU. Relatórios anuais. Disponível em: <http://www.cbtu.gov.br/index.php/pt/quem-somos/relatorios>. Acesso em 08/06/2017

CBTU. Sistemas: Recife. Disponível em: <http://www.cbtu.gov.br/index.php/pt/sistemas-cbtu/recife>. Acesso em: 08/06/2017.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (2006) Manual de estudos de tráfego. Rio de Janeiro. 384 p. (IPR. Publ., 723)

DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO Relatórios Estatísticos. Disponível em: <http://www.denatran.gov.br/index.php/estatistica/610-frota-2017>. Acesso em: 06/07/2017.

FEDERAÇÃO DAS EMPRESAS DE TRANSPORTES DE PASSAGEIROS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO (2013) Manual de implementação BRS – Bus Rapid Service. Rio de Janeiro. 56 p.

GRANDE RECIFE CONSÓRCIO DE TRANSPORTE. Consulta logradouro x linha. Disponível em: <http://200.238.84.28/site/consulta/itinerarios_linhas_logradouro.asp>. Acesso em: 22/11/2016.

IBGE (2017) IBGE Cidades, Panorama, Recife. Disponível em : <https://cidades.ibge.gov.br/v4/brasil/pe/recife/panorama>. Acesso em: 03/06/2017.

ITDP (2017) Sistema de BRT Via Livre: Avaliação de Resultados e Recomendação de Melhorias. Recife-Pe. (no prelo).

Lima, J. H. (2016) Transporte, velocidade efetiva e inclusão social: um estudo para o Recife. Dissetação de Mestrado. UFPE. 2016.

MIRANDA, H. F. et al. (2016) Diagnóstico da mobilidade urbana: Recife. Instituto de Energia e Meio Ambiente. São Paulo.

PARADEDA, D. B.; JUNIOR, W. K. e CARLSON, R. C. (2014) Implantação de faixas exclusivas para ônibus - efeito da troca modal no tráfego de automóveis. Florianópolis.

PERNAMBUCO. Departamento Estadual de Trânsito. Estatísticas atuais. Disponível em: <http://www.detran.pe.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=36&Itemid=72>. Acesso em: 26/11/2016.

RECIFE. (2014) Velocidade dos ônibus é elevada em 50% na Faixa Azul da Domingos Ferreira. Recife. Disponível em: <http://www2.recife.pe.gov.br/noticias/18/06/2014/velocidade-dos-onibus-e-elevada-em-50-na-faixa-azul-da-domingos-ferreira>. Acesso em: 22/11/2016.

Pascoal, J. V (2017) As cidades dentro do Recife - a capital da desigualdade. Diario de Pernambuco. Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=7Vn_2PNAKVU>. Acesso em: 03/06/2017.

Programa Cidades Sustentáveis. Indicadores da cidade do Recife, Pernambuco. Disponível em: <http://indicadores.cidadessustentaveis.org.br/br/PE/recife/indicadores>. Acesso em: 25/09/2016.

(2015) Recife terá faixa azul na Rua Real da Torre, Zona Norte, a partir da segunda. Globo Nordeste. Recife. Disponível em: <http://g1.globo.com/pernambuco/noticia/2015/08/recife-tera-faixa-azul-na-rua-real-da-torre-zona-norte-partir-da-segunda.html>. Acesso em: 22/11/2016.

RECIFE (2008) Lei nº 17.511 de 2008. Plano Diretor do Município do Recife, Recife, p. 8-9.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria Municipal dos Transportes. Pesquisa de levantamento de tráfego – Parte 1. São Paulo. 160 p. Disponível em: <http://www.cetsp.com.br/consultas/publicacoes/boletins-tecnicos.aspx>. Acesso em: 22/11/2016.

Tomtom (2016) índice de tráfego – Recife. Disponível em: https://www.tomtom.com/en_gb/trafficindex/city/recife Acesso em: 03/06/2017.

YE, Xinchen; MA, Wanjing. Influence of Access Traffic on the Operational Efficiencies of Bus Lane and Main Road. Shanghai: Elsevier Ltd, 2013.

VARIÁVEIS INTERVENIENTES AO SERVIÇO DE TRANSPORTE COLETIVO URBANO POR ÔNIBUS NO BRASIL

Vanessa Teresinha Alves
Márcia Elisa Echeveste
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Transporte

RESUMO
Esta pesquisa parte do reconhecimento da essencialidade dos serviços públicos, em especial aos serviços de transporte coletivo urbano no Brasil, porque, problemas de transporte apresentam-se de forma distinta em todos os países do mundo, mas tornam-se particularmente cruciais nos países em desenvolvimento. Neste contexto, o presente trabalho busca mapear as variáveis intervenientes ao serviço de transporte coletivo urbano no Brasil. Para atingir esse objetivo, foi realizada uma revisão sistemática da literatura sobre a produção e prestação do serviço de transporte coletivo urbano. Os resultados mostram que existem vinte e uma variáveis intervenientes ao serviço de transporte coletivo urbano no Brasil, divididas em três grupos: mercado, ambiente e operação.

ABSTRACT
This research is based on the recognition of the essentiality of public services, especially urban public transport services in Brazil, because transportation problems are different in all countries of the world, but they are particularly crucial in developing countries. In this context, the present work seeks to map the intervening variables to urban collective transportation service in Brazil. To achieve this objective, a systematic review of the literature on the production and delivery of urban public transport service was carried out. The results show that there are twenty-one variables involved in urban collective transportation service in Brazil, divided into three groups: market, environment and operation.

1. INTRODUÇÃO

Problemas de transporte apresentam-se de forma distinta em todos os países do mundo, mas, tornam-se particularmente cruciais nos países em desenvolvimento (AMOUZOU, 2000). No Brasil, o crescente desenvolvimento urbano, acompanhado pelo surgimento de novas comunidades, em regiões periféricas, culminou com o aumento das necessidades de deslocamentos da população para acessar os mais diversos pontos de interesse, entre eles: escolas, hospitais, centros administrativos e serviços públicos em geral (LU e PAS, 1999; ZMUD, 2010; CAMPOS, 2006).

A cidade é um organismo que depende do movimento de pessoas e cargas para oxigenar sua vida. Todavia, como a prestação de serviços não se trata de um bem físico, mas de um conjunto de atividades ou processos, cujo consumo acontece, simultaneamente à própria produção (ALVES, 2012), a sua condução e gerenciamento tem como principal necessidade, compreender como o transporte coletivo deve ser gerenciado (BODMER, 2012). Os transportes coletivos urbanos e a infraestrutura representam uma parte integrante de uma cidade e o serviço de transporte prestado é totalmente influenciado pelo ambiente urbano (BODMER e MARTINS, 2009). Mas esta circulação essencial, se mal executada, pode comprometer a qualidade da vida urbana (LINDAU, 2014). Considerando esta tendência, as questões envolvendo o transporte urbano são de importância primordial para suportar os requisitos de mobilidade de passageiros nas grandes aglomerações urbanas (ONATERE, NWAGBOSO e GEORGAKIS, 2014). Se o principal objetivo da mobilidade urbana é o de ganhar acesso a destinos, atividades, bens e serviços, esse conceito requer um salto quando comparado com a realidade atual das maiores cidades latinas.
Para se atingir os ideais de sustentabilidade urbana, se faz necessário, ações e projetos que

respeitem e priorizem no espaço urbano, o transporte coletivo e os meios não motorizados de deslocamento (DOWNS, 2004; ROJAS PARRA, 2006; BORCHARDT *et al.* 2007). Destaca-se que o direito à cidade está muito longe da liberdade individual de acesso a recursos urbanos: é um direito comum antes de individual um dos mais preciosos e descuidados direitos humanos. A transformação urbana envolve gestão e planejamento. Esta pesquisa parte do reconhecimento da essencialidade dos serviços públicos, em especial aos serviços de transporte coletivo e o objetivo principal centra em mapear os fatores que influenciam a produção e prestação do serviço de transporte coletivo urbano por ônibus no Brasil. Esse reconhecimento pode cooperar com o processo de planejamento da qualidade do transporte coletivo urbano por ônibus e adequação destes serviços às suas demandas, e é, neste cenário onde o desenvolvimento de um sistema de transporte sustentável enfrenta os maiores desafios (BODMER, 2012). Esse objetivo é alcançado através de uma revisão sistemática da literatura.

Este artigo está estruturado da seguinte forma: em primeiro lugar, uma breve descrição sobre a qualidade do serviço de transporte é apresentado na seção 2; os procedimentos metodológicos utilizados na revisão sistemática da literatura são descritos na seção 3; os resultados da revisão sistemática da literatura sobre os fatores intervenientes a produção e prestação do serviço de transporte coletivo urbano são expostos na seção 4; finalmente, uma lista consolidada dos fatores intervenientes é proposta na seção 5; e, por fim, conclusões são apresentadas na seção 6.

2. QUALIDADE

A qualidade do serviço depende inicialmente, e em grande medida, das decisões operacionais feitas por um sistema de transporte dentro dos limites de seu orçamento, em especial as decisões sobre onde deve ser fornecido serviço de trânsito, quantas vezes e quanto tempo (TCRP, 2003). Visto isto sob o aspecto de como a empresa opera o sistema a partir das definições do órgão gestor, Lima Jr. (1995) conceituou a qualidade de serviços de transporte como aquela percebida pelos usuários e demais interessados e construída de forma comparativa perante as demais alternativas disponíveis. O alto desempenho está diretamente relacionado à competência que a organização tem de satisfazer as necessidades dos seus clientes.

Ceder (2007) afirma que o serviço de transporte corresponde a uma desutilidade econômica – uma vez que quanto maior o seu tempo de uso, menor será a utilidade para o usuário – a oferta de um serviço contínuo, com frequência determinada e itinerários definidos, é requisito necessário para manter e atrair clientes usuários aos sistemas de transporte coletivo. Uma apreciação histórica da evolução das técnicas de gestão explana a busca sempre crescente por melhor qualidade e maior produtividade utilizando menos recursos (PARASURAMAN, ZEITHAML e BERRY, 1985; LANJOUW e SCHANKERMAN, 2004), a qual comprova a indústria como protagonista da inovação e o setor de serviços, em geral, como seguidor (RIBEIRO NETO, 2013). Para Hill e Jones (2009) o valor criado por uma empresa é encontrado através da diferença entre o custo da transformação dos insumos em produtos ou serviços e o valor atribuído pelo consumidor. Conscientes de que a criação de valor em um grau superior não exige necessariamente que uma empresa tenha a estrutura de custos baixos que obrigatoriamente crie um produto valioso aos olhos dos clientes, mas exige que a diferença entre o valor percebido e o custo de produção seja maior que a diferença obtida pelos consumidores (PORTES, 2008). Essa relação é essencial para aquilo que a gestão define como a obtenção da vantagem competitiva. A estratégia básica para a criação de valor e

obtenção desta vantagem está em diferenciar seus serviços (MAGNUSSON, 2003; TETHER, 2005, DJELLAL e GALLOUJ, 2007; FITZSIMMONS *et al.* 2014), e os elementos essenciais para esta obtenção podem estar acondicionadas à qualidade, eficiência e inovação superior. A inovação pode ser percebida como um fator determinante para a competitividade e para o desenvolvimento de organizações, setores, regiões e nações (NASCIMENTO, MENDONÇA e CUNHA, 2012). Como a principal intenção está em relacionada a oferta e realização de um serviço de qualidade para os clientes do sistema de transporte coletivo urbano por ônibus, entende-se que há oportunidade de criar valor através de melhorias significativas. Essas melhorias estão relacionadas à forma como este serviço é planejado, através dos diversos processos correlacionados para que funcionamento do sistema aconteça.

3. MÉTODO DE INVESTIGAÇÃO

Para reconhecer além daquilo que está no nível do problema e agregar evidências de pesquisa para guiar o planejamento e a prestação do serviço de transporte, o presente trabalho buscou identificar os fatores intervenientes ao serviço de transporte coletivo por ônibus através de uma revisão sistemática da literatura. As revisões sistemáticas são caracterizadas por uma abordagem planejada e estruturada, sendo utilizadas, para analisar a produção acadêmica publicada através de métodos organizados e replicáveis (TRANFIELD *et al.* 2003; JONES, 2004). Neste trabalho, a revisão sistemática seguiu um esquema de cinco etapas, está representada pela figura 1 e foi baseado nas recomendações de Tranfield *et al.* (2003), Jones (2004), Saur Amaral (2010) que incluiu: (i) demarcação do problema; (ii) seleção da base de dados; (iii) escolha dos estudos; (iv) validação e (vi) síntese dos dados.

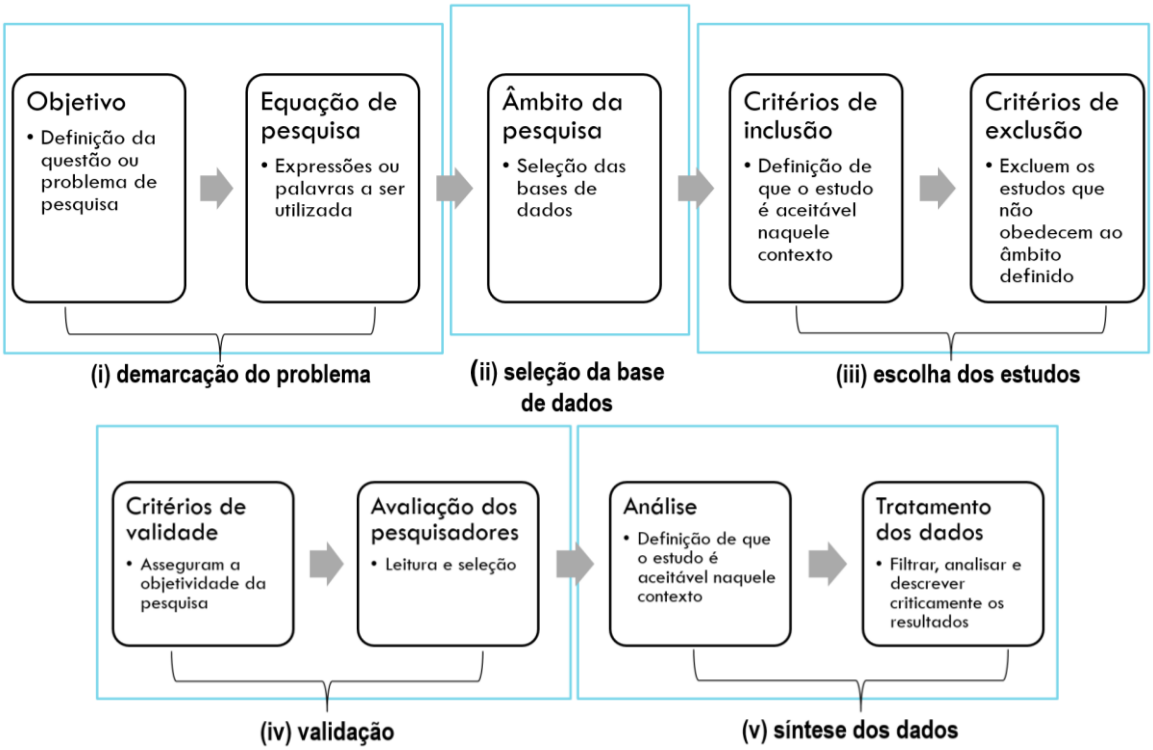


Figura 1: Descrição sobre o processo de revisão sistemática da literatura.

Inicialmente e alinhado com o objetivo, buscou-se compreender a estrutura existente e identificar os fatores intervenientes do sistema de transporte coletivo urbano, com especial ênfase, nos possíveis impactos causados por eles sobre o desempenho na produção e prestação do respectivo serviço. Apresentando de forma clara o objetivo norteador da pesquisa, as bases

de dados foram definidas em sequência. A fase de seleção contemplou a aglomeração de um vasto conjunto de publicações nas áreas de Gestão, Transporte e Engenharia. Como critério, considerou-se a indexação feita pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) e o alinhamento entre o foco declarado e o alcance de cada publicação com o escopo da pesquisa. Deste modo, um total de três bases de dados foi consultado: Science *Direct, Emerald Insight e Scopus*. Para a próxima etapa, foi realizada uma pesquisa com a seguinte combinação de palavras-chave: "produção e prestação de serviço de transporte coletivo urbano". A combinação de palavras-chave foi usada como critério de seleção para título, palavras-chave e resumo. O tipo de documento incluído na pesquisa foi "artigos", e prazos foram estabelecidos entre os anos de 1990 até 2015. Dessa forma, a primeira pesquisa não identificou publicações. Pesquisas adicionais foram realizadas com outras combinações de palavras-chave, sequencialmente: "fornecimento de serviços de transporte coletivo urbano", "planejamento e operação de transporte coletivo urbano", "planejamento da qualidade no transporte público urbano" e "gestão da qualidade do transporte coletivo urbano", utilizando os termos na língua inglesa. As pesquisas adicionais produziram um total de 525 trabalhos, conforme representado pela Tabela 1. Os artigos prospectados foram exportados para o software Mendeley, permitindo que artigos duplicados fossem removidos e a visualização título, autor, local de publicação e ano dos artigos.

Tabela 1: Base de dados e resultados da pesquisa.

Base de dados / **Palavras-chaves**	*Science Direct*	*Emerald Insight*	*Scopus*	**Total de Resultados**
Busca 2	41	17	104	**162**
Busca 3	36	9	1	**46**
Busca 4	27	2	71	**100**
Busca 5	119	24	74	**217**
Total por base de dados	**223**	**52**	**250**	

Depois dos artigos duplicados serem removidos, os resumos de 486 artigos restantes foram analisados por três pesquisadores, sendo selecionados apenas os trabalhos cujas questões de pesquisa e os resultados estivessem diretamente relacionados a produção e a prestação do serviço de transporte coletivo urbano por ônibus. A Tabela 2 apresenta o resumo dos resultados encontrados.

Tabela 2: Estratégia de busca para seleção de artigos.

Base de dados	*Science Direct*	*Emerald Insight*	*Scopus*
Artigos selecionados	223	46	217
Artigos excluídos após leitura *abstract*	112	9	141
Artigos excluídos após leitura completa	41	7	32
Artigos excluídos por indisponibilidade digital	7	9	0
Total de artigos selecionados e analisados	**64**	**22**	**45**

No final desta fase, o conjunto de publicações a ser utilizada para a revisão sistemática foi reduzida a 130 artigos que efetivamente abordavam a questão foco. Foram acrescentadas ainda 27 referências distribuídas em livros, artigos e teses de doutorado, além de materiais específicos desenvolvidos por entidades da área, totalizando 157 referências. Para a análise

dos resultados levantados pela pesquisa a bases de conhecimento, o conjunto de publicações foi submetido à apreciação crítica, realizada também pelas três pesquisadoras. Em seguida, uma abordagem agregadora foi utilizada através dos estudos revisados a fim de apresentar um grupo de fatores que interferem na produção e prestação do serviço de transporte coletivo urbano. Tal abordagem agregadora está sujeita à interpretação subjetiva do pesquisador sobre estes trabalhos. Isto porque, como asseguram Tranfield *et al.* (2004), um certo grau de latitude subjetiva deve ser dada ao pesquisador para que sejam considerados e comparados distintos estudos a fim de extrair significados compartilhados e abstrair abordagens que fogem dos propósitos declarados da revisão. No caso do transporte coletivo urbano, publicações internacionais não reconhecem aspectos relacionados à segurança pública como fator interveniente ao serviço, visto que essa relação é um problema associado aos países subdesenvolvidos (CHESNAIS, 1999), assim como fatores relacionados à fiscalização e a educação.

4. FATORES INTERVENIENTES A PRODUÇÃO E PRESTAÇÃO DO SERVIÇO DE TRANSPORTE COLETIVO URBANO

Inicialmente, é necessário destacar que a gestão do transporte coletivo, na maioria das cidades brasileiras é de responsabilidade das secretarias de transporte municipais ou empresas públicas, autarquias e outros órgãos responsáveis pela gestão destes sistemas. Destaca-se ainda, que, na maior parte dos casos observados, não existem departamentos e processos claros de gestão da qualidade para o transporte coletivo. Em alguns, existem responsáveis por monitorar os índices de desempenho operacionais, mas não necessariamente incluídos em um processo de gestão da qualidade envolvendo todas áreas necessárias, isto significa, que existe um controle da qualidade do serviço prestada pelas empresas operadoras dos sistemas, mas não, necessariamente um monitoramento integrado, que inclua a satisfação dos usuários, a produção do serviço e a execução do serviço como um processo de gestão integrado. Ponderando o exposto, nesta seção e na próxima, os resultados da revisão sistemática da literatura são descritos.

4.1 Fatores intervenientes de mercado

De acordo com Brasileiro, Orrico Filho e Fortes, (1996), diferentemente de empresas que atuam em mercados competitivos, uma empresa de transporte coletivo no Brasil, tem sua atuação delimitada por possui uma estrutura de cooperação para mercados fechados, anteparando a entrada de novos operadores e, consequentemente, a competição (BARTER, 2008; NITZKE, SENNA e NODARI, 2015). Em tom similar, os estudos de Gomide (2000); Sohail, Maunder e Cavill (2004); Bago *et al.* (2006) Buys e Miller (2011), destacam que a prestação do serviço, em regra, depende de autorização da municipalidade e tradicionalmente é o poder público que determina: o tipo de serviço, a quantidade e a qualidade que deverão ser colocados à disposição da população; assim como o controle do acesso ao mercado, o planejamento da operação e coordenação dos serviços existentes, a definição ou não de metas e o acompanhamento de expansão e modernização. Ainda, para Winston (2000), essa delegação considera fatores como o menor valor da tarifa do serviço público a ser prestado, assim como a maior oferta nos casos de pagamento ao poder concedente; a melhor proposta técnica, com preço fixado no edital e a melhor proposta em razão da combinação de critérios, onde, muitas vezes, encontram dificuldades em regulamentar critérios e normas que possibilitem um equilíbrio entre os interesses dos agentes (órgão gestor, empresas operadoras e usuários) e sobre o gerenciamento e controle do desempenho dos serviços de transporte coletivo urbano.

Segundo a Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos (NTU) em um cenário onde a cobrança da tarifa significa, dispor do serviço de transporte coletivo em um esquema de mercado, a prestação do serviço de transporte coletivo enfrenta dificuldades pertinentes ao sistema, como é o caso do excesso de gratuidade (NTU, 2000). Compreender o serviço de transporte como direito social não significa necessariamente que o mesmo seja gratuito, porém, o mesmo tem sua aplicação relacionada à exclusão, devendo estes, segundo o estudo de Green, Jones e Roberts (2014) serem serviços includentes e pagos por todos. Complementarmente, Orrico Filho *et al.* (1996) e Carvalho e Cruz (2013) afirmaram que o transporte coletivo é o único serviço público essencial que não possui um financiamento extra tarifário, geralmente restrito exclusivamente ao pagamento da tarifa do usuário que permanece utilizando este meio de transporte (CHO-YAN LAU, 1997; HANDERSON, 2001), o qual, segundo Machado (2010) poderia ocorrer investimentos através do uso de receitas de certos impostos pelo órgão gestor, como por exemplo, no caso brasileiro, a Contribuição Intervenção no Domínio Público (CIDE) desonerando os combustíveis e contribuindo para decrescer os custos do sistema. As receitas geradas por essas taxas poderiam ser aplicadas no transporte coletivo e subsidiar os custos das tarifas, como um instrumento de tributação redistributiva (IPEA, 2013). Além disso, segundo Carvalho (2013), Nicólas *et al.* (2014) e Viegas (2001), outros investimentos, através de recursos próprios da empresa ou por meio de financiamentos, ou ainda de conjugação destas duas formas, poderiam melhorar a situação e a prestação do serviço de transporte coletivo urbano. Para Gomide (2000), o atual modelo que está baseado somente, nos valores praticados pela planilha de custos, o qual deve cobrir todos os custos de operação de seus serviços, independentemente da situação de eficiência. Zeldine (2009), destaca que o financiamento do sistema de transporte não pode ser coberto apenas pela própria tarifa, sendo necessária a inclusão de outras fontes.

Ainda sobre o panorama de mercado do serviço de transporte coletivo urbano, Oliveira *et al.* (2013), expõe que nos últimos anos, o serviço tem apresentado uma queda gradativa da demanda de passageiros transportados anualmente. Conforme os autores, a diminuição no número de passageiro submergida na sua maioria para o transporte individual, não impele somente no aumento do congestionamento, mas nos custos de operação do serviço ofertado. Bodmer (2012), destaca que o cenário é preocupante, porque, mesmo ocorrendo um aumento do número de pessoas empregadas, por conseguinte o crescimento da atividade econômica, a preferência pelo transporte coletivo não sobreveio e expõe um cenário preocupante (NTU, 2014). Essa preocupação é confirmada quantitativamente por Oliveira *et al.* (2013), que relata que a diminuição no número de passageiro associada ao aumento da oferta de transporte público refletiu no principal indicador de produtividade do transporte público, o índice de passageiros por quilômetro, que em 1992 estava em 2,59 passageiros, passando a 1,63 passageiros no ano de 2012. Segundo os autores Fitzroy e Smith (1994) e Carvalho e Cruz (2013) referem que quando os sistemas de transporte coletivo apresentam queda da demanda, reações comuns em sistemas com baixa regulamentação são a redução de frequência na oferta dos serviços e o aumento da tarifa. Esse ciclo de perdas afeta a necessidade e as expectativas de qualidade do serviço pelos clientes que permanecem utilizando-o. Para Torres, Pina e Acerete (2001), Silveira e Cocco (2010 e Carmo *et al.* (2012), urge a necessidade de criar condições de atração de mais utilização do transporte coletivo (para estabilizar esse ciclo desfavorável. A alternativa face ao agravamento dos custos associado ao transporte coletivo urbano está na adoção de medidas que auxiliem nos custos de operação de transportes

públicos (WILLOUGHBY, 2013; KIGGUNDU, 2009; TOLEDANO, DIAZ e TOLEDANO, 2014). A questão crucial é identificar qual é o tipo de parceria mais adequado para estimular a eficiência na prestação de serviços públicos (TORRES, PINA e ACERETE, 2001).

Para findar, os autores Kirchhoff (1995) e Couto (2011), completam que o resultado deste cenário, implica, dentre outros impactos, um processo de migração de usuários do transporte coletivo para o individual ou para alternativas mais atrativas (MACHADO, 2010; PONTES, 2010). Segunda Cunha Filho (1998) e Warren *et al.* (2015), a severidade dos regulamentos dos serviços de transporte, somada a falta de agilidade no atendimento de novas demandas e a inexistência de uma visão mercadológica pode ser considerada como uma deficiência. Essa severidade impacta nas empresas operadoras em dificuldades na gestão de ações estratégicas, comerciais e de custos (KIRCHHOFF, 1995) que, para Rojas Parra (2006), precisa ser revista, utilizando novos instrumentos de planejamento e também a criação de parcerias (SOHAIL, MAUNDER e MILES, 2004).

4.2 Fatores intervenientes de ambiente

O ambiente em que a prestação dos serviços de transporte coletivo urbano é ofertada exerce impacto na qualidade do serviço de transporte coletivo em qualquer cidade (LASH, LINDAU e KOCH, 2012). Segundo pesquisas de Nicólas *et al.* (2014) e a Associação Nacional das Empresas de Transporte Urbano (2014), os motivos que justificam não optar pelo transporte coletivo estão pautados a problemas de infraestrutura no qual o ônibus opera, ao tempo total de viagem necessário, a disponibilidade e facilidade de acessar o sistema, e ainda, a insegurança e o custo da tarifa (KIRCHHOFF, 1995; LUHUA, YIN e XINKAI, 2011; TIRACHINI, HANSHER e ROSE, 2014).

Para Mohan e Tiwari (2000), Cunha (2005), Goldman e Gorham (2006) e Bodmer (2012), o modelo de urbanização que vigora há algumas décadas no Brasil, assim como em outras partes do mundo, é sinalizada como uma das principais causas dos problemas de mobilidade (TUNG *et al*. 2013; EVANS, 2015; SIETCHIPING *et al.* 2012; BATTY, PALACIN e GONZALEZ, 2015; AOYEBI *et al.* 2015). Para os autores Sathaye, Tyler e Goldman (1994), Mitchell *et al.* (2011) e Waismana, Feriancica e Fracino, (2014), as cidades não são estruturas rígidas, e representam o desenho aproximado da mancha urbana de uma área a qual deveria estar associada a regras de urbanismo, mas que sofrem alterações constantes (MONTES, 1995; HRELJA, 2015), onde a forma e o tamanho da cidade são fatores exógenos que afetam significativamente a eficiência do sistema de transporte urbano. A correlação entre o desenho viário e a forma da cidade acontece e torna difícil compreender se a cidade induz a estrutura viária a ser implantada ou se a implantação da estrutura viária é quem direciona e modela as cidades (MARVIN e SLATER, 1997; MOORE, 2000; CUNHA, 2005). Este padrão é marcado pelo espraiamento na forma urbana, pela segregação socioespacial e pelo desequilíbrio territorial (ARANTES e MARICATO, 2011; ITDP, 2015), além de interferir no processo de deslocamento dos indivíduos (BARROS *et al.* 2013), tem impelido a uma crise de mobilidade nas cidades brasileiras e vem prejudicado a prestação dos serviços de transporte coletivo. Ainda, somadas a uma série de interesses políticos, econômicos e culturais, as cidades brasileiras passaram a conviver com a preferência pela utilização do carro (BODMER e MARTINS, 2009). Para Danaf, Zeid e Kaysi (2013), Tung Le *et al.* (2013) e Börjesson, Brundell-Freij e Eliasson (2014), essa preferência contribui para a formação dos congestionamentos, os quais, tem trazido consequências graves, pois, existe uma impossibilidade física de expansão de ruas, viadutos, pontes e estacionamentos para suprir

uma contínua utilização de meios de transporte individuais em todos os lugares do mundo (WALL e MCDONALD, 2007; GREGORC e KRIVEC, 2012).

Para Vuchic (2007), uma infraestrutura precária, também precariza a prestação dos serviços aos clientes do transporte coletivo urbano, com sistemas mal projetados, não integrados e que não priorizam o sistema de transporte coletivo, que interferem e geram aumento dos custos de operação, do tempo de viagem, dos números de acidentes viários HAQUE, CHIN e DEBNATH, 2013; DEXHEIMER, 2012) e dos congestionamentos recordes registrados em diferentes lugares do planeta (CHO-YAM LAU, 1997; SHAM, SAMSUDIN e RAHMAN 2013). Muitas das grandes e médias cidades brasileiras apresentam um ambiente viário perigoso, como São Paulo e Rio de Janeiro (FERRAZ e TORRES, 2001). Estas duas cidades colocam o Brasil entre os recordistas em mortes no trânsito. Para Willoughby (2002), Arasan e Vedagiri (2008), Ferrari (1999) e COM (2011), nesse ambiente de aumento do tráfego urbano, dos congestionamentos e do número de acidentes, desponta-se que houve uma piora da qualidade de vida da população e do desempenho econômico (MOHAN e TIWARI, 2000; BLINCOE *et al.* 2002; CROPPER e SAHIN, 2009; DUDUTA *et al*. 2014). Os acidentes representam um prejuízo de US$ 518 bilhões por ano, equivalente a cerca de 1% e 3% do PIB de cada um dos países (WHO, 2013). Para Horn e Jansson (2000) a mobilidade, em um caminho sustentável, sublinha a necessidade de ligar considerações de ambiente urbano e segurança em um mesmo conjunto (BUBICZ e SELLITTO, 2009). Como alternativa, Mohan e Tiwari (2000) e Almasri, Munwwe e Culliname (2011) recomendam investir em sistemas que priorizam o transporte coletivo urbano, como os sistemas de transporte baseado no uso de ônibus de trafego rápido (BRT) coagem as cidades a oferecem requisitos e equipamentos especializados para melhorar a qualidade do sistema e remover causas típicas de tempo de viagem e atrasos da sua operação (SILVA, 2005), bem como, inibir o surgimento e o funcionamento dos meios de transporte não regulamentados (MOHAN e TIWARI, 2000; BUSTAMANTE, 2007; DIAS, 2010).

4.3 Fatores intervenientes de operação

Prestar o serviço de transporte coletivo urbano no Brasil, trata-se, de uma tarefa complexa. Para que o serviço de transporte coletivo urbano possa ser ofertado diariamente, algumas atividades são essenciais. Para Fosgerau (2008), Ceder (2011) e Tirachini *et al.* (2014) a obrigatoriedade de cumprir os horários previstos de saída e chegada, em um espaço viário obstruído e congestionado pelos automóveis, torna-se diariamente é uma atividade crítica para as empresas operadoras do serviço de transporte coletivo urbano. Quando as distâncias percorridas, tendem a serem medidas em tempo de deslocamento, a relação entre tempo e o espaço parece invertida no cotidiano vivido, pois segundo os autores Coensel *et al.* (2012), Silva (2015) e Saleh e Ziolkowski (2015), é notório que a confiabilidade e a variabilidade de viagem são fatores importantes na escolha modal em viagens urbanas. A rota ideal é então aquela que atende as necessidades de seus clientes. Para isso, as decisões no processo de planejamento exigem compreender características subjacentes dos problemas de trânsito. Entre elas, a demanda variável, a frequência, o intervalo, origem e destino dos mais diversos viajantes (PATTNAIK, MOHAN e TOM, 1998; RODRIGUES, SOUZA e MOURA, 2006; SALICRU, FLEURENT e ARMENGOL, 2011) a fim de maximizar a operação diária de prestação de serviço. Para o funcionamento do sistema de transporte, as rotas contribuem para custos e atender as expectativas e interesses dos diferentes participantes do sistema (PAPAGIANNAKIS e TSAMI, 2012; OÑA, GÓMEZ e CASEMIRO, 2014). Uma rede de transporte integrada, que ofereça informações e que permita aos passageiros acessar diferentes

regiões das cidades em diferentes modais, exerce influência nas decisões de viagem e melhora a mobilidade de todos (KIRCHOFF, 1995; COSTA e MELO, 2003; LANGFORD, HIGGS e FRY, 2012).

Para Lindau (2015), a regulação exerce um papel importante na inclusão de termos e requisitos para a oferta do serviço de transporte coletivo urbano. Vinculado a um padrão de qualidade e a produtividade para ofertar o serviço, segundo Malla (2014) a modernização das frotas de ônibus também provoca impacto em outras características do sistema. Além do combustível, outras melhorias como injeção direta, o controle de válvula e sistemas de transmissão automática podem auxiliar na redução do consumo (WBCSD, 2008), assim como os veículos totalmente elétricos, são algumas das alternativas disponíveis. Porém, é destacado por Goel *et al.* (2015), que apenas melhorias nos veículos não são suficientes para atrair mais passageiros. Para estes autores a combinação de alternativas que vão do melhoramento tecnológico dos motores ao planejamento urbano e de transportes seria eficaz para ao mesmo tempo reduzir o impacto ambiental da motorização e aumentar a qualidade e eficiência dos transportes urbanos. Os benefícios vinculados à utilização de tecnologia favorecem os diferentes atores, incluindo os usuários, o órgão gestor e as empresas operadoras (MACKETT e EDWARDS, 1996; BOUHANA *et al.* 2015; AMBROSINO *et al.* 2015). Incluindo orientações como de horários e linhas vinculadas a mapas locais e serviços de alerta de congestionamentos, também facilitam o controle do serviço pelas operadoras e pelas agências reguladoras, mas dependente da cooperação entre as esferas de decisão e ação (TUNG LE *et al.* 2013; SIMONYI, FAZEKAS e GASPAR,2014; SALEH e ZIOLKOWSKI, 2015). Para os autores Cruz(1998), Sayeg e Charles (2005), Wall e Mcdonald (2007), as informações compartilhadas constroem um viés de melhoria de índices de eficiência e produtividade do transporte coletivo e tornam o transporte coletivo mais desejável e eficiente. Em países desenvolvidos como o Japão, a Coréia e a Comunidade Europeia, entre outros, a utilização de sistemas avançados de gestão, controle e fiscalização do transporte urbano já são utilizados (SILVA, 2000; DANTAS *et al.* 2012). Em um setor no qual a competição e a busca por clientes é questão decisiva, a manutenção também é considerada estratégica (FERNANDES e BODMER, 2007). Segundo Morais *et al.* (2011), a manutenção dos veículos é responsável por conservar as condições originais de operação e seu desempenho por intermédio do restabelecimento de eventuais deteriorações diárias que alteram essas condições, clarificado que a problemática do setor de transportes não pode consentir com a deterioração do serviço pela instabilidade, redução da oferta, obsolescência da frota ou por precária manutenção (BUSTAMANTE, 2007). Segundo Macian, Tormos e Salavert (2010) os custos envolvidos com as tarefas de manutenção não podem ser avaliados isoladamente e tratados como atividade secundária e somente geradora de custos (CAMPOS e BELHOT, 1994). Pelas pesquisas desenvolvidas pelo Programa de Pesquisa Cooperativa de Trânsito (TCRP, 2003), os aspectos relacionados à limpeza dos veículos também devem ser acompanhados, pois afeta as percepções de qualidade dos passageiros. Conforme Shah e Gopal (2012), esses problemas impactam na operacionalização de sua finalidade primeira, a de realizar transportes, e concluíram que gerenciá-las acompanhadas de melhorias contínuas em tecnologia, poderiam representar ganhos para o sistema. Além disso, Gripa (2002), ressalta, que os serviços, em sua maioria, são de difícil padronização. Contudo, é a composição base para obtenção da qualidade (LIMA JR, 1995). Para Milkovich e Boudreau (2000) e Paladini (2000) o treinamento pode ser considerado uma atividade chave na prestação de serviço de excelência e para o sucesso de uma empresa, pois através dele, é possível trabalhar efetivamente o engajamento dos colaboradores. Ainda, a operação do sistema de transporte envolve diversos

componentes que geram custos (VIEGAS, 2001). Entre eles, mão de obra, veículos, garagem, sistema operacional, impostos, seguro, despesas administrativas, além de itens de custos que sofrem variação de acordo com a quilometragem, como combustíveis, lubrificantes, pneus e peças (DES ROSIERS *et al*. 2010; SILVEIRA e COCCO, 2010). De todos, os custos que mais impactam na prestação dos serviços de transporte urbano são os que incorrem sobre os colaboradores e o combustível (SOUZA *et al.* 2003; RODRIGUES *et al.* 2006, NTU, 2014).

4.4 Teste empírico de validação das variáveis intervenientes ao serviço de transporte coletivo urbano

Com o objetivo de avaliar a composição apresentada, um teste empírico foi realizado pelas autoras junto a nove especialistas que atuam nas áreas de planejamento e gestão estratégica e operacional do setor de transporte coletivo urbano em várias cidades brasileiras. Depois de realizada à apresentação da estrutura desenvolvida e de explicações sobre as variáveis apresentadas, a avaliação compreendeu duas fases: (i) concordância com a lista completa de variáveis ou alguma inserção/exclusão? E posteriormente, (ii) a hierarquização de preferências na qual cada variável (ai) é comparada com os demais (aj) de mesma hierarquia, gerando a matriz de preferências Ci,j (n x n). Em relação a primeira questão, houve a indicação de inclusão de duas variáveis. Seis, dos nove especialistas, sugeriram a inclusão da variável segurança pública e três indicaram importante incluir a variável educação ao grupo sugerido. Essa avaliação, permite uma aprovação preliminar da composição exibida. Os resultados da segunda questão, buscando estabelecer uma hierarquia preliminar das variáveis identificadas para cada fator, encontram-se representada pela figura 2.

Fator	Variáveis	Soma das médias
Fator de Mercado	Regulamentação	9,67
	Financiamento e Benefícios Fiscais	8,33
	Gratuidades	6,67
	Remunerações e Investimento	8,17
	Demanda	8,83
Fator de ambiente	Urbanização e Uso do Solo	7,50
	Forma urbana	8,33
	Infraestrutura vias e espaço viário	7,83
	Congestionamentos	7,50
	Acidentes Viários	6,00
	Fiscalização	6,67
	Transporte Informal	6,33
	Segurança pública	6,67
	Educação	6,17
Fator de operação	Tipos de Veículos	7,00
	Tecnologia e Informação	7,50
	Tempo de viagem	8,33
	Manutenção	7,17
	Padronização e Treinamento	5,67
	Custos	8,67
	Rotas	7,67

Figura 2: Variáveis mais relevantes na percepção de gestores.

Considerando o resultado da avaliação dos especialistas apresentado pela figura 2, as variáveis "regulamentação" e "demanda" foram identificadas como as de maior interferência com relação ao fator de mercado do serviço de transporte coletivo urbano. Quando questionados sobre as principais variáveis que compõe o fator de ambiente, foram destacadas

a “infraestrutura vias e espaço viário”, “forma urbana”, “urbanização e uso do solo” e “congestionamentos”. No que se refere ao fator operação, “custos” e “tempo de viagem” foram as variáveis destacadas pelos especialistas.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa partiu do reconhecimento da essencialidade dos serviços públicos, em especial aos serviços de transporte coletivo urbano no Brasil. Neste sentido, a pesquisa acadêmica tem trazido uma série de contribuições para o tema de transporte coletivo urbano em todo o mundo. No entanto, com base na investigação dos estudos citados e destacado por Barabino, Deiana e Tilocca (2012), é necessário conhecer as barreiras que prejudicam as melhorias dos serviços, e é latente a falta de um conjunto de variáveis intervenientes ao serviço de transporte coletivo urbano, pela multiplicidade de aspectos a serem considerados e de interesses envolvidos. Assim, através de uma revisão abrangente do estado da arte publicada nesta área, este trabalho apresenta uma interpretação sistemática das variáveis intervenientes ao serviço de transporte coletivo urbano.

O resultado principal deste estudo, o qual foi avaliado empiricamente por especialistas que atuam nas áreas de planejamento e gestão estratégica e operacional do setor de transporte coletivo urbano em várias cidades brasileiras, apresenta-se o mapeamento de três fatores críticos para a produção e prestação do serviço de transporte coletivo urbano no Brasil: (i) fator de mercado; (ii) fator de ambiente; e (iii) fator de operação. Soma-se a eles, a identificação das variáveis que compõe cada um dos fatores.

Comparando-se com as outras pesquisas realizadas sobre os serviços de transporte, as quais prospectam que a importância dos transportes públicos está diretamente relacionada a uma melhor qualidade de vida nas cidades (FERNANDES e BODMER, 1997), intuiu-se uma série de concordâncias, bem como algumas diferenças. As diferenças são: (i) que os estudos mais remotos tiveram foco de atenção apenas aos recursos, e a maioria com a finalidade de encontrar alternativas pontuais sob apenas uma das variáveis, especialmente, estudos de caso ou propostas específicas a partir dos principais problemas detectados na gestão dos serviços prestados; (ii) também, no caso do transporte coletivo urbano brasileiro, publicações internacionais não reconhecem aspectos relacionados à segurança pública como fator interveniente ao serviço, visto que essa relação é um problema associado aos países subdesenvolvidos (CHESNAIS, 1999), assim como fatores relacionados a educação. Como o foco está associado a apresentar alternativas para ofertar e realizar um serviço de qualidade aos clientes do sistema de transporte coletivo urbano por ônibus, entende-se que há oportunidade de criar valor através de melhorias significativas. Assim, a lista de fatores gerada pode ser usada para subsidiar um diagnóstico e orientar à forma como este serviço é planejado, através dos diversos processos correlacionados para que funcionamento do sistema aconteça e considerando

Com relação à sugestão de estudos futuros na área, sugere-se como futuras pesquisas o teste e a validação do conjunto de fatores intervenientes identificados nesta revisão sistemática da literatura por meio de pesquisa empírica. Ainda, vale mencionar que este estudo se concentrou nos elementos de maior frequência nas publicações. Casos específicos, divergentes e novas abordagens na área não foram consideradas, explicitamente, para esta análise. Esses elementos são importantes para o aprofundamento e para a continuidade das pesquisas referentes à melhoria da qualidade dos serviços de transporte coletivo urbano. Assim, sugere-

se que os mesmos sejam objeto de estudos futuros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alves, V.T. (2012) *Modelo de Avaliação de desempenho logístico de empresas de serviço*. Dissertação de Mestrado, Universidade de Santa Maria, Santa Maria.

Amouzou, K. D. (2000) Qualidade de vida e transporte público urbano: estratégias para melhorar a qualidade do serviço de transporte público urbano por ônibus. Dissertação de mestrado, Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro.

Barabino, B.; Deiana, E.; Tilocca, P. (2012) *Measuring service quality in urban bus transport: a modified SERVQUAL approach.* International Journal of Quality and Service, vol 4, 238-252.

Bodmer, M. (2012) *Uma reflexão sobre a gestão dos serviços de transporte de pessoas*. Vol. 1. Fetranspor, Rio de Janeiro.

Bodmer, M.; Martins, J. (2009) *Conceivinng competitive arrangements for public transport.*29th Conference on Competition and Ownership in Land Transport.

Borchardt, M et al. (2007) *Instrumento de avaliação para melhorias em processos organizacionais: caso do transporte coletivo rodoviário urbano de Porto Alegre*. Revista Produção, 302-316.

Campos, V.B. G. (2006) *Uma visão da mobilidade urbana sustentável*. Revista dos Transportes Públicos. Rio de Janeiro.

Ceder, A. (2011) *Public-transport vehicle scheduling with multi vehicle type*. Transportation Research Part. pages 485–497

Chesnais, J. C. (1999) *A Violência no Brasil. Causas e recomendações políticas para a sua prevenção*. Revista Ciência e Saúde Coletiva. vol.4 no.1 Rio de Janeiro.

Djellal, F.; Gallouj, F. (2007) *Innovation and employment effects in services: a review of the literature and an agenda for research.* The Service Industries Journal. 193-202.

Downs, A. (2004) *Still stuck in traffi c: coping with peak-hour congestion*. Edição: Brookings Institution Press. Washington.

Fernandes, F.S.; Bodmer, M. (1997) *TRANSQUAL: Um Procedimento Expedito Para Avaliar Percepções Sobre Qualidade do Serviço de Transporte Coletivo Urbano de Pessoas*. Belo Horizonte, MG.

Hevner, A. R.; March, S.; Park, J.; Ram, S. (2004) *Design Science in information systems research*. MIS Quarterly, 75-105.

Jones, M.L. (2004) *Application of systematic review methods to qualitative research: practical issues*, Journal of Advanced Nursing, Vol. 48, No. 3, pp. 271-278.

Lanjouw, J. O., e M. Schankerman. (2004) *Patent quality and research productivity: Measuring innovation with multiple indicators.* The Economic Journal.

Lima Jr, O. F. (1995) *Qualidade em serviços de transportes: conceituação e procedimento para diagnóstico.* Tese - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

Lindau, A.L. (2014) *O papel-chave do setor de transportes para a qualidade do ar nas cidades*. Revista NTU urbano.

Magnusson, P. R. (2003) *Benefits of involving users in service innovation*. European Journal of Innovation Management, 228-239.

Nascimento, T. C.; Mendonça, A.; Cunha, S.K. (2012) *Innovation and sustainability in energy production: the case of wind power generating system in Brazil*. Cadernos EBAPE.BR.

Parasuraman, A., Zeithaml, V. A.; Berry, L.L. (1985) *A conceptual model of service quality and its implications for future research.*The Journal of Marketing.

Portes, M.E.(2008) *Competitive advantage: Creating and sustaining superior performance*. Simon and Schuster.

Ribeiro neto, J.B. (2013) *Abordagem para Gestão.* In: Excelência na Gestão do Transporte e Trânsito - ANTP.

Rojas parra, F. (2006) *Aportes para a melhoria da gestão do transporte público por ônibus de Bogotá, a partir das experiências de Belo Horizonte e Curitiba*. Papel Político.

Saur-Amaral, I. (2010)*Revisão sistemática da literatura.* BUBOK. Lisboa.

TCRP (2003)*Transit Capacity and Quality of Service*.Transit Capacity and Quality of Service Manual, Third Edition, Washington, DC.

Tether, B. (2005) Do *Services innovate (differently)? insights from the european innobarometer Survey*.Industry and Innovation.

Tranfield, D., Denyer, D., Smart, P.(2003) *Towards a Methodology for Developing Evidence-Informed Management Knowledge by Means of Systematic Review*, British Journal of Management, Vol. 14, No. 3, pp. 207-222.

Zmud, J. (2010) *Effects of Socio-Demographics on Travel Demand*. TRB - NCHRP 20-83 Long-Range Strategic Issues Facing the Transportation Industry.

TRANSFERÊNCIA DE PASSAGEIROS EM TERMINAIS DE INTEGRAÇÃO DE PASSAGEIROS: EXPECTATIVAS DE ESPECIALISTAS VERSUS USUÁRIOS

L.C.J. Miranda
L.K. Oliveira
Universidade Federal de Minas Gerais
Escola de Engenharia da UFMG

RESUMO
Em redes de transportes que contam com sistemas de integração, é imposta aos usuários a necessidade de transferência ou transbordo de um veículo para outro. Em Belo Horizonte, o Sistema de BRT segue esta diretriz, acrescentando este tempo ao tempo total de viagem. Como condição para o sucesso do sistema e atração de usuários para o transporte público, esta transferência deve ser monitorada a fim de se evitar que impacte negativamente na avaliação geral do sistema. Este trabalho apresenta, segundo a opinião de especialistas e usuários, os principais atributos na avaliação da transferência de passageiros em terminais de integração do sistema Move. Os resultados indicam diferenças entre os atributos valorizados por especialistas e usuários.

ABSTRACT
In transport networks that have integration systems, users are required to transfer or tranship from one vehicle to another. In Belo Horizonte, the BRT System follows this guideline, adding this time to the total travel time. As a condition for the success of the system and attracting users to public transport, this transfer should be monitored in order to avoid having a negative impact on the overall evaluation of the system. This paper presents, according to the opinion of experts and users, the main attributes in the evaluation of the transfer of passengers in integration terminals of the Move system. The results indicate differences between attributes valued by experts and users.

1. INTRODUÇÃO

O tempo de viagem é um parâmetro de grande importância tanto para o usuário do transporte público quanto para os gestores e operadores dos sistemas. Em geral, é utilizado para avaliar a qualidade do sistema. No intuito de aumentar a eficiência e o conforto das viagens, reduzindo principalmente o tempo de viagem, diversos municípios brasileiros têm investido na reformulação de seus sistemas de transporte público. Segundo o Ministério do Planejamento, apenas na pasta com recursos do PAC 2 (Programa de Aceleração do Crescimento), existem 375 projetos de mobilidade em capitais e grandes cidades brasileiras. Um desses projetos foi a implantação de um sistema estruturante do transporte coletivo de Belo Horizonte, baseado na tecnologia do BRT, o Sistema MOVE, cuja operação iniciou em março de 2014.

Tendo como objetivos a redução do tempo de viagem e propiciar maior conforto aos usuários, o sistema Move é tronco-alimentado, com linhas denominadas alimentadoras que transportam o usuário até os terminais de integração, onde os mesmos desembarcam e fazem a transferência para linhas troncais, servidas por veículos articulados, dotados de ar condicionado, que trafegam em pista exclusiva até a área central da cidade. O embarque é feito em nível com pagamento prévio da tarifa, que reduz o tempo nas paradas, e, consequentemente, tempo de viagem.

No entanto, mesmo considerando-se o ganho de tempo e o maior conforto nos veículos como as possíveis vantagens, a obrigatoriedade de realizar a transferência em sistemas com integração tende a ser desaprovada pelo usuário devido ao desconforto associado à troca de veículos e, pelo tempo ocioso despendido durante esta transferência. Para obter com uma boa avaliação do usuário ao sistema e, consequentemente, adesão ao uso, deve-se minimizar este tempo, e evitando que o usuário enfrente longas filas.

A gestão do transporte público em Belo Horizonte utiliza um sistema de monitoramento do transporte coletivo, indicando em tempo real, a posição e a velocidade de um veículo nas 296 linhas regulares do sistema. Entretanto, quando o passageiro deixa o veículo para realizar a transferência, por exemplo, não existe monitoramento deste tempo, como também não são conhecidos os parâmetros que interferem no tempo de transferência.

Neste contexto, este trabalho tem por objetivo identificar os atributos mais relevantes para a transferência de passageiros em terminais de integração do sistema Move em Belo Horizonte com especialistas na área de transporte público e com usuários do terminal Pampulha, através de entrevistas com ambos os grupos e comparação das escolhas.

Para tanto, este artigo aborda na seção 2 uma breve revisão da literatura sobre a qualidade na transferência de passageiros em terminais de integração; na seção 3 apresenta o procedimento metodológico, cujos resultados da aplicação para especialistas e usuários da Estação Pampulha estão apresentados na seção 4. A seção 5 encerra este artigo com as considerações finais, seguida pelas referências bibliográficas.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Apesar da importância, o transporte público sofre com a concorrência do transporte privado, em particular o automóvel (ANDERSON *et al*., 2013; FELLESSON e FRIMAN, 2009). Mais rápido e confortável, contando com o melhor desempenho no atendimento porta a porta, o transporte individual traz enormes desvantagens para o conjunto da sociedade, como congestionamento de tráfego, poluição e pesados investimentos em infraestrutura viária (VASCONCELLOS, 2001) sendo que, o uso do transporte público coletivo é benéfico ao conjunto da sociedade devendo ser alvo prioritário das políticas públicas para torná-lo eficiente e atrativo, para reduzir o número de viagens por automóveis. Para tal deve-se procurar, através das políticas públicas, o aumento do conforto e da segurança, bem como a redução do tempo total de viagem (SILVEIRA e COCCO, 2013).

Nos serviços de transporte público, a qualidade depende de uma série de fatores e deve estar diretamente associada à satisfação dos desejos de todos os atores envolvidos, o poder público, os operadores do sistema e principalmente, a população usuária (FERRAZ e TORRES, 2004). É esta última, a destinatária dos serviços ofertados, para a qual estes serviços de transporte devem ser atrativos. O TCRP (2003) define qualidade como “o desempenho geral medido ou percebido do serviço de transporte do ponto de vista do passageiro” (TCRP, 2013 p.1-7), mesmo conceito utilizado neste estudo.

Para a determinação da qualidade do serviço de transporte são requeridas medidas quantitativas para caracterizar as condições operacionais dentro de um fluxo de tráfego. Para este fim, diversos autores utilizam o conceito de nível de serviço. De acordo com o Highway Capacity Manual (HCM, 2000, p. III.22), o nível de serviço é “uma medida de qualidade que descreve as condições operacionais dentro de um segmento, geralmente em termos atributos como velocidade e tempo de viagem, liberdade de manobra, interrupções de tráfego e conforto e conveniência”.

Para ser atraente, o transporte público deve atender às necessidades dos usuários, atendendo às expectativas cada vez maiores em um ambiente de crescente concorrência (ANDERSON *et al*., 2013). Isto torna a qualidade vital para ajudar a assegurar a viabilidade a longo prazo dos

transportes públicos, através de aumentos na procura, receita, apoio público e aceitabilidade. Desta forma, para ser útil e adequado, o serviço de transporte público deve estar disponível para transportar passageiros para onde eles queiram ir, no momento em que desejam viajar (POLAT, 2012). Um serviço adequado também deve ser confiável, pontual e fornecer um nível adequado de conforto.

Como um serviço, o transporte pode ter a sua qualidade avaliada através de indicadores de qualidade e de produtividade. Estes indicadores devem possuir formulação simples, apresentando um elevado grau de cobertura e representatividade das atividades e resultados gerados (TIRONI *et al.*, 1991). Vasconcellos (2001) define o nível de serviço no transporte como o nível de conforto com relação ao veículo utilizado e às condições das vias e da sinalização.

Para Alter (1976) são quatro os elementos primários a serem avaliados sobre um determinado serviço: custo, quantidade, impactos e qualidade. O custo do serviço se aplica ao usuário e aos governos que fornecem fundos de subsídios. No entanto, a qualidade do serviço é difícil de descrever de forma significativa devido à falta de critérios aceitos universalmente que permitam medir a qualidade deixando assim a avaliação ocorrendo de forma qualitativa. Ainda de acordo com Alter (*ibid*), as medidas de qualidade do transporte urbano podem ser divididas em duas categorias, fatores de higiene de transporte e indicadores de nível de serviço.

Desta forma, para se realizar uma adequada mensuração da qualidade em sistemas de transportes públicos, há a necessidade de considerar alguns parâmetros ou atributos como referência. Em geral, estes atributos versam sobre as características dos locais de parada, dos ônibus, a frequência, o nível de ocupação dos ônibus que mede a densidade de passageiros dentro do veículo, tempo de espera, entre outros. A Tabela 2.1 apresenta os atributos recorrentes na literatura para mensuração da qualidade do transporte público identificados na literatura.

Estudos de avaliação da qualidade no transporte público são recorrentes, sendo boa parte deles desenvolvidos em países da América do Norte ou Europa, cujas cidades possuem diferentes características ou se encontram em patamares diferentes no que tange ao transporte público quando comparadas às cidades brasileiras, por exemplo. Para o TCRP (2013), por exemplo, a acessibilidade é o atributo mais importante para a mensuração da qualidade em sistemas de transporte público.

Dentre os diversos trabalhos que abordam a situação dos transportes públicos no Brasil, destacam-se os trabalhos de Cardoso e Portugal (2007; 2010) que identificaram que a segurança e a rapidez são os atributos mais importantes para os usuários do Metrô Rio, por meio de um estudo utilizando a análise do discurso. Como desdobramento da pesquisa, Cardoso e Portugal (2010) confirmaram que a identificação de princípios gerais é um modelo apropriado para obter a percepção sobre a qualidade do serviço do transporte público. Lübeck et al. (2011) avaliaram o nível de satisfação dos usuários em relação à qualidade do transporte público urbano da cidade de Santa Maria – RS e apontaram que as médias mais baixas estão atreladas à qualidade de abrigos dos pontos de ônibus e a conformidade entre o preço pago e o serviço oferecido.

Tabela 2.1: Principais atributos de mensuração da qualidade do transporte público.

Atributo	Autores
Acessibilidade	Alter (1976); Bertozzi e Lima Júnior (1998); HCM (2003); Ferraz e Torres (2001); Cardoso e Portugal (2007); Rodrigues (2008); Barra (2011); NTU (2014); TCRP (2013).
Tempo de viagem	Alter (1976); Anderson *et al* (2013); HCM (2003); Ferraz e Torres (2001); NTU (2014), Marins (2007); Cardoso e Portugal (2007); Rodrigues (2008); TCRP (2013).
Frequência de atendimento	Anderson *et al* (2013); HCM (2003); Ferraz e Torres (2001); Borges e Fonseca (2002); Duarte e Souza (2005); Marins (2007); Eboli e Mazzula (2007); Rodrigues (2008); NTU (2014);
Nível de ocupação	Alter (1976); Anderson et alet al (2013); HCM (2003); Ferraz e Torres (2001); Eboli e Mazzula (2007); Marins (2007); Rodrigues (2008); NTU (2014)
Confiabilidade	Anderson *et al* (2013); Bertozzi e Lima Júnior (1998); HCM (2003); Ferraz e Torres (2001); Eboli e Mazzula (2007); Cardoso e Portugal (2007); Marins (2007); Lübeck *et al.* (2011); NTU (2014)
Segurança e Seguridade	Bertozzi e Lima Júnior (1998); HCM (2003); Ferraz e Torres (2001); Marins (2007); Eboli e Mazzula (2007); Cardoso e Portugal (2007); Rodrigues (2008); Lübeck *et al.* (2011); TCRP (2013).
Informação ao usuário	Anderson *et al* (2013); Bertozzi e Lima Júnior (1998); Ferraz e Torres (2001); Borges e Fonseca (2002); Eboli e Mazzula (2007); Cardoso e Portugal (2007); Rodrigues (2008); NTU (2014), TCRP (2013)
Locais de parada	HCM (2003); Ferraz e Torres (2001); Borges e Fonseca (2002); Marins (2007); Eboli e Mazzula (2007); Cardoso e Portugal (2007); Rodrigues (2008);
Comportamento dos operadores	Bertozzi e Lima Júnior (1998); Ferraz e Torres (2001); Borges e Fonseca (2002); Duarte e Souza (2005), Marins (2007); Lübeck *et al.* (2011); NTU (2014);
Condições dos veículos	Bertozzi e Lima Júnior (1998); Borges e Fonseca (2002); Eboli e Mazzula (2007); Marins (2007); NTU (2014)
Conforto	HCM (2003); Anderson *et al* (2013); Bertozzi e Lima Júnior (1998); Borges e Fonseca (2002); Duarte e Souza (2005); Marins (2007); Cardoso e Portugal (2007); Barra (2011); NTU (2014)
Tarifa	Bertozzi e Lima Júnior (1998); Borges e Fonseca (2002); Duarte e Souza (2005), Marins (2007); Eboli e Mazzula (2007); Cardoso e Portugal (2007); Barra (2011)
Conectividade	Borges e Fonseca (2002); Rodrigues (2008);
Rotas	Alter (1976); Ferras e Torres (2001), Borges e Fonseca (2002); Eboli e Mazzula (2007); Cardoso e Portugal (2007);
Outros:	
Limpeza e iluminação dos terminais	NTU (2014)
Meio Ambiente	Eboli e Mazzula (2007); Cardoso e Portugal (2007)
Responsividade	Bertozzi e Lima Júnior (1998); Lübeck *et al.* (2011)
Transbordabilidade	Ferraz e Torres (2001)
Monitoramento dos serviços e Manutenção e construção	TCRP (2013)

Santos (2014) realizou uma pesquisa de percepção da qualidade dos serviços de transporte público em Brasília utilizando a escala Servqual adaptada, verificando que todos os

determinantes avaliados estão muito abaixo da qualidade, sendo que os usuários possuem um alto grau de expectativas de melhoria em todos os todos os determinantes testados. Abreu et al. (2015) realizaram um estudo exploratório em Campo dos Goytacazes (RJ) sobre a qualidade dos serviços por ônibus e van segundo os usuários. Os resultados apontaram um melhor desempenho dos serviços por ônibus.

Lübeck et al. (2011) avaliaram a qualidade do transporte público de Santa Maria (RS), utilizando modelo de análise de gap da qualidade. Antunes e Simões (2013) estudaram o sistema de transporte coletivo em cidades médias paranaenses. A distribuição geográfica dos abrigos de ônibus teve a melhor avaliação, já o nível de ocupação dos veículos, a menor. Freitas e Reis (2013) propuseram cinco categorias com respectivos atributos para avaliação do transporte público, incorporando critérios técnicos relacionados a qualidade dos transporte público por ônibus e a qualidade dos serviços. As categorias consideram os veículos, vias e paradas, atendimento e valor agregado. Santos (2014) utilizou ferramentas de avaliação de marketing para mensurar a qualidade do transporte público em Brasília (DF). Abreu et al. (2015) utilizaram o método AHP e média ponderada para avaliar a qualidade do transporte público em Campos dos Goytacazes (RJ).

No que tange a avaliação da transferência de passageiros em terminais de integração, a literatura ainda é escassa (Paix e Gerus, 2016). Iseki *et al*. (2007) identificaram que a acessibilidade, conectividade, confiabilidade, informação, segurança e seguridade e conforto são fatores que influenciam a avaliação de usuários em estações de integração.

Para Brons *et al*. (2009), a acessibilidade é um atributo importante para a utilização do sistema ferroviário na Alemanha. Anderson et al. (2013) identificaram que a acessibilidade, informação, frequência, sistema de informação, conforto e segurança são indicadores a serem considerados nas estações. Civitas (2010) recomenda alguns elementos para tornar o transporte público mais atrativo, a saber: modernização da infraestrutura, especialmente as estações de integração, conforto na viagem pelo transporte público, construção de bicicletários seguros, estacionamento na estação, facilidade de acesso à estação, entre outros.

No contexto brasileiro, Barra (2011) analisou quantitativamente os impactos causados aos usuários da integração do transporte público por ônibus em Belo Horizonte. Seus resultados identificaram benefícios do sistema integrado em comparação ao sistema convencional pela redução do tempo de viagem, mesmo com a necessidade de realização de transferência, para os usuários da Estação Vilarinho.

Para ser fácil de usar, um serviço de transporte público precisa oferecer uma integração eficaz, bem como recursos, incluindo informações adequadas e bilhetagem apropriada. Com relação a sistemas integrados ou redes de transportes, é importante destacar que apenas NTU (2014) considera a estação de transferência como atributo de qualidade do serviço do transporte público. Contudo, para o ITDP (2014), é importante considerar as estações e o acesso à integração na avaliação da qualidade de sistemas BRT.

Fundamentalmente, em termos de transporte público, pode-se presumir que o processo de utilização sem dificuldade ou com pouco esforço é sinônimo de um sistema de boa qualidade e capaz de atrair novos usuários (GROTENHUIS et al., 2009) contribuindo para a redução, ou ao menos a manutenção nos patamares atuais, da quantidade de viagens por automóveis

(Anderson et al., 2013).

3 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

Este trabalho propõe uma investigação sobre os atributos necessários para avaliar a transferência de passageiros em terminais de integração do sistema BRT de Belo Horizonte, considerando o ponto de vista de especialistas em transportes. Para tanto, utilizou-se da técnica de entrevista, que segundo Britto Júnior e Feres Júnior (2011), permite extrair informações necessárias para uma análise bastante rica. Os mesmos autores indicam que se recorre à entrevista sempre que se tem 'necessidade obter dados que não podem ser encontrados em registros e fontes documentais, podendo estes ser fornecidos por determinadas pessoas' (Britto Júnior e Feres Júnior, 2011, p.239).

Neste estudo, utilizou-se a entrevista estruturada, por facilidade no tratamento quantitativo dos dados, através da análise estatística. Outra vantagem relacionada ao uso de entrevista estruturada é o baixo custo de aplicação (Britto Júnior e Feres Júnior, 2011).

Assim, dois questionários foram formulados, considerando os atributos identificados na revisão de literatura, um para cada grupo de entrevistados (especialistas e usuários). O questionário para especialista solicitava a identificação da área de atuação do especialista, (poder público, universidade ou iniciativa privada), a identificação dos atributos relevantes durante a transferência dos passageiros em estações de integração, além de um campo para identificar algum atributo considerado importante, contudo não abordado na pesquisa. O questionário foi enviado por e-mail com link para a homepage da pesquisa.

O questionário destinado aos usuários foi desenvolvido com linguagem acessível para os entrevistados, apresentando quinze atributos para escolha e um espaço para inclusão de algum atributo não incorporado à pesquisa. A Tabela 2, considerando a revisão da literatura, apresenta os atributos investigados neste estudo na forma de questionário estruturado, sendo que, procurou-se contemplar os atributos mais relevantes ao local de estudo, uma estação de integração. Os questionários destinados a especialistas e usuários apresentam alguns atributos diferentes com o objetivo de tornar o questionário mais curto e melhor direcionado ao público específico, especialistas e usuários. Os atributos estão marcados em cinza na tabela quando presentes no respectivo questionário.

Tabela 2: Atributos investigados neste estudo**.**

Atributo	Especialistas	Usuários
Comportamento dos operadores	■	■
Disponibilidade de bicicletário na estação	■	■
Dispositivos para facilitar o deslocamento dentro da estação, como escada rolante, elevadores, dentre outros	■	■
Distância de caminhada dentro da estação	■	■
Eficiência da transferência	■	
Facilidades de estacionamento na estação	■	■
Frequência dos ônibus		■
Informação ao usuário	■	■
Número de passageiros na linha troncal		■
Número de passageiros na linha alimentadora		■
Número total de passageiros transferidos	■	
Tempo de espera pela linha alimentadora	■	■
Tempo de espera pela linha troncal	■	■
Tempo de viagem na linha troncal		■
Tempo de viagem na linha alimentadora		■
Tempo de viagem	■	■
Tempo total de transferência	■	■
Tempo utilizado nas bilheterias, catracas, escada rolante.	■	■

Ao identificar o atributo, tanto especialistas quanto usuários, podem escolher mais de um atributo, sendo importante identificar as características relevantes durante a transferência de passageiros em estações de integração.

4. RESULTADOS

Foram entrevistados 26 especialistas entre 01 e 13 de Junho de 2015, sendo 2 vinculados a universidade, 2 a iniciativa privada e 22 do poder público, na maioria gestores Empresa de Transportes Belo Horizonte S/A (BHTRANS), responsável pela gestão do trânsito e dos serviços de transportes em Belo Horizonte. Os usuários foram entrevistados na Estação de Integração da Pampulha, integrante do sistema BRT MOVE, nas plataformas de embarque das linhas alimentadoras entre 17 e 21h, em junho/2015, abrangendo a maior parte do horário de pico da tarde adotado pela BHTRANS que vai das 16 às 18h59. Ao total, foram entrevistados 405 usuários, conforme resultados apresentados na Tabela 3, na qual os itens mais citados estão destacados em cinza.

Tabela 3: Resultados da pesquisa em campo

Atributo	Especialistas	Usuários
Comportamento dos operadores	11,5%	14,8%
Disponibilidade de bicicletário na estação	34,6%	3,5%
Dispositivos para facilitar o deslocamento dentro da estação, como escada rolante, elevadores, dentre outros	61,5%	19,2%
Distância de caminhada dentro da estação	61,5%	9,6%
Eficiência da transferência	57,7%	-
Facilidades de estacionamento na estação	34,6%	3,3%
Frequência dos ônibus	-	42,5%
Informação ao usuário	61,5%	24,2%
Número de passageiros na linha alimentadora	-	54,5%
Número de passageiros na linha troncal	-	32,2%
Número total de passageiros transferidos	23,1%	-
Tempo de espera pela linha alimentadora	73,1%	75,4%
Tempo de espera pela linha troncal	69,2%	14,6%
Tempo de viagem na linha alimentadora	-	19,5%
Tempo de viagem na linha troncal	-	4,5%
Tempo de viagem	50,0%	-
Tempo total de transferência	88,5%	15%
Tempo utilizado nas bilheterias, catracas, escada rolante.	50%	

Para o especialista, a preocupação em relação a transferência em estações de integração concentra-se no tempo gasto durante a transferência e as facilidades e/ou dispositivos que auxiliam o deslocamento na estação. Destaca-se o tempo total de transferência ser o atributo mais importante e o menos importante comportamento dos operadores ser.

Já para o usuários, o tempo de espero pela linha alimentadora tem maior importância durante o processo de transferência, estando relacionado a experiência, muitas vezes não positiva, do usuário. Na estação Pampulha, na época da realização da pesquisa, apesar da agilidade das linhas troncais, os usuários despendiam um tempo expressivo aguardando as linhas alimentadoras em formação de fila (gerada espontaneamente pelos usuários que desejam realizar a viagem assentados).

Este fato leva ao outro fator considerado importante que é o número de passageiros nas linhas alimentadoras que, em geral, circulam com elevado nível de ocupação. Importante destacar que, nem sempre, o usuário não relaciona tais fatos com a frequência das linhas. Elementos considerados importantes por vários especialistas como dispositivos facilitar o deslocamento dentro da estação, como escada rolante, elevadores, e distância da caminhada não foram avaliados como importantes para os usuários, indicando que é mais importante um serviço confiável e uma viagem confortável (isto é, o passageiro sentado) que dispositivos que facilitem o deslocamento na estação.

Outro resultado importante identificado na pesquisa é que, em geral, as pessoas usam a estação para integração entre linhas alimentadoras e troncais e, são poucos os entrevistados que consideram importante a oferta de bicicletário e estacionamento para outras formas de integração modal. Outro elemento importante é a baixa importância do serviço de informação ao usuário. Na época da realização da pesquisa, o sistema era inexistente e, nem mesmo por isto, os usuários consideravam importantes, ao contrário dos especialistas que é um dos sete atributos mais importantes na concepção de estações de integração.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sistema tronco-alimentado pode representar uma mudança de paradigmas no transporte público, devido às alterações necessárias para garantir a eficiência do sistema. Contudo, sabe-se que nem toda mudança tem impacto positivo no sistema. Dentre as principais mudanças, a transferência entre veículos em estações de integração talvez seja a menos desejada pelo usuário, devido ao desconforto e o tempo despendido no processo. Neste contexto, é importante conhecer e controlar os fatores relacionados à transferência de passageiros em terminais de integração, para garantir eficiência e mínimo impacto para o usuário. Desta forma, é importante conhecer os atributos mais valorizados pelo usuário e comparar se estes são avaliados com a mesma importância pelos especialistas de transporte.

Os resultados deste estudo indicaram que para especialistas, o tempo total de transferência, que incorpora o tempo de espera pela linha alimentadora e troncal, é de extrema importância em projetos de estação de transferência. Em contra partida, na visão dos usuários que frequentam a Estação Pampulha do sistema Move de Belo Horizonte, o tempo de espera pelas linhas alimentadora é o principal atributo que impacta no processo de transferência.

Estes resultados permitem identificar atributos de qualidade para estações de integração tem relação com os atributos de qualidade para o serviço de transporte público. Além disso, permitem que gestores urbanos foquem esforços nos anseios dos usuários do sistema, que apresenta contraste em relação aos anseios daqueles que planejam o transporte urbano, consistindo no atual desafio para prover um serviço mais atrativo e que permite ser uma alavanca para uma mobilidade urbana mais eficiente.

Agradecimentos

Os autores agradecem a FAPEMIG pelo auxílio coletivo para participação no evento e à BHTRANS pelo o apoio e incentivo à participação no evento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abreu, J. A., Santos, S. C. e Freita, A. L. P. (2015) Avaliação da Qualidade do Transporte Público Urbano pelos Usuários. Um Estudo Exploratório em Campos dos Goytacazes. Anais do XI Congresso Nacional de Excelência em Gestão. Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, Brasil, 13-14 agosto 2015.ABNT (2002b) *NBR 6023 – Informação e Documentação – Referências- Elaboração*. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro.

Anderson, R., Condry, B., Findlay, N., Brage-Ardao, R. e Li, H. (2013) Measuring and Valuing Convenience and Service Quality: A review of global practices and challenges from the public transport sector. Discussion Paper n.2013-16, International Transport Forum, London.

Antunes, E. M. e Simões, F. A. (2013) Engenharia Urbana Aplicada: Um Estudo Sobre a Qualidade do Transporte Púbico em Cidades Médias. Revista Brasileira de Gestão Urbana, 5(2), 51-62. doi:10.7213/urbe.05.002.SE04

Bertozzi, P. P., & Lima Jr., O. F. (1998). A qualidade no serviço de transporte público sob as óticas do usuário, do operador e do órgão gestor. ANTP, 53-66.

Borges, J. A. A. B. e Fonseca, M. J. (2002) O Uso da Pesquisa de Satisfação do Consumidor Como Instrumento de Política Pública: O Potencial de Uso no Caso do Transporte Coletivo de Porto Alegre. Rimar – Revista Interdisciplinar de Marketing, 1 (3), 38-50.

Britto Júnior, A. F. e Feres Júnior, N. (2011) A utilização da Técnica de Entrevista em Trabalhos Científicos. Evidência, 7(7), 237-250.

Brons, M., Givoni, M. e Rietveld, P. (2009) Acess to railway stations and its potential in increasing rail use. Transportation Research Part A, 43, 136-149. Doi:10.1016/j.tra.2008.08.002

Cardoso, B. C. e Portugal, L. S. (2007) Procedimento para mensurar a percepção do usuário sobre a qualidade de serviço do Metrô Rio. Anais do XXI ANPET – Congresso de Ensino e Pesquisa em Transportes. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil, 18-21 novembro 2007.

Cardoso, B. C. e Portugal, L. S. (2010) Qualidade de serviço no setor de transportes sob a ótico da teoria dos Topoï - O caso do Metrô Rio. Anais do XXIV ANPET – Congresso de Ensino e Pesquisa em Transportes. Universidade Federal da Bahia, Salvador, Brasil, 20 novembro - 03 dezembro 2010.

Civitas (2010) Enhancing the quality of public transport services. Policy Advice Notes. CIVITAS Initiative, Szentendre.

Duarte, P. e Souza, D. A. (2005). Comparative study of the quality of servisse of public transportation in the city of Campos dos Goytacazes, Brazil. Proceeding of 9th Conference on Competition and Ownership in Land Transport. Insituto Superior Técnico, Lisboa, Portugal, 5-9 setembro 2005.

EBOLI, L., & MAZZULLA, G. (VOL 10, No 3 de 2007). Service Quality Attributes Affecting Customer Satisfaction for Bus Transit. Journal of Public Transportation, Vol. 10, No. 3, 2007, pp. 21-34.

FERRAZ, A. C., & TORRES, I. G. (2001). Transporte Público Urbano. São Carlos: RIMA.

Freitas, A. L. P. e Reis, T. B. (2013). Avaliação do Transporte Público Urbano Realizado por Ônibus: Uma Abordagem Exploratória. Revista Produção Online, 13(3), 814-842.

Ferraz, A. C. e Torres, I. G. (2001) Transporte Público Urbano. Rima, São Carlos.

Iseki, H., Ringler, A., Taylor, B. D., Miller, M. e Smart, M. (2007) Evaluating transit stops and stations from the perspective of transit users. Technical Report Under Contract 65A0194. California Department of Transportation.

ITDP, I. f. (dezembro de 2008). BRT Planning Guide. Manual de BRT Guia de Planejamento. Brasilia, Distrito Federal, Brasil: ITDP.

ITDP (2014) Padrão de Qualidade BRT. Relatório Técnico. Institute of Transportation & Development Policy.

LIMA Jr., O. F. (1995). Qualidade em serviços de transportes: conceituação e procedimento para diagnóstico. São Paulo: Tese de doutoramento, Edusp, São Paulo.

Lübeck, R. M., Wittmann, M. L., Battistela, L. F., Richter, A. S. e Schendler, S. G. (2011) Qualidade no Transporte Coletivo Urbano. FACEP Pesquisa, 14(3), 264-277.

Marins, C. S. (2007) Uma abordagem multicritério para avaliação e classificação da qualidade do transporte público por ônibus segundo a percepção do usuário. Dissertação. Universidade Federal Fluminense, Campos dos Goytacazes, Brasil.

NTU (2014) Qualificação e Racionalização do Transporte Público Urbano por Ônibus. Relatório Técnico. Associação Nacional das empresas de Transportes Urbanos, Brasília.

Paix, L. L. e Geurs, K. T. (2016). Train Station Acess and Train Use: a Joint Stated and Revealed Preference Choice Modelling Study. In K. T. Geurs, R. Patuelli, e T. P. Dentinho (2016) Acessibility, Equity and Efficiency: Challenges for Transport and Public Services (144-166). Edward Elgar, Cheltenham; Northampton.

Rodrigues, M. A. (2008) Análise do Transporte Coletivo Urbano com Base em Indicadores de Qualidade. Dissertação. Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, Brasil.

Santos, R. G. (2014) Avaliação da Qualidade do Serviço de Transporte Público Coletivo Utilizando a Escala Servqual Adaptada. Anais do XXVIII ANPET – Congresso de Ensino e Pesquisa em Transportes. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 24-28 novembro 2014.

Vasconcelos, E. (2000). A cidade e o transporte. Revista da CNT, 56, 9-21.

Vuchic, V. R. (2005). Urban Transit: Operations, Planning and Economics. Pennsylvania: John Wiley & Sons.

Luiz Carlos de Jesus Miranda (luizcarlos72@gmail.com)
Leise Kelli de Oliveira (leise.etg@ufmg.br)
Departamento de Engenharia de Transportes e Geotecnia, Escola de Engenharia da UFMG, Universidade Federal de Minas Gerais
Av. Antônio Carlos, 6627 – Belo Horizonte, MG, Brasil

ANÁLISE OPERACIONAL DO SISTEMA METROFERROVIÁRIO DA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO (RMSP): UM ESTUDO MULTICASO

Bruna Grossl
Karine Zago
Larissa Maisa Bento
Elisete Santos da Silva Zagheni
Cassiano Augusto Isler
Universidade Federal de Santa Catarina
Centro Tecnológico de Joinville

RESUMO
O aumento populacional e a expansão territorial causada pela migração dos centros para a periferia exigem uma ampliação das redes de transporte público, principalmente em aglomerações urbanas ligadas entre si. Dada a insatisfação dos passageiros e as frequentes notícias de superlotação, propôs-se com esse artigo, analisar as companhias operadoras do sistema metroferroviário da região metropolitana de São Paulo a partir de alguns aspectos operacionais relevantes para os sistemas. Utiliza-se o estudo multicaso, tendo-se as companhias atuantes do sistema metroferroviário da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), destacando-se a ViaQuatro, Metrô e CPTM como objetos de estudo. Como principais resultados da análise, adverte-se que as redes metroferroviárias de São Paulo ainda estão atrasadas em relação aos avanços tecnológicos mundiais e a capacidade de atendimento aos passageiros. Para amenizar esse problema seria necessário investir nas frotas e avançar nas discussões para acompanhar o desenvolvimento tecnológico do setor.

ABSTRACT
The increase in population and territorial expansion caused by migration from centers to the periphery require an expansion of public transport networks, especially in urban agglomerations linked to each other. Given the dissatisfaction of passengers and the frequent news of overcrowding, it was proposed with this article, to analyze the operating companies of the metro-rail system of the metropolitan region of São Paulo from some operational aspects relevant to the systems. The multi-case study is used, with the companies operating the metro-rail system of the Metropolitan Region of São Paulo (RMSP), highlighting ViaQuatro, Metrô and CPTM as objects of study. As the main results of the analysis, it is noted that São Paulo's metro-rail networks are still lagging behind the world's technological advances and the ability to serve passengers. To alleviate this problem it would be necessary to invest in the fleets and advance in the discussions to follow the technological development of the sector.

1. INTRODUÇÃO

O planejamento do transporte público deve estar associado com o crescimento das cidades e com o processo de urbanização. Esse processo teve reflexo na expansão territorial das cidades, através da migração do centro para as periferias, assim, o aumento populacional de algumas localidades exigiu uma ampliação das redes de transporte público principalmente em regiões metropolitanas. Deste modo, com a distribuição da população cada vez mais distante de seus empregos, a necessidade de transporte público se amplia na expectativa de serviços com certa qualidade, conforto, rapidez e um preço aceitável (TEIXEIRA et. al., 2013).
Com mais de 11 milhões de habitantes, segundo IBGE (2016), São Paulo é uma das cidades mais populosas do mundo. Posicionada no centro de uma região metropolitana com mais 20 milhões de habitantes, São Paulo fica atrás somente de Tóquio (26 milhões). A Cidade do México e Mumbai (ambas com 18 milhões), conquistando a terceira posição entre as maiores aglomerações do mundo (CAIAFA, 2016).

Conhecida pelas oportunidades de emprego, São Paulo atrai pessoas de diversas regiões do país. Turistas, varejistas e sonhadores, aumentam ainda mais a sua população. Para atender essa demanda crescente a cidade conta com um sistema de transporte público composto por ônibus, BRT (*Bus Rapid Transit*), VLT (Veículo Leve Sobre Trilhos) - ainda em desenvolvimento -, metrô e trem.

Segundo Teixeira et. al. (2016), o sistema de transporte público entra em colapso nos seguintes horários de pico: 6h30min às 8h30min e 17h às 20h. Apesar do transporte público de São Paulo possuir alguns avanços tecnológicos relacionados à segurança, sustentabilidade e eficiência do serviço, os passageiros não estão satisfeitos, segundo a Associação Nacional de Transportes públicos (ANTP, 2015). Devido à lotação nos horários de pico, paralisações no sistema e insuficiência da rede ferroviária e metroviária, o transporte público não atende a demanda vigente.

A malha ferroviária e metroviária da região metropolitana de São Paulo é operada por diferentes companhias, públicas e privadas, que juntas são responsáveis por diferentes trechos que conectam a região. Dada à insatisfação dos passageiros e as frequentes notícias de superlotação, analisou-se as companhias atuantes: ViaQuatro, Companhia Metropolitana de São Paulo (Metrô) e Companhia Paulista de Trens Metropolitanos (CPTM).

A ViaQuatro é uma empresa privada que pertence a Companhia de Concessões Rodoviárias (CCR) e tem como parceiro o estado de São Paulo. É considerado o primeiro contrato público – privado do país. Sua responsabilidade é atuar na manutenção da Linha 4 do Metrô São Paulo (linha amarela), por meio de um contrato de concessão de 30 anos, o qual entrou em vigor em 2010. O seu diferencial é a alta tecnologia empregada, o sistema *driverless*, que permite que o trem seja operado sem a presença de um condutor, sendo responsabilidade direta do Centro de Controle de Operações (CCO).

A Companhia Metropolitana de São Paulo – Metrô, é uma empresa pública do governo do estado de São Paulo responsável por planejar, projetar, construir e operar o sistema de transporte metropolitano da região do estado de São Paulo. Atualmente possui 5 linhas em operação, a linha 1 – Azul (Jabaquara – Tucuruvi), linha 2 – Verde (Via Prudente – Vila Madalena), linha 3 – Vermelha (Corinthians – Itaquera – Palmeiras – Barra Funda), linha 5 – Lilás (Capão Redondo – Adolfo Pinheiro) e linha 15 – Prata (Oratório e Vila Prudente). A linha 4 – Amarela (Butantã – Luz) também opera com a companhia, porém com regime de concessão pelo Consórcio Via Quatro, sendo seu sistema integrado em determinadas estações com a CPTM e outros modos de transporte da cidade.

A CPTM é uma empresa de economia mista do Governo do Estado de São Paulo, ligada à Secretaria dos Transportes Metropolitanos, teve sua criação autorizada pela Lei nº 7.861, de 28 de maio de 1992, segundo a qual a nova Companhia deveria assumir os sistemas de trens da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) em substituição à CBTU – Companhia Brasileira de Trens Urbanos (Superintendência de Trens Urbanos de São Paulo STU/SP) e à FEPASA – Ferrovia Paulista S/A, de forma a assegurar a continuidade e melhoria dos serviços (CPTM, 2015-2016).

Assim, o objetivo desse artigo é analisar as companhias operadoras do sistema metroferroviário da região metropolitana de São Paulo a partir de alguns aspectos operacionais relevantes para os sistemas.

Metodologicamente, classifica-se a pesquisa do tipo exploratória e descritiva, com abordagem qualitativa. Como procedimentos técnicos utilizou-se o estudo multicaso, tendo-se as companhias atuantes do sistema metroferroviário da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) como objetos de estudo. Os dados primários foram coletados junto a colaboradores vinculados em cargos de nível gerencial nas companhias, por meio de correio eletrônico e via telefone. E, os dados secundários foram coletados por meio da rede de alcance *mundial world*

wide web – www em sites institucionais, além de outros documentos em formato de relatórios disponibilizados pelas companhias.

O artigo está estruturado da seguinte forma: introdução, discussão do problema, apresentação das companhias pesquisadas, análise e comparações. Ao final, apresenta-se as considerações finais bem como as referências consultadas.

2. REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO - A PROBLEMÁTICA

Em São Paulo vê-se uma descentralização da população,

> Como diz Flávio Villaça: "O perto e o longe não podem ser reduzidos a simples distâncias físicas. São produzidos através dos sistemas de transportes (...) através da distribuição espacial das classes sociais, dos locais de emprego, das zonas comerciais e de serviços etc. Nessas considerações está, por exemplo, a chave da compreensão das razões pelas quais as camadas de mais alta renda crescem mais em certas direções das cidades do que em outras; ou das razões pelas quais os centros das cidades crescem mais em certas direções do que em outras" (Cardoso, 2009).

Para melhor entender esse aspecto é necessário analisar a evolução histórica de São Paulo com o transporte público. Segundo Frederico, Netto e Pereira (1997) em 1968 teve início a primeira linha de metrô, a linha norte-sul que foi inaugurada em 1974. Depois de cinco anos, em 1979, começou-se a montar o trecho da linha Leste do metrô, que teve sua finalização somente em 1988. Neste meio tempo teve-se a implantação e investimentos de faixas exclusivas para ônibus, assim, pôde-se observar um investimento maior no transporte rodoviário e menos recursos destinados ao transporte metroviário.

Em 1984 os trens metropolitanos da FEPASA (oeste e sul da região) foram finalizados, nesse meio tempo o sistema de trens da Rede Ferroviária Federal enfraquecia. Somente em 1992 que o trecho Clínicas-Ana Rosa da Linha 2 do metrô teve seu início. Apesar de haver investimentos em todas as áreas de transportes, foram verificadas uma descontinuidade e uma lentidão nos processos de expansão dos metrôs no estado de São Paulo, o que resultou no aumento do transporte individual ou no que apresentasse mais opções de agilidade de tempo e demanda.

Assim, o crescimento desordenado da população na RMSP, hoje acima de 20 milhões de habitantes, demanda mais e maiores deslocamentos colaborando para a deterioração do transporte público. Com base na Pesquisa de Mobilidade da RMSP foram realizadas diariamente 43,7 milhões de viagens na RMSP, volume 15% maior que o levantado em 2007, para um aumento de 2% na população no período. Do total de viagens diárias, 68% foram feitas por modos motorizados e 32% por modos não-motorizados (São Paulo, 2012). Muitos passageiros insatisfeitos com o transporte coletivo apelam para o transporte privado (automóvel próprio) aumentando a dependência ao mesmo. Deste modo, a deficiência do transporte público na região contribui para a segregação social, pois os desfavorecidos economicamente não possuem acesso a um modo de transporte privado (Rosa, 2006).

Contudo, para se realizar melhorias no transporte público no Brasil, é preciso repensar a questão da mobilidade urbana e democratizar o acesso às cidades, para que a necessidade de deslocamento em longas distâncias diminua. Esse processo prevê um planejamento com políticas públicas de médio e longo prazo, em que os resultados serão vistos somente a partir das próximas décadas. De maneira a atingir resultados em um período menor, torna-se importante repensar as políticas de investimentos em transporte público e o que as operadoras

vêm fazendo para modernizar e garantir o acesso aos sistemas para a população. Desse modo, de que forma as companhias metroferroviárias da RMSP vêm operando seus sistemas? Com qual capacidade? Com qual estrutura?

3. AS COMPANHIAS

Para analisar e posteriormente comparar as companhias metroferroviárias da RMSP, pesquisou-se os modos de operação das linhas, destacando-se os seguintes aspectos: estrutura, demanda, indicadores, manutenção e controladores.

3.1. ViaQuatro

A ViaQuatro é a concessionária responsável pela operação e manutenção da Linha 4-Amarela do metrô de São Paulo, A primeira fase da linha está concluída, com sete estações em operação: Butantã, Pinheiros, Faria Lima, Fradique Coutinho, Paulista, República e Luz. Na segunda fase do projeto, serão mais quatro estações: Higienópolis-Mackenzie, Oscar Freire, São Paulo-Morumbi e Vila Sônia.

Quando estiver totalmente pronta, a Linha terá 12,8 quilômetros de extensão e 11 estações, ligando a região Luz, no centro de São Paulo, ao bairro de Vila Sônia, na zona sudoeste.

A Tabela 1 mostra dos dados levantados juntos a ViaQuatro quanto ao número de carros, extensão da malha, velocidades, capacidades, estações e intervalos de tempo entre trens. A Tabela 2 mostra a estrutura da ViaQuatro quanto a profundidade e horários da operação para cada estação.

Tabela 1: Dados da companhia ViaQuatro. Fonte: Autores.

Número de carros	14 trens (84 carros)
Extensão (km)	12,8
Velocidade máxima de projeto (km/h)	100
Velocidade máxima comercial (km/h)	80
Capacidade (pessoas)	1500
Transporte ao ano (pessoas)	194 milhões
Estações	7
Intervalo entre trens (s)	Variam de 90 à 75

Tabela 2: Estrutura da Via Quatro. Fonte: Autores.

Estações	Butantã	Pinheiros	Faria Lima	Fradique Coutinho	Paulista	República	Luz
Profundidade (m)	57,71	31,25	24,83	16,16	55,82	14,31	31,25
Horário (h)	04:40 até 00:00	04:40 até 00:00	04:40 até 00:00	04:40 até 00:00	04:40 até 00:00	04:40 até 00:00	04:40 até 00:00
Área total (m²)	-	-	-	14,26	-	-	-

3.1.1. Controladores

A operação dos trens é realizada sem a presença do condutor, por um sistema automático chamado *driverless*, ou seja, todas as funções do trem são comandadas e controladas

diretamente do Centro de Controle Operacional (CCO), de onde os controladores traçam os planos de rota para cada trem e realizam operações remotas.
Mesmo assim a ViaQuatro tem câmeras espalhadas por todo trem para que o CCO possa visualizar o que ocorre e comunicar qualquer ocorrência aos seus passageiros. Também há um intercomunicador em cada carro para que passageiros também possam se comunicar com o CCO, avisando de qualquer ocorrência ou emergência (a comunicação ocorre mesmo com a falta de energia).

3.2. Metrô

A Companhia Metropolitana de São Paulo – Metrô, é uma empresa de transporte público que possui cinco linhas de malha metroviária em operação. Segundo os dados divulgados pela empresa em fevereiro de 2016, pôde-se listar dados quanto às estações, extensão da malha, número de carros, intervalo entre os trens e velocidades, mostrados na Tabela 3.

Tabela 3: A estrutura, dados divulgados pela empresa em fevereiro de 2016. Fonte: Autores.

Linhas	1 – Azul	2 – Verde	3 – Vermelha	5 – Lilás	15 – Prata
Estações (1)	23	14	18	7	2
Extensão atual das linhas (Km)	20,2	14,7	22	9,3	2,3
Estações de transferência (1)	3	3	1	-	1
Número de carros da frota (2)	348	162	342	48	28
Número de carros utilizados nas horas de pico	240	132	240	42	7
Intervalo mínimo entre trens (s)	119	144	104	260	436
Velocidade máxima (km/h)	87	87	87	68	90
Velocidade comercial (km/h)	32	33	40	38	52

(1) As estações de transferência foram computadas nas linhas que atendem, porém uma só vez no total da rede.
(2) Cada trem possui formação fixa de 6 carros, exceto a Linha 15 – Prata cuja a formação é de 7 carros.

A Tabela 4 mostra a demanda de passageiros em todas as linhas abrangidas pelo Metrô. Verifica-se que a Linha 3 – Vermelha se destaca em relação das demais linhas pelo número total de passageiros atendidos.

Tabela 4: Demanda de passageiros (em milhares). Fonte: Autores.

Demanda	1 – Azul	2 – Verde	3 – Vermelha	5 – Lilás	15 – Prata
Total	309.774	150.025	358.960	79.748	521
Média dos dias úteis	1.059	531	1.211	269	5
Média dos Sábados	578	225	684	158	2
Média dos Domingos	325	136	414	83	1
Média Diária	1.142	573	1.288	292	6

3.2.1. Indicadores

Em 2015 foram transportados 3,8 milhões de passageiros em média nos dias úteis, considerando-se as entradas mais as transferências entre as linhas do Metrô. A Tabela 5 mostra alguns dados do sistema como recorde de demanda, percurso, utilização da rede e estação mais movimentada.

Tabela 5: Destaques. Fonte: Autores

Recorde de demanda	4,2 milhões de passageiros transportados
Percurso	Tempo médio de 2 minutos
Utilização da rede	Extensão da rede foi de 13,1 milhões
Estação mais movimentada	Estação Sé, cerca de 600 mil passageiros em dia útil

3.2.2. Manutenção

Para o melhor desempenho do Metrô, foi empregado o modelo da aeronáutica para a manutenção dos trens, a qual é direcionada para atividades preventivas em determinados itens, como por exemplo, na inspeção, lubrificação, substituição de itens que já foram desgastados e equipamentos dos trens.

Cada item tem uma manutenção diferente, no material rodante e equipamentos fixos é necessário ser descolado os trens para pátios de manutenção, para que então possam ser corrigidos com estruturas apropriadas. Para equipamentos de via permanente e equipamentos de sinalização, são realizadas inspeções para que então possam ser feitas substituições de trilhos, reaperto de fixações, solda de trilho, reperfilação e inspeção ultrassônica de trilhos. Para os equipamentos de controle, são efetuadas inspeções, testes e substituições de componentes em bloqueios (catracas) de acesso às plataformas.

Os três pátios existentes, Jabaquara, Itaquera e Capão Redondo, abrigam Administração Geral da Manutenção e neles se desenvolvem atividades substanciais:

- Manutenção preventiva e corretiva de trens;
- Reparo de equipamentos em oficinas mecânicas, elétricas e eletrônicas;
- Armazenamento e distribuição de materiais com qualidade assegurada necessários a manutenção;
- Limpeza externa e interna de todos os carros que compõem os trens.

3.2.3. Controladores

Para controlar as operações do Metrô conta-se com um Centro de Controle Operacional (CCO), em que homens e computadores controlam e regulam a movimentação do sistema. Quase todo o funcionamento é realizado por um processo automatizado ATO (Operação Automática dos Trens), em que as torres nos pátios de Jabaquara, Tamanduateí, Itaquera e Capão Redondo determinam quais as composições devem ser despachadas, obedecendo a uma escala de horários. Todo esse processo geralmente é realizado por computadores.

O programa utilizado controla o desempenho e o intervalo entre os trens, monitora a energia do sistema e supervisiona todas as estações e equipamentos da rede. Para facilitar a comunicação há um sistema de rádio e telefonia que liga o CCO ao pessoal que opera (as linhas 1 – Azul, 2 – Verde, 3 – Vermelha e 5 – Lilás, possuem esse sistema).

3.3. CPTM

A CPTM opera seis linhas, com 92 estações, 258,8 km de extensão, atende a 22 municípios (19 municípios da RMSP), além de mais três municípios a noroeste. Das 92 estações, oito são integradas com o metrô e sete interligam as próprias linhas do trem metropolitano. As linhas da CPTM são: Linha 7 - Rubi, Linha 8 - Diamante, Linha 9 - Esmeralda, Linha 10 - Turquesa, Linha 11 - Coral, Linha 12 - Safira. (Relatório Anual CPTM, 2015). A Tabela 6 mostra alguns dados coletados que caracterizam a CPTM, dentre eles estão: número de carros, extensão da malha, velocidades, capacidades, número de estações e intervalos entre os trens.

Tabela 6: Dados a companhia CPTM. Fonte: Autores

Número de carros	16 trens (187 carros)
Extensão (km)	258,8
Velocidade máxima de projeto (km/h)	90
Velocidade máxima comercial (km/h)	90
Capacidade (pessoas)	4500
Transporte ao ano (pessoas)	832,9 milhões
Estações	92
Intervalo entre trens (s)	Variam de 360s à 1800s

Todos os trens da CPTM são de bitola larga de 1600 mm e alimentação por catenária (sistema de distribuição e alimentação elétrica aérea). As linhas da companhia operam com sinalização ATC (*Automatic Train Control*), porém as linhas 7, 9 e 12 estão sendo modernizadas para ATO (*Automatic Train Operation*) e as linhas 8, 10 e 11 para CBTC (*Communication Based Train Control*). ATC, ATO e CBTC são tecnologias que atendem os sistemas de sinalização e controle das linhas.

- ATC: garante a movimentação segura e automática do trem na via e no pátio (Caderno ANTP, 2012).
- ATO: Controla as taxas de frenagem e aceleração visando proporcionar uma marcha confortável do trem em operação comercial, as paradas automáticas dos trens nas estações e a abertura e fechamento de portas nas plataformas (Caderno ANTP, 2012).
- CBTC: é um sistema de controle e segurança da circulação dos trens, baseado em sinalização a bloco móvel, com comunicação contínua por rádio, entre trens e com o solo, que tem substituído o atual sistema de sinalização, baseado em circuitos de via. É uma tecnologia que permite a redução, com absoluta segurança dos *headways* entre composições, a tempos mínimos, da ordem de 70s, além de possibilitar a interoperabilidade entre sistemas de diferentes tecnologias (Caderno ANTP, 2012).

A Tabela 7 mostra alguns dados disponibilizados pela CPTM, dentre eles estão a quantidade de estações do sistema, extensão da malha velocidades e demanda de passageiros por dia do sistema.

Tabela 7: A estrutura CPTM. Fonte: Autores.

Linhas	Linha 7	Linha 8	Linha 9	Linha 10	Linha 11	Linha 12
Estações	19	25	18	13	16	13
Extensão atual das linhas (km)	51,5	41,61	31,8	38	50,5	39
Estações de transferência	2	2	2	2	2	3
Velocidade máxima (km/h)	90	90	90	90	90	90
Velocidade comercial (km/h)	90	70	36	50	80	70
Demanda (passageiros transportados por dia)	367.703	404.704	235.427	498.287	542.339	406.963

3.3.1. Indicadores

Conforme dados fornecidos pela própria empresa sobre a última pesquisa, em 2015 a CPTM teve baixa em seu número de passageiros transportados. Foram 813,4 milhões de pessoas transportadas, queda de 0,2% em relação a 2014 (832,9 milhões), contudo um novo recorde foi atingido em 2016, conforme mostra a Tabela 8.

Tabela 8: Destaques de 2016. Fonte: Autores.

Recorde de demanda	3 milhões 94 mil 756 passageiros
Linhas mais movimentadas	Linhas 7, 8 e 11

A Tabela 9 mostra a quantidade de passageiros transportados pela CPTM entre os anos de 2010 e 2015. Verifica-se que mesmo com uma pequena queda no ano de 2015 no número de

passageiros transportados durante esses anos vem em uma evolução crescente, processo que demanda análises e iniciativas para incremento do sistema quanto a infraestrutura e superestrutura da CPTM.

Tabela 9: Quantidade de passageiros transportados pela CPTM/2010-2015. Fonte: Autores

2010	2011	2012	2013	2014	2015
642,1 milhões	700,2 milhões	764,2 milhões	795,4 milhões	832,9 milhões	813,4 milhões

3.3.2. Controladores

O CCO (Centro de Controle Operacional) da CPTM está localizado em um prédio incorporado à estação Brás. Cada painel conta com visores acima, onde é possível visualizar todas as câmeras instaladas em todas as estações. Isso facilita na identificação das ocorrências, além de monitoramento e segurança durante as 24h do dia. Existem dois tipos de controladores: Controlador 1, que faz as manobras dos trens e controla as linhas e AMV (aparelho de mudança de via); Controlador 2, que faz comunicação com os maquinistas, aponta as ocorrências e faz monitoramento de câmeras e intervalos entre os trens (Relatório CPTM, 2015).

4. ANÁLISES E COMPARAÇÕES

Neste tópico, analisam-se as informações coletadas sobre as três operadoras e, em seguida, comparam-se os dados.

4.1. Análises

A operadora ViaQuatro, destaca-se pela tecnologia empregada no controle dos trens: utilização do sistema *driveless* (sem necessidade do condutor). Possui apenas uma linha (4 - Amarela), com extensão de 12,8 km. A mesma, compreende 7 estações que são atendidas por 14 trens (84 carros).

O Metrô (Companhia Metropolitana de São Paulo) tem grande para de sua operação automatizada. Os controladores utilizam a ATO (Operação Automática de Trens). Com 5 linhas, 64 estações e 68,5 km de extensão, em seu horário de pico utiliza 661 carros.

Concessionada, a operadora ViaQuatro (privada) também faz parte da Companhia Metropolitana de São Paulo (pública) juntas constituem o sistema metroviário. Deste modo, a rede metroviária totaliza 81,3 km de extensão. Na Linha 4 - Amarela são transportados por ano 194 milhões de pessoas, já nas linhas 1,2,3,5 e 15, a partir da média diária (aproximadamente de 3,3 milhões de pessoas) e considerando que estas operam 365 dias por ano, tem-se mais 1,2 bilhões de pessoas por ano. Assim, juntas transportam por ano aproximadamente 1,4 bilhões de pessoas, assim, ultrapassando a operadora CPTM no sistema ferroviário.

Constituída por 7 linhas, 92 estações e 258,8 km de extensão, a CPTM transportou em 2015 813,4 milhões de pessoas. As linhas operam com sinalização ATC (*Automatic Train Control)*, porém as linhas 7, 9 e 12 já estão sendo modernizadas com o mesmo sistema do Metrô, o ATO.

Observa-se que a quantidade de carros utilizados na hora de pico nas linhas Azul e Vermelho (tabela 3), atendidas pelo Metrô, supera as demais. Esse fato se justifica pela importância dessas linhas, as quais atendem a maior parte das viagens feitas pela população de São Paulo (tabela 4). Destaca-se a estação Sé, onde há possibilidade de transferência entre elas, esta é conhecida pela superlotação nas horas de pico. Embora, segundo o Metrô (2017), esta possui capacidade

para 100.000 passageiros/hora/pico, a mesma já movimentou 600.000 passageiros em um dia útil (tabela 5). Assim, verifica-se a ineficiência quanto ao atendimento à demanda.

4.2. Comparações

Utilizando o dobro de carros (187) e com capacidade 3 vezes maior (4500 pessoas) em relação a ViaQuatro, a operadora CPTM trabalha com uma velocidade comercial de 90 km/h e possui um intervalo de trens que variam 360 segundos à 1800 segundos. A rota do sistema ferroviário possibilita a alta velocidade, porém, mesmo com alta capacidade e velocidade, o grande intervalo entre trens justifica a insatisfação dos passageiros, os quais enfrentam superlotação nos horários de pico.

Na linha 4 - Amarela, o intervalo entre trens varia de 75 a 90 segundos caracterizando o menor período no modo metroviário. E, em virtude do sistema *driveless*, tem-se uma alta velocidade comercial de 80 km/h. Já nas linhas do Metrô os intervalos mínimos variam entre 104 e 436 segundos, na linha 3 - Vermelha e linha 15 - Prata, respectivamente. As velocidades comerciais também diferem em cada linha, sendo a maior de 53 km/h e a menor 32 km/h, nas linhas Prata e Azul, respectivamente. Isso se deve ao fato de a ViaQuatro apresentar uma tecnologia superior ao Metrô e ser recente, fazendo assim com que a velocidade seja superior.

Confrontando as duas maiores companhias (ViaQuatro e CPTM) percebe-se que a CPTM tem uma maior extensão em quilômetros e maior número de estações, são 258 km e 92 estações contra 68,5 km e 64 estações da operadora ViaQuatro. Porém, quem obtém o maior recorde de demanda e transporta o maior número de passageiros por dia é a ViaQuatro com um total de 4,2 milhões.

Os controladores das empresas são ambos semelhantes, cada programa utilizado segue o padrão da empresa atendendo suas necessidades, analisando o intervalo de tempo, supervisionando as estações e monitorando as velocidades de cada trem, em que cada vez mais se procura investir em tecnologias para seu melhoramento.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após análise, adverte-se que as redes metroviária e ferroviária de São Paulo ainda estão muito atrasadas em relação a tecnologia e a capacidade. As três empresas estudadas mostraram que a demanda pelo transporte público é alta, o que mostra que se o estado não atender essa procura haverá mais congestionamentos de automóveis saturando o sistema e, consequentemente, impedindo a mobilidade da população.

Cada companhia apresentou um alto índice de procura, havendo sempre um horário de pico em que há superlotação. Uma maneira de amenizar esse problema seria investir nas frotas e aumentar a tecnologia, podendo assim o metrô/trem ficar menos tempo nas plataformas de embarque e atender mais pessoas.

Verificou-se que raramente ocorrem acidentes ocasionados por alguma falha no CCO; a maioria acontece por descarrilamento ou falta de manutenção dos carros. Segundo notícia do G1 (2017), o último acidente da CPTM ocorreu no dia 07/02/2017, em que a Linha afetada foi a Linha 3 (vermelha), entre as estações Arthur Alvim e Corinthias-Itaquera. Para contornar a situação a empresa utilizou de medidas de contenção de fluxo, controlando o número de passageiros na catraca. Porém, o problema começou a refletir na linha azul, pois as composições circulavam

com a velocidade reduzida. Mesmo sendo um dos metrôs mais seguros, e não havendo vítimas fatais, observa-se uma falha no item manutenção.

Outro fator que pode ser observado é que a parceria pública privada também pode ser uma solução. O planejamento, processo e operação seriam mais eficientes, além de maiores investimentos em segurança e estrutura, assim, podendo atender áreas que ainda são escassas em linhas metroviárias e necessitam com urgência de sua construção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTP (2012) Sistemas Inteligentes de Transportes. In: ALOUCHE, P, L., NAKAGAWA,T. (Org). *ITS no Setor Metroferroviário*. [S.I.: s.n.], p. 61-75.

Caiafa, J. (2016) O metrô de São Paulo e o problema da rede. *Contemporânea Revista de Comunicação e Cultura*, Salvador, v. 14, n. 2, p.150-170, out.

Cardoso, C. E. P. (2009) *Distribuição da População na Região Metropolitana de São Paulo*. Engenharia, São Paulo, ed. 596, p.116-119, Disponível em: <http://www.brasilengenharia.com.br/ed/596/Art_Transporte.pdf>. Acesso em: 02 dez. 2016.

ViaQuatro (2016) *Sobre a ViaQuatro*. Disponível em: <http://www.viaquatro.com.br/>. Acesso em: 05 dez. 2016.

Frederico, C. S.; Netto, C. J. e Pereira, A. L. S. (1997) Transporte metropolitano e seus usuários. *Revista NTU Urbano*, São Paulo, v. 11, n. 29, p.413-428.

IBGE (2016) *São Paulo: infográficos: dados gerais do município*. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/painel/painel.php?codmun=355030>. Acesso em: 06 nov. 2016.

Metrô (2017) *Sé*. Disponível em: <http://www.metro.sp.gov.br/sua-viagem/linha-1-azul/estacao-se.aspx>. Acesso em: 07 jun. 2017.

CPTM (2015) *Relatório da Administração*. Disponível em: <http://www.cptm.sp.gov.br/a-companhia/BalancosDemonstrativos/Relatório da Administração 2015 - Final.pdf>. Acesso em: 02 dez. 2016.

Rosa, S. J. (2006) *Transporte e Exclusão Social: A Mobilidade da População de Baixa Renda da região Metropolitana de São Paulo e Trem Metropolitano*. 176 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Transportes, USP, São Paulo.

São Paulo (2012). *Metro, Pesquisa de Mobilidade da Região Metropolitana de São Paulo*. Governo do Estado 2012.

São Paulo (2016) *Metrô*. Secretaria dos Transportes Metropolitanos. Disponível em: <http://www.metro.sp.gov.br/>. Acesso em: 10 nov. 2016.

Teixeira, S. M et. al. (2013) Qualidade do transporte urbano de passageiros: Uma avaliação do nível de serviço do sistema metropolitano de São Paulo. *Revista Metropolitana de Sustentabilidade*, São Paulo, v. 4, n. 1, p.1-18.

Bruna Grossl (bruna.grossl26@gmail.com)
Karine Zago (kari_zago@yahoo.com.br)
Larissa Maisa Bento (larissambento@gmail.com)
Elisete Santos da Silva Zagheni (adm.elisete@gmail.com)
Cassiano Augusto Isler (cassiano.isler@ufsc.br)
Departamento de Engenharias da Mobilidade, Centro Tecnológico de Joinville, Universidade Federal de Santa Catarina
Rua Dr. João Colin, 2700, Joinville – SC – Brasil

MÉTODO PARA O DESENVOLVIMENTO DE UM SERVIÇO DE TRANSPORTE COMPLEMENTAR BASEADO NO PERFIL DO USUÁRIO

Murilo Ribeiro Rodrigues
Gabriella Queiroz Brito
Átylla Fernandes Brito
Leonardo Braga Gomes
Universidade Federal de Goiás
Escola de Engenharia Civil e Ambiental
Poliana de Sousa Leite
Universidade Federal de Goiás
Engenharia de Transportes

RESUMO
O uso do transporte individual cresce cada vez mais nas grandes metrópoles brasileiras em virtude da obsolescência e degradação do transporte coletivo e isso se reflete nos mais diversos ambientes da sociedade, inclusive no acadêmico. Este trabalho tem o objetivo de estudar o comportamento em relação ao transporte dos alunos da Escola de Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás e quais atributos os mesmos consideram mais importantes para um eventual serviço. Para isso foi aplicado um questionário aos estudantes do referido local para se criar uma matriz O/D que materializasse essas informações. Os resultados obtidos indicam que 56,36% dos estudantes se locomovem de carro, mas estão dispostos a compartilhar um transporte, priorizando entre os atributos pesquisados, a pontualidade e a rapidez do trajeto.

ABSTRACT
Due to obsolescence and degradation of their public transportation systems, the use of private car increasingly rises in Brazilian metropoles. It has severe consequences to several segments of society and to the academic environment. This work aims to study the behavior towards transport of Faculty of Engineering of Federal University of Goiás students. As well as find out which attributes they would appreciate the most in a fictional service. For this, a questionnaire was used creating an O-D matrix to gather the data. Results indicate that 56.36% of students use private car, but they are willing to share a transport service with their classmates, prioritizing punctuality and time of travel.

1. INTRODUÇÃO

As metrópoles brasileiras apresentam densidade populacional cada vez maior, tornando assim, cada vez mais importante o oferecimento de opções de deslocamento para suas populações. Entretanto, elas têm dificuldades de oferecer estas alternativas, uma vez que há um desencontro entre as necessidades dos passageiros e os sistemas de transporte oferecidos. Isso é causado em grande parte, devido a um ciclo vicioso que aumenta a demanda por transporte individual e torna o público pouco atrativo.

É de suma importância para a proposição de uma logística diferenciada de transporte que se conheça os motivos que levam os usuários do sistema a se locomover bem como os atributos que estes definem para tomar decisões sobre qual modal utilizar. Segundo Barbosa (2013) alguns dos atributos que influenciam essa tomada de decisão são segurança, conforto, estética, qualidade, custo monetário e de tempo, confiabilidade, dentre outros.

Nos últimos anos a população brasileira de forma geral, em especial a de classe média, passou por um aumento significativo de renda, o que propiciou com que muitos tivessem condições de adquirir veículo próprio, gerando assim um acentuado aumento do número de carros circulando nas vias públicas. Na cidade de Goiânia, local onde este trabalho foi desenvolvido, a frota de veículos de acordo com Luiz (2017) é de 1.172.723 veículos, que é menor do que a população da cidade que segundo estimativa do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

(IBGE) em 2016 era de 1.448.639 habitantes.

Tal problema é percebido com facilidade ao se analisar a superlotação do estacionamento de alunos da Escola de Engenharia Civil e Ambiental (EECA) da Universidade Federal de Goiás localizada na Praça Universitária em Goiânia. Em dias letivos é comum que todas as vagas oferecidas no estacionamento já estejam ocupadas, levando alguns alunos a buscarem estacionamentos nas ruas adjacentes a Escola, que ficam frequentemente também bastante ocupadas por carros de alunos de outras unidades da UFG e/ou da PUC Goiás que também se situam no entorno da Praça Universitária. Apesar da insuficiência no número de vagas a hipótese de se aumentar o número de vagas é descartada visto a ausência de espaço físico nas dependências da EECA para ampliação do estacionamento.

A Praça Honestino Guimarães, conhecida popularmente como Praça Universitária é um espaço de lazer para os moradores das imediações e para os alunos das 20 universidades e/ou faculdades instaladas no Setor Universitário, onde se localiza a praça. No entanto a praça é vista negativamente como um local perigoso para o estacionamento de veículos devido ao elevado número de assaltos e/ou furtos de veículos. De acordo com levantamento da Secretaria de Segurança Pública de Goiás o Setor Universitário é um dos 3 setores onde mais ocorrem roubos de carros em Goiânia. Isso se deve principalmente aos carros estacionados por alunos durante seus períodos de aula.

Levando em conta as constatações aqui apresentadas percebe-se a relevância de se propor um serviço alternativo de transporte que atenda os alunos de Engenharia Civil da UFG. Desenvolver um método que, por meio do estudo de alternativas e da viabilidade de outros serviços é o principal objetivo deste artigo.

Para desenvolvimento do método, foi elaborado um mapa mental dos atributos referentes ao desenho básico de um serviço de transporte complementar ao serviço regular de transporte público, o qual foi utilizado para definir algumas perguntas para serem acrescentadas ao questionário da pesquisa O/D. O questionário foi aplicado com os alunos do curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás e a partir dele foi proposto um conceito de serviço utilizando características de serviços inexistentes no Brasil, pesquisados durante a revisão da literatura.

2. SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO

No Brasil, a gestão do transporte público é responsabilidade do Poder Público, mesmo que o serviço seja delegado a um terceiro, por meio de concessão ou permissão. Está a cargo do Poder Público assegurar um serviço adequado, pois deve prever, contratar e fiscalizar empresas prestadoras do serviço de transporte coletivo local. De acordo com a Constituição, o transporte coletivo é serviço municipal essencial e suas competências como planejamento, tarifação, organização, fiscalização, devem ser descritas em Leis Orgânicas Municipais (Ministério das Cidades, 2006).

Para que seja considerado público o veículo que realiza o transporte não deve pertencer ao usuário do serviço, em geral pertencendo a uma ou mais empresas. Caso o veículo pertença a um indivíduo, ou mesmo a uma empresa, mas só possa ser utilizado por um grupo restrito de pessoas ele é considerado semipúblico. As principais características dos transportes públicos e semipúblicos são que eles não possuem flexibilidade total no que diz respeito às rotas e

horários, se o transporte for público essa flexibilidade é inexistente. Caso seja semipúblico a flexibilidade depende do tipo específico de transporte, no caso por exemplo do táxi essa flexibilidade é maior do que no caso das lotações (FERRAZ & TORRES, 2004, p. 25).

2.1. Transporte Público em Goiânia

O serviço de transporte público coletivo de passageiros da Região Metropolitana de Goiânia (RMG), constituída pela capital do Estado de Goiás e 17 municípios do entorno que são ligados por interesses econômicos e sociais comuns, está organizado em uma rede de serviços denominada Rede Metropolitana de Transportes Coletivos – RMTC (RMTC, 2017). O serviço é realizado por quatro concessionários em regime de concessão desde 2007 e uma estatal. Dividido em cinco lotes, apresenta três tipos de serviço: o convencional, realizado por ônibus do tipo *padron*, o BRT (*Bus Rapid Transit*) com veículos articulados e o complementar diferenciado, realizado por micro-ônibus, o qual possui itens de conforto como ar condicionado e poltronas estofadas. Este último é denominado Citybus, possui dez linhas e todas atendem a Praça Universitária, no centro de Goiânia.

Outra característica marcante do sistema é que possui tarifa única, ou seja, os 18 municípios são atendidos com o mesmo valor de tarifa, permitindo ao passageiro integrar no período de duas horas e meia em qualquer um dos 19 terminais da RMTC.

O sistema de transporte público da RMTC tem apresentado problemas de queda de demanda e um descontentamento constante da população em relação à oferta do serviço. Esse ano, o reajuste da tarifa não foi realizado e o Governo do Estado fez um acordo com as empresas para subsidiar o serviço pagando parte das gratuidades referentes a 50% das passagens dos estudantes.

3. PESQUISAS PARA PLANEJAMENTO DE TRANSPORTE PÚBLICO

Para abordagem de um problema envolvendo transporte existem vários tipos de pesquisa que visam levantamentos quantitativos e qualitativos, seguem alguns desses tipos de pesquisa.

- Pesquisa sobe e desce: consiste em uma pesquisa realizada no interior dos veículos do transporte coletivo. Ao embarcar no veículo, cada passageiro recebe uma ficha com a identificação da zona em que embarcou e ao desembarcar devolve a ficha a um pesquisador que deposita no envelope correspondente ao ponto de desembarque. Esse tipo de pesquisa serve para auxiliar a montagem da matriz O/D de uma ou mais linhas do transporte coletivo, no entanto não é muito útil quando o problema abordado leva em conta diferentes modais de transporte, o que é o caso do problema abordado nesse trabalho.
- Pesquisa de origem-destino: nesse modelo de pesquisa o pesquisador preenche uma ficha na qual é preenchida o local de origem e de destino das viagens realizadas. Possui a vantagem de permitir implementar a pesquisa sobre o modal escolhido para o transporte. Pode ser realizada de diferentes modos: através de entrevista direta com o usuário, questionário enviado pela internet ou entrevista com o usuário no local de acesso ao transporte (no caso de transporte coletivo).

Tendo em vista os objetivos que se pretende atingir com esse trabalho a pesquisa de origem-destino dos desejos de viagens servirá como base para elaboração e aplicação do relatório com os alunos da Engenharia Civil da UFG.

3.2. Matriz O/D

A Matriz Origem/Destino é um dos modelos mais aplicados para planejamento em transporte. Segundo Guerra, 2011 uma matriz O/D representa "*a demanda por transporte em uma área"* já que representa, na forma de uma matriz, a quantidade de viagens e movimentação de pessoas e/ou bens realizadas entre determinadas zonas tráfego em um certo período de tempo (GUERRA, 2011).

Para montar uma matriz origem/destino é imprescindível que se estabeleçam zonas de tráfego. Essas zonas são definidas levando em considerações aspectos socioeconômicos e populacionais buscando que essas zonas possuam internamente características semelhantes em relação ao uso e ocupação do solo (LEITE, 2003). As zonas onde as viagens são produzidas são chamadas de zonas de origem e aqueles para onde as viagens são atraídas são as zonas de destino. É comum que uma zona de origem seja também destino de viagens.

4. MODELOS DE SERVIÇO DE TRANSPORTES

Com o surgimento dos aplicativos, estão surgindo serviços diferenciados de transporte. Com o objetivo de desenvolver um desenho de novo serviço, foram pesquisados modelos existentes e os elementos que os compõem.

4.1. Aplicativos de carona

No Brasil atualmente é comum encontrarmos aplicativos e mesmos grupos em redes sociais que ofereçam serviços relacionados a carona solidária, principalmente entre estudantes universitários. Esse tipo de carona, também conhecida como *carpool*, surgiu com o intuito de diminuir o elevado percentual de carros circulando com apenas um passageiro nos grandes centros urbanos. Uma de suas principais vantagens está ligada também com a preservação do meio ambiente, já que com mais carona teremos menos carros nas ruas e consequentemente menor emissão de gases poluentes. A carona solidária funciona quando duas ou mais pessoas possuem trajetos semelhantes, podendo acontecer de duas formas (BLOG MOBILIZE, 2016).

- Se apenas uma dessas pessoas possuem veículo próprio o mais comum é que os participantes da carona solidária contribuam com uma determinada quantia em dinheiro para auxiliar o proprietário do veículo com manutenção e o combustível.
- Se todos os participantes possuírem veículos próprios, nesse caso alternarem o dia de cada um ir em seu veículo dando caronas para os demais, deste modo não é necessário contribuir com uma quantia em dinheiro, já que os custos serão divididos de igual modos entre todos os veículos.

Um exemplo de aplicativo que auxilia a carona solidária é o *BeepMe*, utilizado, segundo seu desenvolvedor, por mais de 200 mil usuários realizando 2 milhões de viagens no mundo todo. Após a instalação do aplicativo o usuário é perguntado se é motorista ou passageiro. Caso seja motorista, deve cadastrar o trajeto que será feito e o horário, após isso o aplicativo seleciona os passageiros com rota e itinerário parecidos e coloca em contato com o motorista, que deve então combinar o valor e o ponto em que encontrará os passageiros. Já para o passageiro o sistema é bem semelhante, após se cadastrar no aplicativo deve informar rota e horário para o qual deseja encontrar uma carona e esperar que o aplicativo selecione um motorista compatível e colocar e contato.

Um dos principais diferenciais do *BeepMe* é a segurança. Após cada carona compartilhada, passageiros e motoristas devem se avaliar. Assim, antes de aceitar conceder ou receber uma

carona é possível com base nas avaliações saber se o par recomendado pelo aplicativo é seguro.

4.2. *Chariot*

A *CHARIOT é* uma startup lançada em 2014 que abrange a área da baía de São Francisco, na Califórnia, Estados Unidos. A Companhia foi comprada em setembro de 2016 pela Ford. O serviço visa buscar resolver o problema da mobilidade urbana através da oferta de viagens com preço competitivo em vans para até 14 pessoas (FORBES BRASIL, 2016).

Nesse sistema o usuário baixa um aplicativo e agenda uma viagem com antecedência em uma das 28 rotas oferecidas pela empresa, os horários são definidos de acordo com a demanda de passageiros, possuindo, portanto, certa flexibilidade de horário. É também de acordo com a demanda que sã definidas novas rotas. O sistema possui pontos de embarque e desembarque pré-definidos para cada rota, sendo alguns desses pontos definidos a partir de acordos com empresas e outras instituições. A empresa possui atualmente cerca de 100 veículos que são dirigidos por motoristas próprios da empresa.

4.3. *Moov App*

O *Moov* é um aplicativo criado pela Brave Invest que funciona na cidade do Rio de Janeiro em parceria com 3 empresas operadoras do sistema de transporte coletivo da cidade, Expresso Recreio, Braso Lisboa e Ideal.

Ele permite aos usuários de algumas linhas dos chamados ônibus executivos (popularmente conhecidos na cidade como “frescão”, são veículos que possuem algumas opções de conforto a mais do que o transporte coletivo comum, como por exemplo dispõem de somente uma porta, ar-condicionado, bancos mais confortáveis e possui uma tarifa maior em relação ao transporte convencional) reservar antecipadamente o seu assento, acompanhar em tempo real a localização do veículo e realizar o pagamento do serviço por meio do aplicativo, podendo para isso utilizar o cartão de crédito, dinheiro e até o *RioCard,* smartcard utilizado no sistema de transporte coletivo de várias cidades Fluminenses.

Para utilizar o aplicativo o usuário deve baixa-lo em um smartphone, fazer o seu cadastramento (o que contribui com uma maior segurança no transporte). Após isso quando desejar fazer uma viagem o usuário deve acessar o aplicativo, escolher a linha e o horário que deseja realizar a viagem, definir os pontos de embarque e desembarque, o assento que deseja e escolher a forma que realizará o pagamento. Realizado todos os passos anteriores o usuário poderá acompanhar através de um mapa disponível no aplicativo a posição exata e a aproximação do veículo, quando este chegar ao ponto de embarque definido o usuário não precisa fazer nenhum sinal para o motorista, apenas esperar o veículo parar no ponto e fazer o embarque, o mesmo acontece para o desembarque.

Algumas das principais vantagens desse sistema é que como o passageiro determina com antecedência os pontos em que irá embarcar e desembarcar o veículo só precisará parar naqueles pontos onde já esteja determinado o embarque ou desembarque de um passageiro, permitindo assim aos mesmos atingir maior velocidade operacional. Outra vantagem que também contribui com a velocidade é que com a opção de o pagamento não ser feito no interior do veículo (como ocorre comumente nos ônibus executivos) o motorista gastará menos tempo recebendo os pagamentos dos usuários e assim a viagem se torna mais ágil.

Segundo o CEO da Brave Invest João Zecchin a economia de tempo nas viagens é de cerca de 30 a 40 minutos se comparado aos ônibus executivos que operam da maneira convencional.

5. ESTUDO DE CASO

O objetivo é caracterizar espacialmente as viagens diárias dos alunos do curso de Engenharia Civil da EECA- Escola de Engenharia Civil e Ambiental, identificar seu perfil e destacar suas preferências, por meio de uma pesquisa origem-destino, representando a ligação da EECA com as demais zonas de Goiânia.

Para isso, a cidade foi dividida em zonas de acordo com a divisão adotada pela CMTC (Companhia Metropolitana de Transporte Coletivo) em 2000 para o planejamento urbano, uma vez que isso facilitará a obtenção de dados gerais e pontuais de Goiânia.

Definidas as zonas, foi elaborado um questionário com perguntas sobre a origem das viagens, sendo o destino a EECA, e sobre atributos de transporte que são importantes na opinião dos alunos, incluindo limites de preço do serviço. Esses atributos se basearam em uma parte de um mapa mental elaborado com base em pesquisas a respeito de modelos de serviços de transporte em vários lugares no mundo.

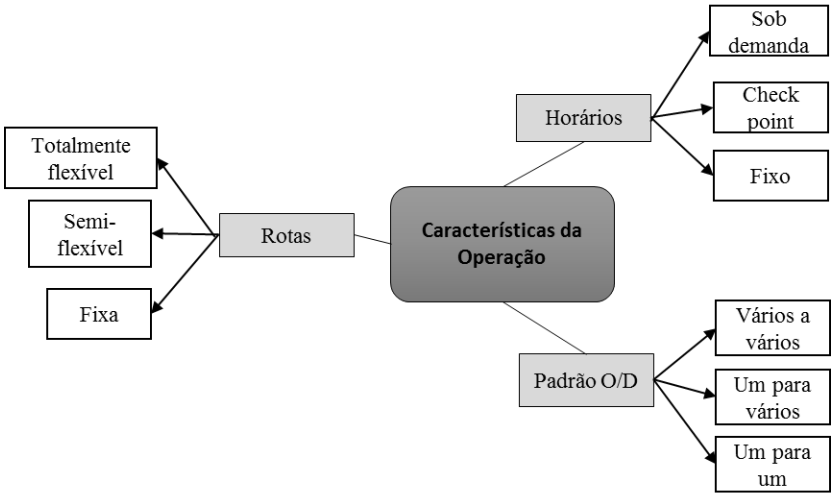


Figura 1: Atributos do serviço de transporte (elaboração própria)

Os questionários serão aplicados de maneira presencial por um grupo de cinco alunos. A pesquisa será feita por amostragem e deve se referir a um número inteiro de viagens entre cada zona e a Escola de Engenharia Civil e Ambiental (EECA) da UFG. Ao final da pesquisa, será elaborada a matriz O/D da amostra coletada.

5.1. Cálculo da amostra

Para obter a amostra, foi utilizado o modelo de amostragem que utiliza a equação a seguir:

$$n = \frac{NZ^2p(1-p)}{(N-1)e^2 + Z^2p(1-p)}$$

Onde:

n: é o tamanho da amostra;
N: é o tamanho do universo;

Z: é o desvio do valor médio aceito para alcançar o nível de confiança desejado;
p: é a probabilidade do evento; e
e: é a margem de erro máximo admitida.

Em função do nível de confiança desejado, será utilizado para Z um valor determinado que é dado pela forma da distribuição de Gauss igual a 1,96. Sendo um total de 516 alunos, a amostra calculada é de 221 entrevistados.

É importante dividir a amostra encontrada proporcionalmente ao ano de ingresso dos alunos, já que o comportamento dos alunos é diferente na parte inicial e na parte final do curso. Para isso, encontra-se o número de alunos ingressantes em cada ano através do SIGAA- Sistema Integrado de Gestão Acadêmica e define-se qual a porcentagem sobre o total de alunos que este número corresponde. Foram definidos 3 intervalos de ingresso, são eles:

- 2013 ou antes: nessa categoria se enquadram os alunos que estão na fase final do curso, a partir do 8º período;
- 2014- 2015: nesse intervalo atinge-se principalmente os alunos entre os 4º e 7º período, que estão na parte intermediária do curso;
- 2016 - 2017: a maioria dos alunos encontra-se entre o 1º e o 3º período (fase inicial do curso).

A Tabela 1 a seguir apresenta a quantidade total de alunos por intervalo de ingresso definido, o percentual do universo a que isso corresponde e o quanto essa porcentagem corresponde no valor da amostra.

Tabela 1: Amostra por ano de ingresso

Ano de Ingresso	Quantidade de Alunos	%	Amostra
2013 ou antes	209	40,5	90
2014 - 2015	161	31,2	69
2016 - 2017	146	28,3	63
Total	516	100,00	221

Fonte: SIGAA

5.2. Resultados

A partir da tabulação dos dados obtidos pelos formulários fixos no *Excel*, geraram-se as Matrizes O/D dos deslocamentos para cada dia da semana. As matrizes OD mostram que as regiões com maior demanda são a Central e a Sul. As demais apresentam uma demanda muito pequena, o que não viabiliza suas inclusões no serviço por hora. Porém, podem ser integradas no futuro caso a demanda se mostre suficiente.

A amostra pode ser caracterizada pelas seguintes características: a maior parte dos entrevistados são do sexo masculino (72,88%) e em relação à idade, estão divididos como apresentado na Figura 2.

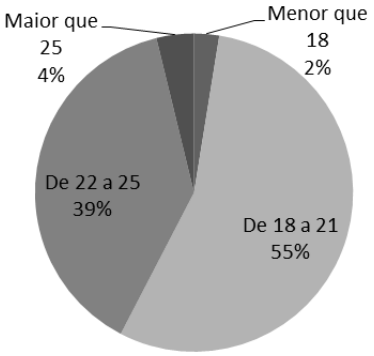


Figura 2: Idade dos entrevistados

Entre os que possuem veículo próprio, o resultado foi equilibrado, sendo que 51,27% responderam que possuem veículo próprio e 48,73% responderam que não possuem. Em relação ao principal meio utilizado nos deslocamentos para a universidade, o resultado foi segundo apresentado na Tabela 2.

Tabela 2: Modo de transporte utilizado

Modo	%
Carro	56,36
Ônibus	27,11
Bicicleta	1,27
Taxi/ Uber	2,54
Outros	12,71

Um dos questionamentos feitos aos entrevistados era sobre a disponibilidade de realizar viagens coletivas. A Tabela 3 apresenta o percentual de alunos que, conforme a pesquisa, estariam dispostos a compartilhar um veículo em seus deslocamentos para a faculdade.

Tabela 3: Disponibilidade dos alunos para compartilhar um transporte

Compartilharia	Não compartilharia
76,27%	23,73%

Outro questionamento feito foi sobre os atributos que o estudante considerava indispensáveis em um serviço de transporte. Cada um poderia escolher até três atributos. A Figura 3 abaixo apresenta quais atributos os usuários do serviço avaliaram como mais importantes:

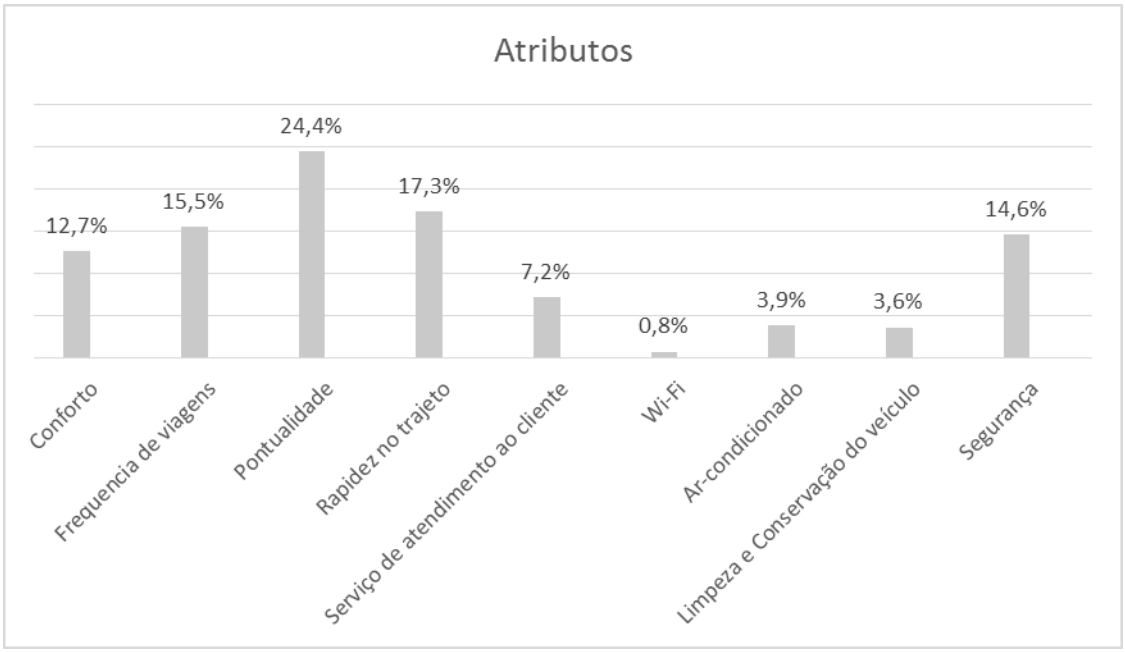


Figura 3: Atributos considerados indispensáveis no serviço de transporte

Assim, pode-se perceber que os três atributos mais valorizados pelos usuários são a pontualidade, a rapidez no trajeto e a frequência de viagens. Estes atributos estão relacionados principalmente com a qualidade na operação do serviço e não ao conforto do veículo. Assim, para que se consiga atingir esses atributos e agradar os usuários, o modelo do serviço terá que primar por planejamento, operação e gestão de alta qualidade.

Os entrevistados também responderam sobre quanto estavam dispostos a pagar por um serviço de transporte em seus deslocamentos até a universidade. O valor médio que os usuários estariam aptos a pagar é de R$ 3,84. No entanto, ao levar em conta os atributos e o nível de serviço que se pretende atingir, essa tarifa dificilmente seria viável para a sustentabilidade financeira do serviço.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A queda de demanda nos serviços de transporte público, o descontentamento da maioria da população com o serviço ofertado e o crescimento do uso do transporte individual são fatos que criam a necessidade de ofertar um serviço que atenda à população de forma mais personalizada. Por isso, o conhecimento do perfil do usuário do serviço é indispensável para a concepção deste.

Como foi apresentado, a pesquisa O/D acrescida de questionamentos a respeito da opinião do usuário em relação a certos atributos de conforto e em relação ao preço do serviço são necessários para que se tome conhecimento das características necessárias ao novo atendimento.

Durante a aplicação do questionário aconteceram alguns fatos que ficaram como lições aprendidas para as próximas pesquisas: a falta de ajuste de questionário a partir de uma

pesquisa piloto e a dificuldade em aplicar questionários com alunos mais jovens devido à falta de atenção e compromisso com a pesquisa. Essas limitações resultaram em respostas que não condiziam com as perguntas, forçando a eliminação de alguns questionários.

Percebeu-se profunda falta de conhecimento de muitos alunos, especialmente dos primeiros períodos quanto aos valores gastos com seus deslocamentos, uma vez que apresentaram respostas que não condiziam de forma alguma com a realidade. Exemplo disso foram alunos que se deslocam mais de 10 km diariamente para ir e voltar da faculdade de carro e disseram gastar entre 20 e 40 reais por semana ou alunos que são sustentados pelos pais e disseram não gastar nada com esses deslocamentos, mesmo indo de carro, já que não são eles próprios os responsáveis pelo custeio.

Um novo serviço que atenderia a esse público deveria ser desenhado visando excelência na operação, pois os atributos relacionados ao tempo de viagem foram os mais votados: pontualidade, rapidez no trajeto e frequência de viagens. O quarto atributo mais falado é o de segurança. Serviços porta a porta, com a conveniência de um aplicativo no qual apenas usuários cadastrados podem utilizar o serviço são características que podem garantir a segurança. Além disso, o público jovem tem facilidade para lidar com novas tecnologias.

Agradecimentos
Agradecemos aos amigos e familiares que de alguma forma nos apoiaram e confortaram. A orientadora, Poliana Leite por seus ensinamentos, confiança, compreensão e amizade que foram determinantes para perfeita realização deste. E, a Universidade Federal de Goiás pela oportunidade e pela qualidade de ensino ofertada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBOSA, R. S. (2013) Migração do transporte coletivo para o individual: Como reverter esta tendência? Monografia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

BLOG MOBILIZE. Onze Aplicativos de carona solidária para gastar menos (e aliviar o trânsito). Disponível em: <http://www.mobilize.org.br/noticias/9543/11-aplicativos-de-carona-solidaria-para-voce-gastar-menos-e-aliviar-o-transito.html>. Acesso em 21 de abr. de 2016.

FERRAZ, A. C. P; TORRES, I. G. E. Transporte Público Urbano.2. ed. São Carlos: RiMa, 2004.

FORBES BRASIL. Ford cria serviço de transporte que pode rivalizar com o Uber. Disponível em: <http://www.forbes.com.br/negocios/2016/09/ford-cria-servico-de-transporte-que-pode-rivalizar-com-o-uber/>. Acesso em 21 de abr. de 2017.

GUERRA, André Leite. Determinação de matriz origem/destino utilizando dados do sistema de bilhetagem eletrônica. 2011. 116 f. Dissertação (Mestrado em Geotecnia e Transportes) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2011.

LEITE, Ramon Gonçalves. Aplicação dos modelos de estimação da matriz origem-destino (O/D) em planejamento de transporte urbano. 2003. 61 f. Dissertação (Mestrado em Ciências de Engenharia) – Centro de Ciência e Tecnologia da Universidade Estadual do Norte Fluminense. Campos dos Goytacazes, 2003.

LUIZ, N. (2017) Goiás tem mais de um carro para cada duas pessoas. *Diário da Manhã.*

MINISTÉRIO DAS CIDADES. Brasil Acessível: Implantação de Sistemas de Transportes Acessíveis. Caderno 5. Brasília: Mcidades, 2006b.

RMTC. Informações Institucionais. Disponível em: <http://www.rmtcgoiania.com.br/sobrea-a-rmtc/informacoes-institucionais>. Acesso em: 10 jul. 2017.

Murilo Ribeiro Rodrigues (murilo.ribeiror@gmail.com)
Gabriella Queiroz Brito (gabriella.qb8@gmail.com)
Átylla Fernandes Brito (atylla@live.com)
Leonardo Braga Gomes (leobg1995@gmail.com)
Escola de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Goiás
Av. Universitária, 1488 - Setor Universitário, Goiânia, GO, Brasil

Poliana de Sousa Leite (polianaleite@gmail.com)
Faculdade de Ciências e Tecnologia, Engenharia de Transportes, Universidade Federal de Goiás
Rua Mucuri, s/n - Setor Conde dos Arcos, Aparecida de Goiânia, GO, Brasil

AVALIAÇÃO DAS VARIÁVEIS QUE INFLUENCIAM O USO DO TRANSPORTE PÚBLICO DE PASSAGEIROS: UM ESTUDO DE CASO DO TRANSPORTE COLETIVO POR ÔNIBUS

Mylena Cristine Rodrigues de Jesus
Janaina Antonino Pinto
Iara Alves Martins de Souza
Universidade Federal de Itajubá – *Campus* Itabira

RESUMO
O transporte público de passageiros é necessário para a circulação de pessoas dentro de uma cidade e, ao associar os deveres das empresas prestadoras desse serviço aos frequentes questionamentos dos usuários com relação à qualidade do serviço prestado, questiona-se quais são os principais fatores que influenciam a escolha pelo transporte público. A partir de indicadores da qualidade mapeados na literatura, o objetivo da pesquisa foi avaliar as principais variáveis que levam à população a não utilizar o transporte público de passageiros, além de avaliar a qualidade do mesmo em uma cidade de médio porte situada no estado de Minas Gerais. Foi aplicado um questionário aos usuários e, ao analisar os dados obtidos, foi possível identificar pontos críticos como, por exemplo, tempo de duração das viagens, sistema de informações, frequência e confiabilidade do atendimento, entre outros fatores que prejudicam a qualidade do serviço e desestimulam a utilização do transporte coletivo.

ABSTRACT
Public passenger transportation system is necessary for people circulation around the city. In order to associate the companies' duties with user's frequent questions about the quality of the service rendered, the main factors that influence the choice of public transport are questioned. Based on quality indicators mapped in the literature, this research objectives were to evaluate the variables that lead the population not to use public transportation, as well as to evaluate its quality in a medium-sized city located in the state of Minas Gerais. A questionnaire was applied to public transportation users and the data analysis indicated critical points such as travel time, information system, frequency and reliability that affect the service quality and discourage the use of public transportation.

1. INTRODUÇÃO

Transporte pode ser considerado, segundo Magalhães, Aragão e Yamashita (2014), o deslocamento, a transição e a mudança, de um lugar para outro, de pessoas e cargas. E, de acordo com Heck (2002), o transporte público de passageiros é um tipo de transporte acessível para toda a população em troca do pagamento da tarifa.

Quando o serviço de transporte rodoviário é oferecido, segundo o decreto brasileiro número 2.521/98 (BRASIL, 1998), se torna obrigação da empresa prestadora satisfazer as condições básicas de qualidade. Porém, Barboza, Orrico Filho e Santos (2003) dizem que os resultados referentes ao transporte público de passageiros oferecidos no Brasil estão distantes do nível de qualidade, eficiência e eficácia desejadas. Observando a realidade do transporte público urbano brasileiro, têm-se alguns pontos que indicam crise, bem como a constante elevação dos custos operacionais e tarifas e a queda do número de passageiros transportados.

O grande congestionamento de veículos nas cidades é um fator que deveria estimular a maior utilização dos transportes públicos de passageiros oferecidos, mas muitas vezes, isso não acontece. Diferentes motivos levam as pessoas a optar pelo uso do transporte individual, como por exemplo, o conforto, a comodidade, a flexibilidade, entre outros, aumentando assim a quantidade de veículos circulando e o nível de congestionamento nos centros urbanos. Uma das soluções para aumentar o uso dos transportes coletivos é a prestação de um serviço de qualidade. Sabe-se que quando uma empresa, seja pública ou privada, oferece à população o serviço de locomoção pública, surge a constante necessidade de melhoria dos serviços quanto à qualidade e ao conforto dos usuários.

As condições intensas do tráfego nas cidades pedem por um transporte público de qualidade e, quando uma empresa se propõe a oferecer um serviço de transporte para a população, surge a necessidade de cumprir seus deveres e suprir as necessidades dos usuários. Segundo a Scarpin e Silva (2017), a queda da quantidade de passageiros tem predominado na gestão do sistema de transporte coletivo urbano nos últimos anos, ou seja, a população tem desistido de utilizar o transporte público de passageiros. Dessa forma, quais são os principais fatores que influenciam a escolha do transporte público?

Diante do questionamento exposto, o trabalho em questão tem a sua elaboração baseada em uma revisão bibliográfica e uma abordagem qualitativa. A partir da realização de uma pesquisa na literatura sobre os transportes públicos de passageiros e algumas normas vigentes, encontraram-se pontos críticos que desestimulam o uso dos transportes coletivos públicos, além da aplicação de um questionário de satisfação aplicado aos usuários locais. O foco do trabalho aqui descrito é em uma cidade do estado de Minas Gerais com deficiências no transporte público de passageiros por ônibus. A pesquisa apresentada teve como objetivo principal mapear as variáveis que levam à população a não utilizar o transporte público de passageiros por ônibus e propor ações de melhorias na prestação desses serviços.

2. TRANSPORTE RODOVIÁRIO DE PASSAGEIROS

De acordo o decreto número 2.521/98 (BRASIL, 1998), que regulamenta o Serviço de Transporte Rodoviário de Passageiros, quando o serviço de transporte é oferecido, satisfazer às condições de qualidade e produtividade na prestação de serviços, a pontualidade, a regularidade das condições técnicas dos veículos, a segurança, a eficiência, a fiscalização regular dos equipamentos e meios, a cortesia na sua prestação e a moderação das tarifas, são estabelecidos como direitos dos usuários de transportes rodoviários de passageiros.

2.1 Transporte rodoviário público de passageiros

A situação atual do setor dos transportes públicos é descrita, principalmente, pela queda na procura e por um aumento contínuo dos custos de operação, de acordo com Barboza, Orrico Filho e Santos (2003). Segundo Vollaro e outros (2014), as condições de tráfego nas grandes cidades necessariamente estimula o uso frequente de veículos públicos e, quando esse transporte público é oferecido, surge a necessidade de melhorar o conforto de pessoas que diariamente o utilizam para se deslocar pela cidade.

Segundo Freitas, Reis e Rodrigues (2011), o transporte rodoviário é a principal modalidade de deslocamento coletivo de passageiros. Porém, nos últimos tempos algumas empresas de ônibus vêm enfrentando uma concorrência cada vez maior com outras formas de locomoção. Alguns fatores que geram a concorrência são: empresas de ônibus concorrentes, empresas de transporte ilegais e frotas fretadas. Dessa forma, devido à crescente competitividade, tem se tornado cada vez mais frequente a busca por um serviço de transporte melhor.

2.2 Fatores que desestimulam o uso do transporte rodoviário público de passageiros por ônibus

Sendo comum a locomoção da população por meio de ônibus, os serviços oferecidos ficam expostos às críticas dos usuários, bem como dos estudantes e pesquisadores da área. Algumas dessas situações críticas já foram notadas e descritas em trabalhos científicos, como a qualidade, lotação, confiabilidade, preço das tarifas, nível de ruído, temperatura interna dos ônibus, entre outros fatores críticos.

As “Dimensões da Qualidade”, ainda segundo Freitas, Reis e Rodrigues (2011) foram decompostas em critérios, sendo eles: atendimento, veículo, deslocamento, segurança, serviços diferenciais e preço. Dentro desses critérios estão envolvidos fatores como grau de respeito dos funcionários, filas rápidas e organizadas, estado de conservação dos veículos, limpeza do veículo e veículos acessíveis a portadores de necessidades especiais, horário de saída conforme previsto, dispositivos de segurança adequados ao uso e possuir boa relação custo-benefício, sendo o valor pago diretamente relacionado com o serviço oferecido.

A frequente superlotação dos veículos de transporte público também é um fator que desestimula o uso do mesmo. Segundo Pel, Bel e Pieters (2014) fatores como a probabilidade de conseguir um assento, tempo de viagem, grande aglomeração de pessoas, atrasos, custos de tarifas e congestionamentos no trânsito são os principais fatores que induzem a população a não optar por transportes coletivos. A confiabilidade de um serviço é considerada um indicador chave da qualidade para os transportes públicos, mas os serviços oferecidos muitas vezes não correspondem ao nível de confiabilidade de serviço exigido (OORT, 2012, p. 92). Uma forma de avaliar efetivamente esse indicador é analisar a opinião dos usuários quanto ao serviço prestado. Outro fator a ser tratado é o preço das tarifas, de acordo com Carvalho e Pereira (2012) o crescimento acelerado da urbanização nos últimos anos vem contribuindo para o grande índice de desigualdade socioeconômica nas cidades e com isso, o aumento dos custos do transporte público que podem comprometer a qualidade do serviço prestado, a capacidade financeira da empresa gestora e o acesso da população de baixa renda.

Sendo assim, entender o funcionamento do sistema de transporte, as características do serviço de transporte rodoviário público de passageiros, as leis estabelecidas nesta área e identificar os principais pontos críticos contribui para melhorar o nível da qualidade dos serviços prestados e, consequentemente, atender melhor às necessidades e expectativas dos passageiros.

3. METODOLOGIA

As variáveis básicas, também chamadas de indicadores de qualidade do transporte público, utilizadas na pesquisa foram definidas por Ferraz e Torres (2004). Elaborou-se um questionário com questões de múltipla escolha sobre os indicadores: acessibilidade, frequência de atendimento, tempo de viagem, confiabilidade, características dos ônibus e locais de paradas, sistemas de informações, comportamento dos operadores e estado das vias. Além disso, foram estabelecidos, ainda de acordo com Ferraz e Torres (2004), atributos que caracterizam, do ponto de vista dos passageiros, cada indicador como um serviço de qualidade bom, regular e ruim.

Realizou-se o cálculo amostral que indicou para o universo de 117.634 habitantes da cidade em Minas Gerais (IBGE, 2014) e nível de confiança de 95%, o valor amostral mínimo de 383 questionários a serem aplicados. Entretanto, foram questionadas 600 pessoas, no ano de 2016, sendo 174 por meio de um formulário *on-line* e 426 em campo. Com os questionários respondidos pelos usuários das linhas de ônibus, foram feitas as tabulações dos dados, analisando concomitantemente as respostas de cada indicador com os respectivos atributos de um serviço de transporte de qualidade bom, regular e ruim propostos por Ferraz e Torres (2004).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Sobre o perfil dos 600 respondentes, pode-se observar a faixa etária, o motivo e os dias da semana de utilização do transporte público. Verificou-se que 50% dos usuários têm entre 18 e 24 anos e, em maioria, utilizam o transporte coletivo para estudos e atividades cotidianas, bem

como ir ao médico, supermercados, entre outras atividades (gráficos 1 e 2). Vale ressaltar que 16% dos entrevistados utilizam ônibus para ir ao trabalho e 15% para fins de lazer.

Outra análise feita é que 57% dos entrevistados tem o costume de utilizar ônibus de segunda a sexta-feira, 14% nos finais de semana, 14% eventualmente, 12% raramente e 3% quase nunca. Observa-se que todos os respondentes já tiveram algum contato com o sistema de transporte público da cidade estudada e, em sua maioria, possuem contato frequentemente. Sendo assim, a resposta dos entrevistados é de fundamental importância para avaliação da qualidade do transporte público da cidade pela perspectiva do usuário. A avaliação do sistema de transporte público neste trabalho é feita de acordo com os indicadores de qualidade propostos por Ferraz e Torres (2004): acessibilidade, frequência de atendimento, tempo de viagem, confiabilidade, segurança, características dos ônibus e locais de paradas, sistemas de informações, comportamento dos operadores e estado das vias.

4.1 Acessibilidade

O indicador de acessibilidade pondera a distância entre a residência do usuário e o ponto de ônibus mais próximo, assim como as condições das vias nesse percurso. Dos 600 entrevistados, 60%, 26% e 14% afirmam, respectivamente, que a distância entre sua residência e a parada de ônibus mais próxima é de até 300 metros, está entre 300 e 500 metros e é maior do que 500 metros. Avalia-se como um indicador de boa qualidade, segundo Ferraz e Torres (2004), visto que a maioria dos pontos de parada estão a até 300 metros da casa dos usuários. Em contrapartida, como pode ser visto no gráfico 1, a maioria deles afirma que as condições dos passeios, iluminação, segurança e declividade das vias deixam a desejar.

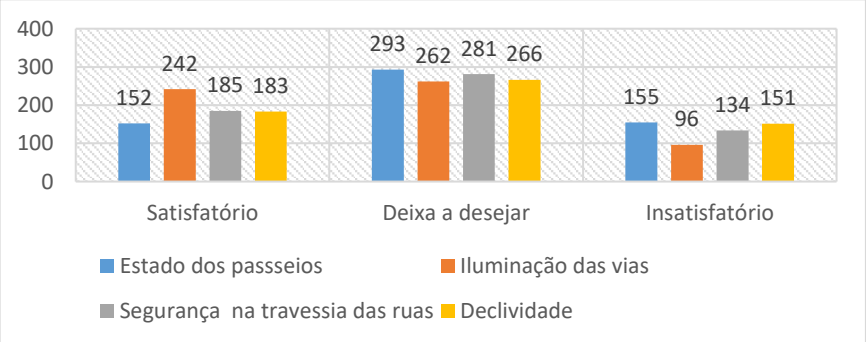


Gráfico 1: Acessibilidade no trajeto residência-ponto de ônibus mais próximo

Apesar da distância entre a residência do usuário e o ponto de ônibus mais próximo ser considerada satisfatória, os fatores expostos, bem como estado dos passeios, iluminação das vias, segurança na travessia das ruas e declividade, podem ser determinantes na escolha do cidadão pelo uso do transporte público. Além da distância a ser percorrida até o ponto de ônibus, o usuário pode optar por não utilizar o transporte público se não existir segurança e infraestrutura adequada nesse percurso.

4.2 Frequência de atendimento

Esse indicador avalia o intervalo entre os atendimentos de ônibus de mesma linha, ou seja, quando um ônibus passa, quanto tempo demora a passar outro de mesmo itinerário. Considerando separadamente os horários de transporte coletivo de 2ª a sábado e de domingos e feriados, 50% e 85% dos usuários demonstram, respectivamente, que os ônibus de mesma linha possuem um intervalo maior que 30 minutos (gráficos 2 e 3). De acordo com Ferraz e

Torres (2004), esse é um indicador de qualidade ruim.

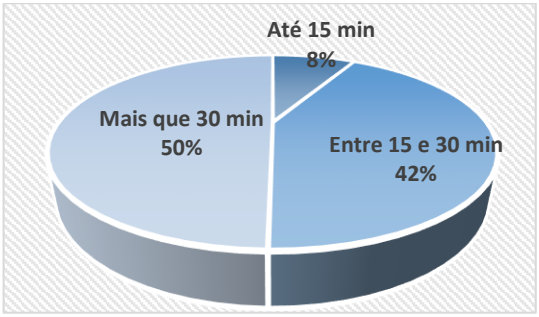


Gráfico 2: Intervalo de um ônibus para outro de mesma linha (2ª a sábado)

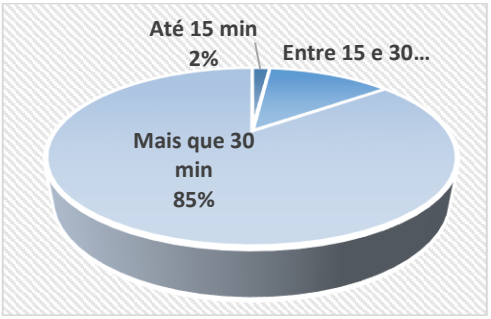


Gráfico 3: Intervalo de um ônibus para outro de mesma linha (Domingos e feriados)

O intervalo entre os ônibus é determinante na escolha pelo transporte público. Se apenas uma linha de transporte público atende ao usuário e o intervalo entre os ônibus é longo, gera-se um tempo de espera elevado, o que pode fazer o passageiro optar por chegar muito cedo ou atrasado ao seu destino. Sendo assim, quando existir outro meio transporte que leve o usuário ao local determinado e que esteja disponível no horário adequado para o mesmo, tal como o veículo individual, esse meio de transporte se torna mais atrativo.

4.3 Tempo de viagem

O tempo de viagem é um indicador de relação entre o tempo gasto de transporte coletivo e o tempo gasto quando se utilizado o veículo individual, para realização de uma mesma viagem. Considerando uma viagem de ônibus, 11%, 46% e 43% dos entrevistados disseram gastar até 15 minutos, entre 15 e 30 minutos e mais que 30 minutos, respectivamente (gráfico 4), sendo tratado como um indicador regular segundo Ferraz e Torres (2004).

Correlacionando o tempo demorado para realização de uma viagem por ônibus e por veículo individual, dos usuários que demoram até 15 minutos na viagem de ônibus, 91% demora até 10 minutos, 6% entre 10 e 16 minutos e 3% mais que 16 minutos ao realizar a mesma viagem por veículo individual. Tratando-se dos entrevistados que demoram entre 15 e 30 minutos para realização de uma viagem por ônibus, 85%, 13% e 2% gastariam até 15 minutos, entre 15 e 24 minutos e mais que 24 minutos, respectivamente. E, dos respondentes que demoram mais que 30 minutos numa viagem realizada por ônibus, 77%, 20% e 3% gastariam até 20 minutos, entre 20 e 32 minutos e mais que 32 minutos realizando a mesma viagem por veículo individual, nessa ordem. Ambos os indicadores de correlação do tempo de duração do transporte público comparado ao uso do veículo individual, de acordo com Ferraz e Torres (2004), são considerados indicadores de qualidade ruim, visto que a mesma viagem por carro seria menos demorada que a viagem por ônibus. O tempo necessário para chegar ao local de destino, também é um fator decisivo para o usuário optar pelo transporte público. Se o usuário está ciente de que o ônibus costuma demorar mais para chegar ao destino do que o veículo particular, ele tende a optar pelo segundo, visto que terá mais tempo livre para realização de suas tarefas.

4.4 Confiabilidade

Esse indicador avalia a relação entre os horários que a empresa de transporte coletivo divulga aos usuários e os horários que os ônibus realmente passam nas paradas, considerando os atrasos. Dos respondentes, 65% responderam que os veículos geralmente passam com mais de 3 minutos de atraso ao horário estipulado, como mostrado no gráfico 4. E, segundo Ferraz e

Torres (2004), quando o ônibus passa com o atraso de mais de 3 minutos do horário estipulado previamente, é considerado um indicador de confiabilidade ruim.

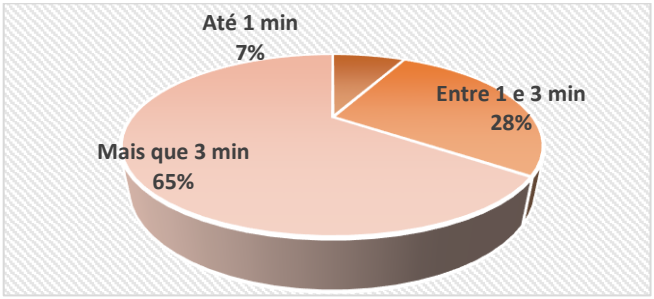


Gráfico 4: Confiabilidade (atraso) dos horários de ônibus divulgados pela empresa

A confiabilidade dos horários é outro fator decisivo no momento da escolha do usuário pelo uso do transporte público. O usuário necessita do ônibus para chegar ao seu compromisso, seja trabalho, escola ou lazer e, se existe a possibilidade de atraso, tende a optar por outro meio que tenha o horário mais preciso e o leve ao destino no horário necessário.

4.5 Características dos ônibus

As características dos ônibus são divididas em alguns indicadores, tais como estado de conservação, número de portas e largura do corredor, altura dos degraus e aparência dos veículos. Entre os 600 entrevistados, 46%, 69%, 53% e 59% dizem que o estado de conservação dos ônibus, o número de portas e largura do corredor, a altura dos degraus e a aparência dos veículos estão na faixa regular, como mostrado na Tabela 1.

Tabela 1: Características dos ônibus

Características dos ônibus	Bom (%)	Regular (%)	Ruim (%)
Estado de conservação	18	46	36
Número de portas e largura efetiva do corredor	5	69	26
Altura dos degraus	33	53	14
Aparência dos ônibus	26	59	15

Os indicadores de características dos ônibus mostraram um resultado regular/ruim e, para certificar esses indicadores, a empresa responsável pela prestação do serviço na cidade foi consultada. A empresa informou que os ônibus que compõem a frota na cidade e que se encontram em funcionamento atualmente são certificados e estão de acordo com a norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) – Norma Brasileira (NBR) 15570 - Especificações técnicas para fabricação de veículos de características urbanas para transporte coletivo de passageiros. Apesar das características visuais do ônibus chamarem atenção e estimularem ou não a utilização do mesmo, isso indica que esses indicadores precisam ser avaliados com cautela, visto que a população pode responder aos questionamentos sem o conhecimento técnico adequado.

4.6 Características dos locais de parada

No que tange às características dos locais de parada dos veículos são avaliadas as sinalizações, a cobertura, existência de bancos e aparência das respectivas paradas de ônibus. Do total de entrevistados, 64% afirmam que falta sinalização adequada em apenas alguns pontos de ônibus,

sendo considerado um indicador de qualidade regular. Além disso, como mostrado na Tabela 2, 58% e 60%, afirmam, respectivamente, que não existe ou falta cobertura e bancos em muitos pontos, sendo considerado um indicador de qualidade ruim, segundo Ferraz e Torres (2004).

Tabela 2: Características dos locais de paradas e pontos de ônibus

Características dos locais de paradas e pontos de ônibus	Existe em todos (%)	Falta em alguns (%)	Falta em muitos (%)
Sinalização	17	64	19
Cobertura	3	39	58
Banco para sentar	3	37	60

Ambos fatores apresentados influenciam na escolha do usuário pelo uso do transporte coletivo, de maneira que a falta de sinalização prejudica o conhecimento do usuário sobre os locais de parada e quais as linhas passam pelo respectivo local. Quando se trata da cobertura e o banco para sentar nas paradas e pontos de ônibus, o conforto do usuário durante a espera pelo ônibus é prejudicado. Concomitantemente, 6%, 45% e 49% dos entrevistados afirmaram que a aparência dos locais de paradas e pontos de ônibus são bom, regular e ruim (gráfico 5). Verifica-se, portanto, que mais de 90% dos questionados avaliam a aparência dos locais de parada como regular/ruim.

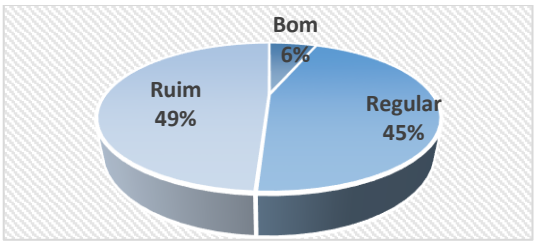


Gráfico 5: Aparência das paradas e pontos de ônibus

4.7 Sistema de informações

O sistema de informações trata – se de um indicador que avalia a a divulgação dos horários e itinerários, a existência de informações nas paradas de ônibus, bem como um meio de receber informações e reclamações. Do total, mostra-se que 46% disseram que existe divulgação de horários e itinerários, porém essa divulgação é precária. Além disso, 69% dos afirmaram não existir informações adequadas nas paradas e pontos de ônibus. Sendo considerado o canal de informações e reclamações empresa-usuário, 9% afirmaram não existir e 41% afirmaram não saber opinar, mostrando assim que um total de 50% dos usuários não tem acesso às informações, como por exemplo, horário e itinerários. Esses indicadores, dispostos na Tabela 3, são tratados por Ferraz e Torres (2004) como regular e ruim.

Tabela 3: Existência de sistema de informações (%)

Sistema de informações	Existem	Existem, porém precário	Não existem	Não sei e/ou não sei opinar
Informações com itinerários e horários disponíveis	36	46	8	10
Informações adequadas nas paradas e pontos de ônibus	5	16	69	10
Meio de informações e reclamações (pessoalmente, por telefone ou *on line*)	17	33	9	41

Outro questionamento feito ao usuário foi em relação a aceitação de um aplicativo que facilitasse a obtenção de informações sobre a localização e os horários de ônibus. Para essa questão, 88%, 9% e 3% responderam que utilizariam, não utilizariam e não sabe o que é um aplicativo, nessa ordem. A existência de informações é um indicador decisivo para o usuário optar pelo uso do ônibus, de forma que o mesmo pode desistir de utilizar o transporte público por não saber qual linha de ônibus deve usar, em qual ponto deve esperar, qual o horário do mesmo e, conjuntamente, sem um meio de comunicação com a empresa para adquirir essas informações ou reclamar sobre a falta delas.

4.8 Comportamento dos operadores

O indicador "comportamento dos operadores" trata das habilidades dos motoristas na direção e da cortesia dos motoristas e cobradores nos horários de trabalho. Entre o total de usuários questionados, 52%, 41% e 7% afirmaram que as habilidades dos motoristas são satisfatórias, deixam a desejar e são insatisfatórias, respectivamente. Com relação ao comportamento e cortesia dos operadores, 56%, 37% e 7% informaram que são satisfatórias, deixam a desejar e são insatisfatórias, respectivamente. O indicador em questão é exibido como um bom indicador de qualidade, de acordo com Ferraz e Torres (2004), visto que tanto em relação as habilidades dos motoristas na direção quanto em relação a cortesia dos motoristas e cobradores, a maior parte dos respondentes responderam estar satisfeitos. Inclusive, trata-se de um fator determinante na opção do usuário pelo ônibus, de maneira que a habilidade do motorista na direção provoca confiança sobre a segurança e, a cortesia dos motoristas e cobradores, torna a viagem mais agradável.

4.9 Estado das vias

O indicador em questão avalia a qualidade das vias por onde o transporte coletivo circula, observando a pavimentação e a quantidade de falhas na pavimentação (buracos) e as lombadas e valetas com sinalizações adequadas. Dos 600 entrevistados, 261 afirmam que a pavimentação das vias e quantidades de falhas na pavimentação (buracos) é regular e 299 que é ruim, mostrando que mais de 90% dos usuários não são completamente satisfeitos com a qualidade dos estados das vias (gráfico 6). Sobre a sinalização adequada das lombadas e valetas, 331 usuários admitem ser regular e 223 admitem ser ruim, como mostrado no gráfico 6, evidenciando que para a maioria dos entrevistados existe um déficit de qualidade nesse indicador. Ambos podem ser decisivos na escolha do usuário pelo transporte público, visto que influencia o conforto dos usuários no período da viagem.

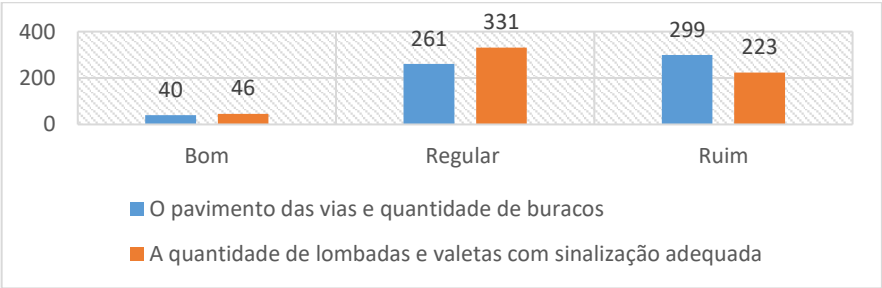


Gráfico 6: Estado das vias

A partir da análise de cada indicador juntamente com seus parâmetros de referência, é possível concluir, por meio da perspectiva da maioria dos usuários, o *status* de cada um deles, conforme Ferraz e Torres (2004). A tabela 4 mostra todos os indicadores analisados nesta pesquisa e seu respectivo *status*.

Tabela 4: Resultados dos parâmetros de qualidade para o transporte público por ônibus da cidade mapeada

Indicador	Parâmetro de avaliação	Bom	Regular	Ruim
Acessibilidade	Distância entre a residência e o ponto de ônibus mais próximo.	■		
	Estado dos passeios.		■	
	Iluminação das vias.		■	
	Segurança na travessia das ruas.		■	
	Declividade do trajeto.		■	
Frequência de atendimento	Intervalo de um ônibus para outro de mesma linha (2ª a sábado).			■
	Intervalo de um ônibus para outro de mesma linha (Domingos e feriados).			■
Tempo de viagem	Tempo médio dentro do ônibus.		■	
	Tempo médio de viagem (realizada por ônibus em "Até 15 minutos") utilizando carro.			■
	Tempo médio de viagem (realizada por ônibus em "Entre 15 e 30 minutos") utilizando carro.			■
	Tempo médio de viagem (realizada por ônibus em "Mais que 30 minutos") utilizando carro.			■
Confiabilidade	Confiabilidade dos horários de ônibus divulgados pela empresa.			■
Características dos ônibus	Estado de conservação dos ônibus.		■	
	Número de portas e largura efetiva do corredor.		■	
	Altura dos degraus.		■	
	Aparência dos ônibus.		■	
Características dos locais de parada	Existência de sinalização nas paradas e pontos de ônibus.		■	
	Existência de cobertura nas paradas e pontos de ônibus.			■
	Existência de banco para sentar nas paradas e pontos de ônibus.			■
	Aparência das paradas e pontos de ônibus.		■	
Sistema de informações	Existência de informações com itinerários e horários disponíveis.		■	
	Existência de informações adequadas nas paradas e pontos de ônibus.			■
	Existência de meio de informações e reclamações (pessoalmente, por telefone ou *on line*).			■
Comportamento dos operadores	Sobre as habilidades dos motoristas na direção.	■		
	Sobre o comportamento e cortesia dos motoristas e cobradores.	■		
Estado das vias	Sobre o pavimento das vias e quantidade de buracos.			■
	Sobre a quantidade de lombadas e valetas com sinalização adequada.		■	

Dentro dos 9 indicadores propostos e analisados, foram avaliados 27 parâmetros. Do total, 3 foram considerados "bom", 13 "regular" e 11 "ruim", de acordo com os requisitos propostos por Ferraz e Torres (2004). Sendo assim, 48% e 41%, do total de parâmetros avaliados não são completamente satisfatórios para os usuários do transporte público coletivo da cidade estudada.

5. SUGESTÕES E PROPOSTAS

Entre os indicadores analisados, parte deles, como acessibilidade, frequência de atendimento, tempo de viagem, características dos locais de parada e estado das vias, é de responsabilidade do órgão regulamentador da Prefeitura Municipal. Por outro lado, os indicadores de confiabilidade, características dos ônibus, sistema de informações e comportamento dos

operadores, são de responsabilidade da empresa prestadora de serviços. As responsabilidades são divididas e os dois órgãos precisam trabalhar de forma conjunta para garantir a qualidade na prestação dos serviços.

Com a análise de todos os indicadores, algumas correlações podem ser feitas. Sobre a utilização de um aplicativo com atualização das informações em tempo real, auxiliando e facilitando a obtenção de informações sobre os horários e itinerários, 88% dos 600 entrevistados afirmam que utilizariam. Concomitantemente, 64% assinalou que não tem conhecimento ou que as informações referentes aos itinerários e horários são precárias (tabela 3) e 95% das pessoas entrevistadas tem até 50 anos de idade, como mostrado no gráfico 1. Ainda, analisa-se que a cidade em questão não possui esse sistema de informação e, a partir da análise anterior, é possível definir a criação e utilização do aplicativo como uma sugestão viável de melhoria em médio prazo. Em contrapartida, para se atender a população da cidade como um todo, deve-se atentar também em curto prazo, à instalação, controle e preservação de folhetos com itinerários e horários disponíveis nas paradas de ônibus.

Sobre as habilidades do motorista na direção, 48% dos usuários afirmaram que deixa a desejar ou é insatisfatória (tabela 3). A respeito da existência de informações adequadas nas paradas e pontos de ônibus, 95% afirmaram ser precárias, não existem ou não tem conhecimento (tabela 3). Além disso, em relação às sinalizações adequadas, 83% disseram que falta em algumas paradas e pontos de ônibus (tabela 2). E, sobre a existência de meios da empresa receber informações e reclamações, 83% afirmam que esses canais são precários ou não existem (tabela 3). Por essa razão, acredita-se que é necessário, em médio prazo, criar ou fortalecer, um meio de informações e reclamações (usuário x empresa), por meio do qual o usuário possa tirar dúvidas, registrar reclamações e procurar por outras informações. Este meio, seja *online*, por telefone ou pessoalmente, pode exercer a função de *feedback* para a empresa fornecedora do transporte público sobre a qualidade dos serviços prestados.

Com relação à questão da frequência dos ônibus, 50% e 85% dos entrevistados disseram que o intervalo entre ônibus da mesma linha de 2° a sábado e domingos e feriados, respectivamente, é maior que 30 minutos (gráfico 2 e 3). Sobre a confiabilidade, 65% dos entrevistados afirmaram que os ônibus costumam frequentemente passar nas paradas com mais de 3 minutos de atraso (gráfico 7). São dois fatores que interferem na rotina dos usuários que necessitam do transporte público para realizar suas atividades cotidianas e, dessa forma, uma sugestão de melhoria, seria implementar a longo prazo, rotas mais curtas, reduzindo o tempo de duração e atraso das viagens e, consequentemente, a duração da viagem por ônibus e o intervalo de duração entre as viagens de ônibus da mesma linha.

Propõe-se também, a longo prazo, a integração do sistema de transporte público atual, seja por meio de integração entre as linhas, entre serviços ou com outros meios de transporte. Podendo fazer o uso do sistema de linhas alimentadoras e troncais, onde as linhas que passam nos bairros são as alimentadoras e as linhas centrais são troncais, e o usuário tem a necessidade de trocar de ônibus, por meio do uso de uma plataforma de integração, ou com o uso do passe. Nesse caso, a integração entre os veículos é necessária, visto que uma tarifa paga pelo usuário deve durar um tempo médio para possibilitar a integração. A utilização desse sistema reduz a quantidade de ônibus circulando nas áreas centrais e nas áreas com mais movimento e, os ônibus retirados de circulação, podem ser utilizados para atender aos bairros com maior frequência.

Alguns indicadores, entre eles, o indicador estado das vias, é importante ressaltar que não é

responsabilidade da empresa prestadora do serviço de transporte coletivo, mas sim do órgão municipal regulamentador. Em contrapartida, os resultados apresentados podem ser úteis para que a empresa possa pleitear melhorias no estado de conservação das vias, visto que isso impacta na manutenção dos veículos e no conforto dos passageiros ao longo das viagens realizadas.

De acordo com uma pesquisa realizada na cidade em 2011, os principais pontos com necessidades de melhoria levantados pelos usuários, foram: trânsito, iluminação, estrutura dos pontos de ônibus, linhas com trajetos longos, superlotação, falta de informações sobre horários e itinerários e arborização. Nessa pesquisa, 79% já afirmavam não existir cobertura e bancos para sentar na maioria dos pontos de ônibus, 58% que o estado de conservação dos ônibus estava regular/ruim, 67% classificou o comportamento dos motoristas e operadores como bom, 59% que os ônibus passavam constantemente nos pontos com atrasos e 55% que os horários oferecidos ao bairro não eram satisfatórios. Observa-se que a proximidade dos resultados mostrados na pesquisa realizada em 2011 com os resultados da pesquisa realizada em 2016. A situação do transporte público de passageiros e os níveis de satisfação dos usuários, juntamente com as frequentes reclamações, permanecem nos mesmos pontos. Isso mostra que é preciso uma análise das principais causas dos problemas relatados neste trabalho e a elaboração de planos de ação para a implantação de melhorias na prestação de serviços do transporte coletivo.

6. CONCLUSÕES

No presente trabalho foram estudados os principais indicadores de qualidade do transporte público de passageiros por ônibus. Com os indicadores, foi elaborado um questionário de satisfação, aplicado aos usuários locais, com intuito de avaliar as variáveis que levam à população a não utilizar o ônibus e propor ações de melhorias na prestação desses serviços. Dos indicadores propostos e analisados, foram avaliados 27 parâmetros, sendo 3 considerados "bom", 13 'regular" e 11 'ruim". Analisa-se que grande parte dos parâmetros avaliados não são complemente satisfatórios para os usuários do transporte público coletivo da cidade estudada. Baseado nos resultados, são propostas algumas sugestões de melhoria do sistema de transporte público, tais como a utilização de um aplicativo com atualização das informações em tempo real; criação de um meio de informações e reclamações (usuário x empresa); implementação de rotas mais curtas; integração do sistema de transporte público; reparo das vias e instalação, controle, acompanhamento e revisão das paradas e pontos de ônibus. A melhoria da qualidade do transporte público influencia diretamente na satisfação do usuário e na sua opção pelo uso do ônibus. Dessa forma, enfatiza-se a importância desse estudo e dos demais estudos realizados sobre o transporte público da cidade, bem como da apresentação dos resultados e propostas aos órgãos envolvidos, buscando a melhoria do sistema e dos serviços oferecidos e da satisfação dos usuários, que influencia diretamente na opção de escolha pelo mesmo.

Agradecimentos
Os autores agradecem a FAPEMIG (Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais) pelo auxílio à pesquisa.

REFERÊNCIAS

Arruda, B. D. L. et al. (2012) Uma proposta de avaliação de desempenho para os sistemas de transportes rodoviário interurbano de passageiros. *Transportes*. Brasília, v. 20, n. 1, p. 41 – 49.

Barboza, K. F. F.; Orrico, R. F.; Santos, E. M. (2003) Diretrizes para o aperfeiçoamento dos regulamentos do transporte público urbano de passageiros: o confronto de três estudos. *Transportes*. Rio Grande do Norte, v. 6, p. 5 -13.

BRASIL. (1998) Decreto nº 2521, de 20 de março de 1998, Serviço de Transporte Rodoviário de Passageiros. *Presidência da República*. Brasília, DF, Artigo 20 e 29. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/D2521.htm>. Acesso: mai. 2015.

Carvalho, C. H. R.; Pereira, R. H. M.(2012) Efeitos da variação da tarifa e da renda da população sobre a demanda de transporte público coletivo urbano no Brasil. *Transportes*. Distrito Federal, v. 20, n. 1, p. 31 – 40.

Ferraro, C. J. R. (2011) *A integração do sistema de transporte público de passageiros na região do Grande ABC: oportunidade e obstáculos*. Universidade Municipal de São Caetano do Sul. São Caetano do Sul.

Ferraz, A. C. P., Torres, I. G. E. (2004) *Transporte público urbano***.** Cap. 5: Qualidade no transporte público urbano. São Carlos: Rima.

Freitas, A. L. P.; Reis Filho, C. A. C.; Rodrigues, F. R. (2011) Avaliação da qualidade do transporte rodoviário intermunicipal de passageiros: uma abordagem exploratória. *Transportes*. Rio de Janeiro, v. 19, n. 3, p. 49 – 61.

Graham, P.; Mulley, C. (2012) Public transport pre-pay tickets: understanding passenger choice for different products. *Transport Policy*. Australia, v. 19, p. 69 – 75.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). (1999) *Empresas de transporte rodoviário*. Disponível em: < http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/comercioeservico/pas/analisepas99.shtm>. Acesso: mai. 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). (2012) Tabela 22: Municípios, total, com transportes coletivos por ônibus intramunicipal e intermunicipal, segundo as Grandes Regiões e as Unidades da Federação. *Pesquisas de informações básicas municipais*.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). (2014) *Cidades*. População estimada. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil. php?lang=&codmun=313170&search=minas-gerais|itabira>.

Kim, K. S.; Cheon, S.; Lim, S. (2011) Performance assessment of bus transport reform in Seoul. *Transportation*. South Corea, v. 38, p. 719 – 735.

Lousa, R. J. S. (2012) *Planeamento e gestão operacional de uma rede de tranporte público de passageiros: Análise de um caso de estudo*. Faculdade de Engenharia da Universidade de Porto. Portugal.

Magalhães, M. T. Q.; Aragão, J. J. G.; Yamashita, Y. (2014) Definição de transporte: uma reflexão sobre a natureza do fenômeno e objeto da pesquisa e ensino em transportes. *Transportes*. Brasília, v. 22, n. 3. p. 1-11.

Malthotra, N. K. (2011) *Pesquisa de Marketing*: uma orientação aplicada. 3. ed. Porto Alegre: Bookman.

Mokonyama, M.; Venter, C. (2013) Incorporation of customer satisfaction in public transport contracts: a preliminary analysis. *Research in transportation economics*. South Africa, v. 39, p. 58 – 66.

Neves, J. L. (1996) Pesquisas qualitativas – Características, usos e possibilidades. *Caderno de pesquisas de administração*. São Paulo, v. 1, n. 3.

Oort, N. V. (2014) Incorporating service reability in public transport design and performance requeriments: International survey results and recommendations. *Research in Transportation Economics*. Países Baixos, v. 48, p. 92 – 100.

Pel, A. J.; Bel, N. H.; Pieters, M. (2014) Including passenger's response to crowding in the Dutch national train passenger assignment model. *Transportation Research Part A*. Países baixos, v. 66, p. 111 – 126.

Reck, G. (2002) Transporte público. *Departamento de transportes*. Universidade Federal do Paraná. Disponível em: < http://www.dtt.ufpr.br/Transporte%20Publico/Arquivos/TT057_Apostila.pdf>.

Rolim, F. A. O., Brasileiro, A. (2009) Competitividade na regulamentação do transporte rodoviário de passageiros: uma análise à luz de um modelo de auditagem. *Transportes*. Recife, v. 16, n. 1, p. 14 – 26.

Ryley, T. J. et al. (2014) Investigating the contribution of demand responsive transport to a sustainable local public transport system. *Research in transportation economics*. UK, v. 48, p. 364 – 372.

Santos, E. M. (2010) Um novo modelo de regulamentação dos serviços de transporte público por ônibus nas cidades brasileiras. *Departamento de Engenharia Civil*. Rio Grande do Norte.

Scarpin, C. T.; Silva, A. C. L. (2017) Tarifas e custos do transporte público: Projeções sobre o número de passageiros pagantes equivalentes na rede de transporte público coletivo no Município de Curitiba para o ano tarifário de março de 2016 a fevereiro de 2017. *Revista de transportes públicos – ANTP*, n° 145, p. 63-81.

Smith, M. J. (2008) Adressing the security needs of women passengers on public transports. *Security journal*. Kansas, v. 21, p. 117 – 133.

Tibaut, A.; Kaucic, B.; Rebolj, D. (2012) A standardised approach for sustainable interoperability between public transport passenger information systems. *Computer in industry*. Slovenia, v. 63, p. 788 – 798.

Turrioni, J. B.; Mello, C. H. P. (2012) Fundamentação Teórica. In: TURRIONI, J. B.; MELLO, C. H. P. *Metologia de pesquisa em engenharia de produção*. Itajubá.

Vollaro, R. L. et al. (2014) Bus for urban public transport: energy performance optimization. *Energy Procedia***.** Roma, v. 45, p. 731 - 738.

A CONJUNTURA DO TRANSPORTE COLETIVO URBANO NA CIDADE DE SANTA CRUZ DO SUL – RS

Douglas Gass
Ingrid Tespesel
Juliana Aparecida de Almeida Stein
Anelise Schmitz
João Rodrigo Guerreiro Mattos
Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC

RESUMO
O transporte público urbano carece de exploração de suas condicionantes da qualidade, em face à grande utilização por parte da sociedade e à generalização do serviço. Há necessidade de avaliação da diversidade nos processos e da importância da opinião e satisfação dos usuários. O presente trabalho busca avaliar a opinião e satisfação do usuário do transporte coletivo urbano, da cidade de Santa Cruz do Sul, RS. A metodologia aplicada baseia-se na investigação por meio da pesquisa de opinião, disponibilizada no ambiente virtual e realizada presencialmente. A amostra em questão é composta por 84 usuários do transporte coletivo de Santa Cruz do Sul. Os dados obtidos foram interpretados com base em médias aritméticas e cálculos percentuais, bem como, nos modelos conceituais de Ferraz e Torres (2004) citado por Lübeck *et al*. (2011) e o modelo da qualidade SERVQUAL de Parasuraman *et al*. (1988) também citado por Lübeck *et al*. (2011).

ABSTRACT
Urban public transport needs to be exploited for its quality constraints, in the face of the great part of society and the generalization of the service. There is a need to evaluate the diversity of our processes and the importance of opinion and user satisfaction. The present work seeks to evaluate the opinion and satisfaction of the User of urban collective transportation, of the city of Santa Cruz do Sul, RS. An applied methodology is based on research through opinion research, made available without virtual environment and carried out in person. The data obtained were interpreted on the basis of arithmetic means and percentage calculations, as well as in the conceptual models of Ferraz and Torres (2004) cited by Lübeck et al. (2011) and the SERVQUAL quality model of Parasuraman et al. (1988) also cited by Lübeck et al. (2011).

1. INTRODUÇÃO

O transporte coletivo urbano serve para movimentar pessoas (Wright, 1988) minimizando distâncias, interligando regiões, além de tornar democrático o acesso das pessoas à cidade. O ônibus é o principal meio de transporte coletivo, utilizado nas cidades (Santos, 2017), sendo importante avaliar as condições (nível de conforto, acessibilidade e segurança do usuário) em que esse meio de transporte se desenvolve.

As boas condições do transporte coletivo urbano pelo modo ônibus, de uma cidade, são fundamentais ao desenvolvimento da economia do município, pois grande parte da sociedade utiliza esse meio para se deslocar, contribuindo para a redução de congestionamentos, da poluição ambiental e acidentes de trânsito (Rodrigues, 2008). Se a população usufruísse mais do transporte coletivo, não haveriam tantos gargalos (epicentros de congestionamento), visto que na sociedade atual, a grande parte se utiliza de automóveis para trafegar pelas ruas, e é a grande quantidade desses veículos que sobrecarregam o fluxo das vias.

Além disso, com o crescimento das cidades e da população, as pessoas acabam por morar cada vez mais distantes dos centros comerciais, ou mesmo dos seus locais de trabalho, o que traz como consequência a necessidade do serviço de transporte de acompanhar tal desenvolvimento, o que nem sempre é feito adequadamente. É essa carência no planejamento urbano que implica diretamente na qualidade do transporte coletivo, no desenvolvimento da sociedade e no atendimento às suas necessidades (Pianucci, 2011). Na medida em que os

locais se tornam mais distantes, maior é o tempo de viagem, e maior é a necessidade de boas condições de transporte. Assim, as pessoas mais afetadas pela redução da qualidade do transporte coletivo são aquelas de baixa renda, que vivem em regiões periféricas e na maioria das vezes precisam caminhar longas distâncias a pé até uma parada de ônibus.

O uso do automóvel particular está associado ao status ou poder, pois as pessoas são influenciadas pela "cultura do automóvel". Para reduzir os problemas do transporte urbano, não basta apenas melhorá-lo, é necessário dar espaço ao transporte não motorizado, como a bicicleta, andar a pé, controlar o uso do automóvel e diminuir os deslocamentos motorizados (Wright, 1988). Além disso, a melhoria do aspecto acessibilidade é importante, permitindo que todos possuam condições de desenvolver suas atividades, usufruindo de um serviço de qualidade.

Segundo Antunes e Simões (2013), um dos fatores consideráveis que faz o usuário optar ou não pelo serviço do transporte coletivo urbano, está associado a localização das paradas de ônibus, pois quanto maior for a distância entre a origem e o ponto, ou entre o desembarque e o destino, menor será a atração pelo modo de transporte.

O deslocamento de pessoas e produtos se dá em função de vários fatores, como trabalho, saúde, estudo, lazer, etc. Desta forma, a escolha do modo de transporte a ser utilizado depende, além da necessidade individual, da qualidade do serviço e disponibilidade de determinado transporte. Faz-se necessário, uma avaliação desse sistema de deslocamento, com base em indicadores de qualidade, para saber se as necessidades do usuário estão sendo atendidas (Rodrigues, 2008).

O presente trabalho visa avaliar os dados de pesquisa obtidos por meio da opinião de seus usuários acerca das condições do transporte urbano coletivo de Santa Cruz do Sul.

2. METODOLOGIA

Levou-se em consideração para elaboração do questionário, revisão bibliográfica, baseando-se nos estudos de Lübeck *et al.* (2011), criando-se hipóteses através do modelo *gap* da qualidade de Parasuraman *et al.* (1988) apud Lübeck *et al*. (2011):

> As lacunas são conceituadas, segundo Moura e Alliprandini (2004) e Satolo *et al.* (2005), como:
> a) Gap 1 – desconexão entre a expectativa do cliente e a percepção gerencial, em que a qualidade é avaliada como de excelência pelos executivos, mas com baixa qualidade na prestação.
> b) Gap 2 – desconexão entre a percepção gerencial das expectativas dos clientes e as especificações de qualidade dos serviços. É identificado como o fornecimento de baixa qualidade, mesmo com a empresa possuindo procedimentos adequados.
> c) Gap 3 – discrepância entre os padrões e especificações da empresa e o que realmente é fornecido ao cliente.
> d) Gap 4 – desconexão entre a promessa realizada pelos meios de comunicação externa e o que realmente a empresa fornece. É identificado como falha na interpretação das expectativas por parte dos funcionários.
> e) Gap 5 – discrepância entre a expectativa do cliente e a sua percepção do serviço. Pode ser considerado como resultante da função entre os quatros primeiros gaps: Gap 5 = f (gap1; gap 2; gap 3; gap 4). (Lübeck *et al*., 2011, p. 267).

A avaliação da escala SERVQUAL (Satolo *et al*., 2005 apud Lübeck *et al*., 2011) que leva em consideração os critérios dos usuários ao julgar a qualidade do serviço também foram utilizados, conforme Tabela 1.

Tabela 1: Critérios de avaliação da qualidade em serviço

CRITÉRIOS	CONCEITO
Confiabilidade	Habilidade de prestar o serviço com exatidão
Responsividade	Disposição em ajudar os clientes e fornecer o serviço com presteza e prontidão
Segurança	Conhecimento dos funcionários e suas habilidades em demonstrar confiança
Empatia	Grau de cuidado e atenção pessoal dispensados aos clientes
Aspectos tangíveis	Aparência das instalações, equipamentos, pessoal envolvido e material de comunicação

Fonte: (Lübeck *et al*., 2011, p. 268*)*

Bem como, a qualidade no transporte público mediante as dimensões de Ferraz e Torres (2004) apud Lübeck *et al*. (2011), conforme Tabela 2.

Tabela 2: Qualidade do transporte coletivo público

QUALIDADE	CONCEITO
Acessibilidade	Facilidade de chegar ao local de embarque no transporte coletivo e de sair do local de desembarque e alcançar o destino final.
Frequência de atendimento	Intervalo de tempo da passagem dos veículos.
Tempo de viagem	Tempo gasto no interior dos veículos.
Lotação	Quantidade de passageiros no interior dos veículos.
Confiabilidade	Grau de certeza dos usuários de que o veículo de transporte público vai passar na origem e chegar ao destino no horário previsto.
Segurança	Acidentes envolvendo os veículos e atos de violência.
Veículos	Tecnologia e o estado de conservação dos ônibus.
Locais de parada	Sinalização adequada, existência de bancos e cobertura.
Sistema de informação	Disponibilidade de folhetos com horários, itinerário das linhas e indicação de estações.
Conectividade	Facilidade de deslocamento entre dois locais quaisquer.
Operadores	Postura dos motoristas e cobradores.
Estado das vias	Qualidade da superfície de rolamento.

Fonte: (Lübeck *et al*., 2011, p. 269*)*

Finalmente chegou-se ao questionário apresentado na Tabela 3, que é a mescla dos conceitos apresentados anteriormente.

Tabela 3: Questionário integrado de satisfação do usuário

SERVQUAL	Ferraz e Torres	Descrição das Questões
Aspectos tangíveis	Veículos	Limpeza e conservação dos ônibus
		Temperatura dentro dos ônibus
		Conforto dos assentos dos ônibus
		Acessibilidade para o embarque/desembarque
		Acessibilidade para portadores de necessidades especiais
	Sistema de Informação	Paradas de ônibus devidamente sinalizadas
	Locais de parada	Paradas de ônibus fornecem o abrigo desejado (cobertura, banco)
Confiabilidade	Tempo de viagem	Conformidade entre o preço pago pela passagem e a distância que percorre até seu destino
	Confiabilidade	Cumprimento da tabela de horários
		Conformidade entre o preço pago pela passagem e a qualidade oferecida
	Sistema de informação	Disponibilidade de informações de linhas e horários.
		Serviço de atendimento das empresas em relação aos usuários corresponde as suas expectativas
Empatia	Acessibilidade	Distância que percorre até as paradas de ônibus
	Lotação	Número de passageiros dentro do ônibus
	Frequência de atendimento	Frequência dos ônibus/Horários disponíveis para embarcar num veículo
	Operadores	Tratamento dos motoristas com os passageiros
		Tratamento dos cobradores com os passageiros
Responsividade	Responsividade	Forma como as passagens são comerializadas (cobradores, cartão)
Segurança	Segurança	Respeito as leis de trânsito por parte dos motoristas
		Segurança dentro dos ônibus
		Segurança nas paradas de ônibus

Fonte: Adaptado dos autores Lübeck *et al.*, (2011, p. 270*)*

O questionário não levou em consideração os fatores conectividade e estado das vias, pois entendeu-se que seriam objeto para outro estudo, levando em consideração a malha viária da cidade de Santa Cruz do Sul – RS e sua estrutura, bem como uma análise específica das linhas de ônibus do consórcio que presta o serviço. Aplicou-se a pesquisa a 84 respondentes da cidade de Santa Cruz do Sul – RS de forma espontânea pelas plataformas digitais, por meio da ferramenta de pesquisa online *Google Forms* e com abordagem em campo no período de 24 de maio à 12 de junho de 2017.

A classificação da qualidade do serviço ofertado foi distribuída em 21 perguntas de caráter obrigatório, escalonada de 1 a 5, sendo: Péssimo (1); Ruim (2); Regular (3); Bom (4); e Ótimo (5). Também realizou-se 7 perguntas não obrigatórias que possibilitaram análises comportamentais do usuário, bem como sua intenção em abandonar os serviços de transporte coletivo urbano. A coleta dos dados foi analisada estatisticamente, originando frequências e percentuais para mensurar a satisfação do usuário por meio de médias e desvio padrão.

3. RESULTADOS

A pesquisa foi realizada através de enquete virtual e pesquisa de campo, sendo a amostra composta por 84 usuários respondentes. O perfil dos usuários respondentes se subdivide em gênero, faixa etária, forma de pagamento da passagem, bairro e renda familiar. Sobre o perfil gênero, foram 64 respondentes do sexo feminino e 20 do sexo masculino. Em relação à categoria formas de pagamento de passagem, 29,76% pagam passagem integral com cartão vale-passagem, 45,24% pagam passagem integral em dinheiro, 21,43% pagam meia passagem com cartão vale-passagem, e 3,57% estão isentos do pagamento (idosos, portadores de necessidades especiais).

Quanto à faixa etária, 47,62% possuem entre 15 a 25 anos, 26,19% entre 41 a 64 anos, 22,62% entre 26 a 40 anos e apenas 3,57% possuem idade igual ou superior a 65 anos. No que

tange ao construto renda familiar, 63,10% possuem até dois salários mínimos, 25% possuem de dois a quatro salários mínimos, 11,90% de quatro a oito salários mínimos, e nenhum dos usuários respondentes apresentou mais de oito salários mínimos por família. Com relação aos portadores de necessidades especiais, dos usuários respondentes, 2,38% dos usuários entrevistados são portadores de alguma necessidade especial.

À respeito dos bairros em que cada usuário reside, para caracterização do perfil dos respondentes, os entrevistados moram nos bairros Universitário (15,48%), Centro (7,14%), Várzea (7,14%), Ana Nery (4,76%), Senai (4,76%), Pedreira (3,57%), Santo Antônio (3,57%), Bom Jesus (3,57%), Dona Carlota (3,57%), Jacarandá (2,38%), Progresso (2,38%), Arroio Grande (2,38%), Esmeralda (2,38%), Independência (2,38%), Avenida (2,38%), São João (2,38%), Rauber (2,38%), Bom Fim (2,38%), Santo Inácio (2,38%), Santa Vitória (2,38%), Castelo Branco (2,38%), Santuário (2,38%), Cohab (1,19%), Verena (1,19%), Goiás (1,19%), Vila Nova (1,19%), Margarida (1,19%), Belvedere (1,19%), Higienópolis (1,19%), Faxinal (1,19%), Linha Santa Cruz (1,19%), Jardim Esmeralda (1,19%), Loteamento Nova Santa Cruz (Linha João Alves) (1,19%), Monte Verde (1,19%) e Interior (1,19%).

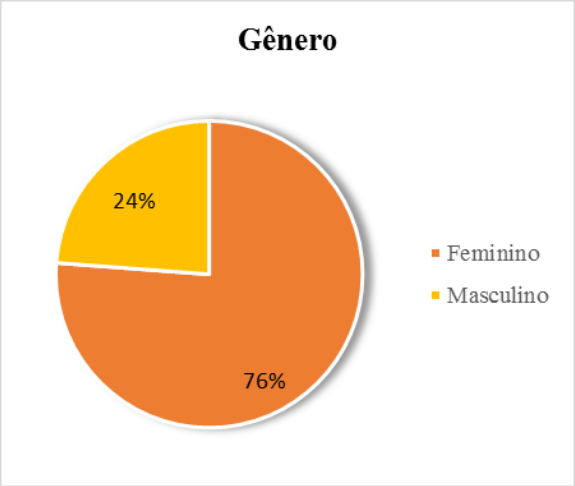


Gráfico 1: Gênero dos respondentes

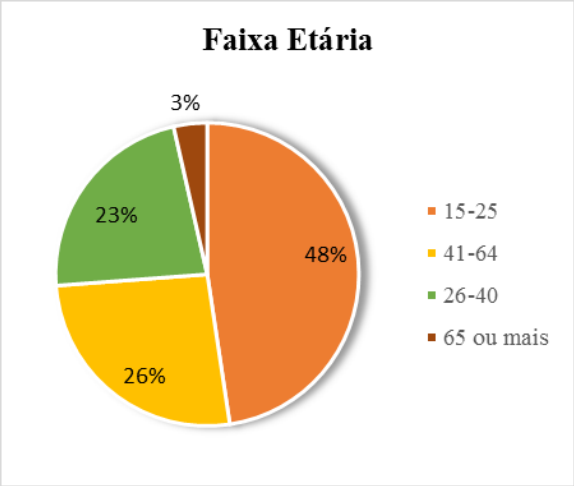


Gráfico 2: Faixa etária dos respondentes

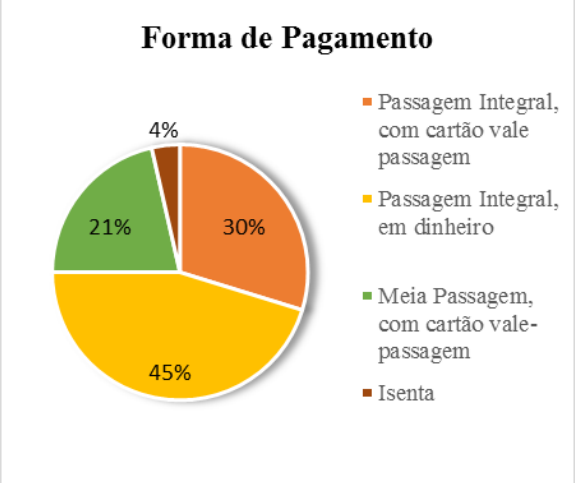


Gráfico 3: Forma de pagamento

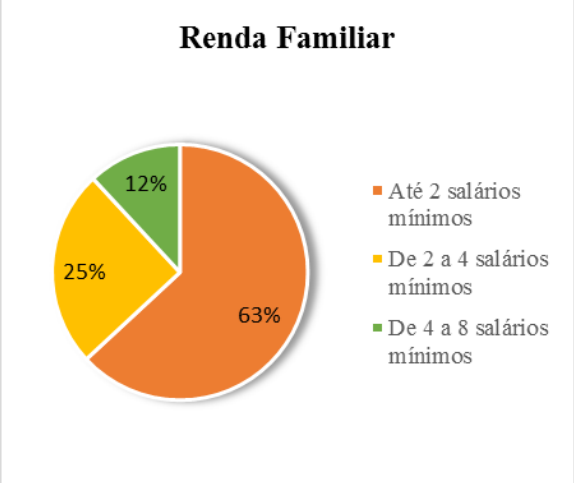


Gráfico 4: Renda familiar dos respondentes



Gráfico 5: Portadores de necessidades especiais

3.1. Percepção do usuário do transporte coletivo urbano de Santa Cruz do Sul

Para a análise do grau de satisfação dos usuários do transporte coletivo urbano da cidade de Santa Cruz do Sul – RS, os usuários respondentes posicionaram-se com notas de 1 a 5. A tabela 4 informa as médias e desvio padrão obtidos para cada pergunta, exceto as questões em que o usuário se manifesta com respostas: sim, não, talvez, como mostra as tabelas 5, 6, 7, 8, 9, 10 e 11. A descrição dos resultados obtidos, embasaram-se no artigo elaborado pelos autores Lübeck *et al.* (2011).

Tabela 4: Média e desvio-padrão das questões

MÉDIA GERAL		
Descrição das Questões	Média	Desvio Padrão
Distância que percorre até as paradas de ônibus	3,369	1,190118
Forma como as passagens são comerializadas (cobradores, cartão)	3,262	0,945746
Número de passageiros dentro do ônibus	2,321	1,233671
Limpeza e conservação dos ônibus	2,619	1,181226
Temperatura dentro dos ônibus	2,524	1,246452
Conforto dos assentos dos ônibus	2,857	1,193788
Disponibilidade de informações de linhas e horários.	2,048	1,211439
Cumprimento da tabela de horários	2,524	1,236748
Frequência dos ônibus/Horários disponíveis para embarcar num veículo	2,667	1,347316
Acessibilidade para o embarque/desembarque	3,262	1,131361
Acessibilidade para portadores de necessidades especiais	2,595	1,327368
Paradas de ônibus devidamente sinalizadas	2,524	1,312371
Paradas de ônibus fornecem o abrigo desejado (cobertura, banco)	2,024	1,171717
Serviço de atendimento das empresas em relação aos usuários corresponde as suas expectativas	2,321	1,183834
Tratamento dos motoristas com os passageiros	3,274	1,101491
Tratamento dos cobradores com os passageiros	3,143	1,193788
Respeito as leis de trânsito por parte dos motoristas	3,369	1,095223
Segurança dentro dos ônibus	2,488	1,103052
Segurança nas paradas de ônibus	1,583	0,907908
Conformidade entre o preço pago pela passagem e a distância que percorre até seu destino	1,905	1,157678
Conformidade entre o preço pago pela passagem e a qualidade oferecida	1,869	1,148910

Fonte: adaptado dos autores Lübeck *et al.*, (2011, p. 272)

Como se pode observar, as questões que apresentaram maiores médias (próximas a 3) foram respectivamente referentes, à distância que o usuário percorre até as paradas de ônibus e o respeito às leis de trânsito por parte dos motoristas, demonstrando melhor satisfação do

usuário, atrelando-se aos construtos Empatia e Segurança do modelo SERVQUAL, e Acessibilidade e Segurança do modelo de Ferraz e Torres, confirmando possível Gap 4 (onde não há lacunas na interpretação das expectativas do usuário pelos funcionários).

Já as variáveis com menores médias (próximas a 2), demonstrando a insatisfação dos usuários, foram, segurança nas paradas de ônibus, conformidade entre o preço pago pela passagem e a distância que percorre até seu destino, conformidade entre o preço pago pela passagem e a qualidade oferecida, fornecimento do abrigo desejado pelas paradas de ônibus, e disponibilidade de informações de linhas e horários, atrelando-se aos construtos Segurança, Confiabilidade e Aspectos Tangíveis do modelo SERVQUAL, e Segurança, Confiabilidade, Locais de parada e Sistema de informação do modelo de Ferraz e Torres, confirmando ainda, possível Gap 1 (há diferença entre a percepção da empresa e a expectativa do usuário).

Ainda sobre o grau de satisfação dos usuários respondentes, conforme tabelas 5, 6, 7, 8, 9, 10 e 11, a maioria dos entrevistados afirma que os assentos especiais nem sempre são respeitados, que não presenciaram acidentes de trânsito enquanto utilizavam o transporte coletivo, que não sofreram assédio durante a utilização do serviço, que não presenciaram assalto ou violência dentro do ônibus ou mesmo nas paradas de ônibus, que não possuem outro meio de transporte (59,5%), e que com o tempo pretendem deixar de utilizar o serviço (51,19%). Ressaltando a vontade do usuário de abandonar a dependência do transporte coletivo urbano, e tomar uma fonte de locomoção particular (veículo próprio), o que conduz a uma expectativa de desenvolvimento na área de infraestrutura, para poder acomodar a todos que se locomovem. Ou ainda, à criação de maneiras distintas de desestimular o uso do carro, e investir na melhoria contínua do transporte coletivo urbano, em todos os aspectos analisados, de forma a atrair e conquistar novamente aqueles que usufruem do serviço.

Tabela 5: Frequência e percentual da questão

Os assentos especiais são respeitados	-	Percentual
SIM	19	22,62
NÃO	30	35,71
AS VEZES	35	41,67

Tabela 6: Frequência e percentual da questão

Você já presenciou algum acidente de trânsito enquanto utilizava o serviço?	-	Percentual
SIM	25	29,76
NÃO	59	70,24

Tabela 7: Frequência e percentual da questão

Você já sofreu algum tipo de assédio enquanto utilizava o serviço?	-	Percentual
SIM	9	10,71
NÃO	75	89,29

Tabela 8: Frequência e percentual da questão

Você já presenciou violência, assalto dentro dos ônibus?	-	Percentual
SIM	13	15,48
NÃO	71	84,52

Tabela 9: Frequência e percentual da questão

Você já presenciou violência, assalto estando nas paradas de ônibus?	-	Percentual
SIM	12	14,29
NÃO	72	85,71

Tabela 10: Frequência e percentual da questão

Você possui outro meio de transporte (veículo)?	-	Percentual
NÃO	50	59,52
CARRO	24	28,57
MOTO	7	8,33
BICICLETA	2	2,38
OUTRO	1	1,19

Tabela 11: Frequência e percentual da questão

Com o tempo você pretende deixar de utilizar o serviço de transporte coletivo?	-	Percentual
SIM	43	51,19
NÃO	15	17,86
TALVEZ	26	30,95
OUTRO	0	0,00

3.2. Percepção do usuário por perfil

Além da satisfação geral do usuário, foram analisados em particular, o grau de satisfação com base no perfil gênero e faixa etária, sendo possível identificar a diferença de percepção entre usuários. Pode-se observar os resultados de maiores e menores médias, nessa discrepância de percepção, nas tabelas 12 e 13.

Tabela 12: Médias conforme perfil gênero

GÊNERO	Fem	Masc
Descrição das Questões	Média	Média
Distância que percorre até as paradas de ônibus	3,33	3,50
Forma como as passagens são comerializadas (cobradores, cartão)	3,20	2,70
Número de passageiros dentro do ônibus	2,28	2,45
Limpeza e conservação dos ônibus	2,50	3,00
Temperatura dentro dos ônibus	2,45	2,75
Conforto dos assentos dos ônibus	2,75	3,20
Disponibilidade de informações de linhas e horários.	1,94	2,40
Cumprimento da tabela de horários	2,42	2,85
Frequência dos ônibus/Horários disponíveis para embarcar num veículo	2,56	3,00
Acessibilidade para o embarque/desembarque	3,03	4,00
Acessibilidade para portadores de necessidades especiais	2,45	3,05
Paradas de ônibus devidamente sinalizadas	2,50	2,60
Paradas de ônibus fornecem o abrigo desejado (cobertura, banco)	2,08	1,85
Serviço de atendimento das empresas em relação aos usuários corresponde as suas expectativas	2,17	2,80
Tratamento dos motoristas com os passageiros	3,08	3,90
Tratamento dos cobradores com os passageiros	2,98	3,65
Respeito as leis de trânsito por parte dos motoristas	3,28	3,65
Segurança dentro dos ônibus	2,50	2,45
Segurança nas paradas de ônibus	1,59	1,55
Conformidade entre o preço pago pela passagem e a distância que percorre até seu destino	1,75	2,40
Conformidade entre o preço pago pela passagem e a qualidade oferecida	1,70	2,40

Com base no construto gênero, as questões que apresentaram maiores médias (próximas à 3) para o sexo feminino foram, distância percorrida até as paradas de ônibus, respeito às leis de trânsito por parte dos motoristas e forma como as passagens são comercializadas (cobradores, cartão), ou seja, questões atreladas a conceitos como Empatia, Segurança, Responsividade do modelo SERVQUAL e a conceitos como Acessibilidade, Segurança e Responsividade de Ferraz e Torres. As variáveis de menores médias (próximas à 2), para o sexo feminino foram, segurança nas paradas de ônibus, conformidade entre o preço pago pela passagem e a distância percorrida até seu destino e conformidade entre o preço pago pela passagem e a qualidade do serviço oferecido, demonstrando conceitos como Segurança e Confiabilidade, dos modelos SERVQUAL e de Ferraz e Torres.

Ainda com relação ao perfil gênero, para o sexo masculino, as questões com menores médias (próximas à 2) foram segurança nas paradas, e paradas com fornecimento de abrigo desejado (cobertura, banco), isto é, questões relacionadas aos construtos Segurança e Aspectos Tangíveis, do modelo SERVQUAL, e Segurança e Locais de Parada de Ferraz e Torres. E as maiores médias (próximas à 4) ficaram com acessibilidade para o embarque/desembarque, e tratamento dos motoristas com os passageiros, atrelando-se a conceitos como Aspectos Tangíveis e Empatia do modelo SERVQUAL, e comportamento dos operadores do modelo de Ferraz e Torres.

Para o perfil faixa etária, a tabela 13 ilustra os resultados obtidos. Nesse caso, para os usuários com idade entre 15 e 25 anos, as maiores médias ficaram, com distância que percorre até as paradas e acessibilidade para o embarque/desembarque, isto é, variáveis relacionadas aos construtos Empatia e Aspectos Tangíveis do modelo SERVQUAL. As menores médias (próximas à 2) para essa faixa etária foram, segurança nas paradas e conformidade entre o preço pago pela passagem e a qualidade do serviço oferecido, estando atreladas a aspectos como Segurança e Confiabilidade do modelo SERVQUAL e de Ferraz e Torres.

Dentro do perfil faixa etária, para os usuários com idades entre 26 a 40 anos, as questões “distância que percorre até as paradas de ônibus”, “forma como as passagens são comercializadas” e “acessibilidade para o embarque/desembarque” foram as de maiores médias, enquanto “segurança nas paradas de ônibus”, “conformidade entre o preço pago pela passagem e a distância que percorre até seu destino”, e “conformidade entre o preço pago pela passagem e a qualidade oferecida” ficaram com as menores médias. Dessa forma, as variáveis com maiores médias referem-se aos construtos Empatia, Responsividade e Aspectos Tangíveis, e as de menores médias referem-se à Segurança e Confiabilidade, do modelo SERVQUAL.

Para os usuários com idade entre 41 e 64 anos, as questões que apresentaram menores médias se repetem, sendo as mesmas apresentadas para a faixa etária 26-40 anos. Já para as questões de maiores médias, a única variável-destaque diferente das apresentadas em relação à faixa etária 26-40 anos, foi o “respeito às leis de trânsito por parte dos motoristas”, ressaltando ainda o construto Segurança do modelo SERVQUAL.

Para o perfil faixa etária 65 anos ou mais, as maiores médias ficaram com “conforto dos assentos dos ônibus” e “tratamento dos motoristas com os passageiros”, ou seja, variáveis atreladas aos construtos Aspectos Tangíveis e Empatia do modelo SERVQUAL e Características dos Veículos e Comportamento dos Operadores de Ferraz e Torres. E as

questões com menores médias foram, “disponibilidade de informações de linhas”; “horários, sinalização das paradas de ônibus”; “condição do abrigo das paradas de ônibus” (cobertura, bancos), relacionadas aos construtos Aspectos Tangíveis do modelo SERVQUAL, e “Sistema de Informação e Locais de Parada” de Ferraz e Torres.

Tabela 13: Médias conforme perfil faixa etária

FAIXA ETÁRIA	15-25	26-40	41-64	65 ou +
Descrição das Questões	Média	Média	Média	Média
Distância que percorre até as paradas de ônibus	3,55	3,42	3,09	2,67
Forma como as passagens são comerializadas (cobradores, cartão)	3,23	3,42	3,18	3,33
Número de passageiros dentro do ônibus	2,35	2,21	2,27	3,00
Limpeza e conservação dos ônibus	2,70	2,95	2,18	2,67
Temperatura dentro dos ônibus	2,43	2,84	2,32	3,33
Conforto dos assentos dos ônibus	2,90	2,95	2,55	4,00
Disponibilidade de informações de linhas e horários.	2,15	2,26	1,82	1,00
Cumprimento da tabela de horários	2,58	2,58	2,32	3,00
Frequência dos ônibus/Horários disponíveis para embarcar num veículo	2,73	2,89	2,32	3,00
Acessibilidade para o embarque/desembarque	3,53	3,42	2,64	3,33
Acessibilidade para portadores de necessidades especiais	2,80	2,53	2,36	2,00
Paradas de ônibus devidamente sinalizadas	2,73	2,32	2,00	1,00
Paradas de ônibus fornecem o abrigo desejado (cobertura, banco)	2,20	2,11	1,77	1,00
Serviço de atendimento das empresas em relação aos usuários corresponde as suas expectativas	2,35	2,42	2,14	2,67
Tratamento dos motoristas com os passageiros	3,48	3,26	2,82	4,00
Tratamento dos cobradores com os passageiros	3,28	3,00	2,95	3,67
Respeito as leis de trânsito por parte dos motoristas	3,45	3,32	3,23	3,67
Segurança dentro dos ônibus	2,63	2,05	2,55	3,00
Segurança nas paradas de ônibus	1,58	1,47	1,68	1,67
Conformidade entre o preço pago pela passagem e a distância que percorre até seu destino	2,08	1,58	1,73	3,00
Conformidade entre o preço pago pela passagem e a qualidade oferecida	1,95	1,89	1,68	2,00

Cabe ainda destacar aqui, algumas considerações feitas pelos usuários respondentes quanto à qualidade do serviço (ônibus, paradas) oferecido. A condição do pavimento, principalmente o referente ao acostamento, em que os ônibus param para os passageiros embarcarem ou desembarcarem, quando há grandes volumes de precipitação de chuva, acumula considerável quantidade de água, que é arremessada pelo movimento do ônibus em direção aos usuários que estão na parada, deixando evidente a necessidade de uma boa drenagem das vias.

Além disso, os usuários entrevistados demonstraram a necessidade de lixeiras nas paradas, e queixaram-se da falta de informação de itinerários e horários de disponibilidade de ônibus, principalmente entre bairros, pois o passageiro às vezes precisa pegar dois ônibus para chegar ao seu destino final, sendo que na maioria dos casos, precisa esperar por um longo período de tempo para conseguir o segundo veículo.

Os entrevistados portadores de necessidades especiais reclamaram que o motorista, esporadicamente, afirma não estar em funcionamento o elemento de acesso do cadeirante ao ambiente interno do veículo, sendo que, a empresa afirma estar em plena condição de funcionalidade, havendo para o usuário, uma falta de vontade de auxiliar do motorista.

A superlotação também é motivo de reclamação, haja vista que dificulta a locomoção no interior do veículo e afeta a temperatura para mais. Realçando que a superlotação, é um dos fatores que induzem a má relação entre passageiro e motorista, associado ainda ao tempo de espera e aos engarrafamentos.

Outra crítica dos passageiros entrevistados, diz com o mau estado de conservação dos bancos de madeira das paradas, o que foi constatado durante a pesquisa de campo, em algumas delas reentrâncias – elementos pontiagudos – nos próximas à base dos bancos, que podem atentar contra a integridade física dos usuários. Em relação aos bancos metálicos, a reclamação é de que são desconfortáveis, porque são muito frios, no inverno. Os usuários também se manifestaram no sentido de que as paradas deveriam ter uma estrutura que melhor os abrigassem e protegessem contra as intempéries, destacando-se a vontade de alguns no sentido de que haja um debate sobre o transporte urbano coletivo em Santa Cruz do Sul.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa virtual e de campo realizada, serviu como premissa para a avaliação do transporte coletivo urbano de Santa Cruz do Sul, sendo possível, destacar as necessidades dos seus usuários. Pode-se observar que as variáveis-destaques, em que o usuário demonstra-se menos satisfeito, foram em relação à "segurança nas paradas"; "conformidade entre o preço pago pela passagem e a distância percorrida até seu destino"; "conformidade entre o preço pago pela passagem e a qualidade do serviço oferecido" e "fornecimento do abrigo desejado pelas paradas de ônibus".

Os pontos positivos, em relação a qualidade do transporte coletivo, registraram-se para "distância que percorre até as paradas", "respeito às leis de trânsito por parte dos motoristas" e "acessibilidade para o embarque/desembarque". Pode-se observar que os locais de parada estão teoricamente bem distribuídos, visto que a questão acessibilidade está sendo respeitada, além disso, a maioria dos usuários respondentes acreditam que os motoristas são prudentes na "direção", respeitando as regras de trânsito. Ainda com relação a acessibilidade, a maioria dos entrevistados encontram-se contentes com a altura dos degraus do ônibus, não havendo maiores problemas para o embarque, exceto para os portadores de necessidades especiais (cadeirantes), que enfrentam problemas para acessar a parte interna do veículo, não recebendo na maioria das vezes, auxílio dos funcionários dos ônibus.

O perfil formas de pagamento de passagem e renda familiar, não foram analisados individualmente, visto que, independentemente do salário que possui ou da forma que efetua o pagamento, o usuário se defronta com as mesmas condições físicas e de qualidade do veículo, apesar do usuário que desfruta do cartão vale-passagem ter uma maior facilidade na hora do pagamento, em virtude da realização do troco pelo cobrador para aqueles que pagam em dinheiro, sendo um processo mais demorado.

No geral, contudo, a amostra da avaliação que os usuários fazem do transporte coletivo urbano de Santa Cruz do Sul não é boa. Em nenhuma das respostas aos questionamentos chegou-se à média 4 que corresponde ao conceito "Bom". Para os seus usuários, o transporte urbano coletivo de Santa Cruz do Sul varia de "Péssimo", passando por "Ruim" e chegando a "Regular".

A cidade de Santa Cruz do Sul, possui uma população de cerca de 118.374 habitantes (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, 2010) e nela existem 52.468 automóveis em circulação. Aproximadamente, meio carro por habitante, ou um carro para cada 2 habitantes. Dizendo de outro modo, cerca de metade da população, ou seja, aproximadamente 59 mil pessoas não têm automóvel para acessar a cidade. Nesse contexto

ganha importância a questão do transporte coletivo urbano como um meio democrático e eficaz do cidadão usufruir da sua cidade, necessitando, como bem observou um usuário entrevistado, que tal questão seja mais e melhor discutida pela sociedade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Antunes, E. M. e F. A. Simões (2013) Engenharia urbana aplicada: um estudo sobre a qualidade do transporte público em cidades médias. *urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana (Brazilian Journal of Urban Management)*, v. 5, n. 2, p. 51-62.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=431680>. Acesso em: 31 mai. 2017.

Lübeck, R. M.; M. L. Wittmann; L. F. Battistella; A. S. Richter e S. G. Schendler (2011) Qualidade no Transporte Coletivo Urbano. *FACEF PESQUISA, Franca*, v. 14, n. 3, p. 264-277.

Município de Santa Cruz do Sul (2014) *Localização*. Disponível em: <http://www.santacruz.rs.gov.br/municipio/localizacao>. Acesso em: 31 mai. 2017.

Pianucci, M. N. (2011) *Análise da Acessibilidade do Sistema de Transporte Público Urbano. Estudo de caso na cidade de São Carlos-SP*. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, USP, São Carlos. 100 p.

Pilon, J. A. (2009) *Sistema de Informação ao Usuário do Transporte coletivo por Ônibus na Cidade de Vitória – ES*. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção – Mestrado) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa. 120 f.

Rodrigues dos Santos, B. J. *A Qualidade no Serviço de Transporte Urbano*. Disponível em: <http://www2.ucg.br/nupenge/pdf/Benjamim_Jorge_R.pdf>. Acesso em: 31 mai. 2017.

Rodrigues, M. A. (2008) *Análise do Transporte Coletivo Urbano com Base em Indicadores de Qualidade.* Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Mestrado) – Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia – FECIV, Uberlândia. 81 f.

Rodrigues, M. A. e J. A. Sorratini (2008) *A Qualidade no Transporte Coletivo Urbano*. Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Engenharia Civil. 12 p.

Wright, C. L. (1988) *O que é Transporte Urbano*. Ed. brasiliense, São Paulo.

Douglas Gass (douglas.gass@hotmail.com)
Ingrid Tespesel (ingrid.tespesel@hotmail.com)
Juliana Aparecida de Almeida Stein (julianastein@hotmail.com)
Anelise Schmitz (anelise.schmitz@gmail.com)
João Rodrigo Guerreiro Mattos (joaorodrigomattos@gmail.com)
Universidade de Santa Cruz do Sul
Av. Independência, 2293, Bairro Universitário, Santa Cruz do Sul - RS

SIMILARIDADES E DISSIMILITUDES DAS CARACTERÍSTICAS DOS CORREDORES DE TRANSPORTE PÚBLICO EM CIDADES GLOBAIS

Maria Ivana Vanderlei*
Leonardo Herszon Meira
Oswaldo Cavalcanti da Costa Lima Neto
Universidade Federal de Pernambuco - Recife - PE/Brasil
*Consórcio de Transporte da Região Metropolitana do Recife

RESUMO
Este artigo tem como objetivo apresentar as similaridades e dissimilitudes dos corredores de transporte, analisando as variáveis operacionais e econômicas, com modos de transportes diferentes e suas relações com as características específicas das cidades globais. Os objetivos foram obtidos através do levantamento das informações socioeconômicas das cidades e das características dos corredores de transporte, realizando agrupamentos das características dos corredores, examinando as variáveis mais importantes e fazendo uma análise dos dados. Sendo utilizada a metodologia de tratamento dos dados coletados, com a comparação e constatação de semelhanças e diferenças, através da análise dos resultados, possibilitando a comparação dos modos de transportes. A hipótese apresentada é que a análise e comparação entre os corredores já implantados ou em implantação, poderá auxiliar os gestores na tomada de decisão, na escolha do modo de transporte a ser implantado nas cidades que gerenciam.

ABSTRACT
This article aims to present the similarities and dissimilarities of transportation corridors, analyzing the operational and economic variables, with different transport modes and their relation with the specific characteristics of global cities. The objectives were obtained by surveying the socioeconomic information of the cities and the characteristics of the transport corridors, by grouping the characteristics of the corridors, examining the most important variables and analyzing the data. The methodology used for the treatment of the collected data was used, with the comparison and verification of similarities and differences, through the analysis of the results, allowing the comparison of modes of transport. The hypothesis presented is that the analysis and comparison between the corridors already deployed or in implantation, can help the managers in the decision making, of the choice of the mode of transport to be implanted in the cities that they manage.

PALAVRAS CHAVES
Corredores de Transporte Público, BRS, BRT, VLT, Metrô

1. INTRODUÇÃO

Este artigo tem como objetivo apresentar as similaridades e dissimilitudes dos corredores de transporte em diferentes cidades do mundo, analisando as variáveis operacionais e econômicas dos diferentes modos de transporte presentes e estudando suas relações com as características destas cidades.

Os objetivos são alcançados através do levantamento das informações socioeconômicas das cidades e das características dos corredores de transporte, realizando agrupamentos das características dos corredores, analisando as variáveis mais importantes e efetuando um tratamento estatístico para a análise dos dados.

Sendo utilizada a metodologia de tratamento dos dados coletados, com a comparação e constatação de semelhanças e diferenças dos corredores e de suas respectivas cidades, através da análise dos resultados, possibilitando a comparação dos modos de transportes. A hipótese apresentada é de que a análise e comparação entre os corredores já implantados ou em implantação, poderá auxiliar os gestores na tomada de decisão, na escolha do modo de transporte a ser implantado nas cidades que gerenciam.

Esta análise é efetuada através de condicionantes conceituais e metodológicos que permitem perceber as características dos modos de transporte e assim agrupar as similaridades e dissimilitudes dos corredores de transporte já implantados em algumas cidades do mundo e, através das experiências anteriores, aproveitar as boas ideias e inovações para diminuir os impactos negativos, e melhorar a mobilidade da cidade.

Segundo o relatório da Moovit (2016), as cidades globais enfrentam muitos problemas com a mobilidade, com longos tempos de espera e de viagem, grandes distâncias percorridas, viagens a pé e déficit nos transportes públicos. Esta situação é responsável por uma constante preocupação dos gestores das cidades em melhorar a qualidade dos transportes público para oferecer melhor qualidade de vida.

A cidade de São Paulo aparece no Relatório global sobre o uso do transporte público nas grandes cidades (MOOVIT, 2016), numa posição à baixo de Toronto onde as pessoas gastam em média 96 minutos nos deslocamentos de ida e volta ao trabalho. Em São Paulo, são 93 minutos, contra os 87 minutos de Nova York e 62 minutos em Berlim e Madri, que estão na melhor posição do *ranking* em relação ao tempo perdido. Em relação a América Latina São Paulo está à baixo só de Bogotá, que gasta 97 minutos, enquanto cidade do México gasta 88, Santiago 84, Buenos Aires 79 e a melhor colocada é Montevideo que gasta 65 minutos nos deslocamentos de ida e volta ao trabalho.

Estes longos tempos de viagens é um fator que torna o transporte público um ponto crítico para que os cidadãos tenham acesso a bens e serviços em áreas urbanas, com interferência direta na sua qualidade de vida, e ainda mais, influindo na atividade econômica e na conectividade social das cidades. Para a maioria da população o transporte público é a única maneira de acessar empregos, educação, serviços e outras atividades essenciais para a promoção do desenvolvimento econômico e social das cidades.

O aumento da mobilidade urbana é importante para o desenvolvimento das cidades, porém atenção especial deve ser dedicada ao uso racional do espaço urbano. “Pois uma faixa dedicada aos ônibus apresenta uma capacidade de transporte, em média, dez vezes superior a uma dedicada ao transporte privado” (Lindau, 2013), constata assim, a necessidade de se investir em corredores que deem prioridade ao transporte público, reduzindo os congestionamentos.

Devido ao impasse da mobilidade, cresce as discussões em torno das questões sobre a qualidade dos transportes público em relação a qualidade do serviço ofertado e a potencialidade das alternativas de transportes, com a finalidade de encontrar alternativas para reduzir os acidentes de trânsito, poluição do ar, sonora e ambiental e congestionamentos, com a política do governo de facilitar o crédito para aquisição de automóveis particular e motocicletas, o transporte público precisa torna-se mais atrativo, revendo suas características. (ANTP, 2010).

Em razão dos problemas de mobilidade, ocorreu a ampliação da discussão acerca dos melhores modos de transporte nas grandes cidades, surgindo várias propostas de projetos de mobilidade. Entretanto, este estudo visa analisar os modelos de transporte coletivo urbano em torno da melhor solução para cada cidade de acordo com suas especificidades.

O processo de escolha do modo de transporte público mais adequado às necessidades da população enfrenta muitos problemas, além das características técnicas, operacionais e dos

custos de implantação e operação do modo de transporte, interpõe-se as questões políticas. Os conflitos de interesses políticos e privados, com impactos sociais e econômicos, interferem fortemente nos processos decisórios. Por isso, é importante que a escolha do modo de transporte seja a mais adequada para a cidade, garantindo que o usuário do transporte coletivo seja beneficiado. (ITDP, 2008).

Este estudo está desenvolvido em cinco etapas. Na primeira, é feita a definição do escopo da análise. A segunda compreende uma revisão bibliográfica sobre o que caracteriza o desempenho de sistemas dos modos de transporte público. Na terceira etapa consta o levantamento e análises das variáveis dos modos de transportes em alguns corredores. A quarta constitui a aplicação da metodologia de comparação e constatação de semelhanças e diferenças, através da análise dos resultados, possibilitando a comparação dos modos de transportes. E, no final, na quinta etapa é realizada a análise dos resultados obtidos, avaliando o desempenho dos corredores de transporte com suas características próprias e as particularidades de cada cidade.

2. MODOS DE TRANSPORTE

O objetivo deste artigo é demostrar as similaridades e dissimilitudes em corredores de transporte público em cidades globais, operando com: faixa de tráfego mista; BRS; BRT; VLT e Metrô e verificar a relação entre as variáveis operacionais e econômicas.

Os modos de transporte levados em consideração no estudo são:

- Faixa de Tráfego Misto - são os corredores nos quais não existe a implantação da prioridade ao transporte público;
- BRS (*Bus Rapid System*), corredor de ônibus com segregação viária, separadas por pintura, por barreiras físicas, por tachões, ou controle eletrônico, do tráfego dos demais veículos, mas contemplam cruzamentos com outros veículos e com pedestres no mesmo nível (Vuchic, 2007);
- BRT (*Bus Rapid Transit*), um transporte rápido de massa que alia a qualidade do transporte ferroviário à flexibilidade do sistema ônibus (Levinson *et al*., 2003; Wright e Hook, 2007; FTA, 2009);
- VLT (*Light Rail Transit*) ou Veículo Leve sobre Trilho. O VLT é uma composição ferroviária com trilhos de superfície que precisa de energia elétrica. (Mobilize, 2015).
- METRÔ "sistema de transporte público ferroviário, pesado, operando sobre trilho com separação de nível ou enterrados" (ITDP,2008).

2.1 Faixa de Tráfego Misto

A faixa de tráfego misto deve ser utilizada quando a demanda e frequência das linhas são baixas, com capacidade para atender demandas no valor de 500 a 5.000 passageiros por hora, por sentido. Esta alternativa de transporte apresenta baixo custo de infraestrutura e de operação, com curto prazo de execução, sendo apropriado para cidades com pouca demanda. Porém, carregando consigo o estigma negativo da tecnologia de ônibus, com maior poluição do ar e do ambiente. Além da imagem negativa, este serviço pode não proporcionar novas benfeitorias para o conforto do usuário, podendo inclusive perder passageiros para o veículo privado (ITDP, 2008). "Porém, quando as demandas, o número de ônibus e a quantidade de linhas superpostas tornaram a operação ineficiente e complexa, as limitações rapidamente apareceram" (LERNER, 2009).

Para Lerner (2009) são problemas típicos desses corredores: superposição excessiva de linhas, provocando baixas velocidades médias, não ultrapassando de 15 a 17 km/h; embarque e desembarque confusos; número excessivo de unidades operando no corredor; atrasos dos veículos nos cruzamentos, formação de longas filas para o embarque.

2.2 BRS

O serviço de BRS reduz os congestionamentos e aumenta a velocidade operacional. Os usuários são beneficiados com uma redução nos tempos de deslocamento e melhoria na sustentabilidade do meio ambiente, na otimização da frota, na redução da emissão de gases poluentes e na redução do consumo de combustíveis.

As faixas exclusivas dos corredores podem estar localizadas no lado direito ou no canteiro central, identificados por sinalização horizontal e vertical, por uma faixa contínua azul, ou pelo pavimento da faixa pintado. A eficiência destas faixas é ampliada quando há controle por fiscalização eletrônica ou segregação física.

A implantação do serviço BRS, com prioridade ao transporte público, deve apresentar: faixas preferenciais para ônibus; otimização da oferta de ônibus; escalonamento dos pontos de paradas; fiscalização eletrônica e informação aos usuários (FETRANSPOR, 2013). Este modo pode ser implantado rapidamente, não sendo necessário grandes recursos, nem grandes investimentos e desapropriações, (FREITAS, *et al*., 2015).

Porém, o BRS apresenta desvantagem em relação aos outros modos de transporte, em função dos conflitos com o transporte privado. Estas interferências reduzem os tempos de viagens e a capacidade, podendo provocar acidentes de trânsito, e poluição ambiental, danos a utilização da ocupação do espaço urbano e, também, o estigma negativo da tecnologia de ônibus.

Porém, é importante destacar que as novas tecnologias implantadas e em estudo estão possibilitando que aos corredores que priorizam a circulação do ônibus, segundo os dados do BRTData.org (BRT Center Excellence *et al*. 2017) têm uma abrangência em, 164 cidades, que contam com sistema de prioridade ao ônibus. Estas cidades tem uma extensão de 4.811 quilômetros desta modalidade e beneficiam diariamente mais de 32.044.915 passageiros.

2.3 BRT

Segundo Pereira (2011), mesmo o BRT já estando estabelecido como uma boa alternativa de qualidade para o transporte público é necessário ter total conhecimento dos elementos do projeto, em função da grande flexibilidade. Pois os estudos revelam a variedade do desempenho dos BRT, de acordo com as características físicas e operacionais e suas implicações.

Porém o BRT é um termo que pode ser usado como um sistema de transporte urbano que utiliza ônibus, com investimentos e melhorias na infraestrutura, nos veículos e nas características operacionais que podem resultar em uma qualidade de serviço mais atrativa. (Mobilize, 2011).

A NTU (2013), através do engenheiro Otávio Cunha defini o BRT como um sistema "que se inspirou na qualidade, na eficiência, na segurança do Metrô", sendo um sistema de ônibus articulado que rodam em canaletas exclusivas. A NTU (2013) acrescenta que "O BRT precisa ter a via segregada, exclusiva; garantir o embarque/desembarque em nível na plataforma;

apresentar velocidade comercial elevada; o pagamento antecipado da passagem e informações aos usuários através da central de controle operacional".

Para o ITDP (2008) a definição para BRT, baseia-se em "ônibus operando em faixa exclusivas, com prioridade de passagem, embarque em nível e priorização em interseção, seja nas paradas ou obra de arte". Os cidadãos necessitam do transporte público para realizar seus acessos aos bens e serviços oferecidos pelas cidades, sendo o BRT um dos mecanismos de custo mais eficientes para cidades podendo desenvolver e expandir uma rede de transporte público com um serviço veloz e de qualidade (ITDP, 2008). Para Lerner (2009) o "BRT é um termo geral utilizado para sistemas de transporte urbano com ônibus, com melhorias de infraestrutura, veículos e medidas operacionais resultam em uma qualidade de serviço mais atrativa", ou seja, sistema de ônibus de alta capacidade, operando em pista exclusiva, surgiu na cidade de Curitiba.

Para aumentar a sua competitividade com outros modos de transporte, tanto privados quanto público, até mesmo o sistema sobre trilho, o sistema de BRT tem que oferecer padrões de qualidade em condições de competitividade, "parte desta evolução passa por aproveitar os avanços tecnológicos e operacionais para aprimorar a oferta do serviço". (PEREIRA, 2011). O sistema BRT apresenta-se como uma opção para qualificar o transporte público. Esta qualificação é resultado da combinação das configurações físicas e operacionais que melhoram o desempenho de sistemas tradicionais de ônibus, tornando o modo de transporte sobre pneus mais competitivo. (PEREIRA, 2011).

O BRT combina a velocidade e a confiabilidade de modos sobre trilhos com a flexibilidade operacional e os baixos custos do veículo convencional. Tendo como características vias segregadas, veículos articulados, sistema de bilhetagem e pagamento antecipado, prioridade de passagem e embarque/desembarque no nível do veículo (DENG; NELSON, 2010).

Segundo a definição de Brizon (2012), BRT é um modo de transporte público por ônibus em via exclusiva e estações de embarque/desembarque no mesmo nível entre o piso do ônibus e o da estação, com cobrança antecipada, o que agiliza os procedimentos e possibilitando uma alta eficiência operacional. Podendo chegar a uma capacidade de 35 mil passageiros hora, e com a implantação de faixas de ultrapassagem, pode ter grande flexibilidade dos serviços oferecidos, através de esquemas operacionais e consequente aumento da capacidade.

O BRT tem a capacidade de atender demandas de 3.000 a 45.000 passageiros/hora/sentido, operando com boa velocidade comercial e custos de infraestrutura relativamente baixos no valor de US$ 0,5 a 14 milhões por km, podendo não requerer subsídios operacionais. Este modo de transporte, também, traz o estigma negativo da tecnologia de ônibus e maior poluição do ar e ambiental. (ITDP, 2008).

2.4 VLT - Veículo Leve sobre Trilhos

Segundo Mobilize 2015, em entrevista com Peter Alouche, "o VLT é um transporte sobre trilhos de média capacidade que não tem a via totalmente segregada". E para Renato Anelli "O Veículo Leve sobre Trilho é uma solução de menor impacto na cidade, em projetos de via feitos com mais cuidado" acrescentando "O antigo bonde ressurge com nova tecnologia, que permitiu veículos mais leves, econômicos e silenciosos".

O ITDP (2008) define VLT como “veículos único, ou composição curta, com faixa exclusiva sobre trilho, passagem em nível e com prioridade e conexões elétricas ao longo de toda a extensão das linhas”. Para Boorse (2007), VLT é um sistema metroviário com força motriz elétrica e linhas exclusivas e que proporciona embarque e desembarque no nível de passeio, oferecendo integração com os demais modos de transportes. O VLT cuja matriz energética é elétrica, permite a melhoria das condições ambientais. O sistema elétrico consegue oferecer um conforto ambiental e sonoro, sendo o usuário o principal impactado (BENEDETTI, 2013). Os veículos geralmente circulam pelas ruas e partilham o espaço com o tráfego comum, ou precisam esperar nos cruzamentos, os quais, mesmo possuindo “canaletas” exclusivas, ainda compartilham o espaço dos cruzamentos, com veículos de passeio.
Brizon (2012), ainda argumenta que o VLT:

> “se apresenta no meio urbano como um projeto associado a: renovação urbana; adaptação perfeita ao meio urbano e paisagístico; torna a cidade mais humana, mais habitável; permite uma adaptação estética perfeita ao meio urbano; adaptável ao traçado, podendo subir rampas e realizar curvas fechadas; compatibilidade com a área dos pedestres; pode ser implantado por etapas; integra-se facilmente com o sistema de ônibus; limpo, nenhuma emissão, tração elétrica sem poluição; seguro, rápido, confortável; consegue na prática atrair os automobilistas; tem ciclo de vida de mais de 30 anos; alternativa de tempo durável e de desenvolvimento sustentável; favorece o desenvolvimento e o comércio local”.

Segundo a definição de Brizon (2012), VLT é um modo de transporte público que atende a oferta de transporte existente entre o ônibus e o metrô, podendo atender a uma demanda intermediária, sendo assim uma alternativa para o transporte de media capacidade, tendo um custo de implantação acessível. E Para a ITDP (2008), o VLT, tem a capacidade de atender demandas moderadas de passageiros no valor de 5.000 a 12.000 passageiros por hora, por sentido, polui pouco, com desempenho silencioso, se ajusta a ruas estreitas e por ter uma boa imagem, pode atrair usuários para o transporte coletivo. Porém as desvantagens do VLT é que apresenta custos de infraestrutura no valor de UU$ 15 a 45 milhões por Km, podendo requerer subsídios operacionais com limitações quanto à capacidade de passageiros. (ITDP, 2008).

2.5 Metrô

Para Brizon (2012) as definições técnicas de uma linha de metrô não decorrem apenas de exigências do sistema metroviário, mas de aspectos como uso e ocupação do solo, preservação do meio ambiente e do patrimônio histórico, com características geológicas, topográficas, geotécnicas, especificações do material rodante e características do sistema viário.

O metrô tem a capacidade de atender demandas altas de passageiros no valor de 30.000 a 80.000 passageiros por hora, por sentido, podendo alcançar velocidade comercial de 28 a 35km/h, além de ocupar pouco espaço público, poluir pouco e por ter uma boa imagem, pode atrair usuários para o transporte coletivo. Porém as desvantagens do metrô é que apresenta altos custos de infraestrutura no valor de US$ 45 a 359 milhões por Km, com longos períodos de desenvolvimento e construção, podendo requerer subsídios operacionais inclusive pela baixa demanda e consequente baixa recuperação de faturamento durante os períodos fora do pico. (ITDP, 2008).

Para Lerner (2009) construir uma rede completa de metrô atualmente talvez não seja mais possível em função dos elevados custos de implantação, para muitas das cidades que possuem

redes extensas, mas tiveram sua construção iniciada quando os custos de se trabalhar no subsolo eram viáveis. Ainda segundo Lerner (2009) "Cada cidade precisa extrair o melhor de cada modo de transporte que tenha, seja na superfície, seja subterrâneo. A chave reside em não se ter sistemas competindo no mesmo espaço e utilizar tudo aquilo que a cidade tem da forma mais efetiva".

Os modos de transportes devem ser analisados de acordo com as características econômicas e operacionais, onde deve ser levando em consideração as variáveis de cada modo, para que possam auxiliar na escolha, visando melhorar a mobilidade das cidades. O custo de implantação é um fator muito forte na decisão de escolha, assim como, o tempo de implantação, a expertises da tecnologia, favorecendo o modo rodoviário. Porém a emissão de poluentes, o impacto ambiental, as desapropriações, a imagem e a requalificação da cidade pesam contra esta alternativa. São fatores que favorecem a decisão pelo modo ferroviário. Em relação a capacidade de transporte de passageiros pode haver variações de acordo com cada modo e sua demanda específica, além das características da cidade.

Para o ITDP (2008), são muitas as variáveis que podem interferir na escolha do tipo de tecnologia de transporte público, e neste estudo são consideradas as variáveis em relação ao custo: investimentos (custo de propriedade e infraestrutura), prazo de implementação; projeto: capacidade, tempo de viagem, confiabilidade, segurança e os impactos: econômicos e sociais.

3. **METODOLOGIA**

A metodologia do estudo consiste, em uma primeira etapa, do levantamento dos dados atuais dos corredores de transporte de algumas cidades globais. Na segunda etapa da realização do agrupamento dos dados levantados, em função das similaridades e identificação das variáveis mais relevantes. Para no final realizar análises comparativas entre as características de aspectos gerais, tais quais: localização, extensão e demanda, ou as características físicas e de desempenho operacional.

Como o desempenho dos sistemas de transportes públicos variam em função da configuração das características operacionais de cada corredor de transporte, que por sua vez pode ser verificada através da demanda transportada, do custo de implantação, ou dos dados específicos de cada cidade como população, densidade e dados econômicos como PIB.

Neste levantamento foram pesquisadas 10 cidades com sistema de transporte público dos 5 modos de transportes definidos no início do estudo. Sendo o primeiro, os corredores de transporte com sistema tronco alimentador implantado, porém sem nenhuma estrutura física de prioridade ao transporte coletivo, com faixa de tráfego misto. O segundo, são as faixas exclusivas ao transporte público, denominadas de BRS. O terceiro se refere aos corredores de BRT, com faixas exclusivas, pagamento da tarifa antecipado e acesso ao veículo no mesmo nível que a plataforma. O quarto grupo formado por VLT e o quinto por Metrô. Este agrupamento foi realizado em função das características físicas e operacionais dos corredores.

A comparação entre os corredores já implantados ou em implantação foi utilizada para auxiliar na análise nos 27 corredores de transporte distribuídos nas 10 cidades globais, definidas previamente, sendo feita a primeira etapa, levando em consideração as redes de metrô, onde foram implantados metrô de grande capacidade, sendo levantado as variáveis: custo de implantação, quilometragem acrescida, características operacionais de rede de transporte, no

qual o corredor foi inserido, demanda transportada ou prevista em cada corredor analisado e o tempo de construção e em relação as características das cidades, variáveis como população, densidade e PIB.

Em seguida foi realizado um levantamento dos corredores de faixa de tráfego misto, BRS e BRT, nas mesmas cidades, ou em alguns casos, cidades próximas do mesmo país. Para fazer a comparação dos corredores e verificar as similaridades ou não entre eles. O objetivo desta aplicação é avaliar e comparar as características dos corredores por modo de transporte. Através de análise quantitativa dos custos e extensão, análise visual e da capacidade ou motivação em investir em mobilidade, vinculada a situações socioeconômicas.

4. RESULTADOS ESPERADOS, SIMILARIDADES E DISSIMILITUDES

A rede do Metrô de Nova York é composta por 22 linhas, com comprimento total de aprox. 350 km e com 472 estações. Na construção da 1ª fase da linha Second Avenue Subway foram acrescidos 3,2 Km e 3 estações, para transportar a mais 200.000 passageiros/dia, com um custo de implantação de US$ 4,45 bilhões, a construção deste trecho levou 10 anos para ser concluído. (MTA, 2017).

A rede de Toronto tem quatro linhas de metrô, 11 rotas de bonde e 140 rotas de ônibus. O Projeto de extensão de Metrô Spadina de Toronto-York - TYSSE tem extensão de 8,6 km e 6 estações, ao custo de US$ 3,18 bilhões. A construção levou 7 anos para ser concluída. (TTC, 2017).

O Metrô de Berlin é conhecido como o U-Bahn e atualmente opera com dez linhas, em uma rede de 146 km e 173 estações. A linha U55 U-Bahn Hauptbahnhof está em construção, com 2,2 km e 3 estações, irá interligar com a linha U5, com um orçamento de US$ 525 milhões. De acordo com as previsão, esta linha irá retirar 3.000 a 3.500 carros por dia, da via Unter den Linden e transportará 150.000 passageiros por dia, em 10 anos de construção. (PROJEKT U5, 2017).

O Metrô de Montreal, operado pela Société de Transport de Montréal -STM, integra 68 estações em quatro linhas medindo 66,0 km e utiliza trens com rodas de borracha. O sistema transporta 286,7 milhões de passageiros por ano. Segundo Cazelli (2008), a extensão da linha do metrô até Laval é de 5,2km, com 3 estações a um custo de US$ 745 milhões. (STM, 2017).

O Metrô de Madri opera com 13 linhas, 301 estações, com um comprimento total de 294 km e demanda em 2015 de 569,73 milhões de passageiros por ano. A expansão da linha 2, Las Rosas, teve um acréscimo de 4,1 km e 4 estações, ao custo de US$ 134,9 milhões. A construção foi executada em 2,5 anos. (METRO MADRID, 2017).

O Metrô de Seul é um dos mais extensos, com 9 linhas urbanas de Seul, e 7 linhas suburbanas. Foi inaugurado em 1974 e tem 287 km com 10 linhas e 266 estações. Com mais de 8 milhões de passageiros por dia. A implantação da linha Shinbundang com 31Km e 12 estações foi construída a um custo de 2,104 bilhões de dólares, em 11 anos (DX LINE, 2017). E na linha Busan Transport Corporation a ampliação da linha urbana, com extensão de 7,98km, seis novas estações com um custo de US$ 869,32 milhões de dólares em 7 anos. (KORAIL, 2017).

O Singapore Mass Rapid Transit - MRT, foi inaugurado em 1987 e tem 121 estações e 171 quilômetros em 5 linhas. A linha Thomson-East Coast, que custará US$ 18 bilhões, deve transportar 500 mil passageiros diariamente, com 43 km e 31 estações. (SMRT, 2017).

O Metrô de Londres opera com 16 linhas, 268 estações e aproximadamente 400 km, numa média de 2,67 milhões de usuários por dia, atualmente está em construção a Linha Elizabeth com 100 km,

40 estações e o objetivo é atender aos 200 milhões de passageiros por ano, a um custo de US$ 19,076 bilhões. (TRANSPORT FOR LONDON, 2017).

O Metrô de São Paulo opera com 6 linhas e 68 estações, com 78 km de extensão, para transportar uma demanda de 4,7 milhões de passageiros/dia. A Linha 4-Amarela está em expansão de 5,4 km, e 4 estações a um custo de US$ 306,29 milhões. (METRÔ SÃO PAULO, 2017).

O Metrô do Rio de Janeiro tem um total de 41 estações em 3 linhas com 58km, transportando 850 mil passageiros/dia. A Linha 4-Amarela com 16 km e 5 estações levou 6 anos para ficar pronta, ao custou US$ 2,97 bilhões, transportar 300.000 passageiros/dia. (METRO RIO, 2017).

Tabela 1: Dados das linhas de Metrô de Cidades Globais

CIDADE	LINHA (a) Nome da linha	POP. (b) habitantes	DENS. (c) /km²	PIB (d) Per capita US$/hab.	Ext. (e) Km	CUSTO (f) US$ milhão	Custo/ Km milhão US$/ km
New York	SecondAvenue	8.175.133	6.737,50	66.488	3,2	4450,00	1.390,63
Toronto	Spadina-York (Ext)	2.503.281	3.973,50	39.527	8,6	3180,00	369,77
Berlin	U5 Extension	3.460.725	3.898,50	38.643	2,2	525,00	238,64
Montreal	Laval Metro Ext.	1.651.235	4.542,30	34.260	5,2	745,00	143,27
Madrid	Line 2 Las Rosas	3.213.271	5.304,40	42.296	4,1	134,90	32,90
Seul	Shinbundang	10.421.782	17.211,30	32.179	31,0	2104,00	67,87
Singapura	Thomson MRT Line	5.076.700	7.148,30	55.252	43,0	18000,00	418,60
Londres	Elizabeth Line	8.416.535	5.354,00	162.200	100,0	19076,00	190,76
São Paulo	Linha 4	11.244.369	7.381,70	17.034	5,4	306,29	56,72
Rio	Linha 4-Amarela	15.993.583	365,30	17.326	16	2970,00	185,63

Fonte: (a), (e) e (f) dados obtidos pelo site dos órgãos responsáveis, de acordo com item 4; (b) e (c) DB City (d) OECD, GDP Os dados estão em dólares internacionais constantes de 2010.

Tabela 2: Dados das linhas de BRT, BRS e Faixa de tráfego Misto de Cidades Globais

CIDADE	BRT	Ext km	Custo/ Km milhão US$/km	BRS	Ext km	Custo/ Km milhão US$/km	Faixa tráfego Misto	Ext km	Custo/ Km milhão US$/km
New York	HealthLine[1*]	7,2	17,544	M34/M34A	4,0	6,75			
Toronto	Viva Yellow	2,6					Viva Yellow	2,4	
Berlin[2*]	Line 5	4,08					Line 5	11,02	
Montreal									
Madrid[3*]	Bus VAO	16,1	3,300	Línia 64*	17,44	0,66	Línia 64*	4,36	0,66
Seul	Siheung Hangang-ro	17,7							
Singapura									
Londres	East London Transit	26,5	14,400				The Busway[4*]	15,0	
São Paulo	Expresso Tiradentes	12,0	10,083	Campo Limpo	17,2				
Rio de Janeiro	Trans Olímpica	26,0	25,790	BRS Copacabana	4,0		TransOeste	4,0	8,770

Fonte: BRT Center Excellence; EMBARQ; IEA e SIBRT, (2017), 1* Cleveland no USA, 2* Hamburg na Alemanha, 3* Barcelona na Espanha, 4* Cambridge na Inglaterra.



Figura 1: Cidades Globais, Fonte: www.google.com.br/maps

As cidades globais são grandes centros de atividade políticas, econômicas, culturais e serviços definidas também como metrópoles mundiais, são grandes aglomerações urbanas que funcionam como centros de influência nacional e internacional.

A tabela 1 mostra os dados das linhas de metrô, nas 10 cidades globais, escolhidas em função das expansões que foram construídas nas redes de metrô pesado (subterrâneos), com destaque para a linha Elizabeth, na rede de Londres, pela sua função de ligar a cidade de leste a oeste, com 100 km de extensão, na rede principal de metrô, segundo a Transport for London, (2017). As linhas de Nova York, Singapura e Berlin, tem um custo/km muito elevado, para a implantação da rede em área central, em cidades muito adensadas. As ampliações nas redes de Berlin e São Paulo têm função estruturadora, fazendo ligações importantes na rede atual de transporte público. Cidades com grandes adensamentos como Londres, Seul, Singapura e São Paulo têm uma necessidade maior de implantar redes de metro de grande capacidade, para viabilizar o deslocamento de demandas elevadas. As cidades asiáticas Seul e Singapura têm investido bastante na rede de transporte público e, atualmente estão entre as 10 maiores cidades em tamanho da rede de metrô. A linha 4-Amarela do Rio de janeiro foi construída devido aos investimentos para os jogos olímpicos Rio 2016, porém com uma função estruturadora de ligar a linha1 do metrô em Ipanema com a do BRT na Barra da Tijuca.

A tabela 2 apresenta o custo total/km de US$ 25,79 em milhões de dólares, investidos na implantação do corredor de BRT linha Transolimpica e a tabela 1 apresenta o custo total de US$ 185,63 milhões de dólares para o metrô linha 4-Amarela, no Rio de janeiro. A mesma relação pode ser verificada na linha de BRT, em São Paulo, a Expresso Tiradentes, com um custo de US$ 10,83 milhões de dólares/km e a expansão da Linha 4 do metrô com US$ 56,72 milhões de dólares/km. Esta análise também pode ser verificada em Londres e Madri, onde o custo das linhas de BRT são de US$ 14,40 e US$ 3,30 milhões de dólares/km e nas linhas de metrô os custos são de US$ 190,76 e US$ 32,30 milhões de dólares/km respectivamente.

A cidade de Londres que possui um PIB per capita de US$ 162.200,00/hab., investe US$ 19,076 bilhões na implantação da linha de metrô, Elizabeth Line e US$ 381,6 milhões na linha de BRT East London Transit.

As cidades de Nova York e Londres possuem grandes redes de metro, 350km e 400 km, respectivamente, porém Nova York está com apenas 10,0 km de acréscimo previsto para a complementação da linha Second Avenue e Londres com a implantação de mais 100 km para a linha Elizabeth Line.

Segundo Wright e Hook (2007), as cidades do mundo desenvolvidas e em desenvolvimento requerem sistema transporte de alto desempenho que possibilitem o atendimento de demandas elevadas de forma sustentável. Diante desta exigência os sistemas de transportes devem apresentar uma capacidade compatível com a demanda existente e uma velocidade operacional que atenda as questões técnicas e principalmente aos anseios da população.

Durante muito tempo sem investimentos em mobilidade urbana, muitos governos estão voltando a investir na melhoria do transporte público, como forma de combater o impacto social, econômico e ambiental dos congestionamentos nas cidades. Porém, atualmente, a crise econômica agravou a situação dos recursos, existindo poucos recursos a serem investido no transporte público. Desta forma é preciso ter um excelente planejamento, segurança e cautela para alocar os recursos de forma a obter o melhor retorno para as cidades. Segundo o ITDP (2008) "o planejamento urbano deve ser pensado de forma a tirar o maior proveito dos sistemas de transporte público e das novas tecnologias e oferecer moradia, emprego e outros serviços públicos".

O investimento adequado em transporte público em uma cidade passou a ser uma ciência deixando de ser apenas uma decisão política, pois segundo Peñalosa (2015), "Uma cidade com bom sistema de transporte é mais atrativa aos investidores e portanto, gera mais empregos. Há mais segurança e melhora significativamente os espaços da cidade".

5. ANÁLISE E CONCLUSÕES

O que é constatado na implantação dos modos de transportes analisados no estudo, são as grandes quantidades de recursos investidos, para atender as necessidades de deslocamentos das cidades globais, e desta forma, estas experiências servem de exemplo para as outras cidades do mundo, analisando suas vantagens e desvantagens e procurando verificar as similaridades com o seu sistema local de transporte.

Outro aspecto verificado é a diversidade dos modos de transporte implantados nas cidades, onde mesmo as cidades que possuem uma rede de metrô elevada, continuam a implantar outros modos, tais como BRT ou BRS, VLT, com o objetivo de alocar o modo de transporte mais adequado a demanda local.

As construções dos corredores de transporte levam o longo período de implantação, provocando um desconforto para os cidadãos, devendo ser feito um planejamento rigoroso da execução e um envolvimento dos afetados diretamente pelas obras.

Este estudo faz parte de uma análise maior, com um número maior de cidades observadas e com uma maior quantidade de variáveis, porém servirá como projeto piloto para o estudo mais detalhado e minucioso.

Este projeto piloto apresenta um cenário da complexidade da escolha de um sistema de transporte a ser implantado numa determinada cidade. Apenas os parâmetros populacionais e econômicos das cidades citadas e os modos de transporte com suas características e custos já produzem uma quantidade elevada de tópicos a serem estudados e quantificados para subsidiar o processo decisório.

Quando é implantada a prioridade ao transporte coletivo, toda a sociedade é beneficiada e o sistema de transporte transfere benefícios diretos para a população, com o aumento da

velocidade operacional e consequentemente menores tempos de viagem e mais tempo disponível para as atividades sociais e econômicas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Benedetti M. (2013). *BRT x VLT Análise econômica da substituição do sistema de transporte público do eixo anhanguera da cidade de Goiânia*, Universidade Federal De Goiás, Escola De Engenharia Civil, Curso De Graduação Em Engenharia Civil, Goiânia.

Brizon L. C. (2012). *Avaliação dos impactos econômicos e economia de combustível fóssil com a implantação do metrô de Curitiba no eixo norte/sul*, Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Transportes, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Transportes.

BRT Center Excellence; EMBARQ; IEA e SIBRT, (2017). Global BRT Data: *version* 3.27, última modificação em august 15, 2017. Disponível em <http://www.brtdata.org>. Acessado em 11/09/2017.

Boorse, J. W. A (2007). *Comparative Discussion of the Light Rail Transit Mode and the Bus Rapid Transit Initiative.* In: JOINT INTERNATIONAL LIGHT RAIL CONFERENCE: a world of applications and opportunities, 2006, St. Louis, Estados Unidos da América. Anais. St. Louis: TRANSPORTATION RESEARCH CIRCULAR E-C112, p. 441-450.

Cazelli, M. (2008), *Investimentos em sistemas metro ferroviários utilizando engenharia e análise do valor*. Dissertação de Mestrado apresentada ao Curso de Mestrado em Engenharia de Transportes do Instituto Militar de Engenharia, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciências em Engenharia de Transportes. Rio de Janeiro

DB City, (2017), Disponível em <http://pt.db-city.com> acessado em 27/06/2017.

Deng, T; Nelson, J. D. (2010). *The Impact of Bus Rapid Transit on Land Development: A Case Study of Beijing, China*. World Academy of Science, Engineering and Technology, Issue 0042, n. 66, p. 1182-1206.

DX LINE, (2017). Disponível em <http://www.shinbundang.co.kr/index.jsp> acessado em 08/07/2017.

FETRANSPOR, (2013). *Manual de implementação BRS* - BuS Rapid SeRvice

Freitas, C. L.; Teixeira, E.; Silva, E.; Brizon, L.; Pires, L.; Paula, M. e Gonçalves, R. (2015). *Metodologia de reestruturação de sistemas de transporte público em munícipios de médio porte*. XXIX ANPET, Ouro Preto, Minas Gerais

FTA (2009). *Characteristies of Bus Rapid Transit for Decision-Making.* Disponível em <https://www.transit.dot.gov> acessado 22/06/2017. Highway Capacity Manual, (2000). Tansportation Research Board.

ITDP (2008). *Manual de BRT - Bus Rapid Transit, Guia de Planejamento*, The William and Flora Hewlett Foundation.

KORAIL, (2017). Disponível em <http://www.letskorail.com> acessado em 30/06/2017.

Lerner, J. (2009). *Avaliação Comparativa das modalidades de Transporte Público Urbano*. Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos, Curitiba, Brasil.

Levinson H; Zimmerman S.; Clinger J.; Rutherord S.; Smith R. L.; Cracknell J. e Soberman R., (2003). *Bus rapid transit, Volume 1: Case Studies in Bus Rapid Transit.* Transit Cooperative Research Program: Report 90, Washington, DC, USA.

Lindau, L. A. (2013) O papel do transporte coletivo na visão estratégica de cidades competitivas. In: NTU, Mobilidade Sustentável para um Brasil Competitivo. Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos, Brasília.

Metrô São Paulo (2017). Disponível em <http://www.metro.sp.gov.br> acessado em 08/07/2017.

Metro Madrid, (2017). Disponível em https://www.metromadrid.es, acessado em 28/06/2017.

METRO RIO, (2017). Disponível em <https://www.metrorio.com.br/> acessado em 09/07/2017

MTA, (2017), Metropolitan Transportation Authority, Disponível em <https://www.mta.info> acessado em 22/06/2017.

Mobilize – Mobilidade Urbana Sustentável (2011). Estudo Mobilize 2011 Diagnóstico da mobilidade urbana sustentável em capitais brasileiras, Dispovível em <www.mobilize.org.br> acessado em 14/06/2017.

- (2015). Disponível em <http://www.mobilize.org.br/estatisticas/42/tarifas-de-vlts-bonde-ou-trams-em-algumas-cidades-do-mundo.html>, acessado em 14/06/2017.

Moovit (2016) *Relatório global sobre o uso do transporte público nas grandes cidades*. Disponível em <https://www.company.moovitapp.com/public-transit-usage-report-2016>, acessado em 14/06/2016.

NTU (2013). *Faixas Exclusivas de Ônibus Urbano Experiências de Sucesso*. Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos, Brasília, DF, Brasil.

OECD.Stat, Organisation for economic co-operation and development, (2017). Disponível em <http://stats.oecd.org> acessado em 03/07/2017.

Peñalosa, E., (2015). Disponível em <http://conexaoplaneta.com.br/blog/enrique-penalosa-as-calcadas-sao-para-brincar-conversar-namorar/> acessado em 09/05/2017

Pereira, B. M. (2011). *Avaliação do desempenho de configurações físicas e operacionais de sistemas BRT*. Dissertação do Mestrado em Engenharia de Produção-Programa de pós-graduação em engenharia de produção, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre, na área de concentração de Sistemas de transportes. UFRGS.

PROJEKT U5, (2017), Projektrealisierungs GmbH U5, Disponível em <www.projekt-u5.de>, acessado em 26/06/2017

SMRT (2017). Disponível em <https://www.smrt.com.sg> acessado em 30/06/2017.

STM - Société de transport de Montréal, Disponível em <http://www.stm.info> acessado em 28/06/2017.

Transport for London, (2017). Disponível em <https://tfl.gov.uk >, acessado em 08/07/2017.

TTC-Comissão de Transporte de Toronto, Disponível em <https://ttc.ca/Routes>, acessado em 26/06/2017.

Vuchic, V. (2007). *Urban Transit: Systems and Technology*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.

Wright, L. e Hook, W. (2007). *Bus Rapid Transit Planning Guide* (3ª ed.). Institute for Transpot and Development Policy, New York.

Maria Ivana Vanderlei (ivana.vanderlei@gmail.com)
Leonardo Herszon Meira (leonardohmeira@gmail.com)
Oswaldo Cavalcanti da Costa Lima Neto (oswaldolimaneto@yahoo.com.br)
Área de Transporte e Gestão das Infraestruturas Urbanas, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (Poscivil), Departamento de Engenharia Civil, Centro de Tecnologia e Geociências - Escola de Engenharia de Pernambuco (CTG-EEP), Universidade Federal de Pernambuco - UFPE
Av. Prof. Moraes Rego, 1235 - Cidade Universitária, Recife - PE - CEP: 50670-901

AVALIAÇÃO DA REESTRUTURAÇÃO DO TRANSPORTE COLETIVO EM CIDADE DE MÉDIO PORTE NO QUE TANGE À EFICIÊNCIA E À QUALIDADE

Luiza Maciel Costa da Silva
André Leite Guerra
Departamento de Engenharia de Transportes
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais

RESUMO
Em âmbito nacional, a demanda pelos modos de transporte coletivo tem apresentado queda, resultando em aumento na tarifa e diminuição da oferta, prejudicando os usuários que necessitam do sistema para ter acesso a lazer, saúde, trabalho e educação. Considerando a importância social do transporte coletivo, é essencial que sejam estudadas alternativas de melhorar a qualidade do sistema e torná-lo eficiente e viável, garantindo que o serviço seja mantido com as características adequadas. Nesse sentido, o presente trabalho analisa o Estudo de Reestruturação do sistema de transporte público de Formiga, Minas Gerais, elaborado em novembro de 2014, avaliando a qualidade e a eficiência do sistema por meio da aplicação de indicadores e parâmetros presentes na literatura pertinente à temática, comparando os dados do ano anterior à implantação do estudo aos dados dos três anos posteriores.

ABSTRACT
Nationally, the demand for collective modes of transportation has declined resulting in increased tariffs and decreased supply, harming users who need the system to have access to leisure, health, work and education. Considering the social importance of public transportation, it is essential to study alternatives to improve the quality of the system and make it efficient and viable, ensuring that the service is maintained with the appropriate characteristics. Therefore, the present work analyzes the Restructuring Study of the public transportation system of Formiga, Minas Gerais, Brazil, developed in November 2014, evaluating the quality and the efficiency of the system through the application of indicators and parameters present in the relevant literature, comparing the data from the year prior to the study's implementation to the data for the three years thereafter.

1. INTRODUÇÃO

A constante expansão geográfica e populacional dos municípios brasileiros altera a dinâmica das cidades e faz com que seja importante que a oferta de transporte coletivo seja sempre adaptada às novas necessidades locais, atendendo a demanda por transporte de forma produtiva e eficaz. É importante que as empresas operadoras e os órgãos gestores busquem melhorar o serviço ofertado visando manter e ampliar o seu mercado de atuação. O presente trabalho tem como principal objetivo contribuir para a gestão do transporte público, por meio da avaliação da qualidade e da eficiência em função da implantação de um estudo de reestruturação do sistema.

Em novembro de 2014 foi realizado um Estudo de Reestruturação (TECBUS, 2014) do sistema de transporte coletivo de Formiga, um município de 65 mil habitantes (IBGE, 2010), localizado na região Centro-Oeste de Minas Gerais, à 168 km de Belo Horizonte. O estudo foi contratado pela empresa operadora do sistema de transporte no município e teve como objetivo tornar a operação de transporte mais eficiente.

O transporte é uma atividade meio que permite que as pessoas tenham acesso a locais de trabalho, educação, lazer e saúde. Portanto, e de acordo com Bicalho (1998), ele possui uma importância social decisiva, especialmente em cidades de grande e médio porte, onde, devido às maiores distâncias, há maior dependência do transporte motorizado. Nesse sentido, Azambuja (2002) afirma que o transporte público “deve atender a necessidades sociais e dar suporte a atividades econômicas”. Cumpre salientar que o transporte público coletivo é um

direito social e possui caráter essencial, garantido na Constituição Federal de 1988.

Além disso, a realização de qualquer estudo que vise aumentar a qualidade e a eficiência do sistema de transporte público coletivo é justificada pela necessidade de quebrar paradigmas, estimular os modos coletivos e racionalizar o trânsito, tendo em vista o crescente congestionamento das vias públicas, provocado, em grande parte, pelo uso irracional do transporte individual motorizado.

De acordo com os dados do Relatório 2014 do Sistema de Informações da Mobilidade Urbana da ANTP, nas cidades brasileiras com porte semelhante ao de Formiga (com população entre 60 e 100 mil habitantes), 47,4% das viagens são motorizadas. Destas, 51,1% são realizadas por veículos individuais. A taxa de mobilidade (viagens/pessoa/dia) em municípios deste porte é de apenas 1,09 viagens/pessoa/dia, sendo a menor taxa obtida no estudo, que apresenta uma taxa de mobilidade média nacional de 1,72 viagens/pessoa/dia.

Além disso, a demanda do sistema de transporte público coletivo tem se mostrado decrescente nos últimos anos no cenário nacional, conforme Relatório Comparativo 2003/2014 do Sistema de Informações da Mobilidade Urbana da ANTP. Em 2014 houve a primeira queda em números absolutos de viagens municipais em ônibus do período analisado, tendo sido realizadas 12,5 bilhões de viagens, enquanto no ano anterior, em 2013, haviam sido realizadas 13 bilhões de viagens. Na análise da divisão modal, entretanto, o modo ônibus municipal tem representado a cada ano, desde 2003, um menor número de viagens. Em 2003 as viagens em ônibus municipal representavam 22,2%. Já em 2014, essa participação caiu para 19,5% do total.

Por outro lado, enquanto a demanda por ônibus apresenta queda, a participação do transporte individual é crescente, justificado pelo crescimento econômico brasileiro na última década associado à cultura do automóvel presente em nossa sociedade e à baixa qualidade do serviço de transporte coletivo ofertado.

A queda na demanda do serviço de transporte público coletivo resulta em aumento na tarifa e diminuição da oferta, prejudicando os usuários que necessitam do sistema para ter acesso a lazer, saúde, trabalho e educação. Considerando a importância social do transporte coletivo, é essencial que sejam estudadas alternativas de melhorar não apenas a qualidade do sistema, mas principalmente torna-lo eficiente e viável diante de um cenário não favorável, garantindo que o serviço seja sempre mantido com as características adequadas para atender a população que dele necessita, tanto por fatores financeiros, quanto pela impossibilidade de dirigir por fatores diversos (menores de idade, idosos, portadores de necessidades especiais, entre outros).

2. QUALIDADE E EFICIÊNCIA NO SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO COLETIVO

A qualidade no sistema de transporte público deve compreender todas as partes interessadas. É importante, de acordo com Ferraz e Torres (2004) que todos os atores envolvidos – usuários, comunidade, empresa operadora, poder público – sejam atendidos, “pois a insatisfação de algum grupo leva, inevitavelmente, ao desequilíbrio do sistema”.

> A qualidade do serviço tem de ser encarada numa perspectiva ampla durante um projeto de melhoria, ou seja, considerando não só o interesse dos usuários

> do transporte coletivo, mas também os de todas as partes interessadas com a sua oferta. Isso requer uma boa compreensão do funcionamento do setor e uma clareza dos papéis e responsabilidades de todas as partes envolvidas (MARETOPE, 2003 *apud* PEREIRA, 2015).

A oferta de qualidade, contudo, não pode estar dissociada da eficiência do sistema. Como afirmado por Ferraz e Torres (2004), "um serviço de melhor qualidade implica, quase sempre, em tarifas mais elevadas". Nesse sentido, é importante considerar que os usuários cativos do sistema de transporte público possuem, em sua maioria, um poder aquisitivo baixo e, dessa forma, o sistema deve ser planejado tendo em vista a sua capacidade de pagamento da tarifa, de forma que o transporte seja acessível do ponto de vista financeiro.

Embora a percepção de qualidade seja variável, é necessário que sejam definidos padrões para efeito de planejamento, projeto e avaliação dos sistemas de transporte. Ferraz e Torres (2004) apresentam doze principais fatores que influenciam na qualidade do transporte público urbano, bem como atributos que caracterizam um serviço de qualidade boa, regular ou ruim. Os padrões de qualidade sugeridos para o transporte público por ônibus são: Acessibilidade; Frequência de atendimento; Tempo de viagem; Lotação; Confiabilidade; Segurança; Características dos veículos; Características dos locais de parada; Sistemas de informação; Conectividade; Comportamento dos operadores; e, Estado das vias.

Quanto à eficiência, Ferraz e Torres (2004) afirmam que ela pode ser econômica ou social. Do ponto de vista econômico, uma maior eficiência significa obter um custo menor segundo um determinado padrão de qualidade. Já a eficiência social é avaliada com base no custo social, que considera os custos dos impactos sobre a qualidade de vida e o meio ambiente. No caso do transporte público, a avaliação da eficiência social envolve a análise da qualidade sob o ponto de vista dos atores do sistema. A eficiência econômica se trata de uma relação entre produto obtido e insumos gastos na produção, temos que, no caso do serviço de transporte público, o produto obtido são as viagens de transporte ofertadas aos usuários e os insumos gastos são a frota de veículos, a mão de obra, o combustível, os pneus, peças, entre outros. Uma vez que é estabelecido o nível de qualidade do serviço, a eficiência econômica é avaliada pelo custo por passageiro transportado.

Para avaliar a eficiência faz-se necessário que a empresa de transporte tenha clareza acerca dos objetivos estabelecidos e determine indicadores apropriados para avaliação do cumprimento de tais objetivos (Fielding et al., 1978 apud Azambuja, 2002).

Para avaliar a eficiência econômica da operação de transporte público por ônibus, Ferraz e Torres (2004) sugerem quais devem ser os principais indicadores.

Tabela 1: Valores mínimos/ máximos considerados satisfatórios para alguns dos índices de eficiência econômica

Índices de eficiência	Valores máximos/ mínimo
Índice de quilômetros por veículo (km/veic/dia)	>200
Índice de aproveitamento da frota (%)	>90
Índice de mão de obra (func/veic)	Com cobrador <5,5 Sem cobrador <3,5
Índice de passageiros por quilômetro (pass/km)	>2,5
Índice de passageiros por veículo (pass/veic/dia)	>500

Fonte: Ferraz e Torres (2004)

3. ESTUDO DE REESTRUTURAÇÃO

3.1. Caracterização da área de estudo

O estudo de reestruturação objeto desse trabalho, foi implantado em Formiga, município localizado na região Centro-Oeste de Minas Gerais e limítrofe a Santo Antônio do Monte, Pedra do Indaiá, Itapecerica, Camacho, Candeias, Cristais, Guapé, Pimenta, Córrego Fundo, Pains e Arcos. A cidade está posicionada às margens da Rodovia MG050, a qual liga Belo Horizonte ao interior paulista, e está localizada a 186 km de distância da capital.

Formiga possui 65 mil habitantes (IBGE, 2010) e área territorial de 1.500 km². Quanto à ocupação e uso do solo, há uma baixa densidade populacional com apenas 43,36 hab./km² e predominam as edificações horizontais e as residências unifamiliares.

Os PGVs estão concentrados na área central do município, sendo estes a rodoviária, a prefeitura e a câmara municipal, além de escolas, estabelecimentos comerciais e equipamentos de saúde. Considerando a concentração de equipamentos nessa área, é possível afirmar que o centro da cidade é o principal atrator e produtor de viagens das linhas de transporte. Além dos equipamentos localizados na área central, também se destaca a UNIFOR-MG (Centro Universitário de Formiga), localizado no bairro Água Vermelha, na zona Norte do município, próximo ao acesso pela MG-050.

O sistema de transporte é operado e administrado por uma única empresa, a Viação Formiga, a qual presta os serviços de transporte urbano no município há mais de 20 anos.

3.2. Cenário anterior à implantação do estudo

Antes da implantação do Estudo de Reestruturação objeto de análise no presente trabalho, o sistema de transporte urbano coletivo de Formiga era composto por 11 linhas diametrais e 1 linha radial. A tarifa era de R$ 2,50, com exceção da Linha 11, cuja tarifa era R$ 2,65. Além disso, a Linha 11 (UNIFOR/Centro – Ligeirinho) também se diferencia das demais por oferecer ar condicionado nos veículos, não circular aos domingos, ser a única com tipologia diametral e operar com frota de 2 ônibus micro (capacidade para 27 passageiros sentados), enquanto as demais linhas operam com apenas 1 ônibus convencional (capacidade para 38 passageiros sentados). Ela é popularmente conhecida como Ligeirinho.

Tabela 2: Linhas do Sistema – cenário anterior à implantação do estudo (2014)

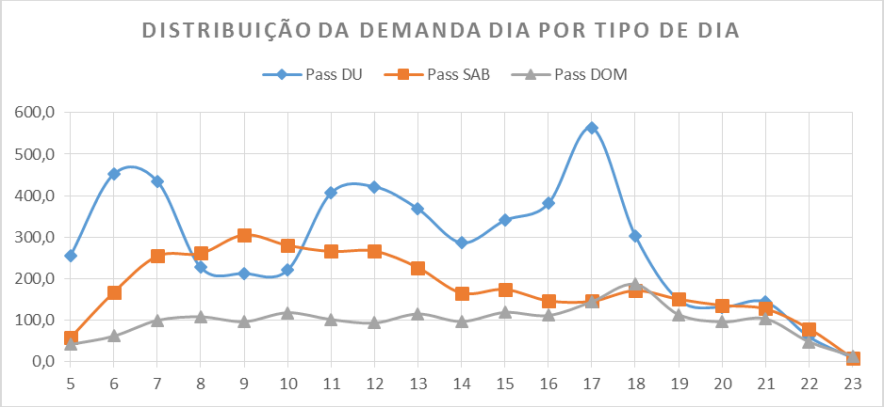
Linha	Descrição	Tipologia	Preço	Frota	Headway programado (min)
1	N. S. LOURDES / MARINGA	Diametral	R$2,50	1	60
2	UNIFOR/LAGOA	Diametral	R$2,50	1	60
3	SAO JUDAS/MARINGA	Diametral	R$2,50	1	60
4	ROSA MISTICA/BOM PASTOR	Diametral	R$2,50	1	60
5	SANTA LUZIA/MARINGA	Diametral	R$2,50	1	60
6	CIDADE NOVA/CENTENARIO	Diametral	R$2,50	1	60
7	MARINGA/ENGENHO DE SERRA	Diametral	R$2,50	1	60
8	LAJINHA/PLANALTO	Diametral	R$2,50	1	60
9	CIDADE NOVA/MARINGA	Diametral	R$2,50	1	60
10	SANTA LUZIA/MARINGA-VIA MANGABEIRAS	Diametral	R$2,50	1	60
11	UNIFOR/CENTRO	Radial	R$2,65	2	20
12	VILA NOVA DAS FORMIGAS/CIDADE NOVA	Diametral	R$2,50	1	60

As linhas já realizavam uma boa cobertura das áreas urbanizadas do município. Contudo, foi identificada uma concentração de linhas nas proximidades do centro e no Bairro Maringá, caracterizando uma sobre oferta. Essa concentração e sobreposição de linhas é justificada pela configuração diametral adotada.

A velocidade média operacional era de aproximadamente 17 km/h, sendo 18 km/h no período da manhã e 16 km/h no período da tarde. A velocidade operacional do sistema está fortemente relacionada com o traçado dos itinerários e o estado das vias.

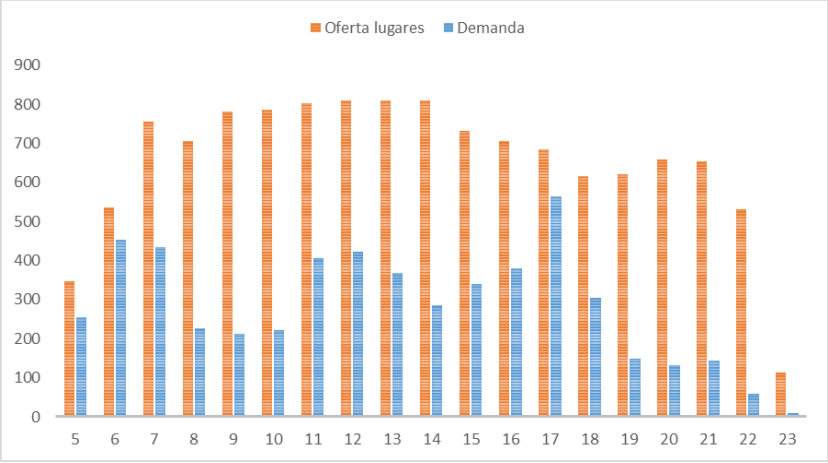
Em Formiga foram identificados três períodos de pico, sendo: manhã (6h às 7h), almoço (11h as 13h) e tarde (17h). A demanda transportada pelas linhas durante os dias úteis era equilibrada, sendo transportados em média 581 passageiros por dia, com uma pequena redução dos usuários do sistema na quinta-feira. Aos finais de semana, a demanda apresentava uma queda considerável, com uma média de 292 e 164 passageiros aos sábados e domingos, respectivamente. Contudo, não havia significativa redução no número de viagens realizadas em dias úteis e em finais de semana.

Figura 1: Distribuição da demanda ao longo do dia por tipo de dia (2014)



Os dados demonstram que as linhas operavam com ociosidade, sendo essa ociosidade ainda maior aos finais de semana. Além disso, embora a demanda fosse variável ao longo do dia, a oferta era constante, o que indica outra discordância entre a oferta e a demanda.

Figura 2: Relação entre oferta e demanda – dia útil (2014)



Conforme já apresentado, o Headway programado era de 60 minutos para cada uma das linhas do sistema, exceto a Linha 11, que tinha o intervalo entre as viagens programado em 20 minutos. Apesar do intervalo já ser considerado muito grande, todas as linhas apresentavam atraso no pico, de acordo com o estudo realizado em 2014. Foi identificado que a frota disponível (13 veículos, responsáveis por operar as 12 linhas do sistema) não permitia o cumprimento das viagens nos horários de pico, ocorrendo muitos atrasos e tornando os intervalos entre as viagens maior do que o programado. Esse fato interfere em dois aspectos pertinentes à qualidade: frequência de atendimento e confiabilidade. Os atrasos recorrentes na programação resultavam em um aumento nos intervalos de atendimento, o que torna o serviço ruim do ponto de vista do usuário. A tabela a seguir, apresenta o intervalo médio entre as viagens realizadas no pico (6h, 7h e 17h) e indica os atrasos decorrentes da operação.

Tabela 3: Intervalo médio entre as viagens no pico e atrasos –abril/2014

Linha	Headway programado (min)	Headway operado (min)	Atraso médio (min)
1	60	74	14
2	60	65	5
3	60	61	1
4	60	61	1
5	60	75	15
6	60	68	8
7	60	68	8
8	60	70	10
9	60	73	13
10	60	67	7
11	20	23	3
12	60	76	16

Durantes os meses de dezembro de 2013 e janeiro de 2014 foi realizada uma Pesquisa de Opinião (VILELA, 2014) com os usuários do sistema de transporte público coletivo de Formiga. Foram aplicados 390 questionários durante nove dias de pesquisa. A maioria dos entrevistados é do sexo feminino (77%) e está na faixa etária entre 41 e 50 anos (23%). A conservação e a limpeza dos ônibus tiveram uma avaliação positiva, sendo classificados como "bom" ou "ótimo" por 75% dos entrevistados. Os pontos de embarque e desembarque também foram bem avaliados de acordo com 72% dos entrevistados. Quanto à mão de obra, motoristas e cobradores apresentaram uma boa avaliação entre os entrevistados, que majoritariamente definiram os serviços prestados como "bom" ou "ótimo". 82% dos entrevistados avaliaram positivamente os serviços prestados por motoristas e 80% dos entrevistados avaliaram bem os serviços prestados pelos cobradores. A avaliação negativa se deu quanto ao cumprimento de horários, fato que se comprovou nas análises anteriormente apresentadas considerando os dados da operação do sistema disponibilizados. 70% dos entrevistados avaliou o cumprimento dos horários como ruim e 17% como regular.

3.3. Propostas realizadas pelo estudo

A rede anterior à implantação do estudo apresentava falhas e se mostrava pouco produtiva. Visando solucionar o problema dos atrasos e a discrepância espacial e temporal entre oferta e demanda, foram elaboradas propostas de reestruturação da rede.

O sistema proposto é composto por apenas 7 linhas, sendo mantidas basicamente as linhas originalmente denominadas 1, 2, 4, 6, 7, 11 e 12 com algumas adequações em cada uma delas. Em linhas gerais, as alterações na rede consistiram em evitar a superposição de itinerários.

Observa-se que houve incremento de 2 veículos na frota e a proposição de uma linha circular que foi a linha que apresentou maiores desafios na etapa de implantação do novo sistema, uma vez que era a que apresentava as maiores mudanças em relação ao sistema anterior.

Tabela 4: Linhas do Sistema – cenário posterior à implantação do estudo

Linha	Descrição	Tipologia	Preço	Frota	Headway (min)
1	MARINGÁ/CENTRO	Radial	R$2,80	3	20
2	MANGABEIRAS/ENGENHO DE SERRA	Diametral	R$2,80	3	25
3	UNIFOR/CIDADE NOVA	Diametral	R$2,80	2	35
4	CIRCULAR	Circular	R$2,80	2	40
5	SANTA LUZIA/ PLANALTO	Diametral	R$2,80	1	60
6	VILA NOVA DAS FORMIGAS/CENTRO	Radial	R$2,80	2	25
7	LIGEIRINHO	Radial	R$2,80	2	30

A tarifa foi reajustada para R$2,80, representando um aumento de 12% em relação à tarifa cobrada no sistema anterior ao Estudo. Trata-se do reajuste periódico realizado pela empresa operadora, não tendo relação direta com o Estudo de Reestruturação desenvolvido. Contudo, visando beneficiar os usuários que utilizam o sistema cotidianamente, o Estudo propôs a concessão de 33% de desconto sobre a nova tarifa para os usuários que efetuassem o pagamento por meio do cartão de bilhetagem eletrônica, de forma que, para estes, a tarifa teria um preço de R$2,55. Atualmente, a tarifa cobrada é de R$3,10 para pagamento em dinheiro e de R$2,90 para pagamento com o cartão de bilhetagem eletrônica (concessão de 6% de desconto).

Outra mudança estabelecida pelo sistema proposto diz respeito à programação diferenciada para sábados e domingos, com número reduzido de viagens nesses dias, o que não ocorria anteriormente.

3.4. Implantação

É usual que durante as primeiras semanas de implantação do sistema proposto sejam identificados aspectos a serem adequados, como ajustes na programação e na operação do sistema. Nesse sentido, é importante que a operação seja controlada e monitorada nessa etapa, garantindo o sucesso da implantação.

A proposta elaborada pelo Estudo de Restruturação foi concluída em novembro de 2014 e implantada em dezembro de 2014, um mês considerado atípico para o sistema de transportes e trânsito.

Na primeira semana do mês de dezembro foram confeccionados panfletos informativos, os quais foram distribuídos à população nos dias que antecederam a implantação junto aos principais equipamentos e pontos de embarque e desembarque do município. O material apresentava as novas linhas, itinerários e quadro de horários. Nessa etapa alguns questionamentos surgiram em decorrência das mudanças e para que a equipe responsável pela distribuição dos panfletos soubesse esclarecer as dúvidas sobre o novo sistema, era essencial que estivessem sob a orientação de algum profissional da equipe da consultora responsável pela elaboração do estudo.

O processo de implantação foi acompanhado pela consultora em campo no período entre 14/12/2014 e 19/12/2014, o que foi importante, pois o acompanhamento da operação

demonstrou que eram necessários ajustes aos tempos de viagens, headway e quadro de horários de todas as linhas para o que havia sido apresentado nas propostas.

Quanto à reação da população, houve certa rejeição motivada pela redução das linhas, uma vez que a população acreditava que haveria redução da cobertura do sistema e do número de viagens. Contudo, com a utilização do sistema no decorrer do tempo, a população foi capaz de perceber que a cobertura havia se mantido e que o intervalo entre as viagens havia se tornado menor.

4. AVALIAÇÃO POSTERIOR AO ESTUDO

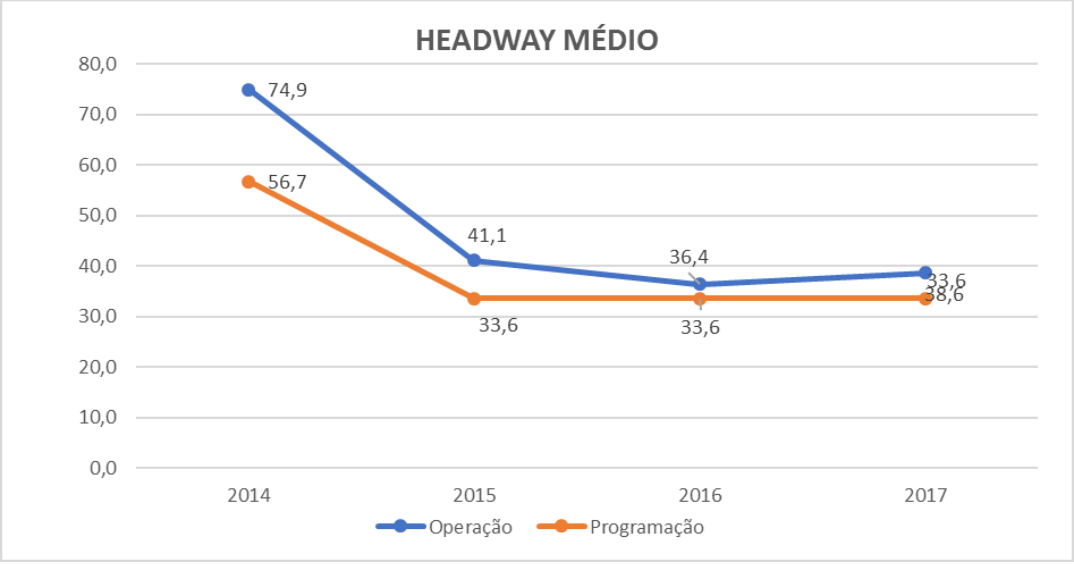
O Estudo Reestruturação contratado pela empresa operadora teve como foco principal a melhoria na pontualidade. Este aspecto refere-se à confiabilidade do sistema, um parâmetro de qualidade. Considerando esse e os demais parâmetros de qualidade e de eficiência apresentados, são apresentadas a seguir análises do sistema implantado, comparando os dados operacionais dos anos de 2015, 2016 e 2017 aos dados do sistema anterior ao Estudo, de 2014.

4.1. Histórico de desempenho do sistema

Para a realização do presente estudo, a Viação Formiga disponibilizou os dados do sistema de bilhetagem eletrônica dos meses de abril de 2015, 2016 e 2017, os quais permitiram uma análise comparativa entre a situação anterior e posterior à implantação do Estudo de Reestruturação.

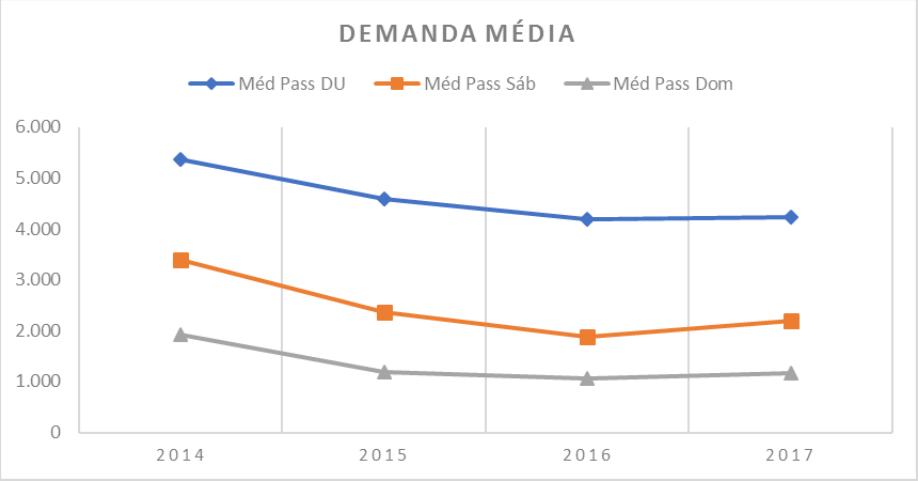
Quanto ao intervalo médio entre as viagens no pico observa-se que a proposta previa uma redução significativa no headway das linhas do sistema. Contudo, considerando que houve uma redução do número de linhas e importância da confiabilidade do sistema, faz-se necessário avaliar se a relação entre o headway programado e o headway realizado na operação. A figura a seguir demonstra que, além da redução do intervalo médio entre as viagens, os atrasos se tornaram menos recorrentes após a implantação do Estudo, aumentando a confiabilidade do sistema.

Figura 22: Intervalo entre as viagens no pico – entre 2014 e 2017



Quanto ao desempenho operacional, observa-se que há uma contínua queda na demanda de usuários do sistema, seguindo a tendência nacional.

Figura 23: Demanda média por tipo de dia – entre 2014 e 2017



Além disso, a produção quilométrica cresceu entre 2014 e 2017, pois um maior número de viagens foi realizado – o que pode ter relação com o cumprimento da programação apresentado anteriormente. Assim, o IPK (índice de passageiros por quilômetro) também apresentou queda.

4.2. Avaliação de qualidade e eficiência

Visando aplicar os conceitos da base teórica pesquisada, foram elaborados quadros contendo todos os parâmetros para avaliação de qualidade e eficiência apresentados por Ferraz e Torres (2004). Os aspectos foram avaliados no período entre 2014 e 2017.

Observa-se que o índice de quilometragem por veículos apresentou uma queda quando o sistema foi implantando, em abril de 2015, em função do incremento da frota. Contudo, nos anos de 2016 e 2017 o índice subiu novamente, justificado pelo aumento do número de viagens e consequente aumento da produção quilométrica. Esse indicador avalia a eficiência na utilização da frota, e o resultado obtido demonstra que o sistema tem se mostrado eficiente.

Quanto ao índice de aproveitamento da frota, considerando que a operação de pico considera todos os veículos disponíveis, não prevendo a existência de veículos reserva, tem-se que a o aproveitamento da frota é de 100% desde 2014. Embora eficiente, essa postura pode trazer prejuízos para a qualidade do sistema em caso de emergência ou necessidade de manutenção periódica dos veículos, não permitindo o cumprimento da programação.

Os números de funcionários envolvidos na operação das linhas municipais da Viação Formiga têm reduzido nos últimos quatro anos. As linhas contavam com cobrador até 2014 e, contudo, não possuem mais. A redução no quadro de funcionários envolvidos na operação foi positiva sob o ponto de vista da eficiência do sistema, uma vez que desde 2016 o índice de mão de obra está abaixo dos valores de referência estabelecidos por Ferraz e Torres (2004), com apenas 2,8 funcionários/veículo atualmente.

O IPK apresentou contínua queda desde 2014. Este é o principal aspecto negativo observado

quanto à eficiência, pois os valores estão muito abaixo da referência e tendem a diminuir, considerando a baixa demanda do sistema também demonstrada pelo índice de passageiros por veículo.

Tabela 22: Avaliação da eficiência do sistema de Formiga, segundo os parâmetros apresentados por Ferraz e Torres (2004)

Parâmetros de avaliação	Antes	Depois		
	2014	2015	2016	2017
Índice de quilômetros por veículo (km/veic/dia)	278	225	243	269
Índice de aproveitamento da frota (%)	100%	100%	100%	100%
Índice de mão de obra (func/veic)	6,23	3,87	3	2,8
Índice de passageiros por quilômetro (pass/km)	1,27	1,26	0,95	0,88
Índice de passageiros por veículo (pass/veic/dia)	348,69	281,72	237,74	234,66

Conforme mencionado anteriormente, um dos mais importantes aspectos positivos da implantação do Estudo de Reestruturação foi a redução do intervalo entre atendimentos no pico. Quanto à avaliação sobre os veículos, informações e locais de parada, para o ano de 2014 foram considerados os dados obtidos na Pesquisa de Satisfação (VILELA, 2014) e para o ano de 2017 foram consideradas as informações obtidas em campo pela autora. A autora avaliou os locais de parada e as informações disponíveis aos usuários como ruins, mas entende-se que a percepção de qualidade é variável e as pessoas se tornam mais exigentes a partir da oferta de melhores condições de transporte. Dessa forma, é essencial que a Pesquisa de Satisfação seja regularmente realizada com os usuários, a fim de que a avaliação esteja em concordância com os anseios da população local.

Em Formiga há integração física entre todas as linhas do sistema, por meio do ponto de transferência localizado na rodoviária. Esse é um aspecto muito positivo para o sistema, pois permite que os usuários se destinem a qualquer local no município sem a necessidade de realizar caminhadas adicionais, seja qual for sua origem. Por estar localizado na rodoviária, o local possui uma boa infraestrutura, com sanitários e lanchonetes, contudo, ressalta-se como aspecto negativo a ausência de informações disponíveis no ponto de transferência.

Tabela 23: Avaliação da qualidade do sistema de Formiga, segundo os parâmetros apresentados por Ferraz e Torres (2004)

Parâmetros de avaliação	Antes	Depois		
	2014	2015	2016	2017
Intervalo entre atendimentos (minutos) no pico	75	41	36	39
Idade e estado de conservação dos veículos	Bom	-	-	-
Número de portas e largura do corredor dos veículos**	Regular	Regular	Regular	Regular
Altura dos degraus dos veículos, sobretudo do primeiro	Bom	-	-	Bom
Aparência dos veículos*	Bom	-	-	Bom
Sinalização dos locais de parada	Bom	-	-	Ruim
Cobertura dos locais de parada	Bom	-	-	Ruim
Banco para sentar nos locais de parada	Bom	-	-	Ruim
Aparência dos locais de parada	Bom	-	-	Ruim
Folhetos com itinerários e horários disponíveis	-	-	-	Ruim
Informações adequadas nas paradas	-	-	-	Ruim
Integração física	Sim	Sim	Sim	Sim
Integração tarifária	Não	Sim	Sim	Sim

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A grande premissa que motivou a elaboração deste trabalho foi a possibilidade de se promover melhorias na qualidade e na eficiência dos sistemas de transportes por meio de medidas simples, como as propostas pelo Estudo de Reestruturação analisado. Não se tem dúvidas de que essa se trata de uma importante medida de planejamento de transportes para as cidades médias. A incoerência entre a oferta e a demanda, tende a levar os sistemas de transporte a um processo de decadência, tornando-o cada vez mais inacessível e fazendo com que este deixe de cumprir seu papel social.

Assim como Formiga – MG, existem várias outras cidades que possuem o potencial de melhor atenderem a população por meio do sistema de transporte coletivo. As propostas desenvolvidas no Estudo de Reestruturação são bastante específicas, mas foram desenvolvidas a partir de metodologias que podem ser reproduzidas para outros municípios. O método utilizado no estudo implantado em Formiga – MG comprovou ser um instrumento capaz de auxiliar a reestruturação de sistemas de transporte público de cidades de médio porte, uma vez que estão baseados em conceitos sólidos de planejamento de transportes.

Ressalta-se que a produção quilométrica tem apresentado aumento nos últimos anos, o que indica a necessidade de um maior acompanhamento por parte da empresa operadora, tendo em vista a importância deste índice para a eficiência do sistema. Além disso, a queda nos índices passageiros/mês, IPK e passageiros/ veículo indicam uma redução contínua da demanda. Dessa forma, embora tenha ocorrido uma melhora significativa nos índices quando da implantação do novo sistema, observa-se que a maioria dos índices tem piorado desde então. Nesse sentido, é essencial que o monitoramento seja contínuo, tanto para que se tenha um sistema eficiente, quanto para apoiar na tomada de novas decisões.

É importante que a empresa realize novas pesquisas de opinião, com o objetivo de buscar identificar as razões pelas quais a demanda pelo transporte público tem apresentado queda nos últimos anos, além de observar se a população tem se mostrado mais satisfeita quanto ao cumprimento de horários, fator que havia sido avaliado muito negativamente em 2014 e que, de acordo com os dados operacionais analisados, apresentou melhora significativa.

Além disso, é importante destacar que as melhorias implantadas no sistema foram realizadas pela empresa operadora sem qualquer participação do Poder Público. Para que se promovam melhorias mais efetivas na qualidade dos sistemas de transporte coletivo, todas as partes interessadas devem estar envolvidas, uma vez que possuem diferentes objetivos, direitos e deveres. Nesse sentido, recomenda-se que a Prefeitura Municipal atue por meio da promoção de melhorias no estado das vias, possibilitando a redução nos tempos de viagem. Além disso, devem ser realizadas ações para melhorar a qualidade dos pontos de embarque e desembarque, provendo-os com iluminação adequada, assentos quando necessário, e, principalmente, sinalização e informações das linhas, itinerários e horários.

O fornecimento dos dados de bilhetagem eletrônica pela empresa operadora foi um aspecto que contribuiu positivamente para a realização do presente estudo e tornou viável a identificação dos resultados apresentados na avaliação posterior à reestruturação do sistema.

Para os futuros trabalhos, recomenda-se que todos os parâmetros de qualidade sejam avaliados na fase anterior e posterior à reestruturação do sistema, permitindo comparar a sua

evolução. Considerando que a infraestrutura urbana (pontos de embarque e desembarque, qualidade dos passeios públicos, acessibilidade, entre outros) é responsabilidade do Poder Público, é também importante que o órgão gestor municipal seja contatado para uma avaliação mais precisa acerca dessa temática.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTP (2016) Sistema de Informações da Mobilidade Urbana: Relatório 2014. Associação Nacional de Transportes Públicos: São Paulo.

ANTP (2016) Sistemas de Informação da Mobilidade Urbana: Relatório Comparativo 2003/2014. Associação Nacional de Transportes Públicos: São Paulo.

Aragão, J. J. G. (1998) Competição e propriedade em transporte público. Revista dos Transportes Públicos - ANTP, São Paulo, ano 20, p. 111-122, 3º trimestre.

Azambuja, A. M. V. (2002) Análise de Eficiência na Gestão do Transporte Urbano por Ônibus em Municípios Brasileiros. Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção: Florianópolis.

Belda, R. (1997) Cidades com qualidade de vida. Revista dos Transportes Públicos - ANTP (Editorial), São Paulo, ano 19, pp. 5-6, 3º Trimestre.

Bicalho, M. (1998) A dívida social no transporte coletivo. Revista dos Transportes Públicos - ANTP, São Paulo, ano 20, p. 33-41, 3º Trimestre.

BRASIL. (1988) Constituição da República Federativa do Brasil: promulgada em 5 de outubro de 1988.

BRASIL (2012) Lei n. 12.587, de 3 de janeiro de 2012. Institui as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana e dá outras providencias.

Ferraz, A. C. P.; Torres, I. G.E. (2004) Transporte público urbano. São Paulo, Rima Editora.

Fielding, G. J., Babitsky, T. T., Brenner, M. E. (1985) Performance Evaluation for Bus Transit. Transportation Research, Great Britain, v. 19A, nº 1, p. 73-82.

Gomide, A. A. (2000) Licitações no transporte urbano por ônibus. Revista dos Transportes Públicos - ANTP, São Paulo, ano 22, p. 7-28, 1º Trimestre.

IBGE (2010) Censo Demográfico do Brasil. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE.

ITDP (2013) TOD Standart. New York: Nelson Nygaard.

Lubeck, R. M., Wittmann, M. L., Battistella, L. F., Richter, A. S., Schendler, S. G. (2011) Qualidade no transporte coletivo urbano. FACEF PESQUISA, Franca, v. 14, n. 3.

Maretope (2003) Managing and Assessing Regulatory Evolution in local public Transport Operations in Europe. União Européia.

Pereira, B. M. (2015) Modelagem da rede de stakeholders envolvidos em melhorias de transporte coletivo por ônibus. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção.

Pereira, M. L. S. A. (2013) Definição de indicadores para monitoramento do Sistema de Transporte Público Coletivo abrangendo as perspectivas de Usuários, Empresas Operadoras, Governo e Sociedade. Monografia de Projeto Final, Publicação G.PF-001/90, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília.

Takagi, F. T. (2010) Sistema de monitoramento e predição de tempo de chegada de ônibus de linha. São Paulo.

Talley, W. K (1988) An economic theory of public transit firm. Transportation Research, Great Britain, v. 22B, nº 1, p. 45 – 54.

TECBUS Consultoria e Projetos (2014) Estudo da Operacionalidade e da Viabilidade Ecônomico Financeira – Sistema de Transporte Coletivo do Município de Formiga/MG: Rede Proposta. Tecbus: Belo Horizonte.

Viação Formiga (2014) Dados do sistema de bilhetagem eletrônica. Formiga.

Vilela Consultoria Empresarial (2014) Viação Formiga - Pesquisa de Satisfação de Passageiros. Formiga.

Luiza Maciel Costa da Silva (luizamacielcs@gmail.com)
André Leite Guerra (andreguerra@gmail.com)
Departamento de Engenharia Transportes, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais
Av. Amazonas, 5.253 – Belo Horizonte, MG, Brasil

METODOLOGIA PARA ELABORAÇÃO DE PLANOS DE CONTINGÊNCIA PARA O TRANSPORTE PÚBLICO DURANTE MEGAEVENTOS

Natália Costa Kozlowski
Programa de Engenharia de Transportes
Universidade Federal do Rio de Janeiro

RESUMO
As cidades que recebem megaeventos elaboram um plano operacional de transportes, no qual o transporte público é o modo principal para o deslocamento do público espectador. No entanto, desenvolver apenas o plano operacional de transportes não é suficiente, porque todo planejamento deve estar acompanhado de um plano de contingência para situações de crise. Esse artigo tem como objetivo propor uma metodologia para elaboração de planos de contingência para o transporte público durante megaeventos, com apresentação dos procedimentos e recursos necessários. O método comparativo foi adotado na pesquisa com a finalidade de analisar as metodologias selecionadas na literatura. A pesquisa é relevante porque os megaeventos acontecem com frequência nas cidades e incentivam o uso do transporte público, e por meio da metodologia proposta, é possível que haja um interesse maior dos operadores de transportes na elaboração dos planos de contingência para o sistema de transporte público durante megaeventos.

ABSTRACT
The cities that receive mega events elaborate a transport operational plan in which public transportation is the main way of the spectator public displacement. However, developing only the transportation operational planning is not enough because every planning must be accompanied by a contingency plan for crisis situations. This paper aims to propose a methodology for the elaboration of contingency plans for public transportation during mega events, presenting the necessary procedures and resources. The comparative method was adopted in this research for the purpose of analyzing the methodologies selected in the literature. The research is relevant because the mega events happen frequently in cities and encourage the use of public transportation and also through the proposed methodology it is possible to generate a larger interest of transport operators in the elaboration of contingency plans for the public transportation system during mega events.

1. INTRODUÇÃO

O sistema de transporte público é fundamental para garantir os deslocamentos de uma região a outra, gerando viagens a trabalho, ensino, saúde, lazer, entre outros. O transporte público coletivo é utilizado como modo principal em megaeventos nas cidades brasileiras e na grande maioria das cidades do exterior, alguns desses megaeventos são os Jogos Olímpicos e Paralímpicos, a Copa do Mundo, a Copa das Confederações, a Jornada Mundial da Juventude, o Réveillon, as maratonas internacionais e os festivais de música.

A região que recebe um megaevento precisa ter um plano de contingência estruturado para garantir o deslocamento da população por transporte público sem interrupção ao destino final da viagem. Um plano de contingência é um documento que tem uma estrutura organizacional, onde cada membro tem responsabilidades definidas para combater determinada emergência e mitigar os efeitos decorrentes. O objetivo do plano de contingência é manter os processos em continuidade, ou seja, no caso do transporte público, garantir a continuidade do serviço e operação dos modos de transporte. O plano deve ter procedimentos para que a operação retorne ao estágio de normalidade, a contingência deve ser elaborada, testada e revisada periodicamente.

É preocupante saber que as cidades brasileiras que já foram sede da Copa do Mundo de 2014 e, no caso da cidade do Rio de Janeiro, a qual também foi sede dos Jogos Olímpicos e Paralímpicos de 2016, não possuem um plano de contingência estruturado e integrado entre os operadores de transporte público. O Rio de Janeiro tem alguns planos de contingência para

situações de emergência e de crise no transporte público, porém não há um documento estruturado com a determinação da equipe de contingência e as responsabilidades de cada membro durante um cenário de emergência. São apenas planos de ação para situações específicas e que geralmente são desenvolvidos por agências de transporte.

A existência de uma metodologia para orientar a construção de futuros planos de contingência para o transporte público durante megaeventos é fundamental para as cidades-sede. Na cidade do Rio de Janeiro, por exemplo, o Réveillon em Copacabana e o Rock in Rio são eventos que acontecem anualmente e a cada dois anos, respectivamente, e que utilizam o transporte público como modo principal para o deslocamento dos espectadores. Sendo assim, não somente para o Rio de Janeiro como para qualquer outra cidade é necessário que se tenha um plano de contingência em caso de situações de crise e interrupção do sistema com interferência no deslocamento do público para os eventos.

O objetivo desse artigo é propor uma metodologia para elaboração de planos de contingência para o transporte público durante a operação de eventos com grande concentração de pessoas. Esta metodologia poderá ser aplicada no sistema de transporte público das cidades que irão receber os megaeventos, podendo ser eventos esportivos, religiosos e festivais de música.

Essa pesquisa é relevante ao apresentar um procedimento metodológico para elaboração de planos de contingência para megaeventos nas cidades cujo modo principal para os deslocamentos dos passageiros é o transporte público. As cidades que recebem um megaevento e ofertam um transporte de alta capacidade precisam ter um plano de contingência para imprevistos e ameaças ao sistema de transportes. Os passageiros devem ser priorizados e a continuidade dos serviços ofertados deve ser a premissa principal das cidades com megaeventos.

2. PLANO DE CONTINGÊNCIA

O plano de contingência é considerado por diversos autores como um planejamento de resposta a uma situação de crise, sendo fundamental para mitigar os efeitos negativos e conseguir retornar ao cenário anterior à crise.

Segundo Jones e Keyes (2008), um plano de gestão da emergência é um guia detalhado e exclusivo para situações de crise, porém ele não substitui a lógica da tomada de decisão ou do senso comum. No entanto, os autores defendem que se um plano é bem estruturado e revisado periodicamente, é possível aumentar consideravelmente a capacidade da organização para responder à maioria das situações de emergência.

Existem alguns componentes comuns nos planos de gestão emergencial: os planos devem incluir uma política no processo de desenvolvimento e cada membro da organização deve conhecer os objetivos e suas responsabilidades para que o plano funcione. Deve-se estabelecer uma organização de tarefas, onde cada membro envolvido deve ser incluído no plano e suas responsabilidades devem ser detalhadas. O plano de contingência deve explicar os procedimentos de distribuição da informação, é preciso definir um método de comunicação entre os envolvidos no plano, quais as informações serão entregues, onde e como serão entregues.

Os planos de contingência devem permitir que os passageiros do sistema de transporte público cheguem ao destino final o mais rápido possível. São necessários anúncios públicos para orientação dos passageiros interessados para que eles usem os serviços alternativos em caso de interrupção do modo de transporte utilizado. O público também deve estar ciente que os atrasos são esperados em cima de todas as rupturas do serviço de transportes (Ho, 2003).

A interrupção dos serviços dos transportes públicos pode levar a resultados inaceitáveis que afetam um grande número de passageiros, especialmente para modos de transporte de alta capacidade. A paralisação não só causa atrasos nas viagens dos passageiros, mas também gera a perda da confiabilidade no sistema, levando a utilização dos modos individuais motorizados (transporte privado) em substituição do transporte público (Jin, Teo e Sun, 2013).

Para Bovy (2008) todo megaevento apresenta uma estrutura padrão com as áreas de gestão e suas respectivas funções. Uma delas é referente à comissão de monitoramento, a qual é responsável por todo o monitoramento do megaevento, pela gestão dos riscos e contingências, pela troca de informações e conhecimentos por meio dos treinamentos e testes dos modos de transporte participantes do megaevento.

O monitoramento dos megaeventos tem como objetivo reduzir os possíveis riscos que podem ocorrer durante o evento. Quando surgem grandes problemas, os planos de contingência e os esquemas alternativos devem ser encontrados sobre liderança do centro de monitoramento (Bovy, 2008).

3. METODOLOGIA

A metodologia adotada consiste primeiramente em uma revisão bibliográfica sobre planos de contingências e as etapas necessárias para elaboração desses planos, em seguida, por meio do método comparativo foi realizada uma análise das metodologias selecionadas e foram identificados os principais recursos e procedimentos que devem fazer parte de um plano de contingência.

Esses itens foram destacados um a um em uma planilha, com a identificação dos autores e o ano da publicação de sua pesquisa. Alguns autores detalham em mais etapas a metodologia de um plano de contingência, outros apresentam as etapas de forma resumida. Em seguida, foi elaborado um quadro comparativo para verificar a representatividade dos procedimentos metodológicos entre os autores selecionados, este quadro apresenta a ordem das etapas defendidas em cada metodologia.

Por meio da análise comparativa foram avaliadas e selecionadas as etapas necessárias para a elaboração de um plano de contingência, e em seguida, foi possível desenvolver a nova metodologia de elaboração de planos de contingência para o transporte público durante megaeventos. Com a finalidade de analisar a metodologia proposta, os aspectos e recursos da cidade do Rio de Janeiro e os megaeventos que acontecem com frequência no local foram identificados, assim como possíveis riscos à operação desses eventos.

A nova metodologia não considera o sistema de transporte público de baixa capacidade, como o transporte por vans, ônibus convencionais e o teleférico, tendo em vista que os autores selecionados na pesquisa consideram os planos de contingência apenas para o transporte público de média e alta capacidade.

3.1. Análise comparativa das metodologias existentes aplicadas ao transporte público

Cada autor apresenta uma sequência de etapas necessárias para se elaborar um plano de contingência, porém a ordem das atividades não é a mesma nas metodologias analisadas. Com base nos procedimentos metodológicos defendidos por cada autor elaborou-se um quadro comparativo o qual apresenta as etapas listadas pelos autores selecionados e a ordem de apresentação por cada um deles.

A partir disso foi possível analisar as etapas apontadas como parte da metodologia de cada autor e identificar os itens em comum nas metodologias avaliadas. Por meio da análise comparativa, as etapas que pertencem apenas a uma ou duas metodologias foram identificadas, ou seja, são aquelas que não são citadas nas demais estruturas de planos de contingência. A ordem da apresentação de cada autor pode ser similar aos demais em alguns elementos e totalmente diferente em relação aos outros.

Para o desenvolvimento do Quadro 1 as etapas foram agrupadas por fases do plano de contingência, ou seja, três grandes fases: Fase 1 referente à análise dos riscos e das características do sistema de transportes; Fase 2 referente à definição dos recursos envolvidos e procedimentos; e por último a Fase 3 referente à avaliação e melhoria contínua dos planos de contingência. Em seguida, as etapas foram numeradas conforme a cronologia apresentada por cada autor. O agrupamento das etapas por fase contribuiu no estudo comparativo das metodologias, tendo em vista que alguns autores possuem um quantitativo de etapas diferente dos demais. Com isso, a análise cronológica pode não ser totalmente comparável.

Com o quadro finalizado foi possível analisar criticamente as metodologias selecionadas, ou seja, a sequência das etapas necessárias para elaboração de planos de contingência, considerando que este quadro apresenta as etapas defendidas pelos autores selecionados na análise comparativa e especifica a ordem em que cada etapa aparece nos procedimentos metodológicos analisados.

Observou-se que os autores Meyes e Belobaba (1982), Chang e Singh (1990), Ho (2003), Johnson (2007), Schwartz e Litman (2008), Pereira (2009) e Tian (2014) iniciam a elaboração dos planos de contingência com a fase da análise dos riscos, representando 70% das metodologias selecionadas. Os demais autores, Balog, Boyd e Caton (2003) e Balog *et al* (2005) apontam como primeira etapa do plano a identificação da equipe de contingência, enquanto Minis e Tsamboulas (2008) apontam a determinação dos papéis e responsabilidades dos envolvidos no plano, ambas as etapas fazem parte da fase de definição dos recursos e procedimentos. Os autores não deixam de citar a etapa de análise dos riscos, porém não a colocam como primeira etapa para o desenvolvimento do plano.

Em algumas metodologias, por exemplo, a metodologia de Balog *et al* (2005), a sequência das etapas não ocorre por fase, ela abrange primeiro a fase 2, em seguida as fases 3 e 1, e depois retornam para a fase 3 e fase 2. Diferentemente do que ocorre nas metodologias de Meyes e Belobaba (1982), Chang e Singh (1990) e Tian (2014), as etapas são distribuídas cronologicamente nas fases 1, 2 e 3.

Na metodologia de Johnson (2007) a primeira e segunda etapas são referentes às análises dos riscos e das características locais do evento, respectivamente. Schwartz e Litman (2008) e

Minis e Tsamboulas (2008) consideram como a quarta etapa a análise das características do local do evento. No entanto, diferentemente dos demais autores, a terceira etapa para Johnson (2007) é a simulação dos cenários de crise com o objetivo de avaliar as atividades necessárias para controlar os riscos que foram simulados. O Quadro 1 abaixo apresenta as etapas defendidas na metodologia de cada autor.

		AUTORES SELECIONADOS											
	Etapas do Plano	MEYER e BELOBABA (1982)	CHANG e SINGH (1990)	HO (2003)	BALOG, BOYD e CATON (2003)	BALOG et al (2005)	JOHNSON (2007)	SCHWARTZ e LITMAN (2008)	MINIS e TSAMBOULAS (2008)	PEREIRA (2009)	TIAN (2014)	Total	Percentual
FASE 1	Identificação e análise dos riscos	1º	1º	1º	3º	3º	1º	1º	5º	1º	1º	10	100%
	Descrição dos possíveis cenários de crise										2º	1	10%
	Análise das características locais do evento						2º	4º	4º			3	30%
	Análise da programação e demanda do evento								3º			1	10%
	Análise do comportamento de viagem dos passageiros			4º								1	10%
	Análise da capacidade e da operação do sistema de transportes				2º				2º			2	20%
FASE 2	Determinação dos papéis e responsabilidades dos agentes envolvidos	2º			4º			2º	1º			4	40%
	Definição dos recursos envolvidos			5º	5º	5º	4º	5º				5	50%
	Identificação da equipe de contingência	3º	3º	3º	1º	1º			7º	3º	4º	8	80%
	Definição dos procedimentos de contingência	6º	2º	6º		6º	5º		6º	2º		7	70%
	Comunicação e integração entre as entidades e os modos de transporte público envolvidos na contingência	5º	4º	2º						7º	3º	5	50%
	Definição de um canal de comunicação	4º		7º				6º				3	30%
	Desenvolvimento de um centro de monitoramento dos resultados									6º		1	10%
	Comunicação à população			8º				9º		10º		3	30%
FASE 3	Desenvolvimento do plano de contingência integrado com os planos de transporte existentes					2º						1	10%
	Revisão dos planos e políticas internas do sistema de transportes					4º						1	10%
	Simulação dos cenários de crise/emergência				6º		3º	7º		9º		4	40%
	Apresentação do plano (versão interna)					8º				5º		2	20%
	Revisão e atualização do plano	7º	6º				7º	3º		4º	5º	6	60%
	Treinamento da equipe de contingência		5º	9º	7º	7º	6º	8º	8º	8º		8	80%

Quadro 1: Análise comparativa das metodologias existentes. Fonte: Elaboração própria.

Com base no percentual de representatividade das etapas, observa-se que as principais são: análise de riscos, definição dos recursos envolvidos e dos procedimentos de emergência, identificação da equipe de contingência, comunicação integrada no momento da emergência, treinamentos constantes da equipe envolvida e revisão e atualização dos planos de contingência.

3.2. Diagnóstico da análise comparativa

Por meio da análise comparativa dos elementos e das etapas para a elaboração de planos de contingência, foi possível identificar as etapas essenciais no processo de desenvolvimento do plano. Alguns itens não são apresentados em todas as metodologias analisadas e às vezes são apresentados por um único autor. Nesse caso não houve a desconsideração destes elementos para a criação de planos de contingência. Pelo contrário, se a etapa apresentada na metodologia do autor é de extrema importância e relevância, e defendida com argumentos concretos e compatíveis com as características da cidade em estudo e com o sistema de transportes ofertado durante o megaevento, o item foi considerado na metodologia proposta.

Com base no quadro comparativo (Quadro 1) foram elaboradas três tabelas referentes a cada fase do plano de contingência com os percentuais para cada etapa, permitindo visualizar o grau de participação de cada elemento no desenvolvimento dos planos.

O Tabela 1 é referente à fase de análise, ou seja, a fase inicial para a elaboração de um plano de contingência. São apresentadas seis etapas defendidas e apresentadas pelos autores selecionados, sendo que a etapa de análise de riscos é apontada em 100% das metodologias. As demais etapas são apresentadas cada uma por um autor específico. Por isso observa-se um percentual baixo de 10%, com exceção das etapas de análise da capacidade e da operação do sistema de transportes, com 20% de representatividade onde uma das metodologias é apresentada especificamente para Jogos Olímpicos de Verão, e de análise das características locais do evento, com 30% de representatividade sendo duas metodologias relacionadas aos Jogos Olímpicos.

Tabela 1: Percentual de participação das etapas identificadas no plano de contingência – fase de análises. Fonte: Elaboração própria.

Identificação e análise dos riscos	Análise das características locais do evento	Análise da capacidade e da operação do sistema de	Descrição dos possíveis cenários de crise	Análise da programação e demanda do evento	Análise do comportamento de viagem dos passageiros
100%	**30%**	**20%**	**10%**	**10%**	**10%**

Em relação à fase de definição dos recursos e procedimentos, observa-se que a identificação da equipe de contingência aparece em maior percentual (80%), seguida pela etapa de definição dos procedimentos de contingência (70%). As etapas de definição dos recursos envolvidos e de comunicação integrada entre os modos de transporte aparecem com 50% cada, conforme Tabela 2. Em seguida, com 40% de representatividade, aparece a etapa de determinação dos papéis e responsabilidades das pessoas envolvidas na contingência.

Entre as etapas da fase de procedimentos, o desenvolvimento de um centro de monitoramento dos resultados aparece com 10%, porém esta etapa não deixa de ser uma etapa importante para a elaboração de planos de contingências. O Centro de Operações do Rio de Janeiro é um centro de monitoramento em tempo real do sistema de transportes e trânsito da cidade, o qual foi peça fundamental para o sucesso da operação dos modos de transporte que atendiam aos espectadores nos Jogos Rio 2016.

Tabela 2: Percentual de participação das etapas identificadas no plano de contingência - fase dos procedimentos. Fonte: Elaboração Própria.

Identificação da equipe de contingência	Definição dos procedimentos de contingência	Definição dos recursos envolvidos	Comunicação e integração entre as entidades e os modos de transporte público envolvidos na contingência	Determinação dos papéis e responsabilidades dos agentes envolvidos	Definição de um canal de comunicação	Comunicação à população	Desenvolvimento de um centro de monitoramento dos resultados
80%	**70%**	**50%**	**50%**	**40%**	**30%**	**30%**	**10%**

Na fase de avaliação, terceira fase da estrutura de um plano de contingência, o treinamento com a equipe de envolvida na emergência aparece com maior percentual (80%). Em seguida, a etapa de revisão e atualização dos procedimentos e do plano de contingência em geral, considerando melhorias e ações corretivas, aparece com 60%. A simulação dos cenários de crise aparece como a terceira etapa, com 40% de representatividade, conforme Tabela 3.

Tabela 3: Percentual de participação das etapas identificadas no plano de contingência – fase de avaliação. Fonte: Elaboração Própria.

Treinamento da equipe de contingência	Revisão e atualização do plano	Simulação dos cenários de crise/emergência	Apresentação do plano (versão interna)	Desenvolvimento do plano de contingência integrado com os planos de transporte existentes	Revisão dos planos e políticas internas do sistema de transportes
80%	**60%**	**40%**	**20%**	**10%**	**10%**

Com a finalidade de identificar as etapas que não podem faltar no desenvolvimento de um plano de contingência, foi elaborada uma quarta tabela com as etapas que apresentaram percentuais igual ou acima de 50% no quadro comparativo. É importante destacar que a análise dos riscos (100%), a identificação da equipe de contingência (80%) e o treinamento da equipe (80%) são as três principais etapas que toda metodologia deve apresentar para a elaboração de planos de contingência, conforme demonstrado na Tabela 4. E essas etapas fazem parte das três fases do plano: fase de análise, fase dos procedimentos e fase de avaliação.

Tabela 4: Etapas do plano de contingência com maior percentual de participação entre as metodologias selecionadas. Fonte: Elaboração própria.

Identificação e análise dos riscos	Identificação da equipe de contingência	Treinamento da equipe de contingência	Definição dos procedimentos de contingência	Revisão e atualização do plano	Definição dos recursos envolvidos	Comunicação e integração entre as entidades e os modos de transporte público envolvidos na contingência
100%	**80%**	**80%**	**70%**	**60%**	**50%**	**50%**

A etapa de definição dos procedimentos de contingência aparece em 70% das metodologias selecionadas, mas deve ser considerada tão importante quanto o treinamento da equipe de contingência, tendo em vista que apenas analisar os riscos, definir a equipe de emergência e treiná-la não garantirá o sucesso do plano de contingência caso os procedimentos de controle dos cenários de emergência não estejam bem definidos. A revisão e atualização do plano é a etapa defendida por 60% dos autores analisados e deve ser considerada na metodologia, porque a cada treinamento com a equipe de contingência e com a identificação de novos cenários de crise e novas ameaças para o sistema de transportes, novos procedimentos devem ser inseridos ou modificados para que o plano de contingência esteja atualizado e a equipe preparada caso seja necessário atuar em emergência.

As etapas de definição dos recursos envolvidos e de comunicação integrada entre os operadores de transportes e agências governamentais aparecem com 50% de representatividade. A comunicação integrada é uma das etapas defendidas nas metodologias dos autores do final do século XX e desde então deve ser considerada em planos de contingência.

4. APRESENTAÇÃO DA METODOLOGIA PROPOSTA PARA ELABORAÇÃO DE PLANOS DE CONTINGÊNCIA PARA O SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO

Com base nos percentuais das análises apresentadas nesse artigo desenvolveu-se uma nova metodologia com as etapas de maior representatividade e de maior relevância segundo a literatura. Foram consideradas novas etapas na metodologia para elaboração de planos de contingência como a definição de uma equipe específica para o gerenciamento dos riscos, a

análise das características físicas, climáticas e geográficas da cidade sede do megaevento e a elaboração de formulários com *check list* para a avaliação dos simulados de contingência.

Não necessariamente a equipe responsável por analisar os riscos e a vulnerabilidade do sistema de transporte público durante um megaevento será a mesma determinada para agir na contingência. Isso porque pode existir uma equipe diferenciada para a gestão dos riscos. Considerar a existência de uma equipe específica para o gerenciamento dos riscos e ameaças ao sistema de transporte público é importante para que todos os impactos sejam avaliados e para que a equipe de contingência possa determinar os procedimentos necessários para restabelecer o modo de transporte afetado e assim atender à demanda do evento.

A etapa de análise das características locais é fundamental para garantir o sucesso e continuidade dos demais processos de contingência porque com maior conhecimento a respeito do local do megaevento é possível identificar os riscos específicos para a região em estudo e com isso se preparar para os mais diversos cenários de crise de acordo com os elementos existentes na infraestrutura (aspectos físicos) e nas características climáticas e geográficas da cidade-sede. Como características geográficas do local do evento, que precisam ser avaliadas, destacam-se a área delimitada para o evento, a distância para os demais bairros da cidade e a densidade demográfica dos bairros no entorno do local do evento. É importante também analisar o índice de turistas que chegam à cidade para os megaeventos.

As etapas defendidas por Chang e Singh (1990), Johnson (2007) e Minis e Tsamboulas (2008) também foram incluídas, tendo em vista que a metodologia proposta é específica para a elaboração de planos de contingência em megaeventos, assim como a metodologia apresentada pelos autores.

Como novidade, a elaboração de formulários com *check list* para avaliar os simulados de contingência é mais uma etapa incluída na nova metodologia. Esse formulário com *check list* dos procedimentos necessários para a contingência do sistema de transporte público é de extrema importância para validar o plano elaborado e, posteriormente, propor melhorias e corrigir possíveis falhas.

A definição dos objetivos e metas do plano de contingência se faz necessária para saber a real finalidade do plano e o que realmente se espera alcançar com as medidas de contingência. Outra etapa a ser considerada na nova metodologia é a identificação das responsabilidades e papéis de cada funcionário envolvido com os procedimentos de contingência para o transporte público da cidade. Definir apenas a equipe de emergência não é suficiente para reestabelecer o sistema de transportes em um cenário de crise. A ferramenta da qualidade 5W2H pode ser aplicada para definir quem será o responsável por cada atividade, como proceder em situações de emergência, qual o fluxo de comunicação deve ser adotado e quem deve trocar informações e em qual momento para que não ocorram falhas no plano de contingência.

Nas metodologias analisadas, a comunicação integrada entre os responsáveis pelo transporte e órgãos do governo proporciona maior resultado no controle e restabelecimento do sistema afetado. Sendo assim, foram consideradas na nova metodologia as etapas de: definição dos procedimentos de comunicação; desenvolvimento de um canal de comunicação adequado para as contingências; comunicação integrada entre as agências envolvidas no plano.

A identificação das atividades e dos procedimentos de contingência faz parte da metodologia apresentada, assim como a aplicação de treinamentos e simulações de cenários de riscos. A apresentação do plano por escrito em forma de documento também é considerada uma etapa importante da metodologia de elaboração de planos de contingência. A simulação da contingência com a participação da população é uma etapa relevante e por isso inserida no novo procedimento metodológico. Ao disponibilizar a versão simplificada e pública do plano de contingência, a população poderia fazer parte dos exercícios de paralisação do transporte público para avaliar se os procedimentos definidos em situações de crise estão adequados. A revisão e atualização do plano são de extrema importância para que os procedimentos de contingência sejam avaliados e modificados em caso de ajustes.

A Figura 1 apresenta o fluxograma com as etapas da metodologia proposta de elaboração de planos de contingência para o transporte público durante megaeventos.

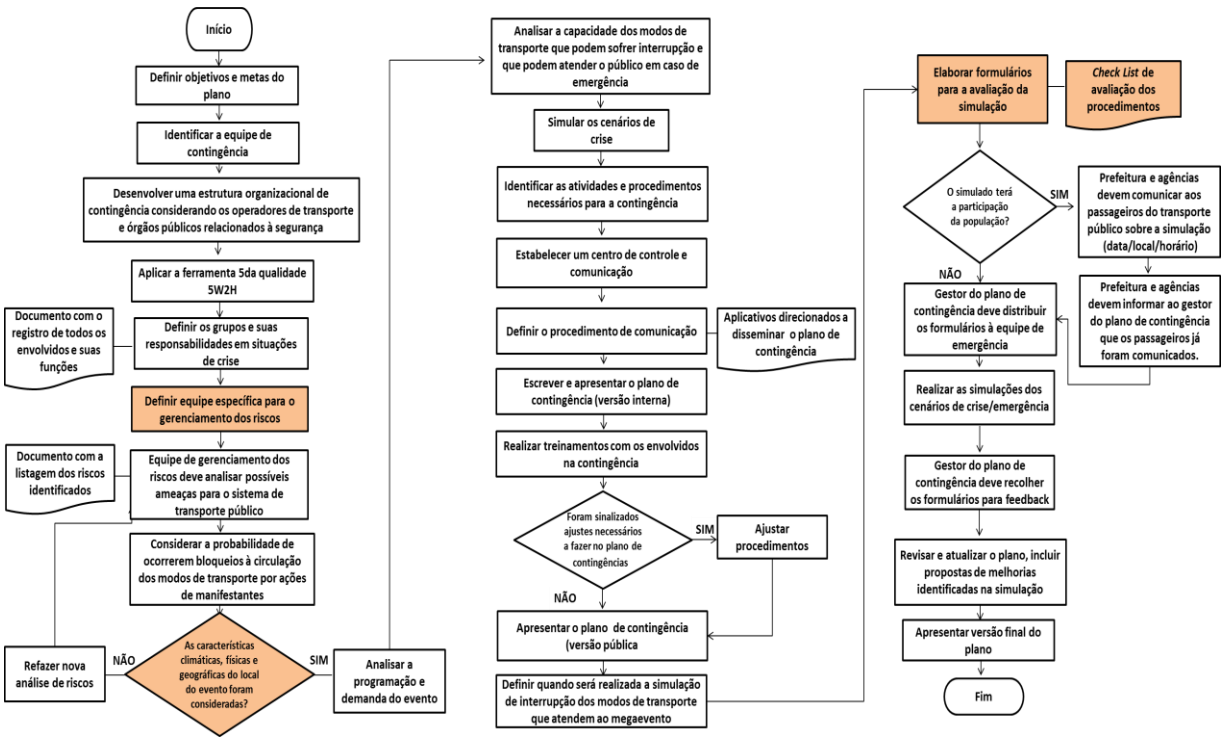


Figura 1: Metodologia para elaboração de planos de contingência para o sistema de transporte público. Fonte: Elaboração própria.

5. EXEMPLO DE APLICAÇÃO: A CIDADE DO RIO DE JANEIRO

O sistema de transportes integrado possibilita o deslocamento em rede, a integração física e tarifária. No Rio de Janeiro, a rede de transportes é constituída principalmente por linhas de ônibus convencionais que proporcionam a integração com os demais modos do sistema de transporte, como o metrô, trem, barcas, BRT e VLT. A rede integrada de transportes do Rio de Janeiro evoluiu se compararmos à rede de 2012 com a rede atual de 2016. Os corredores BRTs, a linha 4 do metrô e o sistema de veículo leve sobre trilhos (VLT) ampliaram a rede de transporte público da cidade favorecendo a integração entre os demais modos de transporte. A nova linha do metrô (linha 4) permite a integração com o BRT Transoeste na Barra da Tijuca

e o VLT com as linhas da Rodoviária e da Central do Brasil, assim como as linhas de ônibus convencionais estão conectadas com o VLT no Centro e com os BRT na Zona Oeste, Zona Norte e Centro.

Com a finalidade de analisar a metodologia proposta para a elaboração de planos de contingência para o sistema de transporte público durante megaeventos, e verificar se a mesma está adequada para que seja aplicada em outras cidades, são apresentados os recursos que a cidade do Rio de Janeiro dispõe de forma a garantir a construção de futuros planos de contingência em caso de interrupção do transporte público durante megaeventos.

Uma das grandes vantagens da cidade do Rio de Janeiro é a existência do Centro de Operações do Rio (COR) que permite acompanhar o trânsito das principais localidades da cidade em tempo real, as mudanças climáticas, a previsão de fortes chuvas na região e a existência e magnitude das manifestações nas ruas da cidade. O sistema de transportes do Rio de Janeiro é monitorado em tempo real por meio do COR e do CIMU (Comitê Integrado de Mobilidade Urbana), que foram deixados como legado para as operadoras do transporte público da cidade e para a própria população. Pode-se afirmar que o Rio de Janeiro já dispõe de um centro integrado de controle e comunicação, faltando apenas detalhar os procedimentos relacionados à contingência.

Com a existência do CIMU dentro do Centro de Operações da Prefeitura do Rio de Janeiro, a integração entre os operadores do transporte público se tornou mais prática e funcional, e essa integração entre as agências de transporte é fundamental para o sucesso dos planos de contingência. Sendo assim, após determinar os responsáveis por implementar o plano de contingência, os mesmos poderão se relacionar e trocar informações relacionadas aos riscos existentes para a operação, à programação do evento e ao planejamento operacional para o sistema de transportes por meio do CIMU. Dentro dele é possível criar um grupo de trabalho específico para o gerenciamento e avaliação dos riscos relacionados ao transporte público e também realizar os treinamentos e as simulações referentes ao transporte de passageiros durante os megaeventos com a participação de todas as concessionárias de transporte público e os gestores responsáveis pelo plano de contingência.

Os próximos eventos que a cidade do Rio de Janeiro irá sediar são a 31ª edição do festival de rock, o Rock in Rio 2017, e o Réveillon do Rio em Copacabana. O Rock in Rio acontecerá na Barra da Tijuca, no local onde era o Parque Olímpico durante as olimpíadas e paralimpíadas. O evento será atendido por transporte público rodoviário de média capacidade - o BRT - e por um serviço diferenciado por ônibus executivos. Com a nova integração da linha 4 do metrô com o BRT no Jardim Oceânico será necessário envolver as concessionárias responsáveis para elaborarem o plano de contingência em conjunto. Primeiramente é preciso analisar os riscos e ameaças para a circulação do BRT próximo ao local do evento. Entre os riscos, deve-se considerar a possibilidade de manifestações com interferências no corredor exclusivo de ônibus e a paralisação da linha 4 do metrô nos horários de maior público, sendo necessário definir os procedimentos e as atividades para dar prosseguimento ao transporte dos espectadores.

Os procedimentos de comunicação são essenciais para garantir o sucesso da contingência, sendo necessário a comunicação integrada entre as concessionárias envolvidas e atuação das mesmas dentro do COR. É importante definir quem são os responsáveis por cada atividade,

por acionar o plano de contingência e por desviar demais linhas de ônibus para o local da ocorrência para atender ao público do evento.

O réveillon em Copacabana também é um megaevento comum no Rio de Janeiro e para garantir o deslocamento dos passageiros rumo à grande festa da virada é necessário desenvolver um plano de contingência considerando diversos riscos para o sistema de BRT e do metrô. O plano de contingência deve envolver as concessionárias do transporte público e os procedimentos e as responsabilidades de cada funcionário devem ser determinados com antecedência para que seja possível realizar treinamentos e simulados de emergência. Considerando alguns riscos para o transporte público no réveillon, caso a linha 1 do metrô que faz a ligação com a linha 2 em Botafogo sofra alguma interrupção, os passageiros da Zona Norte não conseguirão fazer a transferência na estação de Botafogo com destino a Copacabana.

Por isso se faz necessário definir a equipe de contingência, criar um grupo de gerenciamento dos riscos, definir os procedimentos, inclusive de comunicação à população e realizar treinamentos com a equipe e com os próprios passageiros, por meio de simulações. É fundamental elaborar um plano de contingência para esses megaeventos porque caso seja necessário preparar um estoque operacional de ônibus convencionais para atender a paralisação do metrô, as atividades da equipe de contingência já devem estar definidas e devem ser claras e objetivas para não gerar dúvidas e confusões no momento da crise.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A finalidade deste estudo foi desenvolver uma metodologia para elaborar planos de contingência para o transporte público durante megaeventos e pode-se concluir que o resultado foi satisfatório e poderá contribuir para o sistema de transportes das cidades brasileiras e estrangeiras, e principalmente para a cidade do Rio de Janeiro.

Com a apresentação do novo procedimento metodológico para desenvolvimento de planos de contingência para o transporte público em megaeventos, pode-se despertar o interesse dos órgãos públicos locais e dos operadores de transporte público das cidades em criar planos de contingência com a finalidade de garantir os deslocamentos do público ao evento mesmo em situações de crise e emergências. A metodologia apresentada nesse artigo poderá contribuir para a continuidade dos serviços e maior confiabilidade no sistema de transporte público das cidades. A dificuldade de encontrar referências relacionadas aos planos de contingência na área de transportes demostra que apesar do tema ser relevante e de extrema importância para o transporte público, poucos se interessam e escrevem sobre o assunto.

O método comparativo adotado nessa pesquisa possibilitou analisar diversas etapas e elementos das metodologias selecionadas a fim de desenvolver uma nova metodologia de planos de contingência para o transporte público em megaeventos. Nessa metodologia foram consideradas as etapas de maior relevância e representatividade entre os autores destacados na literatura, etapas específicas para megaeventos e novas etapas elaboradas com base na pesquisa realizada.

A cidade do Rio de Janeiro foi apresentada como referência para a análise da metodologia proposta. Com base nos recursos disponíveis na cidade foi possível validar o procedimento

metodológico desenvolvido e concluir que a nova metodologia está adequada para ser aplicada na cidade do Rio de Janeiro e em outras cidades do Brasil e do mundo.

Como sugestão para futuros trabalhos, espera-se que a metodologia proposta seja adaptada para a operação cotidiana do sistema de transporte público das cidades e não apenas aplicada para megaeventos, tendo em vista que os passageiros que usam o transporte público diariamente não podem ter suas viagens prejudicadas por falhas na operação do sistema.

A questão não é ter uma visão pessimista, mas saber responder às situações de crise da melhor forma possível por meio de um plano de contingência bem estruturado a fim de manter a eficiência dos serviços de transporte público. Esse conceito deve estar presente no planejamento operacional das instituições de transportes e deve ser aplicado no transporte de passageiros, seja na operação diária ou na operação especial para megaeventos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Balog, J. N.; Boyd, A.; Caton, J. E. (2003) *The public transportation system security and emergency preparedness planning guide*. U.S. Department of Transportation, Federal Transit Administration (FTA), Cambridge, Massachusetts.

Balog, J. N. *et al*. (2005) Public transportation emergency mobilization and emergency operations guide. *Transportation Research Board*, Washington, D.C.

Bovy, P. (2008) *The role of transport in mega event organization*. UITP.

Chang, P. C. e K. K. Singh (1990) Risk management for mega-events: the 1988 Olympic Winter Games. *Tourism Management*, v. 11, n. 1, p. 45-52.

Ho, C. (2003) Contingency planning for transport services under adverse weather and other disruptions. Universidade de Hong Kong, Hong Kong, China.

Jin, J. G.; Teo, K. M.; Sun, L. (2013) Disruption response planning for an urban mass rapid transit network. *In: transportation research board 92nd annual meeting*, Washington DC.

Johnson, C. W. (2007) Using evacuation simulations for contingency planning to enhance the security and safety of the 2012 Olympic Venues. *Safety Science*, v. 46, n. 2, p. 302-322.

Keyes, K. E. e V. Jones (2008) How to develop an emergency management plan. *Information Management Journal*, v. 42, n. 2, p. 52.

Meyer, M. D. e P. Belobaba (1982) Contingency Planning for Response to Urban Transportation System Disruptions. *Journal of the American Planning Association*, 48:4, 454-465.

Minis, I. e D. A. Tsamboulas (2008) Contingency planning and war gaming for the transport operations of the Athens 2004 Olympic Games. *Transport Reviews*, v. 28, n. 2, p. 259-280.

Pereira, A. I. R. (2009) Planos de Contingência para Sistemas de Mobilidade Urbana. Dissertação (Mestrado). Curso de Engenharia Civil, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa.

Schwartz, M. A. e T. A. Litman (2008) Evacuation Station: The Use of Public Transportation in Emergency Management Planning. *ITE Journal*. Estados Unidos.

Tian, H. C. (2014) Research on Current Situation and Countermeasures of Safety Emergency Plan of Urban Public Transport. *In: Advanced Materials Research*. Trans Tech Publications, p. 293-297.

Natália Costa Kozlowski (nataliakozlowski@pet.coppe.ufrj.br / nataliacosta1@hotmail.com)
Programa de Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ/COPPE
Centro de Tecnologia Bloco H, Cidade Universitária – Rio de Janeiro, RJ, Brasil

MATRIZ O/D COM BASE NOS DADOS DO SISTEMA DE BILHETAGEM ELETRÔNICA

Henrique Cirqueira Mesquita
Marina Jorge Amaral
Universidade Federal de Goiás
Escola de Engenharia Civil e Ambiental
Willer Luciano Carvalho
Universidade Federal de Goiás
Engenharia de Transportes

RESUMO
A determinação da demanda é fator crítico no processo de planejamento de transporte, devido a isso há inúmeros métodos para análises e estimativas da demanda de transporte, porém as metodologias tradicionais são onerosas. Com vistas a otimizar o processo de determinação de uma Matriz Origem/Destino (O/D), este trabalho propõe uma metodologia para determinação de uma Matriz O/D para passageiros do transporte público que utiliza o banco de dados do Sistema de Bilhetagem Eletrônica - SBE. A metodologia desenvolvida foi aplicada no sistema de transporte coletivo de ônibus da Rede Metropolitana de Transporte de Goiânia (RMTC). Os resultados obtidos foram consistentes, com identificação de cerca de 85% dos pares de O/D, porém, para se ter uma Matriz O/D com mais precisão sugere-se que para próximas pesquisas seja feita uma análise temporal da RMTC e não só a análise de um dia.

ABSTRACT
The demand determination is a critical factor in the transportation planning process, due to which there are numerous methods for analysis and transport demand estimation, but traditional methodologies are expensive. In order to optimize the process of determining an Origin/Destination (O/D) Matrix, this work proposes a methodology for determining an O/D Matrix for public transport passengers using the Electronic Ticket System database - SBE. The methodology developed was applied in the collective bus transportation system of the Metropolitan Transport Network of Goiânia (RMTC). The results obtained were consistent, with about 85% of the O/D pairs identified. However, in order to have an O/D Matrix more accurately, it is suggested that for the next research, a temporal analysis of the RMTC and not only the one-day analysis.

1. INTRODUÇÃO

O planejamento de transporte condiciona a acessibilidade ao espaço por parte das pessoas, podendo melhorá-la ou piorá-la conforme a decisão específica tomada (ANTP, 1997). Portanto, o correto planejamento e dimensionamento se torna essencial em um ambiente urbano moderno. Não obstante, a mutabilidade das cidades é um dos fatores que dificulta esse planejamento, influenciando principalmente na deficiência dos gestores em identificar padrões de viagens da população, ou seja, de onde e para onde a população se desloca (GUERRA; BARBOSA; OLIVEIRA, 2014).

Tradicionalmente esses padrões de viagens são identificados em Pesquisas Origem Destino (O/D) realizadas com a população da área de estudo, em campo. Esse tipo de pesquisa obtém, além dos padrões de deslocamentos, informações como o início, fim e duração da viagem, o modo de transporte utilizado e os motivos da realização do deslocamento, além de informações socioeconômicas do indivíduo (renda, composição familiar, posse de veículos, etc.). No entanto, por ser dispendiosa, é realizada de modo geral somente a cada 10 anos (GUERRA; BARBOSA; OLIVEIRA, 2014). Essa periodicidade pode não ser suficiente para acompanhar o crescimento e as transformações urbanas, gerando informações, muitas vezes, obsoletas.

Com o desenvolvimento de tecnologias de informação e telecomunicação, é possível obter dados em tempo real, e em grande quantidade, do sistema de transporte público urbano. Informações como localização geográfica de veículos e registro de horário de viagem dos passageiros são dados de saída que podem alimentar o planejamento de transporte.

Diversos autores já abordaram esse tema, os quais reconhecem o potencial do uso dos dados coletados por um sistema de bilhetagem eletrônica como maneira de identificar esses padrões de viagens, melhorando assim, o planejamento e a operação do transporte público urbano (CUI, 2006; LIANFU et al, 2007; ZHAO, 2007). No entanto, esses dados necessitam de tratamentos, os quais ainda não são convencionados, deixando-se muitas vezes de aproveitar ao máximo o potencial das informações coletadas.

Neste trabalho, será apresentada uma proposta metodológica para identificar os principais pontos de início e fim de deslocamentos no transporte público urbano por ônibus, a partir dos dados do sistema de bilhetagem eletrônica. Em outras palavras, será proposta uma maneira de elaborar uma matriz O/D do transporte público por ônibus, simplificada, utilizando dados do Sistema de Bilhetagem Eletrônica (SBE), e terá uma aplicação piloto para a Rede Metropolitana de Transporte Coletivo de Goiânia. No entanto, vale ressaltar que essa proposta não identificará os inícios e fins das viagens, e sim os pontos de embarque e desembarque de passageiros. Essa sutil diferença, no entanto, não invalida a importância dessa pesquisa.

2. SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO URBANO DE PASSAGEIROS

Almeida (2001) defende que um sistema é constituído por vários elementos que interagem dinamicamente, desenvolvendo atividades a fim de atingir objetivos e propósitos predefinidos. Segundo Rios (2007) cada sistema possui então um conjunto de ideias, informações, propósitos e objetivos que devem ser tratados de maneira organizada e dinâmica. Segundo o mesmo autor, o ambiente do sistema seria formado, então, por todas as atividades desenvolvidas na cidade e que têm relação com o transporte: moradia, comércio, serviços, indústrias, escolas, enfim, o uso do solo urbano.

Os inputs (entradas) são os insumos consumidos na produção do transporte como as pessoas, veículos, combustível, mão de obra etc. Já os outputs (saídas) são as pessoas que foram transportadas bem como subprodutos geralmente indesejáveis como fumaça, ruídos etc. Os passageiros entram no sistema através dos terminais e dos pontos de parada e saem ao longo do percurso da linha (pontos de parada) ou em outro terminal (RIOS, 2007).

O sistema de transportes pode ser definido como um conjunto de partes (veículos, vias, terminais) que se interagem de modo a promover deslocamento espacial de pessoas e mercadorias, segundo vontade dos usuários, programação dos operadores, e regras estabelecidas (KAWAMOTO, 1994). Costa (2011), contudo define como um conjunto de elementos que fornecem e dirigem ações para que o transporte ocorra.

2.1. Operação do Transporte Público

A partir da Constituição de 1988 então, houve um fortalecimento dos municípios e estes puderam atuar na definição de políticas de transporte e trânsito. Entretanto, para que tais ações sejam passíveis de realização, torna-se necessária a intervenção de outras áreas da administração municipal além da responsável pelo planejamento de transportes (SEIGISMUNDO, 2000). Tal planejamento depende e interage, basicamente, com outros dois

níveis de planejamento: o planejamento urbano e planejamento de circulação.

O conhecimento da demanda é fator fundamental no processo de planejamento dos transportes. De acordo com Martin e McGuckin (1998) a previsão da demanda já era praticada há mais de 35 anos, em estudos das décadas de 50 e 60 do século passado.

Certamente, a preocupação com a relação entre a oferta e a demanda nos transportes já havia sido pensada há muito mais tempo, mas ali começaram os estudos e aplicações mais sistemáticas (AZEVEDO, 2012). Ainda de acordo com Martin e McGuckin (1998, p.4) o grande aumento da aplicação dessas técnicas ocorreu com o surgimento dos microcomputadores e isto "mudou dramaticamente o meio-ambiente nas áreas nas quais essas análises foram realizadas". A difusão e popularidade do acesso a software e hardware de menor custo, fez surgir um número maior de aplicações, além daquelas iniciais, que tratavam de grandes planos de investimentos em infraestrutura para longos períodos.

Essas técnicas se destinam à criação de um modelo que explique o funcionamento atual de um determinado sistema de transportes, baseando-se na ocupação do solo das áreas de estudos e do tipo de atividade ali desenvolvidas. O modelo é calibrado para que represente a realidade atual, relacionando um padrão de viagens a determinado conjunto de variáveis socioeconômicas. Em um segundo momento, essas condições socioeconômicas são projetadas para um determinado ano-horizonte e alimentam o modelo o que possibilita a estimativa dos perfis da demanda futura de transportes. Podem ser então previstas as necessidades de alteração (normalmente expansão) da infraestrutura de transportes (AZEVEDO, 2012).

A estimativa de demanda de viagens é frequentemente chamada de "Processo de Previsão da Demanda em 4 Etapas" ou "Modelo de 4 Etapas". As quatro etapas consistem da Geração de Viagens, Distribuição de Viagens, Divisão Modal e Alocação de Viagens (MARTIN E MCGUCKIN, 1998).

3. MATRIZ ORIGEM/DESTINO

A Matriz Origem/Destino (O/D) contém informações valiosas para o sistema de transporte público, por apresentar os desejos dos deslocamentos feitos por pessoas e cargas em uma determinada região de estudo, entre zonas pré-determinadas (ABRAHAMSSON, 1998), representando assim, a demanda naquela região.

Para o contexto do transporte público urbano, as matrizes O/D representam as viagens dos usuários do sistema de transporte, que se deslocam de uma zona i (origem) para outra zona j (destino), em determinado período de tempo (CAREY, HENDRICKSON, SIDDHARTHAN, 1981; GUERRA, 2011). Essas informações são apresentadas em um tipo de tabela, na qual a primeira coluna representa as zonas de origem (Oi) e a primeira linha, as de destino (Dj) (GUERRA, 2011).

O método tradicional para obtenção de dados para elaboração dessa matriz consiste em realização de pesquisas origem-destino. Geralmente, são realizadas pesquisas domiciliares que obtêm informações socioeconômicas, dos veículos e de viagens realizadas, em dias típicos, para cada residência (MCNALLY, 2007). Dessa forma, a partir de uma amostra representativa, se obtém o total de viagens realizadas pelas zonas de tráfego estudadas.

Segundo Bertoncini (2007), como esse método tradicional é caro, demorado e suscetível a erros, pesquisadores, desde 1970, têm procurado outras formas de obtenção de matriz O/D, através do modelo sintético. Este método utiliza os volumes de tráfego nas vias, sendo então uma forma mais simples e barata, exigindo menor volume de dados e dados mais facilmente coletados. Contudo, este modelo é restrito à rede viária existente, sendo recomendado apenas para análise a partir das vias já implantadas e não podendo projetar a demanda para cenários futuros.

Com o advento de tecnologias de informação, diversas outras formas têm sido encontradas para obtenção de matrizes O/D de maneiras mais práticas. Tecnologias como o sistema de posicionamento global por satélite (GPS, do inglês Global Positioning System), que fornece a posição espacial do aparelho em qualquer ponto da Terra, e o Bluetooth, por exemplo, estão cada vez mais difundidas e presentes em vários equipamentos e aparelhos celulares atualmente (BRICKA et al, 2014; RASOULI e TIMMERMANS, 2014).

Com a primeira, é possível fazer a localização automática do aparelho e, consequentemente, veículo, e registrar, assim, viagens de maneira mais automatizada. Já a segunda, permite a identificação individual de cada aparelho, que transmite informações ao passar por sensores localizados na via (BRICKA et al, 2014). Ambas tecnologias permitem a coleta automatizada de dados e o tratamento e a utilização dos mesmos têm sido amplamente estudados.

Mais recentemente, o uso dos Sistemas de Coleta Automatizada de Dados (ADC, do termo em inglês Automatic Data Collection) tem aumentado no mundo todo (GUERRA, 2011). Esses sistemas fornecem informações como localização geográfica em tempo real do veículo (AVL, do inglês Automatic Vehicle Location), contagem automática de passageiros (APC, do inglês Automatic Passenger Counting) e a bilhetagem eletrônica (AFC, do inglês Automatic Fare Collection), que será abordada com maiores detalhes em 2.3.

Segundo Chapleau, Trépanier e Chu (2008), pelo Sistema de Bilhetagem Eletrônica (SBE) são registradas as validações sempre que o usuário inicia uma viagem. Como a validação ocorre, no caso deste estudo, nos ônibus urbanos, necessita-se de um sistema de localização do veículo, permitindo-se, assim, descobrir o local de embarque de cada passageiro. Contudo, ainda segundo ele, na maioria das cidades que utilizam esse sistema, não é feita validação na saída do veículo. Dessa forma, não é possível registrar diretamente as viagens realizadas.
Diversos autores, portanto, vêm estudando maneiras de se relacionar os dados fornecidos por esses sistemas (AFC, AVL e ADC), de modo a se obter matrizes O/D do sistema de transporte urbano, com considerações para os fins de viagens e demais considerações de tratamento dos dados (CHAPLEAU, TRÉPANIER e CHU, 2008; ZHAO, 2004; GUERRA, 2011).

Zhao (2004) desenvolveu um algoritmo que interage dados do AFC e AVL, com tecnologias de informações geográficas (GIS, do inglês Geographic Information System) e sistemas de gerenciamento de bancos de dados (DBMS, do inglês Database Management System), para desenvolvimento de matriz O/D do transporte coletivo por trilhos, para a cidade de Chicago. Foi analisada a integração trilhos-ônibus, com dados de transferência para ônibus, para otimizar o método desenvolvido.

Após isso, Cui (2006) propôs um método de elaboração de matriz O/D a partir de dados de

entrada de múltiplos sistemas ADC.

Mais recentemente, no Brasil, Guerra (2011) propôs uma metodologia de utilização de dados do SBE, em conjunto com a rede de transportes em software de Sistema de Informações Geográficas, para elaboração de Matriz O/D do transporte público urbano, com aplicação para Maceió. Foi elaborada uma matriz semente, para os usuários de SBE, e então expandida para os usuários totais do sistema de transporte público.

4. SISTEMA DE BILHETAGEM ELETRÔNICA

Segundo Ferraz e Torres (2004) o pagamento antecipado consiste na aquisição prévia de comprovantes os quais são utilizados no momento de acesso ao veículo ou à estação (ou terminal). Estes comprovantes podem ser objetos físicos inertes ou com informações magnéticas gravadas. Os mesmos autores ainda enumeram os seguintes tipos de comprovantes:

- Bilhete comum (vale-transporte ou passe): é entregue ao funcionário responsável pelo acesso na estação ou no momento em que o usuário embarca no veículo. É geralmente produzido em papel ou papelão;
- Ficha plástica ou metálica: pode ser utilizada em catracas automáticas ou da mesma forma que o bilhete comum. A vantagem em relação ao bilhete comum é que, por ser produzida em material mais resistente, pode ser reutilizada. A desvantagem é que pode ser mais facilmente reproduzida ilegalmente;
- Ficha com material magnético: é similar à anterior, porém possui material magnético que é reconhecido por um dispositivo eletrônico acoplado à catraca, denominado validador. Geralmente é adotada para se evitar o uso indevido;
- Bilhete magnetizado: é um bilhete de papelão com informações magnéticas gravadas em sua superfície. Quando introduzido no validador libera o acesso ao passageiro. As informações magnéticas gravadas no bilhete podem permitir seu uso em um determinado número de viagens ou dentro de um intervalo de tempo pré-definido (dia, semana, mês). Este tipo de bilhete possui dois formatos: ISSO (International Standard Official) e Edmoson.
- Carteira de papel cartão: é fornecida àqueles usuários que utilizam o sistema gratuitamente ou possuem algum tipo de desconto ou mesmo àquelas pessoas que pagam a passagem previamente para utilizar o sistema por um período determinado de tempo. Este tipo de documento é de uso individual e geralmente possui a identificação da pessoa proprietária;
- Cartão plástico com informação magnética: este tipo de cartão pode ser de dois tipos: com informações magnéticas gravadas na superfície (assim como os bilhetes magnetizados), ou mesmo com informações magnéticas armazenadas em um circuito impresso (chip), mais conhecidos como cartões chipados ou smatcards.

O Sistema de Bilhetagem Eletrônica (SBE) segundo a ANTP (2012) consiste por sua vez, na aquisição de créditos de viagens antecipadamente através da gravação em dispositivos especiais, principalmente em cartões, como exemplificado anteriormente, que são lidos em equipamentos validadores instalados nos ônibus. Segundo os mesmos autores o uso da bilhetagem eletrônica provoca uma redução significativa de assaltos e fraudes, devido à redução da quantidade de numerário no ônibus e da extinção do passe de papel, usada como moeda de troca em mercados paralelos, bem como a adoção de políticas tarifárias mais

modernas, como integração, cobrança por trecho ou tipo de usuário, graças aos dados de viagem gravados no cartão ao longo do uso durante a viagem.

Segundo Ferreira e Barbosa (2016) o uso dos SBE propicia também um controle mais eficiente da gratuidade no transporte coletivo, e gera um efeito pouco percebido pelo público, mas importante, que é o controle da oferta de transporte.

Pioneiramente no Brasil, a partir de 1998 foi inaugurado em Goiânia um sistema de bilhetagem eletrônica, denominado Sistema Inteligente de Tarifação de Passagens - Sitpass, com o objetivo de automatizar o processo de cobrança de tarifas que possibilitou implementar novas aplicações, dentre elas a da integração eletrônica entre as linhas, dados estatísticos da demanda transportada e maior controle da evasão de receitas (RMTC, 2012).

Segundo a NTU (2012) no final da primeira década deste século 85,2% das cidades brasileiras com mais de 100 mil habitantes (288 cidades) dispunham de SBE.

5. REGIÃO METROPOLITANA DE GOIÂNIA

A Região Metropolitana de Goiânia (RMG) está localizada no centro sul do Estado de Goiás, possui uma área total de 7.397,20 km² e população de 2.458.504 habitantes (IBGE, 2016). Foi institucionalizada pela lei complementar número 27, de 30 de dezembro de 1999, e modificada pela lei complementar número 78, de 25 de março de 2010, que acrescentou sete municípios a mais, passando a ser composta por 20 municípios, cujos padrões demográficos, espaciais e sociais são evidentemente heterogêneos (VIANA, 2013). Os municípios componentes da RMG atualmente são: Abadia de Goiás, Aparecida de Goiânia, Aragoiânia, Bela Vista de Goiás, Bonfinópolis, Brazabrantes, Caldazinha, Caturaí, Goianápolis, Goiânia, Goianira, Guapó, Hidrolândia, Inhumas, Nerópolis, Nova Veneza, Santo Antônio de Goiás, Senador Canedo, Terezópolis de Goiás e Trindade (IPEA, 2012)

A Rede Metropolitana de Transporte Coletivos - RMTC é dividida em arcos, arco oeste, sul e leste, os quais são divididos em lotes e administrados por empresas concessionárias. A rede total é constituída por 268 linhas de ônibus, estruturada através de mais de 5.000 pontos de parada de ônibus para embarque e desembarque de passageiros 19 terminais de integração. Como infraestrutura de apoio à operação, as concessionárias contam com 8 instalações de garagens, cuja área somada é de 251.528m². São 3 garagens da empresa Rápido Araguaia (111.424m²); 2 garagens da HP Transportes (64.104m²), e 1 garagem para cada uma das concessionárias Viação Reunidas (15.000m², Cootego (21.000m²) e Metrobus (40.000m²) (RMTC, 2016).

5.1. Bilhetagem Eletrônica Em Goiânia

O modelo de cobrança de tarifas para toda a RMTC, foi estabelecido pela Deliberação CDTC-RMG nº 58 de 24/07/2007 a qual, define a sua automação e universalização como prioridade na forma do Sistema de Bilhetagem Eletrônica atualmente vigente (GOIÁS, 2013).

De acordo com a legislação vigente os tipos de usuários diferentes no sistema que podem adquirir cartões diferenciados são: Idoso, Criança, Empregados das concessionárias e Entidades diretamente vinculadas ao sistema, Deficiente, Acompanhante, Carteiro e Agentes de Proteção, Estudante e o Cartão Integração (usuário comum). Desses, as gratuidades se aplicam a todos menos ao Cartão Integração (RMTC, 2016).

6. METODOLOGIA DESENVOLVIDA E SUA APLICAÇÃO EM GOIÂNIA

A metodologia proposta foi aplicada para o Arco Oeste da Região Metropolitana de Goiânia (RMG), como uma forma de validação do método.

6.1. Coleta dos dados do SBE

Para aplicação do método proposto, foram obtidos dados do Sistema de Bilhetagem Eletrônica da RMG. A empresa Viação Reunidas, responsável pela operação do Arco Oeste da Rede Metropolitana de Transportes Coletivos (RMTC) de Goiânia, como citado em 2.4.1, forneceu os dados do SBE dessa área para utilização neste trabalho.

Os dados fornecidos se encontravam na forma de planilha Excel, com validações para um dia útil típico (08 de Março de 2016, terça-feira), um Sábado (05 de Março de 2016) e um Domingo (06 de Março de 2016). Uma amostra de como os dados foram fornecidos se encontra no Apêndice A. Foram identificadas um total de 163.472 validações para esses três dias, sendo dessas 49.105 no Sábado, 23.083 no Domingo e 91.824 na Terça-Feira.

A planilha apresentou informações bem detalhadas a respeito das validações. Além do essencial para a realização do estudo (identificação dos usuários, datas e horas das validações e localização geográfica das mesmas), havia informações sobre o tipo do cartão usado (idoso, venda a bordo, venda embarcada, estudante, aposentado, etc.), informações da linha, da faixa horária, da região, subsistema, entre outras.

6.2. Coleta de Informações da Região de Estudo e Definição de Zoneamento

Nesta etapa, foi feita a divisão da região de estudo em zonas. Como comentado anteriormente, a escolha do zoneamento fica a critério do pesquisador. Regiões menores fariam uma análise mais micro e então detalhada do sistema, e regiões maiores analisariam de forma mais macro.

Pensando-se nisso, foram escolhidos os Setores Censitários definidos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) para o Censo Demográfico realizado em 2010 para a realização desta metodologia. Esses setores, por serem o menor nível de desagregação da malha e portanto, divisões menores da região, resultariam em uma análise detalhada. Além disso, por serem dados de fácil obtenção, considerarem a homogeneidade das zonas e serem zonas já costumadamente utilizadas, os tornaram próprios para este estudo.

Segundo o IBGE (2010), Setor Censitário “é a menor unidade territorial, com limites físicos identificáveis em campo, com dimensão adequada à operação de pesquisas” que divide todo o Território Nacional.

Contudo, apenas para a apresentação dos resultados, a fim de facilitar a visualização, o mesmo processo foi realizado utilizando-se os Subdistritos, regiões maiores, com menor nível de detalhamento.

6.3. Análise e Tratamento dos Dados

Para a realização da análise aqui proposta, foram utilizados, dos dados obtidos, apenas os referentes ao dia útil (terça-feira), para haver uma representação de um dia considerado típico do sistema.

Além disso, foram filtradas apenas as informações consideradas mais relevantes para o estudo. Além das fundamentais já apresentadas anteriormente (identificação do usuário e localização geográfica e horário das validações), foram incluídas as informações a respeito do tipo de validação, se seria venda embarcada, venda a bordo, cartão integração, idoso, aposentado, estudante, etc.

Essas informações foram consideradas importantes pois os casos de venda a bordo ou venda embarcada, ou seja, os casos em que os passageiros compraram a passagem no veículo, sem uso de cartão pessoal, não há uma identificação do usuário e, portanto, esses dados foram descartados para as análises seguintes. Foram encontrados um total de 4405 validações desse tipo.

Dessa forma, uma planilha simplificada com os dados desse dia, filtrados conforme apresentado, foi utilizada para as etapas seguintes.

6.4. Tratamento dos Dados no SIG

Primeiramente foram importados os dados das validações, da planilha organizada anteriormente, no programa ArcGIS utilizando-se a ferramenta "Adicionar Dados XY". Foram usadas as coordenadas geográficas das validações (longitude e latitude) como coordenadas X e Y, respectivamente. Os dados importados estavam no formato csv (valores separados por vírgula, do inglês *Comma Separated Values*).

6.5. Algoritmo para Tratamento dos Dados

O algoritmo desenvolvido foi aplicado utilizando-se a linguagem Python. A tabela com as validações, contendo identificação do usuário que realizou a validação e horário em que ocorreu, além de, para cada validação, um código para a respectiva zona em que foi realizada, foi utilizada para este procedimento.

Essa tabela com banco de dados das validações foi processada no algoritmo desenvolvido. Dessa forma, após todo aquele processo, foi obtida uma Matriz Origem/Destino para a região do Arco Oeste da RMG, para o dia útil analisado, considerando o zoneamento dos Setores Censitários, ou seja, a matriz gerada representa os deslocamentos encontrados entre essas zonas.

7. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Segundo o procedimento anterior, foi gerada uma Matriz O/D daquele dia para o Arco Oeste da RMG. Foi obtida uma Matriz 607 x 607, ou seja, com 607 linhas e colunas e, então, 607 Setores Censitários, sendo muito extensa e dificultando a visualização dos resultados.

Portanto, como comentado anteriormente, esses dados foram agregados em Subdistritos, gerando então uma Matriz 42 x 42, que é apresentada no Apêndice C. Nela, as linhas e colunas indicam os subdistritos, identificados pelo Geocódigo.

Somando-se os valores das linhas e colunas foram obtidas as Produções (viagens totais produzidas em cada zona) e as Atrações (viagens totais que cada zona atraiu), que foram novamente importados para o software de GIS, gerando-se os mapas apresentados nas Figuras 1 e 2.

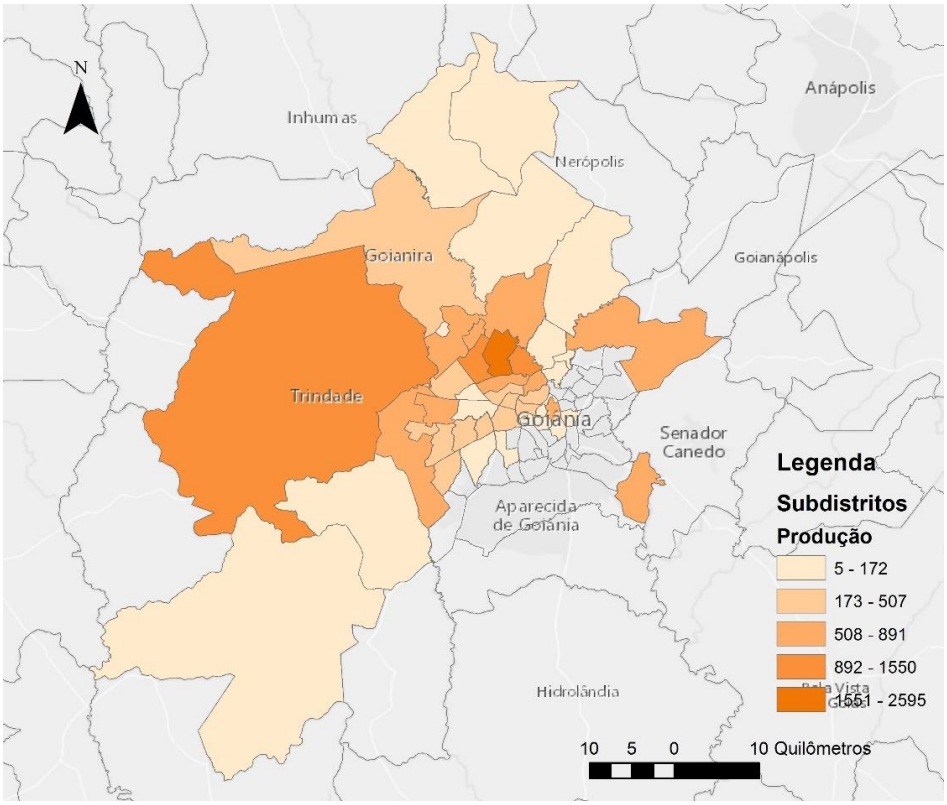


Figura 1 - Viagens Produzidas por Subdistrito para o Arco Oeste da RMG, em um Dia Útil

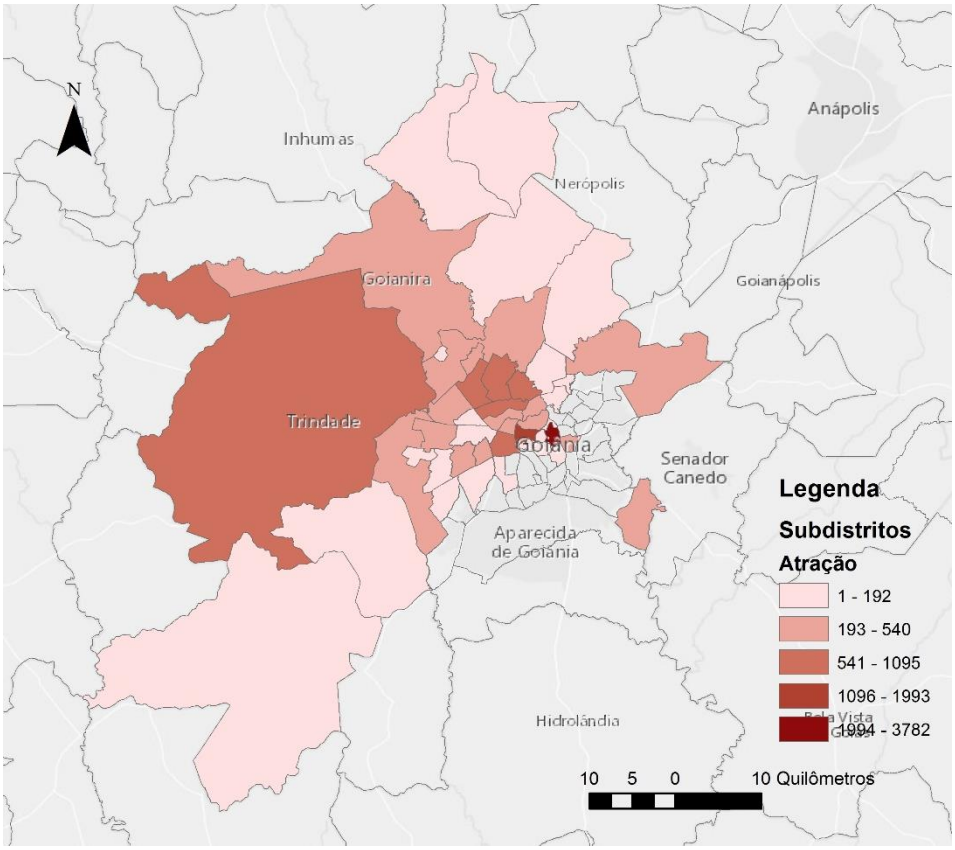


Figura 2 - Viagens Atraídas por Subdistrito para o Arco Oeste da RMG, em um Dia Útil

A Tabela 1 apresenta o percentual de validações que a proposta metodológica conseguiu identificar e os percentuais referentes aos itens não identificáveis. É importante notar que de um total de 91.824 embarques ocorridos com cartão eletrônico, foram utilizados 77900 para a determinação da matriz O/D.

Tabela 1 - Percentuais de Validação Identificados pela Metodologia e Desvios

Tipo	Quantidade	Porcentagem
Mais de 1 validação (O/D)	33152	36.1%
1 validação	44748	48.7%
Percentual de Acurácia da Metodologia		**84.8%**
Venda a Bordo	4405	4.8%
Validação em menos de 30min e Passageiro valida para outra pessoa	9358	10,2%
Compra em terminal	161	0.2%
Percentual de Desvio da Metodologia		**15.2%**
Total	**91824**	**100%**

Algumas situações corriqueiras do transporte coletivo podem ser identificadas através da base de dados de cartões, e essas situações geram discrepâncias na proposta metodológica. Essas situações são: a utilização de um mesmo cartão por dois usuários (sequencialmente) e, a utilização de dois ônibus para se realizar uma viagem completa em menos de 30min, totalizando um percentual de 10,2% das validações totais, e a venda a bordo e em terminais, que juntas completam 5,0% de validações da RMTC.

Foram obtidos 48,7% de validações únicas por usuário, ou seja, não foi possível registrar o retorno da viagem desses passageiros, este fato se deve a alguns fatores, o usuário pode ser não cativo ao sistema, ou seja, realizou uma viagem esporádica naquele dia, portanto não é contabilizado. Além disso, como os dados da aplicação metodológica se restringem a uma região apenas da RMTC (arco oeste) não foi possível identificar o retorno dos usuários que se deslocam para os outros arcos por exemplo, usuário mora em Trindade (arco oeste) e trabalha/estuda em Nerópolis (arco leste) ou usuário que mora em Goianira (arco oeste) mas trabalha/estuda em Aparecida de Goiânia (arco sul).

O total de 36,1% se refere a quantidade total de validações de usuários que fizeram 2 ou mais viagens por dia na região em estudo, com a ressalva que essas viagens possuam um intervalo entre si de mais de 30min. Essa qualificação de validações fornece os passageiros que embarcam em ônibus no arco oeste e que desembarcam também no arco oeste por exemplo, usuário mora em Trindade (arco oeste) e trabalha/estuda em Goianira (arco oeste) ou usuário que mora em Nova Veneza (arco oeste) e trabalha/estuda em Goiânia (arco oeste da Capital).

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

É possível gerar uma Matriz Origem Destino com 84,8% de precisão utilizando dos dados de

bilhetagem eletrônica do sistema de transporte público coletivo de ônibus. No entanto, como a implantação do SBE nas principais metrópoles do mundo não ocorreu com a finalidade de identificação de padrões de deslocamentos, os dados utilizados para a solução metodológica são, de certa forma, bagunçados, por isso é preciso alguns ajustes para aumentar a solidez desses dados.

As validações correspondentes a venda a bordo e venda em terminal, que totalizaram 5% das validações diárias representam um desvio para a metodologia pois como para esse tipo de validação é atribuído o NR_INTERNO 0 (número zero) para qualquer usuário, não é possível identificar os pontos de início e fim de deslocamentos dos mesmos, visto que o NR_INTERNO único por pessoa é um parâmetro essencial para a aplicação dessa metodologia.

Totalizando 5,7% das validações diárias têm-se o passageiro que usa seu cartão para validar uma passagem para outro passageiro, acontece muitas vezes pelo fato do usuário não ter recarregado previamente seu cartão e acabar "comprando uma validação" de um outro usuário a bordo, ou mesmo uma família que usa um mesmo cartão para mais de um familiar etc.

Como sugestão para toda a RMTC e futuros estudos, deve-se fazer uma série histórica dos dados de demanda diária para melhor identificar os comportamentos das viagens e validar se essas viagens são rotineiras ou não. Além disso, deve-se encorajar e aumentar a fiscalização da utilização do cartão único por usuário, e erradicar o máximo possível as vendas a bordo e em terminais, de modo a automatizar o sistema completamente..

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAHAMSSON, T. Estimation of Origin-Destination Matrices Using Traffic Counts: A Literature Survey. Interim Report. Laxenburg: International Institute for Applied System Analysis, May 1998. Report No.: IR-98-021.

ALMEIDA, C. F. Contribuição ao Dimensionamento de Terminais Hidroviários urbanos de Passageiros. 2011. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2001.

ANTP: ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICOS. Sistemas Inteligentes de Transportes. Série Cadernos Técnicos, vol. 8. São Paulo, 2012, 163 p.

ANTP: ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICOS. Transporte Humano: Cidades com Qualidade de Vida. São Paulo, 1997, 312 p.

ARRAIS, Tadeu Alencar; SILVA, Cristiano Martins; VIANA, Juheina Lacerda; ALENCAR,

BERTONCINI, B. V. Uma Proposta de Carregamento Incremental de Fluxos Veiculares para Estimação de Matriz O-D Sintética. 2007, 137f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

BRICKA, S. G.; BAKER, R. T.; SIMEK, C. L.; WOOD, N. Origin Destination Data Collection Technology. In: RASOULI, S.; TIMMERMANS, H. (editors). Mobile Technologies for Activity-Travel Data Collection and Analysis. 1st ed. Hershey: IGI Global, 2014. p. 01-16.

CAREY, M.; HENDRICKSON, C.; SIDDHARTHAN, K. A Method for Direct Estimation of Origin/Destination Trip Matrices. Transportation Science, Pittsburgh, v 15, n. 1, p. 32-49, feb. 1981.

CHAPLEAU, R.; TRÉPANIER, M.; CHU, K. K. The Ultimate Survey for Transit Planning: Complete Information with Smart Card Data and GIS. In: 8th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SURVEY METHODS IN TRANSPORT: HARMONISATION AND DATA COMPARABILITY, 2008, Annecy, France.

COMPANHIA METROPOLITANA DE TRANSPORTE COLETIVO DE GOIÂNIA. Plano Diretor de Transporte Coletivo Urbano da Grande Goiânia. Goiânia, 2006, 170 p.

COSTA, J.M.S.P. (2001). Contribuição à comparação de meios para transporte urbano. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Transportes na Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. São Paulo.

CUI, A. Bus Passenger Origin-Destination Matrix Estimation Using Automated Data Collection Systems. 2006. 134f. Thesis (Master of Science in Transportation) – Department of Civil and Environmental Engineering, Massachusetts Institute of Technology, Berkeley, 2006.

FERRAZ, A. C. P.; TORRES, I. G. E. Transporte Público Urbano. 2ª ed. São Carlos: Rima, 2004. 405 p.

FERREIRA, S.S.; BARBOSA, H.M. Análise da ocupação veicular para a inserção de beneficiários no transporte coletivo urbano. The Jornal of Transport Literature. Belo Horizonte, v.10, n.2, p.40-44, 2016.

GOIÁS. Lei complementar n° 27, de dezembro de 1999. In: http://www.gabinetecivil.go.gov.br/pagina_leis.php?id=7066. Acesso em 10/05/2016;

GUERRA, A. L. Determinação de Matriz Origem/Destino Utilizando Dados do Sistema de Bilhetagem Eletrônica. 2011, 116f. Dissertação (Mestrado em Geotecnia e Transportes) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

GUERRA, A. L.; BARBOSA, H. M.; OLIVEIRA, L. K. Estimativa de Matriz Origem/Destino Utilizando Dados do Sistema de Bilhetagem Eletrônica: Proposta Metodológica. Transportes, [s.l.], v 22, n. 3, p. 26-38, 2014.

IBGE. Bases e Referenciais. Disponível em:< http://mapas.ibge.gov.br/bases-e-referenciais/bases-cartograficas/malhas-digitais>. Acesso em 19/11/2016 às 10:00h.

IBGE. Censo demográfico 2012. Rio de Janeiro: IBGE, 2012;

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Malha Territorial: Censo 2010 (2010). Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/imprensa/ppts/0000000483.pdf>. Acesso em: 30/11/2016 às 19:00.

IPEA. Arranjos Institucionais de Gestão Metropolitana. Brasília, 2012.

KAWAMOTO, E. Análise de Sistemas de Transporte. 2ª ed. São Carlos: USP, 1994, 229 p.

LIANFU, Z; SHUZHI, Z.; YONGGANG, Z.; ZIYIN, Z. Study on the Method of Constructing Bus Stops OD Matrix Based on IC Card Data. International Conference on Wireless Communications, Networking, and Mobile Computing, Shanghai, Sept. 2007.

MARTIN, W. A.; MCGUCKIN, N. A. Travel Estimation Techniques for Urban Planning. Final Report. Washington: Transportation Research Board – National Council. 1998. NCHRP Report 365.

MCNALLY, M. G. The Four Step Model. In: Hensher, D.; Button, K (editors). Handbook of Transport Modelling. 2nd ed. Irvine: Pergamon, 2007. v 1, p. 35-52.

NTU – ASSOCIAÇÃO NACIONAL DAS EMPRESAS DE TRANSPORTES URBANOS. DADOS DO TRANSPORTE PÚBLICO POR ÔNIBUS. (2012). Disponível em:< http://www.ntu.org.br/novo/AreasInternas.aspx?idArea=7&idSegundoNivel=107>. Acesso em 07/07/16 às 23:43.

RASOULI, S.; TIMMERMANS, H. Preface. In: RASOULI, S.; TIMMERMANS, H. (editors). Mobile Technologies for Activity-Travel Data Collection and Analysis. 1st ed. Hershey: IGI Global, 2014. p. xix-xxvi.

RIOS, M. F. Metodologia para Localização de Terminais do Sistema de Transporte Público Coletivo Urbano. 2007. 89 f. Dissertação (Mestrado em Transportes) – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

RMTC: REDE METROPOLITANA DE TRANSPORTE COLETIVO DE GOIÂNIA. O modelo Goiano de Gestão nos transportes. (2012). Disponível em:< http://www.rmtcgoiania.com.br/blog/2012/11/28/o-modelo-goiano-de-gestao-nos-transportes/>. Acesso em 10/07/16 às 12:41.

SEIGISMUNDO, ANDRÉ. Planejamento De Transporte Público Urbano Com Sistema De Informações Geográficas, FAPESPE, São Paulo, 2000.

ZHAO, J. The Planning and Analysis Implications of Automated Data Collection Systems: Rail Transit OD Matrix Inference and Path Choice Modeling Examples. 2004. 124f. Thesis (Master in City Planning) – Department of Urban Studies and Planning and Department of Civil and Environmental Engineering, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, 2004.

Henrique Cirqueira Mesquita (henriquecirqueira@hotmail.com)
Marina Jorge Amaral (marina.amaral28@gmail.com)
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

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE EM SERVIÇOS: UM ESTUDO DE CASO DO SISTEMA *BUS RAPID TRANSIT* EM RECIFE UTILIZANDO O *FUZZY* TOPSIS

Joás Tomaz de Aquino
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco
Departamento de Infraestrutura e Construção Civil
Fagner José Coutinho de Melo
Universidade Federal de Pernambuco
Departamento de Engenharia de Produção
Taciana de Barros Jerônimo
Renata Braga Berenguer de Vasconcelos
Juliana Valença de Sousa
Universidade Federal de Pernambuco
Departamento de Ciências Administrativas

RESUMO
Este artigo tem por objetivo avaliar a qualidade do serviço prestado pelo sistema BRT na região metropolitana do Recife. Essa avaliação considerou um conjunto de 24 variáveis que juntas formaram sete dimensões da qualidade e foi pautada na ordenação dessas por meio do método TOPSIS com a teoria dos sistemas *fuzzy*. Para tanto, realizou-se uma pesquisa de natureza aplicada, exploratória e estudo de caso, uma vez que foi investigada a percepção de uma amostra de usuários das linhas do BRT e aplicado o método para a amostra em questão. A amostra foi composta por 169 usuários. A partir da aplicação do método foi possível ordenar as sete dimensões como: 1-Segurança técnica; 2-Conforto; 3-Empatia; 4-Acessibiliade; 5-Confiança; 6-Conviniência e 7-comunicação. Para estudos futuros sugere-se o aumento do número de usuários pesquisados e a uso de métodos de sobreclassificação, como o PROMETHEE e ELECTRE.

ABSTRACT
This article aims to evaluate the quality of service provided by the BRT system in the metropolitan region of Recife. This evaluation considered a set of 24 variables that together formed seven quality dimensions and was based on the ordering of these variables through the TOPSIS method with the fuzzy system theory. For that, a research of applied nature, exploratory nature and case study was carried out, once the perception of a sample of users of the BRT lines was investigated and the method for the sample in question was applied. The sample consisted of 169 users. From the application of the method it was possible to order the seven dimensions as: 1-Technical security; 2-Comfort; 3-Empathy; 4-Accessibiliade; 5-Trust; 6-Convinience and 7-communication. For future studies it is suggested the increase in the number of users surveyed and the use of outranking methods like PROMETHEE and ELECTRE.

1. INTRODUÇÃO

A urbanização, o aumento da densidade populacional e a industrialização vêm exigindo um conjunto de novas infraestruturas para atender as demandas impostas pelo desenvolvimento. Um fator importante nessa equação é o sistema de transporte, que são investimentos de longa duração e elevado custo (Weisbrod *et al.*, 2016), e impactam no crescimento econômico, na qualidade de vida das pessoas e na sustentabilidade das cidades (Barbosa *et al.*, 2017; Ortega *et al.*, 2014). Por outro lado, uma característica importante da sociedade moderna que vem ganhando espaço nos últimos anos é a promoção de modelos sustentáveis de transportes coletivos, pelo oferecimento de deslocamento confortáveis e rápidos, para resolver problemas resultantes do excessivo uso de automóveis como congestionamento, estacionamento, poluição, *stress*, ruído entre outros (Deng e Nelson, 2013; Dell'Olio *et al.*, 2010).

Nesse contexto, surge o sistema *Bus Rapid Transit* (BRT) como uma abordagem econômica para o transporte público de um grande número de pessoas, garantindo um melhor fluxo, velocidade, pontualidade, conforto e alinhamento da tecnologia, *design* do serviço e *interface* com os usuários (Kumar *et al.*, 2016). Esse sistema já vem sendo utilizado nas cidades de

Curitiba, São Paulo, Bangkok (Cervero e Dai, 2014), Beijing (Deng e Nelson, 2013), Sydney (Weisbrod *et al.,* 2016) e é uma alternativa viável para uma maior mobilidade urbana. O BRT se caracteriza por ser um transporte rápido de passageiros que apresenta a qualidade do transporte ferroviário e a flexibilidade do sistema de ônibus. Os veículos do BRT utilizam pistas exclusivas, apresenta uma velocidade média mais alta, o que resulta em um melhor serviço e em menos emissões de gases poluentes.

Embora os custos exatos do sistema BRT dependam muito das circunstâncias locais, os custos de capital e os custos operacionais são menores do que os sistemas ferroviários (Deng e Nelson, 2013). No Brasil, o sistema BRT possuem 124 corredores destinados a esse sistema que percorrem 871 km, deslocando mais de 12 milhões de pessoas. Na Região Metropolitana do Recife (RMR) o sistema atual opera desde 2014, sendo uma estratégia utilizada pelo governo estadual em parceria com o governo federal para garantir a mobilidade das pessoas. Atualmente, o BRT na RMR possui dois grandes corredores com extensão de 25 km e deslocando mais de 830 mil pessoas diariamente (BRTDATA.ORG, 2017).

As ações gerenciais de melhoria em serviços dependem do uso de um instrumento de avaliação. Uma vez que o transporte público influencia na satisfação dos usuários e na avaliação qualidade de vida destes (Etterma *et al.,* 2011). Como consequência os decisores devem estabelecer políticas que busquem maximizar o estado de bem estar social, dentro de restrições econômicas e tecnológicas. Buscando dar suporte a tomada de decisão, medidas de desempenho tornaram-se um instrumento essencial para as agências estabelecer metas estratégicas para a melhoria contínua dos serviços prestados (Eboli e Mazzulla, 2012).

Dessa maneira, este trabalho tem como objetivo avaliar a qualidade do serviço prestado pelo sistema BRT aos seus usuários na RMR. Essa avaliação considerou um conjunto de 24 variáveis que juntas formaram sete dimensões da qualidade. Essa avaliação pautou-se na ordenação das variáveis e dimensões por meio do método multicritério TOPSIS (*Technique for Order Performance by Similarity to Ideal Solution*) com o uso da teoria dos sistemas *fuzzy*. O uso das duas técnicas agregadas teve como objetivo reduzir a subjetividade, presente na avaliação dos usuários do serviço, na ordenação das variáveis e dimensões analisadas. Assim, obteve-se o ganho de analisar a qualidade no serviço da forma mais fidedigna a sua realidade, bem como capturar aspectos subjetivos não avaliados pelos métodos tradicionais na escala *crisp*. Este trabalho está estruturado em 5 seções. Na próxima seção foi realizada uma revisão de literatura. Na seção 3 foram apresentadas as etapas propostas para avaliação do serviço, unindo a teoria dos sistemas *fuzzy* e o método TOPSIS. Na seção 4 foram apresentados e detalhados os resultados do trabalho. E por fim, as conclusões extraídas dos achados da pesquisa e suas implicações são discutidas na seção final.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Nesta seção estão os principais conceitos utilizados na elaboração deste trabalho, qualidade em serviços de transporte público, a lógica *fuzzy* e o método TOPSIS.

2.1 Qualidade em serviços de transporte público

Quando se fala de serviços de transporte público, pode dizer que esse tipo de serviço não pode ser armazenado, pois se os passageiros não embarcam em determinado horário, nem sempre é possível acomodá-los em outro horário e o serviço não é prestado em sua totalidade. Além disso, cada viagem pode ser considerada como um serviço específico, pois é influenciada por

diversos aspectos (Deng e Nelson, 2013). O serviço de transporte por ônibus é prestado e consumido de forma coletiva e é considerado um serviço em massa (Bian e Ding, 2012), em que os usuários nem sempre apresentam o mesmo perfil e nem compartilham o mesmo pensamento, nesse sentido, a qualidade de serviço quando associada ao nível de conforto, ruído, temperatura, etc., podendo ter significados distintos entre os passageiros, possuindo certo nível de subjetividade. Ainda, na maioria das vezes o pagamento é realizado antes da prestação do serviço, o que geralmente não possibilita o usuário desistir do serviço (Freitas *et al.*, 2011; Freitas e Reis, 2013). A partir dessas características vários atributos podem ser analisados e relacionados com a qualidade dos serviços prestados.

Assim, a partir dessas características de serviços de transportes públicos, as dimensões gerais da qualidade de serviços do modelo SERVQUAL proposta por Parasuraman *et al.* (1985) e os atributos considerados importante pela literatura sobre qualidade em transportes públicos, foram elaboradas as dimensões e variáveis utilizadas neste trabalho (Quadro 1). Tendo em vista que englobam todo o ciclo do serviço oferecido desde o embarque até o desembarque.

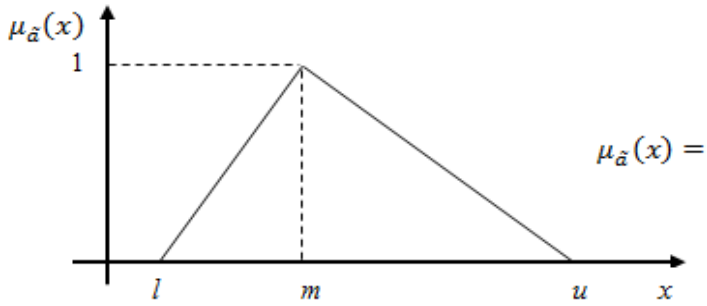
Quadro 1: Dimensões e variáveis da qualidade de serviços de transporte público

Dimensões	Variáveis	Referências
D1 Confiança	V01. Cumprimento das viagens nos horários.	Onã e Oña (2014), Onã *et al.* (2012).
	V02. Presença de horários das linhas nos pontos de parada.	
	V03. Condução dos veículos com segurança.	
D2 Conforto	V04. Presença de veículos novos e confortáveis.	Morton *et al.* (2016), Yaya *et al.* (2014), Onã e Oña (2014), Antunes e Simões (2013).
	V05. Veículos com pouco barulho/ruído interno.	
	V06. Ar-condicionado funcionando corretamente.	
	V07. Conforto dos pontos de parada.	
D3 Conveniência	V08. Cobrança de passagem única para o serviço de transporte integrado.	Morton *et al.* (2016), Şimşekoğlu *et al.* (2015), Chou *et al.* (2014), Yaya *et al.* (2014).
	V09. Facilidade para estacionar próximo aos pontos de parada.	
	V10. Existência de *Internet* gratuita no interior dos veículos e ponto de parada.	
	V11. Existência de lojas e serviços de conveniência próximos aos pontos de parada.	
D4 Comunicação / Sistemas de Informação	V12. Disponibilidade de informações por telefone sobre horários e itinerários das linhas.	Eboli e Mazulla (2012), Oliveira (2006).
	V13. Resposta dos questionamentos dos usuários em tempo hábil.	
	V14. Disponibilidade de informações do serviço de transporte através da *internet*.	
	V15. Existência de campanhas para utilizar o serviço de transporte coletivo.	
D5 Segurança Técnica	V16. Condução dos veículos com uma velocidade segura.	Şimşekoğlu *et al.* (2015), Oliveira (2006).
	V17. Parada dos veículos apenas nos pontos de parada.	
	V18. Presença de equipamentos de segurança nos veículos.	
D6 Acessibilidade	V19. Presença de calçadas e ciclovias próximas aos pontos de parada.	Onã e Oña (2014), Freitas e Reis (2013), Freitas (2013), Onã *et al.* (2012).
	V20. Existência de a facilidade para acessar o serviço de transporte.	
	V21. Existência de estruturas físicas adaptadas para que portadores de necessidades especiais acesse o serviço de transporte.	
D7 Empatia	V22. Atitude amigável dos funcionários.	Yaya *et al.* (2014), Eboli e Mazulla (2012), Antunes e Simões (2013), Oliveira (2006).
	V23. Atitude dos funcionários demonstra a sua vontade de me ajudar.	
	V24. As necessidades dos usuários são rapidamente respondidas pelos funcionários.	

2.2 Lógica *fuzzy*

Em 1965, Zadeh publica o artigo *Fuzzy Sets*, aproximando o rigor matemático às imprecisões do mundo real. A lógica *fuzzy*, como é chamada, é uma extensão da lógica booleana e permite

que um elemento venha pertencer a um ou mais conjuntos, ou não, nos mais variados graus. Sendo assim, essa lógica é definida como um conjunto *fuzzy* A, do conjunto universal U, por meio da função de pertinência $\mu_A(x)$, com todos os seus valores dentro de um intervalo [0,1] (SILVA *et al*., 2014). Neste trabalho utilizou-se do número triangular *fuzzy*, considerado como $\tilde{a}_{ij}$ é um número triangular *fuzzy* tal que $\tilde{a}_{ij} = (l_{ij}, m_{ij}, u_{ij})$. Esse número é dado pela função de pertinência $\mu_{\tilde{a}}(x)$ que obedece às propriedades descritas abaixo (Equação 1).



$$\mu_{\tilde{a}}(x) = \begin{cases} \dfrac{x-l}{m-l}, & l \le x \le m \\ \dfrac{u-x}{u-m}, & m \le x \le u \\ 0, & x < l \text{ ou } x > u \end{cases} \quad (1)$$

Onde *m* é o valor modal do julgamento do critério *i* com relação ao critério *j*, *l* o seu menor valor possível e *u* o seu valor máximo (Zadeh, 1965).

2.3 Método multicritério TOPSIS

O método TOPSIS (*Technique for Order Performance by Similarity to Ideal Solution*) é um método multicritério que avalia o desempenho de alternativas de uma problemática em relação a um ponto ideal e um ponto anti-ideal (Hwang e Yoon, 1981). Ele é utilizado por vários autores na área de transportes, por exemplo, Celik *et al.* (2013) utilizou esse método associado a lógica *fuzzy* e o método multicritério GRA para avaliação da satisfação dos usuários de transporte público na cidade de Istambul. Massami *et al.* (2016) também fez uso do TOPSIS para a avaliação da qualidade dos serviços de transporte público na cidade de Salaam, na Tanzânia. Nesse trabalho foi utilizada uma extensão do método TOPSIS proposta por Chen (2000) e Wang e Lee (2007) para decisões em grupo (usuários do serviço). Por meio dessa extensão, os autores inserem os números *fuzzy* na estruturação do método TOPSIS, visando à ordenação das alternativas com a inclusão da subjetividade da avaliação do serviço.

3. METODOLOGIA

Este trabalho pode ser classificado como pesquisa aplicada e exploratória por investigar a percepção de uma amostra de usuários das linhas do BRT na RMR sobre os serviços oferecidos. A pesquisa é formatada como estudo de caso (Yin, 2015), descrevendo a situação atual dos serviços ofertados aos usuários do BRT na RMR. A partir disso, algumas etapas foram seguidas para atingir, elas estão descritas abaixo e ilustradas de forma sintética na Figura 1.

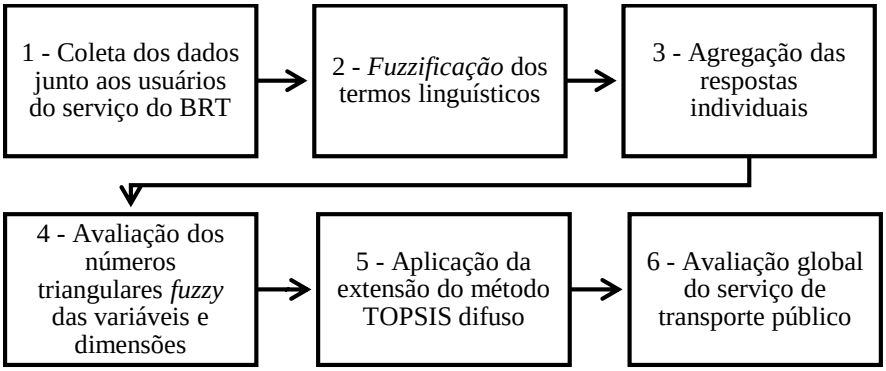


Figura 1: Macro etapas metodológicas utilizadas para avaliação da qualidade nesta pesquisa

Etapa 1 – Coleta dos dados junto aos usuários do serviço do BRT: Nesta etapa foram coletados os dados junto aos usuários do sistema BRT na Região Metropolitana do Recife, a amostra foi composta por 169 usuários pertencentes a vários bairros desta localidade. Os questionários foram aplicados entre os dias 8 de janeiro a 9 de fevereiro de 2017, com 24 variáveis que compõem sete dimensões, conforme Quadro 1. Os dados foram coletados por meio de uma plataforma online disponível aos usuários do serviço estudado. Para a mensuração do nível de satisfação com relação às variáveis estudadas foram utilizados termos linguísticos com cinco níveis de graduação de satisfação do usuário diante do serviço prestado pelas empresas de transporte público, partindo de extremamente insatisfeito até extremamente satisfeito.

Etapa 2 – *Fuzzificação* dos termos linguísticos: Para a mensuração do nível de qualidade dos serviços prestados foram utilizados termos linguísticos. Para adicionar a incerteza na análise, os termos linguísticos utilizados passaram pelo processo de *fuzzificação*, ou seja, para cada termo linguístico foi associado a um número triangular *fuzzy* como ilustrado na Tabela 1. Os números triangulares utilizados foram distribuídos uniformemente entre zero e dez.

Tabela 1: *Fuzzificação* dos termos linguísticos utilizados na pesquisa

Termos linguísticos	Escala *fuzzy*
Totalmente insatisfeito	(0, 1, 3)
Ligeiramente satisfeito	(1, 3, 5)
Um pouco satisfeito	(3, 5, 7)
Muito satisfeito	(5, 7, 9)
Extremamente satisfeito	(7, 9, 10)

Etapa 3 - Agregação das respostas individuais: Como os serviços do BRT foram analisados por 169 pessoas, para criar um único número triangular *fuzzy* para cada variável, as avaliações *fuzzificadas* de cada usuário foram agregados, segundo Chen (2000) e Silva *et al.* (2014), segundo a Equação 2. Onde *M* é o valor global de cada avaliação em conjunto *fuzzy* dos usuários do BRT (*n*) para a variável *z* (Silva *et al.*, 2014).

$$M = (l_1, m_1, u_1) = \frac{1}{n} \oplus (M_1 \oplus M_2 \oplus \dots \oplus M_n) = \left\{ \frac{\sum_{i=1}^{n} l_1^{(i)}, \sum_{i=1}^{n} m_1^{(i)}, \sum_{i=1}^{n} u_1^{(i)}}{n} \right\} \quad (2)$$

Etapa 4 - Avaliação dos números triangulares *fuzzy* das variáveis e dimensões**:** Nesta etapa foram avaliados os números triangulares agregados obtidos para cada variável desta pesquisa, com base na escala utilizada (Tabela 1), por meio do parâmetro *m* do número triangular resultante. Para isso, será utilizado a seguinte escala para avaliação: 0 a 2 como uma avaliação

péssima, 2 a 4 uma avaliação ruim, 4 a 6 uma avaliação regular, 6 a 8 uma avaliação boa e, 8 a 10 uma avaliação excelente do serviço.

Etapa 5 - Aplicação da extensão do método TOPSIS: Após a obtenção da avaliação média *fuzzy* de cada variável foi aplicada uma extensão do método TOPSIS proposto por Wang e Lee (2007) e Chen (2000). Para isso, quatro sub etapas foram seguidas visando obter uma ordenação das variáveis, segundo as soluções ideal e anti-ideal, elas estão descritas abaixo.

Etapa 5.1 - Determinação das soluções ideais negativas e positivas *fuzzy*: A solução ideal positiva é dada pela Equação 3 e a solução ideal negativa é representada pela Equação 4.

$$A^{+} = \left\{\left(\max V_{ij}\,|_j \epsilon J\right), \left(\min V_{ij}\,|_j \epsilon J'\right), i = 1, 2, 3, \ldots, m\right\} \quad (3)$$

$$A^{-} = \left\{\left(\min V_{ij}\,|_j \epsilon J\right), \left(\max V_{ij}\,|_j \epsilon J'\right), i = 1, 2, 3, \ldots, m\right\} \quad (4)$$

As soluções ideais representam as avaliações máximas e mínimas dos serviços oferecidos. No caso da solução ideal positiva, quando as condições no qual o serviço oferecido pelo BRT atendem as expectativas dos usuários, deixando-os extremamente satisfeitos ($A^{+} = \{7,9,10\}$), essa solução deve ser típica das organizações que buscam a excelência na prestação do serviço. Por outro lado, a solução ideal negativa é aquela em que o serviço deixa grandes *gaps* entre a expectativa e percepção dos usuários, gerando, dessa forma, grande insatisfação dos clientes ($A^{-} = \{0,1,3\}$), esse é o pior desempenho que a organização pode ter, não havendo, nesse caso, a fidelização e um relacionamento duradouro com os clientes externos.

Etapa 5.2: Determinação da distância euclidiana das avaliações *fuzzy*: Após a determinação das soluções ideais, é possível calcular a distância euclidiana de cada variável com relação às soluções ideal positiva, $d^{+}\left(V_{ij}, A_j^{+}\right)$, (Equação 5) e ideal negativa, $d^{-}\left(V_{ij}, A_j^{-}\right)$, (Equação 6). Essa medida representa o qual distante está à avaliação da variável *z* daquela avaliação considerada máxima ($A^{+} = a_1^{+}, a_2^{+}, a_3^{+}$) e mínima ($A^{-} = a_1^{-}, a_2^{-}, a_3^{-}$), revelando lacunas na prestação dos serviços (Chen, 2000; Wang e Lee, 2007; Massami *et al.*, 2016).

$$d^{+}\left(V_{ij}, A_j^{+}\right) = \left[\frac{(a_1^{+} - l_1)^2 + (a_2^{+} - m_2)^2 + (a_3^{+} - u_3)^2}{3}\right]^{1/2} \quad (5)$$

$$d^{-}\left(V_{ij}, A_j^{-}\right) = \left[\frac{(a_1^{-} - l_1)^2 + (a_2^{-} - m_2)^2 + (a_3^{-} - u_3)^2}{3}\right]^{1/2} \quad (6)$$

Etapa 5.3: Cálculo das somas das distâncias euclidianas: As distâncias euclidianas podem ser somadas visando à obtenção da distância das dimensões da prestação do serviço (a positiva e a negativa), elas são expressas pelas Equações 7 e 8 (Chen, 2000; Wang e Lee, 2007).

$$S_i^{+} = \sum_{j=1}^{n} d^{+}\left(V_{ij}, A_j^{+}\right) \qquad \text{com } i = 1, \ldots, m; \quad (7)$$

$$S_i^{-} = \sum_{j=1}^{n} d^{-}\left(V_{ij}, A_j^{-}\right) \qquad \text{com } i = 1, \ldots, m; \quad (8)$$

Etapa 5.4: Cálculo da proximidade relativa à solução ideal de cada atributo: Nesta etapa são obtidas as ordenações de cada variável estudada com base nas suas distâncias das soluções ideais (Equação 9).

$$C_i = \frac{S_i^{-}}{(S_i^{+} + S_i^{-})} \qquad \text{com } i = 1, \ldots, m \text{ e } C_i \epsilon [0,1] \quad (9)$$

A partir dos valores de $C_i$as alternativas são classificadas, onde uma alternativa com alto valor de C_i tem uma distância mais curta da solução ideal e mais longe da solução anti-ideal. Assim, foi possível estabelecer um ordenamento entre as avaliações das variáveis e dimensões estudadas nesse trabalho, elencando os pontos positivos e negativo que dos usuários na utilização dos serviços do BRT.

Etapa 6 - Avaliação global do serviço de transporte: Com base na ordenação obtida no método TOPSIS difuso, para as dimensões e variáveis, e nos testes de hipóteses, os serviços ofertados pelo sistema BRT foram avaliados levando em consideração o impacto de cada variável na dimensão e suas diferenças estatísticas entre si. Para a tabulação e análise dos dados foram utilizados a planilha eletrônica do *Microsoft Excel* 2013.

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Nesta seção descreve os resultados obtidos em dois tópicos: a análise descritiva dos resultados e a ordenação das variáveis e dimensões por meio do método *fuzzy* TOPSIS.

4.1 Análise descritiva dos dados *fuzzy*

A amostra deste é de 169 usuários, deste total, 48,52% são do gênero masculino e 51,48% feminino. Aproximadamente, 90% cursam o nível superior ou pós-graduação. Com relação à ocupação profissional, identificou-se que 40,3% estudavam e/ou estagiavam e 35% já trabalhavam em organizações públicas ou privadas. Também identificou-se que, em média, os usuários pesquisados utilizam seis vezes o sistema BRT por semana (com desvio-padrão de 3,93). Essas informações revelam quanto estratificada foi a amostra deste estudo, analisando as avaliações do serviço de pessoas que o utilizam de forma eventual e de forma permanente para se locomover para a realização de suas atividades externas. Essa estratificação também se refletiu nos pontos ao longo dos quais os usuários iniciam o ciclo do serviço, pois os 169 usuários residem em mais de 80 bairros diferentes da RMR. Assim, essa diversidade da amostra contribuiu para a compreensão de forma mais fidedigna do dia-a-dia dos usuários. Inicialmente agregaram-se as avaliações *fuzzificadas* dos usuários (Equação 2). A partir da Tabela 2 observa-se que a variável V17 apresentou o maior valor modal do número *fuzzy*, enquanto a V2 foi o menos pontuado na avaliação *fuzzy*.

Tabela 2: Números *fuzzy* das variáveis estudadas

Dimensões	Variáveis	Números *Fuzzy*			Avaliação *Fuzzy*
		l	*m*	*u*	
Confiança	V1	3,0237	4,8343	6,7396	Regular
	V2	1,3077	2,7870	4,7574	Ruim
	V3	3,8698	5,7574	7,5740	Regular
Conforto	V4	4,4615	6,3846	8,0710	Boa
	V5	4,2840	6,1834	7,8994	Boa
	V6	3,9172	5,8047	7,5680	Regular
	V7	2,2249	3,8757	5,8107	Ruim
Conveniência	V8	4,7101	6,5976	8,1361	Boa
	V9	2,0118	3,6036	5,5385	Ruim
	V10	2,1420	3,8757	5,8107	Ruim
	V11	1,5621	3,1420	5,1065	Ruim
Comunicação / Sistemas de Informação	V12	1,9527	3,5444	5,4793	Ruim
	V13	1,9349	3,6509	5,6331	Ruim
	V14	3,0651	4,9053	6,7751	Regular
	V15	1,8935	3,4970	5,4438	Ruim

Dimensões	Variáveis	Números *Fuzzy*			Avaliação *Fuzzy*
		l	*m*	*u*	
Segurança Técnica	V16	4,4260	6,3491	8,0828	Boa
	V17	5,6213	7,5799	9,0059	Boa
	V18	2,8107	4,6568	6,5562	Regular
Acessibilidade	V19	2,2308	3,9704	5,8994	Regular
	V20	3,1598	4,9645	6,8225	Regular
	V21	3,9763	5,8757	7,6272	Regular
Empatia	V22	3,3669	5,2959	7,2130	Regular
	V23	3,1065	5,0000	6,9053	Regular
	V24	2,8994	4,7633	6,6805	Regular

A partir da Tabela 2 e da escala *fuzzy* utilizada nesta pesquisa (Tabela 1), as avaliação *fuzzy* agregadas foram contrastadas com a escala utilizada. Assim, foi possível identificar que, entre as variáveis estudadas, os usuários consideraram o serviço entre bom e ruim, não havendo considerações de um serviço que o deixassem satisfeitos, totalmente satisfeitos ou insatisfeitos, isto é, um serviço péssimo ou excelente, nos extremos. A luz das variáveis e dimensões analisadas, a dimensão comunicação apresentou um número de variáveis com maior número de avaliações entre ruim e regular. Isso é reflexo da ausência de ferramentas tecnológicas comunicativas para transmitir aos usuários informações e inovações sobre o serviço.

Outro ponto pertinente é o fato dos serviços de transporte público necessitarem disponibilizar aos usuários informações em tempo real nos terminais integrados e estações do BRT sobre os tempos de viagens, lotação e condições das vias e trânsito, visando os mesmos utilizem essa informação para que rotas alternativas dentro do sistema integrado de transporte sejam utilizadas, garantindo que os usuários cheguem em seus destinos no tempo hábil. A dimensão conveniência também apresentou variáveis avaliadas com uma grande percentagem de um serviço ruim, o destaque desta dimensão foi o fato dos usuários considerarem com boa o fato do sistema integrado de transporte cobrar apenas uma tarifa pela utilização de diversas linhas. Isso não quer dizer que os usuários estejam satisfeitos ou não com o preço atualmente cobrado, mas eles valoram o fato de ser cobrada uma única tarifa pela variedade de linhas de ônibus que podem ser utilizadas na região metropolitana do Recife. Ainda, as dimensões segurança técnica e conforto foram as que apresentaram um maior número de variáveis com boas avaliações. As demais dimensões possuíram uma avaliação regular.

Após a mensuração da avaliação dos atributos da qualidade do serviço por meio das variáveis, para uma análise de nível macro foi possível agregá-las conforme as dimensões às quais pertenciam. Dessa forma, foi possível a obtenção dos números triangulares *fuzzy* de cada dimensão e sua avaliação correspondente (Tabela 3). Nenhuma dimensão apresentou uma avaliação considerada péssima ou excelente, demonstrando que o serviço do BRT não é considerado como de excelência pelos usuários, possuindo diversos *gaps* que devem ser estudados e melhorados para se chegar ao padrão dos serviços do BRT apresentados pelas cidades de Bangkok (Cervero e Dai, 2014), Beijing (Deng e Nelson, 2013) e Sydney (Weisbrod *et al.*, 2016). Mesmo assim, entre as dimensões estudadas nesta pesquisa, a que apresentou uma melhor avaliação *fuzzy* foi a segurança técnica e a pior foi na dimensão comunicação / sistemas de informação.

Tabela 3: Números *fuzzy* das dimensões da qualidade

Dimensões	Números triangulares			Avaliação *Fuzzy*
	l	*m*	*u*	
Confiança	2,733728	4,459566	6,357002	Regular
Conforto	3,721893	5,562130	7,337278	Regular
Conveniência	2,606509	4,304734	6,147929	Regular
Comunicação / Sistemas de Informação	2,211538	3,899408	5,832840	Ruim
Segurança Técnica	4,285996	6,195266	7,881657	Boa
Acessibilidade	3,122288	4,936884	6,783037	Regular
Empatia	3,124260	5,019724	6,932939	Regular

4.2 Ordenação das variáveis e dimensões por meio do método TOPSIS difuso

A partir das solução ideal positiva ($A^+ = \{7,9,10\}$) e da solução ideal negativa ($A^- = \{0,1,3\}$), conforme a escala *fuzzy* utilizada e a avaliação dos usuários, as distâncias euclidianas para cada variável foram calculadas conforme as Equações 5 e 6 (Tabela 4). Em seguida, utilizando as Equações 7, 8 e 9 foi possível ordenar as avaliações das variáveis pesquisadas sob a visão dos usuários (Tabela 4).

Tabela 4: Distâncias euclidianas e ordenação das variáveis segundo a técnica do TOPSIS

Variáveis	$d^+(V_{ij}, A_j^+)$	$d^-(V_{ij}, A_j^-)$	*Ranking*	*Ci*	Variáveis	$d^+(V_{ij}, A_j^+)$	$d^-(V_{ij}, A_j^-)$	*Ranking*	*Ci*
V17	1,2787	6,0818	1º	0,8263	V1	3,8207	3,5510	13º	0,4817
V8	2,1976	5,1606	2°	0,7013	V24	3,9065	3,4696	14º	0,4704
V4	2,3808	4,9871	3º	0,6769	V18	4,0113	3,3624	15º	0,4560
V16	2,4033	4,9678	4º	0,6740	V19	4,6496	2,7206	16º	0,3691
V5	2,5639	4,8036	5º	0,6520	V7	4,7120	2,6532	17º	0,3602
V21	2,8597	4,5090	6º	0,6119	V10	4,7402	2,6304	18º	0,3569
V6	2,9227	4,4458	7º	0,6033	V13	4,9442	2,4292	19º	0,3295
V3	2,9551	4,4169	8º	0,5991	V9	4,9634	2,3992	20º	0,3259
V22	3,4003	3,9807	9º	0,5393	V12	5,0224	2,3404	21º	0,3179
V23	3,6849	3,6924	10º	0,5005	V15	5,0701	2,2943	22º	0,3115
V20	3,7026	3,6657	11º	0,4975	V11	5,4108	1,9549	23º	0,2654
V14	3,7704	3,6008	12º	0,4885	V2	5,7297	1,6321	24º	0,2217

Como reflexo dos números *fuzzy* agregados da Tabela 3, a variável V17 foi a que apresentou maior ponderação na avaliação do serviço pelos usuários. Isso é reflexo do fato de que, apesar do sistema BRT atualmente operar com dois tipos de portas, as que permitem embarque e desembarque pela direita como os ônibus tradicionais e àquelas localizadas à esquerda para movimentações de pessoas nas estações exclusivas dos veículos BRT no canteiro central das estradas, os veículos só estão autorizados a realizar embarque e desembarque nas estações exclusivas do canteiro central, que estão instaladas em locais que maximizam o deslocamento ininterrupto dos veículos e parem nos pontos estratégicos das cidades, dessa forma, os usuários ganham maior agilidade no seu deslocamento e, consequentemente, ocorre a elevação da qualidade percebida pelo sistema.

Um segundo fator de destaque na ordenação é a cobrança de tarifa única para utilização de transportes públicos de diferentes tipos (V8), por exemplo, BRT x metrô x sistema tradicional de ônibus e suas combinações (Deng e Nelson, 2013). Duas ações das empresas e do governo estadual impactam nesta variável. A primeira foi a inserção do sistema BRT, que aconteceu em 2014, com o sistema estrutural integrado (SEI) de passageiros que já existia na RMR. O SEI é voltado para o transporte de massa e apresenta uma configuração espacial constituída por eixos radiais e perimetrais. No cruzamento destes dois eixos, ficam situados os terminais de integração que permitem ao usuário a troca de linha sem pagar nova tarifa. O acesso do

subúrbio aos terminais de integração se dá através das linhas alimentadoras. Ao todo, são 10 empresas operadoras, responsáveis por 185 linhas, das quais 123 são alimentadoras, 3 perimetrais, 24 troncais, 18 inter terminais, 6 transversais e 11 circulares, atendendo dez dos quatorze municípios da Região Metropolitana do Recife. A segunda foi a implementação de vales eletrônicos metropolitanos (os chamados VEM) que serve como meio exclusivo de entrada nas estações do BRT. A partir do VEM surgiu o conceito de "integração temporal" que permite o usuário utilizar outras linhas de ônibus convencionais, em determinados pontos ao longo do trecho que o BRT passa e que não possui terminais integrados próximos, com o pagamento de uma única passagem no período máximo de duas horas.

No outro vértice estão as variáveis V2 e V11 que apresentaram maior proximidade com a solução ideal negativa, ou seja, maior nível de insatisfação do serviço. Entre as variáveis estudadas, a maior fonte de insatisfação está relacionada com a disponibilidade de informações sobre a previsão dos horários de saídas das linhas do BRT nos terminais integrados e dos horários de chegada dos veículos nas estações exclusivas em tempo real. Salienta-se que não há previsões de chegada dos veículos nas estações faz com que o tempo psicológico de espera se prolongue além do tempo cronológico normal, fazendo com que a percepção da qualidade pelos usuários diminua. Outra variável que contribui para essa diminuição é a ausência de lojas e serviços de conveniências próximos dos pontos de parada dos veículos (V11).

Fez-se uma análise agregada dos serviços oferecidos em dimensões e as suas distâncias euclidianas estão representadas na Tabela 5. A dimensão segurança técnica (0,6520) foi a que apresentou maior proximidade com relação a um serviço de excelência, revelando que este o item mais bem avaliado pelos usuários, com a variável V17 (0,8263) contribuindo consideravelmente para o desempenho desta dimensão. A segurança técnica analisada revela a importância de se ter atender aos princípios do sistema BRT como: presença de equipamentos de segurança para casos de emergência, parada apenas nos pontos de parada e a condução dos veículos com uma velocidade segura nas vias exclusivas (entre 23 a 30 km/h). No que tange os dois últimos aspectos apresentados anteriormente, além de proporcionar uma locomoção de segurança, auxilia no oferecimento de um serviço ágil. Esses são aspectos que minimamente devem ser considerados pelos serviços de transporte público (Mahmoud e Hine, 2013). Em tese, essa dimensão (D5) não é o que caracteriza os benefícios primários da implementação do sistema BRT, mas contribui indiretamente para a melhoria do serviço. A alta avaliação da dimensão técnica está consoante com os trabalhos de Şimşekoğlu *et al.* (2015) que identificaram uma relação positiva entre segurança e a qualidade geral do serviço.

Tabela 5: Distâncias euclidianas e ordenação das dimensões segundo a técnica do TOPSIS

Dimensões	$d^+(V_{ij}, A_j^+)$	$d^-(V_{ij}, A_j^-)$	*Ci*	*Ranking*
D1 – Confiança	4,166855	3,199548	0,4343	5º
D2 – Conforto	3,144043	4,222065	0,5731	2º
D3 – Conveniência	4,327691	3,034502	0,4123	6º
D4 - Comunicação / Sistemas de Informação	4,701440	2,665987	0,3619	7º
D5 - Segurança Técnica	2,563833	4,802469	0,6520	1º
D6 – Acessibilidade	3,736951	3,631304	0,4928	4º
D7 – Empatia	3,663824	3,714260	0,5034	3º

Em segunda posição teve-se a dimensão conforto (0,5731) como a mais bem avaliada, apesar de ser sido avaliada como regular. Isso demonstra que o conforto pessoal do passageiro no

BRT e durante o momento em que aguarda a sua vinda às estações exclusivas por meio da disponibilidade de uma temperatura adequada, um assento confortável para longas distâncias, ausência de ruídos, um ambiente interno limpo agrega valor ao serviço e pode impactar na satisfação dos usuários (Chou *et al.*, 2014). A grande importância dessa dimensão no setor de transportes públicos, sobretudo para os BRTs, está relacionada a equipamentos de última geração tecnológica e a sua conservação, facilidades que proporcionam incrementos de conforto para os clientes, infraestrutura e segurança que passem credibilidade, nos aspectos tangíveis da prestação desse serviço que influência direta ou indiretamente na estruturação dos outros fatores e na qualidade global percebida (Parasuraman *et al.*, 1985).

Em contrapartida, a empatia (0,5034) ocupou a terceira posição no *ranking*. Apesar do sistema BRT reduzir o contato entre os funcionários e os usuários na linha de frente do serviço, os usuários bem avaliaram o seu contato, quando foi necessário em algum momento da viagem, com motoristas e ajudantes presentes nas estações exclusivas ao longo do trajeto e nos terminais de integração. Com uma avaliação *fuzzy* também tida como regular, a dimensão acessibilidade (0,4928) demonstrou a importância de possuir estrutura físicas que melhorem o deslocamento das pessoas, sobretudo a dos portadores de necessidades especiais. A dimensão confiança (0,4343) foi aquela que, apesar de possuir uma variável com a pior avaliação individual (V2), ocupou a quinta posição entre as demais. Como o sistema BRT busca se caracterizar por ser um transporte rápido de passageiros que apresenta a qualidade do transporte ferroviário e a flexibilidade do sistema ônibus, buscando amenizar problemas de mobilidade urbana, deveria passar uma maior credibilidade aos seus usuários por meio do comprimento dos horários das viagens, já que essa é uma das caraterísticas que mais ganham notoriedade no serviço de transporte público (Oña e Oña, 2014).

Se por um lado, existe impacto na credibilidade do serviço, o não funcionamento 100% do sistema também compromete a conveniência (0,4123) já que muitas estações exclusivas não estão prontas fazendo com que os embarques e desembarques do sistema ocorram distantes do ponto de partida ou destino final dos usuários, havendo comprometimento do desempenho desta dimensão nas condições atuais do serviço. Por outro lado, a conveniência da utilização do sistema integrado conjuntamente com o sistema BRT faz com que a cobrança de tarifa única seja um item bem avaliado nesta dimensão, apesar de não ser capar de aumentar a avaliação global da dimensão. Por fim, como consequência da avaliação *fuzzy* realizada, a dimensão comunicação / sistema de informação (0,3619) foi a que possuiu a pior avaliação global, revelando a necessidade de investimentos em equipamentos e *softwares* para uma melhor comunicação com os usuários em tempo real.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A maioria das grandes cidades no mundo e as autoridades competentes está empenhada em melhorar a mobilidade urbana. Havendo uma tendência crescente em implantar corredores prioritários de ônibus e BRT tanto em cidades de países desenvolvidos quanto em desenvolvimento. Além disso, oferecer serviços de qualidade para a população é um objetivo a ser perseguido pelas empresas que prestam esse serviço público para a melhoria da qualidade de vida da população. Dessa forma, o objetivo desta pesquisa foi avaliar a qualidade do serviço prestado pelo sistema BRT aos seus usuários na Região Metropolitana do Recife.

A ordenação das variáveis segundo a técnica do TOPSIS sugeriu que as variáveis segurança do trabalho e tarifa única de cobrança para utilização de diferentes transportes públicos foram aquelas mais bem avaliadas pelos usuários, revelando a qualidade percebida pelos usuários nesses aspectos. Do outro lado, percebeu-se uma carência quanto à disponibilidade de informações sobre os horários das linhas e a presença de lojas de conveniência, demonstrando que esses aspectos podem ser desenvolvidos para maior satisfação do usuário. A análise agregada das dimensões de qualidade demonstrou mais uma vez a satisfação com a segurança técnica no BRT, e com o conforto obtido durante a viagem e a espera nas estações. Contudo, ainda são necessários investimentos na conveniência ofertada ao usuário, na confiança do serviço e nos sistemas de comunicação para que os usuários para uma maior qualidade percebida no serviço de transporte.

Desta forma, acredita-se que o presente estudo possa contribuir para conhecer e buscar melhorias na qualidade do serviço dos BRT. Todavia, ressalta-se que tal pesquisa reflete a qualidade percebida pelo usuário no tempo e espaço delimitado no artigo, e que o desenvolvimento de novas pesquisas pode contribuir para maior compreensão do objeto de estudo. Para o futuro, sugere-se o uso dos métodos multicritério das famílias ELECTRE e PROMETHEE para sobreclassificar os atributos do serviço a luz de critérios ponderados pelos usuários, visando realizar uma análise comparativa com os achados da técnica *fuzzy* TOPSIS utilizada neste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Antunes, E. M. e F. A. Simões (2013) Utilização da psicometria para avaliar a qualidade do serviço de transporte: um estudo de caso. *Revista Gestão Industrial*, v. 09, n. 02: p. 416-439.

Barbosa, S. B.; M. G. G. Ferreira; E, M. Nickel; J. A. Cruz; F. A. Forcellini; J. Garcia e J. B. S. O. A. Guerra (2017) Multi-criteria analysis model to evaluate transport systems: an application in Florianópolis, Brazil. *Transportation Research*, v. 96, n. 6, p. 1–13.

Bian, J. W.; M. Ding (2012) The Effectiveness of the Construction of the Bus Rapid Transit in Xiamen City, in Roger L. Mackett, Anthony D. May, Masanobu Kii, Haixiao Pan (ed.) Sustainable Transport for Chinese Cities, *Transport and Sustainability*, v. 3, p.255 – 275.

BRTDATA.ORG (2017) *Dados do BRT no mundo.* Disponível em: <http://brtdata.org/?lang=pt>. Acesso em: 5 mar. 2017.

Celik, E.; O. N. Bilisik; M. Erdogan; A. T. Gumus e H. Baracli (2013) An integrated novel interval type-2 fuzzy MCDM method to improve customer satisfaction in public transportation for Istanbul. *Transportation Research Part E*, v. 58, n. 8, p. 28–51.

Cervero, R. e D. Dai (2014) BRT TOD: Leveraging transit oriented development with bus rapid transit investments. *Transport Policy*, v. 36, n. 6, p.127–138.

Chen, C. T. (2000) Extensions of the TOPSIS for group decision-making under fuzzy environment. *Fuzzy Sets Syst*, v.114, n. 1, p. 1–9.

Chou, P. F.; C. S. Lu e Y. H. Chang (2014) Effects of service quality and customer satisfaction on customer loyalty in high-speed rail services in Taiwan. *Transportmetrica A: Transport Science*, v. 10, n. 10, p. 917–945.

Dell'Olio, L.; A. Ibeas e P. Cecín (2010) Modelling user perception of bus transit quality. *Transport Policy*, v. 17, n. 6, p. 388–397.

Deng, T. e J. D. Nelson (2013) Bus Rapid Transit implementation in Beijing: An evaluation of performance and impacts. *Research in Transportation Economics*, v. 39, n. 1, p.108-113.

Eboli, L. e G. Mazzulla (2012) Structural Equation Modelling for Analysing Passengers' Perceptions about Railway Services. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, v. 54, n. 4, p. 96-106.

Ettema, D.; T. Gärling; L. Eriksson; M. Friman; L. E. Olsson e S. Fujii (2011) Satisfaction with travel and subjective well-being: Development and test of a measurement tool. *Transportation Research Part F*, v. 14, n. 3, p.167–175.

Freitas, A. L. P.; C. A. C. Reis Filho e F. R. Rodrigues (2011) Avaliação da qualidade do transporte rodoviário intermunicipal de passageiros: uma abordagem exploratória. *Transportes*, v. 19, n. 3, p. 49-61.

Freitas, A. L. P. e T. B. Reis (2013) Avaliação do transporte público urbano realizado por ônibus: uma abordagem exploratória. *Revista Produção Online*, v.13, n. 3, p. 814-842.

Freitas, A. L. P. (2013) Assessing the quality of intercity Road transportation of passengers: an exploratory study in Brazil. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, v. 49, n. 3, p. 379-392.

Hwang, C. L. e K. Yoon (1981) *Multiple Attribute Decision Making:* Methods and Application. Springer, New York.

Kumar, V. S.; V. R. Kumar e M. K. Rao (2016) Preliminary assessment of bus rapid transit system for urban roads. *International Journal for Technological Research in Engineering*, v. 4, n. 3, p.439-443.

Mahmoud, M. e J. Hine (2013) Using AHP to measure the perception gap between current and potential users of bus services. *Transportation Planning and Technology*, v. 36, n. 1, p. 4-23.

Massami, E. P.; B. M. Myamba e L. Edward (2016) Fuzzy Analysis and Evaluation of Public Transport Service Quality: A Case Study of Dar es Salaam City, Tanzania. *Journal of Transportation Technologies*, v. 6, n. 5, p. 297-311.

Morton, C.; B. Caulfield e J. Anable (2016) Customer Perceptions of Quality of Service in Public Transport: evidence for bus transit in Scotland. *Case Studies on Transport Policy*, v. 4, n. 3, p. 199-207.

Oliveira, R. R. (2006) *Aplicação da metodologia QFD no transporte rodoviário interestadual de passageiros em Vitória/ES.* 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Espírito Santo, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Vitória.

Oña, J. e R. Oña (2014) Quality of Service in Public Transport Based on Customer Satisfaction Surveys: a review and assessment of methodological approaches. *Transportation Science*, v. 49, n. 3, p. 605-622.

Oña, J.; R. Oña; F. J. Calvo (2012) A classification tree approach to identify key factors os transit service quality. *Expert Systems with Applications*, v. 39, n. 12, p. 11164-11171.

Ortega, A. G.; M. L. D. Jalón e J. A. R. Menéndez (2014) A strategic analysis of collective urban transport in Spain using the Five Forces Model. *Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa*, v. 20, n. 1, p. 5–15.

Parasuraman, A.; V. A. Zeithaml e L. L. Berry (1985) A conceptual model of services quality and its implication for future research, *Journal of Marketing*, v. 49, n. 4, p. 41-50.

Silva, C. F. D.; D. A. Batista e D. D. Medeiros (2014) A proposed method to evaluate the quality of services using Fuzzy sets theory. *Quality & Quantity*. v. 48, n. 2, p. 871-885.

Şimşekoğlu, Ö.; T. Nordfjærn e T. Rundmo (2015) The role of attitudes, transport priorities, and car use habit for travel mode use and intentions to use public transportation in an urban Norwegian public. *Transport Policy*, v. 42, n. 6, p. 113–120.

Wang, Y. J. e H. S. Lee (2007) Generalizing TOPSIS for fuzzy multiple-criteria group decision-making. *Computers & Mathematics with Applications,* v. 53, n. 11, p. 1762–1772.

Weisbrod, G.; C. Mulley e D. Hensher (2016) Recognising the complementary contributions of cost benefit analysis and economic impact analysis to an understanding of the worth of public transport investment: A case study of bus rapid transit in Sydney, Australia. *Research in Transportation Economics*, v. 59, p. 450–461.

Yaya, L. H. P.; M. F. Fortià; C. S. Canals e F. Marimon (2014) Service quality assessment of public transport and the implication role of demographic characteristics. *Public Transport*, v. 7, n. 3, p. 1–20.

Yin, R. (2015) *Estudo de Caso:* planejamento e métodos. 5.ed. Bookman. Porto Alegre.

Zadeh, L. A. (1965) Fuzzy sets. *Information and Control,* v. 8, n. 3, p. 338-353.

Joás Tomaz de Aquino (joastomaz@outlook.com)
Fagner José Coutinho de Melo (fagnercoutinhomelo@gmail.com)
Taciana de Barros Jerônimo (taciana.barros@gmail.com)
Renata Braga Berenguer de Vasconcelos (renata_berenguer@hotmail.com)
Juliana Valença de Sousa (juliana_valenca2@me.com)
Departamento de Infraestrutura e Construção Civil, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco
Av. Prof. Luís Freire, 500 – Cidade Universitária, PE, Brasil

REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA DE ESTUDOS SOBRE TECNOLOGIAS DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO (TIC) E USABILIDADE APLICADAS AO TRANSPORTE PÚBLICO (TP)

Roberto Bernardo da Silva
José Matsuo Shimoishi
Universidade de Brasília (UnB)
Programa de Pós-Graduação em Transportes (PPGT)

RESUMO
As tecnologias de informação e comunicação (TIC) podem melhorar a experiência nas viagens dos usuários do transporte público (TP) durante o tempo que os mesmos permanecem dentro dos sistemas de transportes. Este artigo busca ampliar a compreensão sobre essa temática através da aplicação da metodologia de Revisão Sistemática da Literatura (RSL). A metodologia da pesquisa foi a pesquisa bibliográfica de caráter exploratório, realizando uma revisão através da metodologia de Revisão Sistemática da Literatura (RSL). Identificou-se 65.555 publicações relacionadas a TIC e usabilidade aplicadas ao transporte público coletivo (TPC); desses, selecionou-se para análise 32 artigos que tratavam de TIC e usabilidade aplicadas ao TPC. Nesses 32 trabalhos selecionados para análise criteriosa foi realizada leitura detalhada, identificação das abordagens utilizadas e o estudo das relações. O trabalho conclui que existe uma carência de estudos voltados a aplicação de TC e usabilidade ao transporte coletivo (TC) e pela oportunidade de pesquisa no tema.

ABSTRACT
Information and communication technologies (ICT) can improve the travel experience of public transport users (TP) during the time they remain within transport systems. This article seeks to broaden the understanding of this topic through the application of the methodology of Systematic Review of Literature (RSL). The methodology of the research was the exploratory bibliographic research, performing a review through the methodology of Systematic Review of Literature (RSL). It was identified 65,555 publications related to ICT and usability applied to collective public transport (TPC); Of these, 32 articles dealing with ICT and usability applied to TPC were selected for analysis. In these 32 papers selected for detailed analysis, detailed reading, identification of the approaches used and the study of the relationships were performed. The study concludes that there is a lack of studies aimed at the application of CT and usability to collective transportation (TC) and the opportunity to research the theme.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil passa por processo de modernização do transporte público coletivo (TPC) para atender, de forma eficiente, as necessidades da população. Para ANTP (2012), as relações entre o setor empresarial, os órgãos gestores e a sociedade têm evoluído no sentido de estabelecer parcerias, que permitam a melhoria dos serviços e da infraestrutura condizentes com os avanços socioeconômicos alcançados nos últimos 10 anos.

Para a NTU (2015), a carência e a baixa qualidade do transporte público coletivo oferecido nas grandes e médias cidades do Brasil, muitas vezes são resultados de uma conjunção de fatos que fogem à competência dos operadores e gestores, somados a outros fatores como o crescimento econômico, distribuição de renda e a uma política de incentivo ao transporte individual, provocou uma migração considerável dos usuários do TPC para este último modo.

O BRT é uma tecnologia de transporte consolidada e utilizada em todos os continentes, apresentando-se como a opção mais recomendada para sistemas de transporte de média capacidade, uma vez que é amplamente favorecido pelas relações custo-benefício e tempo versus complexidade de implantação.

Os referidos sistemas tornaram-se referências internacionais de transporte público coletivo de

relevante desempenho, qualidade e baixo custo de implantação e operação. Os sistemas de transportes sofrem inovações incrementais, com o intuito de aproveitar a oportunidade de explorar e avançar, cada vez mais, na operação que, ao serem planejados e implantados, certamente, influenciarão positivamente na mobilidade urbana da população que faz uso.

Para que o sistema BRT alcance os níveis mais altos de eficiência (com diminuição de custo, e maior confiabilidade operacional), segurança e conforto para os usuários do TPC, torna-se fundamental a utilização de novas Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC). O BRT é um conceito que apresenta, de forma clara, a evolução dos serviços de transporte rodoviário, na qual o uso das TIC contribui para o uso de tecnologias de Sistemas Inteligentes de Transportes (Intelligent Transport Systems - ITS).

A utilização de sistemas de informação ao usuário baseados em tecnologias de automação e enquadrados no universo dos ITS, apesar de prática comum na Europa, Ásia e América Anglo-saxônica, somente tomou impulso no transporte público brasileiro na última década, com a compra de pacotes tecnológicos e desenvolvimento de TIC. Para a ANTP (2012), a referida prática tem se dado por intermédio de iniciativas isoladas, pontuais ou experimentais. Existe ainda um debate entre autoridades de gestão do transporte público, operadores e fornecedores de tecnologia sobre a viabilidade econômica e benefício efetivo da implementação de TIC.

A prestação de informação estática, na forma dinâmica, como acesso via internet a itinerários, informações sobre bilhetagem eletrônica, programação, ferramentas de roteirização, implementação de call centers de informação ao usuário e informações da disponibilidade dos serviços, que atualmente é uma prática recorrente nas principais cidades brasileiras. Porém, ainda é incipiente o uso de TIC voltadas para a informação e disponibilidade dessa informação em tempo real. O Brasil é carente de estudos que avaliam a usabilidade das TIC nos sistemas de transportes, especialmente nos terminais, veículos e nas estações.

2. TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO (TIC)

De acordo com Berdichevsky e Neunschwander (1999), as tecnologias podem ser passivas ou ativas. As tecnologias passivas são: jornais, rádio, televisão e servem a fins sociais, políticos e econômicos, por meio de processo de comunicação de massa. As tecnologias ativas são mídias interativas como o vídeo games, web sites, agentes de interface, e servem aos mesmos fins, porém com o diferencial da personalização, da simulação e do controle aparentemente exercido pelo expectador.

Enquanto as informações difundidas pelas tecnologias passivas atingem milhões de espectadores num processo de comunicação massivo, seu controle produtivo é restrito a um grupo de empresários. Já as informações propagadas pelas tecnologias ativas atingem apenas um menor grupo, num processo de interação pessoal, mas a geração de resultados é democrática e acessível a todos.

Rosa (2009) pondera que as Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) podem ser compreendidas como um conjunto de recursos tecnológicos que proporcionam um novo modo de se comunicar. Surgiu, no decorrer da história, no cenário da Terceira Revolução Industrial e foi gradualmente se desenvolvendo a partir da década de 70 e foi ganhando atenção, sobretudo na década de 1990.

Algumas das maiores características das TIC são a agilidade, a horizontalidade e a possibilidade de manipulação do conteúdo da comunicação e informação mediante a digitalização e comunicação em redes. Ainda para Rosa (2009), essa nova dinâmica das relações entre as pessoas foi desenhando o que hoje se conhece conceitualmente como a Sociedade da Informação e do Conhecimento alicerçada, sobretudo por redes de comunicação telefônica e virtual.

Sorj (2003) afirma que as Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) ocupam um papel central nos novos formatos de produção de conhecimento, educação, trabalho e comunicação em geral. Nesta perspectiva, segundo Castells (2003), as TIC permitem a formação de uma sociedade em rede em que a troca de informações, ideias, serviços e produtos tornam-se um diferencial nos relacionamentos pessoais e profissionais.

Dahmer e Fleury (2010) afirmam que a crescente difusão das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) vem contribuindo também na emergência de novos modelos de educação e aprendizagem. Para esses autores, esses modelos são amparados nas novas formas de interação e colaboração, na conexão com redes globais de organizações e de indivíduos e no estabelecimento de novas dinâmicas para o desenvolvimento e aprimoramento de competências individuais e organizacionais.

3. ESTRUTURA DA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

Brasil (2012) releva a importância de instituir diretrizes sobre revisões sistemáticas da literatura no sentido de nortear e padronizar a elaboração e condução de uma revisão sistemática de qualidade; principalmente, devido à lacuna existente na literatura nacional desse tipo de estudo e a baixa qualidade metodológica das mesmas, além, como identificado por Loureiro *et al.* (2016), dos erros durante a aplicação das etapas estruturais da metodologia.

Ainda para Brasil (2012), as diretrizes sobre revisões sistemáticas são guias práticos das principais etapas que estruturam a elaboração de revisões sistemáticas da literatura científica, de modo que se faz necessário a compreensão dos principais fundamentos dessa metodologia.

De acordo com Soni e Kodali (2011), para a aplicação da Revisão Sistemática da Literatura (RSL), o método sugerido é a sequência de seis passos de pesquisa:

Passo 1: Definição do problema de pesquisa claro, objetivo e conciso;
Passo 2: Definição da estratégia de pesquisa, mediante a escolha das bases de dados, do período de pesquisa e dos termos de busca;
Passo 3: Definição de critérios para inclusão ou exclusão de trabalhos; e,
Passo 4: Seleção dos artigos, conforme a estratégia de pesquisa (Passo 2) e critérios de inclusão e exclusão (Passo 3).

Tranfield *et al.* (2003) adverte que a dificuldade na especificação da qualidade e na realização de avaliações dos estudos é um grande desafio no desenvolvimento de uma pesquisa que emprega a metodologia de revisão sistemática. Frente a essas dificuldades, pode-se adotar duas estratégias de condução da pesquisa: I) avaliação dos estudos são realizadas em sistema de *blind review* (“duplo sego”), mediante a distribuição dos textos (sem a indicação da autoria) a dois pesquisadores (pareceristas ad hoc) e; II) o emprego de questões de avaliação como critério de qualidade, definidos a priori pelos pesquisadores, como as propostas por Popay *et al.* (1998).

Passo 5: Análise dos artigos selecionados, mediante a revisão consistente dos trabalhos selecionados, considerando apenas as obras relacionados ao problema de pesquisa (Passo 1);
Passo 6: Apresentação dos resultados - com destaque para as revistas e para os autores que mais contribuem com o tema de pesquisa, apresentando lacunas e pesquisas em futuras oportunidades.

4. APLICAÇÃO DA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

Considerando a sequência de seis passos e as estratégias de condução de pesquisa descritas no item anterior, e o estudo de Santos *et al.* (2014), a metodologia de Revisão Sistemática da Literatura (RSL) foi aplicada neste estudo. O Quadro 1 detalha esta aplicação.

Quadro 1: Aplicação da metodologia de Revisão Sistemática da Literatura

Passo	Descrição	Finalidade
1. Definição do problema de pesquisa	**Problema de pesquisa:** "Como avaliar a percepção dos usuários dos sistemas transportes sobre as Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) a partir da usabilidade?".	Ampliar o conhecimento relacionado às teorias construtivista e; principalmente, sobre a teoria cognitivista.
2. Definição da estratégia de pesquisa	**Horizonte de tempo:** De 1960 a 2015.	Abranger o período entre as primeiras publicações da teoria construtivista de Piaget e; especialmente da teoria cognitivista de Vigotsky até o corrente ano, em bases de dados tradicionais.
	Bases de pesquisas: Emerald; Google Scholar; JSTOR; Science Direct; Scopus e Taylor & Francis	
	Identificação de estudos: Investigação de trabalhos publicados com termos sobre o tema (no título, resumo e palavras-chave), por meio de 3 grupos e 10 combinações de termo de busca: Grupo a: publicações relacionadas a TI e TIC [termos de busca 1. (*"information technology"*); e, 2. (*"information and communication technology (ICT)"*)]	Identificar publicações relacionadas as tecnologia de informação (TI) e a tecnologia de informação e comunicação (TIC), mediante as palavras clássicas sobre o tema.
	Grupo b: publicações relacionadas a TI; TIC; Transporte Público (TP) e mobilidade urbana [termos de busca 3. ("information technology" AND "public transport" AND "urban mobility"); 4. ("information technology" AND "collective passenger transport" AND "urban mobility"); 5. ("information and communication technology (ICT)" AND "public transport" AND "urban mobility"); e, 6. ("information and communication technology (ICT)" AND "collective passenger transport" AND "urban mobility")]	Identificar publicações relacionadas à tecnologia de informação (TI) e a tecnologia de informação e comunicação (TIC) aplicadas ao transporte público (TP) e a mobilidade urbana, mediante as palavras-chave anteriores (com o operador booleano de inclusão *and*) e palavras clássicas de tecnologia de informação (TI); tecnologia de informação e comunicação (TIC); transporte público e mobilidade urbana: *information technology*; *information and communication technology* (ICT); *public transport* e *urban mobility*.

	Grupo c: publicações relacionadas a TI; TIC; Transporte Público (TP); usabilidade; mobilidade urbana; mobilidade; trânsito e viagem [termos de busca 7. (“information technology” AND “usability” AND “public transport” OR "mobility" OR "transit"); 8. (“information technology” AND “usability” AND “collective passenger transport” OR "mobility" OR "transit"); 9. (“information and communication technology (ICT)” and “usability” and “public transport” OR "mobility" OR "transit" OR "travel"); 10. (“information and communication technology (ICT)” AND “usability” AND “collective passenger transport” OR "mobility" OR "transit" OR "travel")]	Identificar publicações relacionadas à tecnologia de informação (TI) e a tecnologia de informação e comunicação (TIC) e usabilidade aplicadas ao transporte público (TP) e a mobilidade urbana, mediante as palavras-chave anteriores (com o operador booleano de inclusão *and* ou exclusão *or*) e palavras clássicas de tecnologia de informação (TI); tecnologia de informação e comunicação (TIC); usabilidade; transporte público e mobilidade urbana: *information technology*; *information and communication technology* (ICT); *usability*; *public transport*; *urban mobility*; *mobility*; *transit* e *travel*.
3. Definição de critérios para inclusão ou exclusão de trabalhos	**Critérios de exclusão:** Todos os trabalhos que não sejam teses, dissertações e artigos científicos; Todos os resultados repetidos.	Limpeza da base de dados, evitando trabalhos repetidos e que não sejam classificados como teses, dissertações e artigo científico.
	Critérios de inclusão: Todas as teses, dissertações e artigos científicos que atendem aos grupos temáticos.	Identificar estudos que abordem TIC e usabilidade aplicadas ao transporte público. No caso dos artigos científicos, os que tenham sido publicados em revistas segundo o fator de impacto ISI (Institute for Scientific Information).
4. Seleção dos artigos	**Critérios de seleção:** Teses, dissertações e artigos científicos que atendam totalmente ao objetivo do trabalho, ou seja, que possuam aplicação das TIC e usabilidade aplicadas ao transporte público.	Selecionar teses, dissertações e artigos científicos que abordem TIC e usabilidade aplicadas ao transporte público. E no caso dos artigos científicos, os que tenham sido publicados em revistas segundo o fator de impacto ISI (Institute for Scientific Information) e que também tenham mais citações, considerando a base da *Web of Science*.
5. Análise dos artigos selecionados	**Elementos para análise:** Relação de teses; dissertações e artigos publicados por revista; quanto ao objeto e análise de estudos que tratem das TIC e usabilidade aplicadas ao transporte público.	Desenvolver a compreensão sobre o tema, mediante a análise da literatura nacional e internacional.

6. Apresentação dos resultados	**Resultado:** Levantamento de dados para a revisão de literatura.	Classificação de base teórica e proporcionar oportunidades de pesquisas.

Fonte: Adaptado de Santos *et al.* (2014)

5. RESULTADOS DA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

Os resultados que serão apresentados neste item referem-se à aplicação da metodologia de Revisão Sistemática da Literatura (RSL) (Quadro 1). As buscas foram realizadas de 01 de maio a 30 de julho de 2016, já as análises ocorreram em agosto de 2016.

A Tabela 1 apresenta a relação dos estudos identificados com termos clássicos sobre o tema (no título, resumo e palavras-chave) após o "Passo 2", totalizando 65.555 resultados. Na primeira coluna estão organizados os 3 grupos de palavras-chave (A, B e C). Na segunda coluna estão apresentadas as 10 combinações de termos de busca utilizados na pesquisa. Na terceira coluna estão apresentadas as bases de dados em que foram efetuadas as buscas: *Emerald; Google Scholar; JSTOR; Science Direct; Scopus e Taylor & Francis*. Na quarta coluna está apresentado o total de resultados, por grupo de termos de buscas e os percentuais na quinta e última coluna.

Tabela 1: Relação dos estudos identificados através da RSL

Grupo	Termos de busca	Base de Dados						Total	%
		Emerald	Google Scholar	JSTOR	Science Direct	Scopus	Taylor & Francis		
A	1. "information technology"	250	1560	588	358	109	197	**3062**	72,72
	2. "information and communication technology (ICT)"	128	800	308	205	101	163	**1705**	
B	3. "information technology" and "public transport" and "urban mobility"	57	52	35	101	143	33	**421**	23,83
	4. "information technology" and "collective passenger transport" and "urban mobility"	121	25	15	31	100	112	**404**	
	5. "information and communication technology (ICT)" and "public transport" and "urban mobility"	19	55	5	47	11	13	**150**	
	6. "information and communication technology (ICT)" and "collective passenger transport" and "urban mobility"	9	49	15	27	166	321	**587**	
C	7. "information technology" and "usability" and "public transport" and "mobility" and "transit"	13	15	7	6	7	7	**55**	3,45
	8. "information technology" and "usability" and "collective passenger transport" and "mobility" and "transit"	11	11	2	2	1	29	**56**	
	9. "information and communication technology (ICT)" and "usability" and "public transport" and "mobility" and "transit" and "travel"	3	7	11	27	33	4	**85**	
	10. "information and communication technology (ICT)" and "usability" and "collective passenger transport" and "mobility" and "transit" and "travel"	5	13	2	1	3	6	**30**	
Total		**616**	**2587**	**988**	**805**	**674**	**885**	**6555**	**100**

Fonte: Adaptado de Santos *et al.* (2014)

As buscas por teses e dissertações foram realizadas em bases de dados específicas para essa finalidade. Para tanto, utilizou-se das bases de dados de acesso livre *Networked Digital Library of Theses and Dissertation* (NDLTD) e do Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (ibict). Assim como em bases de dados de acesso restrito, como: Proquest dissertation e da Capes. Os resultados constam na quarta coluna da Tabela 1.

A Figura 1 apresenta os resultados do quantitativo do grupo A de palavras-chave de publicações, totalizando 4.767 resultados, ou 72,72% dos trabalhos encontrados. Isso significa que o grupo A de palavras-chaves, que é formado pelos termos em inglês: "tecnologia da informação" e "tecnologia da informação e comunicação (TIC)", obteve o maior número de trabalhos encontrados, provavelmente pelo fato desses termos de buscas serem relativamente genéricos. Ressalta-se que as buscas destas duas combinações de termos foram efetuadas apenas pelas bases de dados *Scopus; JSTOR e Emerald.*

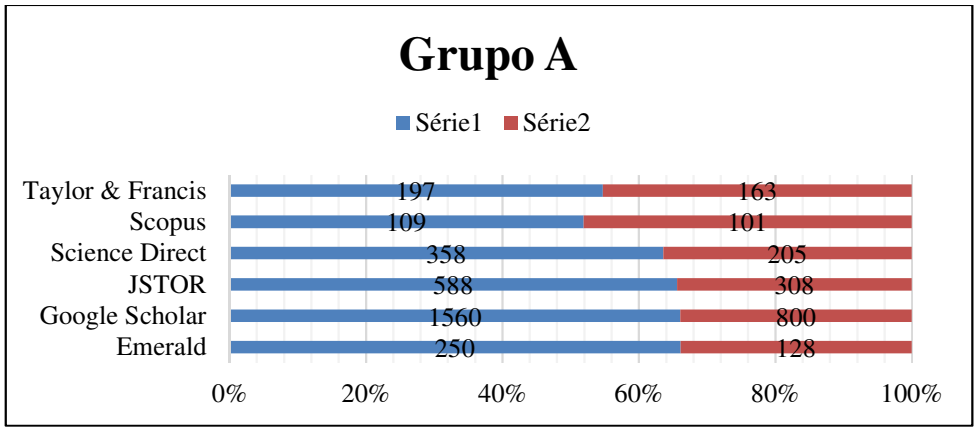


Figura 1: Resultados do quantitativo do grupo A de palavras-chave

Por sua vez, a Figura 2 apresenta os resultados do quantitativo do grupo B de palavras-chave de publicações, totalizando 1.562 resultados, ou 23,83% dos trabalhos encontrados. Isso mostra que o grupo B de palavras-chaves alcançou o segundo maior número de trabalhos encontrados. Isso mostra que embora o número de bases de dados tenha passado de duas para quatro, a utilização de termos de busca mais específicos, aliado ao emprego dos operadores *booleanos* "AND" e "OR" levaram ao resultado de menos trabalhos identificados. Reforça-se que as buscas destas quatro combinações de termos foram efetuadas pelas bases de dados: *Taylor & Francis; Scopus; Science Direct; JSTOR; Google Scholar e Emerald.*

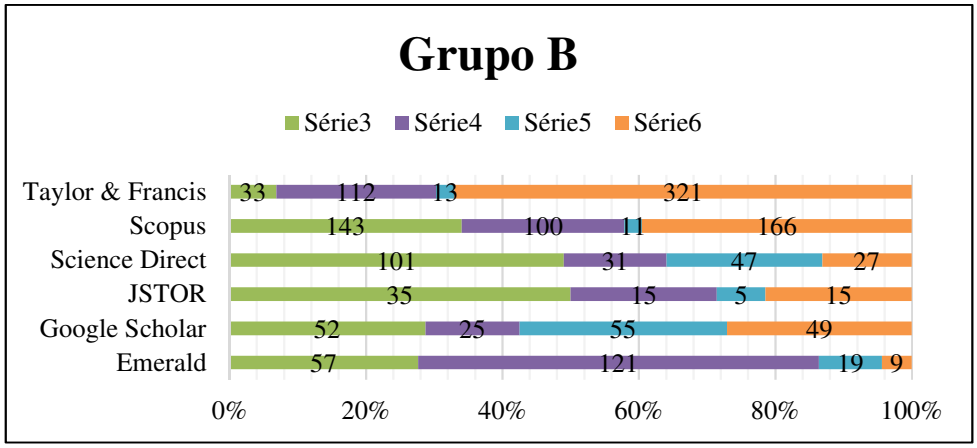


Figura 2: Resultados do quantitativo do grupo B de palavras-chave

Finalmente, a Figura 3 apresenta os resultados do quantitativo do grupo C de palavras-chave de publicações, totalizando 226 resultados, ou 0,45% dos trabalhos encontrados. Portanto, o grupo C de palavras-chave alcançou o menor número de trabalhos encontrados, principalmente pela utilização de termos de busca ainda mais específicos, assim como pelo emprego dos operadores *booleanos* supracitados. Esclaresse-se que as buscas destas quatro combinações de termos também foram efetuadas pelas bases de dados: *Taylor & Francis; Scopus; Science Direct; JSTOR; Google Scholar e Emerald*.

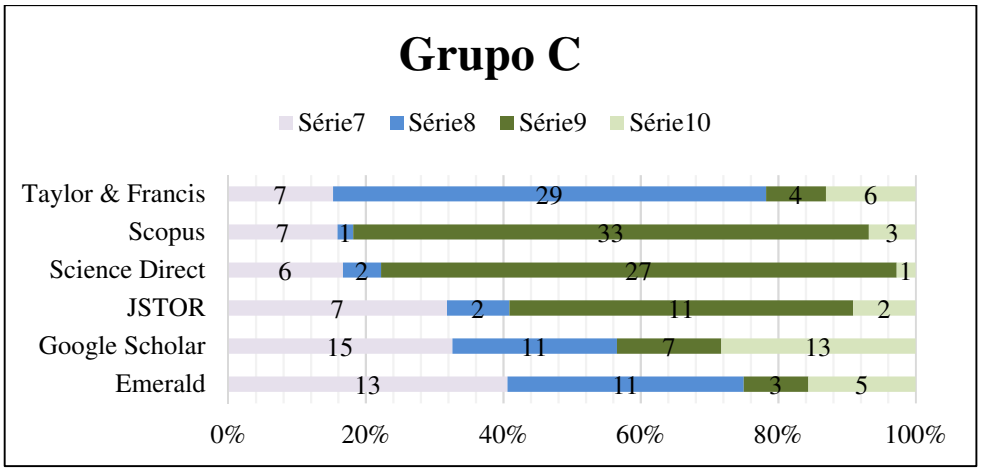


Figura 3: Resultados do quantitativo do grupo C de palavras-chave

Os 3,45% de resultados obtidos no Grupo C, que se referem aos estudos (teses, dissertações e artigos científicos) de aplicações das TIC e usabilidade no transporte público, demonstram que à atenção dada o esse assunto até o momento pode ser considerada baixa. Contudo, não menos importante que outras temáticas ligadas ao transporte público encontrada na literatura científica tanto nacional como internacional.

6. ESTUDOS SELECIONADOS DA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

Os artigos selecionados para análise criteriosa são aqueles que consideram os critérios de seleção de artigos apresentados na metodologia. Com a finalidade de filtrar apenas os estudos que considerassem ao problema de pesquisa, foram aplicados os critérios para inclusão ou exclusão de trabalhos "Passo 3", resultando na eliminação de 99,6% dos estudos identificados. Nessa perspectiva foram selecionados 32 trabalhos, estes relacionados à tecnologia da

informação (TI); tecnologia de informação e comunicação (TIC); usabilidade; transporte público e transporte público coletivo. O Quadro 2 apresenta os principais trabalhos selecionados.

Quadro 2: Taxonomia dos principais trabalhos selecionados através da RSL

Autor	Ano	Título
SANTOS, T. M. S. ; SILVA, M. C. ; NASCIMENTO, M. V.	2015	**ANÁLISE DE TIPOS DE TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO APLICADA NO TRANSPORTE PÚBLICO URBANO SOB A ÓTICA DO USUÁRIO.**
RODRIGUES, Evaldo Cesar C. ; RODRIGUES, M. M. V. O. C. ; COSTA, P. H. S. ; COSTA, I. A.	2015	**PRINCÍPIOS DE USABILIDADE NO METRÔ-DF: UMA ABORDAGEM ANTROPOTECNOLÓGICA.**
RODRIGUES, E.C.C.	2014	**METODOLOGIA PARA INVESTIGAÇÃO DA PERCEPÇÃO DAS INOVAÇÕES NA USABILIDADE DO SISTEMA METROVIÁRIO: UMA ABORDAGEM ANTROPOTECNOLÓGICA.**
RODRIGUES, Evaldo Cesar C. ; COSTA, I. A. ; COSTA, P. H. S. ; CONDES, M. L. ; Shimoishi, J M.	2014	**PRINCIPIOS DE USABILIDADE NO TRANSPORTE PÚBLICO.**
LINDAU, L.A. ; PETZHOLD, G. S. A. ; Silva, C. A. M. ; FACCHINI, Daniela.	2014	**BRT AND BUS PRIORITY CORRIDORS: SCENARIO IN THE AMERICAN CONTINENT.**
MARTE, C. L. ; YOSHIOKA, L. R. ; MEDEIROS, J. E. L. ; PERON, L. ; SANTOS, A. S. ; MARQUEZ, J. M.	2014	**SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE APLICADOS EM CORREDORES BRT: CASOS BRASILEIROS.**
SOUZA, E. M. F. R; CRUZ, C. B. M. ; RICHTER, M.	2014	**O USO DE GEOTECNOLOGIAS EM SISTEMAS DE TRANSPORTE E ORGANIZAÇÃO URBANA NO BRASIL.**
PEIXOTO, J. V. P. ; FREITAS, M. C. D.	2013	**ANÁLISE DA USABILIDADE DO SISTEMA DE INFORMAÇÃO DO USUÁRIO NA PRÉ-VIAGEM DO TRANSPORTE PÚBLICO URBANO DA CIDADE DE CURITIBA.**
BEDENDO, L. B.	2012	**UM ESTUDO SOBRE TECNOLOGIAS PARA TRANSPORTE COLETIVO.**
VARANDAS, M. V. D.	2012	**AVALIAÇÃO DO USO E EFICÁCIA DA TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO NO SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO DE PASSAGEIROS.**
S. G. Rodrigues, R.R.S. Cruvinel; R.A. Ribeiro.	2012	**O PAPEL DO SISTEMA DE INFORMAÇÃO NO TRANSPORTE COLETIVO POR ÔNIBUS.**
FOTH, Marcus; SCHROETER, Ronald.	2010	**ENHANCING THE EXPERIENCE OF PUBLIC TRANSPORT US-ERS WITH URBAN SCREENS AND MOBILE APPLICATIONS.**
HOUGHTON, Jamie; REINERS, John; LIM, Colin.	2009	**INTELLIGENT TRANSPORT: HOW CITIES CAN IMPROVE MOBILITY.**

RECENA, L.G. ; ELOY, R. X.	2009	**COMO AS PESQUISAS DE TRANSPORTE VÃO SE ADAPTAR AOS AVANÇOS EM TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO.**
BUBICZ, M. E.; SELLITTO, M. A.	2009	**QUALIDADE EM SERVIÇO DE TRANSPORTE DE PASSAGEIROS: UM ESTUDO DE CASO NO SISTEMA URBANO DE PORTO ALEGRE.**
MAGAGNIN, R. C. ; SILVA, A. N. R.	2008	**UM SISTEMA DE SUPORTE A DECISÃO NA INTERNET PARA O PLANEJAMENTO DA MOBILIDADE URBANA.**
VERRUCK, F.; LAZZARI, F.; BAMPI, R. E.; CAMARGO, M. E.	2008	**ATRIBUTOS E DIMENSÕES DA QUALIDADE EM SERVIÇOS: UM ESTUDO APLICADO EM UMA EMPRESA DE TRANSPORTE URBANO.**
DONGGEN WANG e FION YUK TING LAW	2007	**IMPACTS OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES (ICT) ON TIME USE AND TRAVEL BEHAVIOR: A STRUCTURAL EQUATIONS ANALYSIS**
EVELIN VATOVEC KRMAC	2007	**INTERDEPENDENCE BETWEEN LOGISTICS ACTIVITIES AND INFORMATION COMMUNICATION**
PEREIRA, W. F.	2007	**O USO DE SISTEMAS INTELIGENTES PARA O AUMENTO DA EFICÁCIA DO TRANSPORTE PÚBLICO POR ÔNIBUS: O SISTEMA DE BILHETAGEM ELETRÔNICA.**
EBOLI, L.; MAZZULLA, G.	2007	**SERVICE QUALITY ATTRIBUTES AFFECTING CUSTOMER SATISFACTION FOR BUS TRANSIT.**
GATTA, V.; MARCUCCI, E.	2007	**QUALITY AND PUBLIC TRANSPORT SERVICE CONTRACTS. WORKING PAPER.**
SANO, K.; WISETJINDAWAT, W.; SUGA, Y.; RAOTHANACHONKUN, P.	2007	**A STUDY ON THE BENEFITS OF IMPROVING LOCAL BUS SERVICE PUNCTUALITY.**
MISHALANI, R. G. *et al.*	2006	**PASSENGER WAIT TIME PERCEPTIONS AT BUS STOPS: EMPIRICAL RESULTS AND IMPACT ON EVALUATING REAL-TIME BUS ARRIVAL INFORMATION.**
SOLLOHUB, D.; THARANATHAN, A.	2006	**A MULTIDISCIPLINARY APPROACH TOWARD IMPROVING BUS SCHEDULE READABILITY.**
REIS, C. V.	2004	**METODOLOGIA PARA UM SISTEMA DE INFORMAÇÕES AOS USUÁRIOS DE TRANSPORTE PÚBLICO, VIA INTERNET.**
K. VISWANATHAN, K.G. GOULIAS e T. KIM	2001	**ON THE RELATIONSHIP BETWEEN TRAVEL BEHAVIOR AND INFORMATION AND COMMUNICATIONS TECHNOLOGY (ICT): WHAT DO THE TRAVEL DIARIES SHOW?**
SILVA, D. M.	2000	**SISTEMAS INTELIGENTES NO TRANSPORTE PÚBLICO COLETIVO POR ÔNIBUS.**

O Quadro 2 apresenta os 28 (vinte e oito) principais trabalhos selecionados após a aplicação da metodologia Revisão Sistemática de Literatura (RSL). Nesses 28 trabalhos selecionados para análise criteriosa foi realizada leitura detalhada, identificação das abordagens utilizadas e o estudo das relações.

7. CONCLUSÕES

A metodologia Revisão Sistemática de Literatura (RSL) atendeu ao objetivo deste trabalho, visto que, ampliou a compreensão sobre a temática TIC e usabilidade aplicadas ao transporte público (TP). Mediante à aplicação da RSL, foi possível identificar e selecionar informações sobre o tema, de forma a sustentar futuras pesquisas e iniciativas para o desenvolvimento de modelos de avaliação da usabilidade das TIC do TP. Portanto, essa metodologia é recomendável para outros estudos que busquem ampliar a compreensão em um determinado tema.

Os resultados encontrados permitiram identificar diversas informações sobre o tema, como por exemplo, as melhores revistas e publicações; o quantitativo de publicações por autores; os artigos mais citados; os autores âncoras do tema; os grupos de pesquisas da temática; e até os laboratórios do tema. Observou-se que o tema TIC e usabilidade aplicadas ao transporte público (TP) são multidisciplinares e difundidas em diversos países do mundo, principalmente nos EUA e China, que concentram o maior número de publicações. A grande maioria dos artigos analisados são aplicações de TIC ao transporte público coletivo (TPC).

A Revisão Sistemática de Literatura (RSL) tem possibilitado a análise da literatura científica, assim como a identificação de informações que poderão apoiar futuras pesquisas e iniciativas voltadas para o desenvolvimento e aplicação de Tecnologias de informação e comunicação (TIC) e da usabilidade aplicadas ao transporte público (TP). Nesse sentido, são indicadas como futuras pesquisas e iniciativas para o desenvolvimento de modelos de avaliação da usabilidade das TIC do TP outras bases de dados e, por conseguinte, outros periódicos, especialmente a *Web of Science*, que é conhecida como uma das melhores e mais completas bases de dados do mundo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DAS EMPRESAS DE TRANSPORTES URBANOS – NTU. (2015). Anuários 2010 a 2015. NTU. Brasília. 2010 a 2015. Disponível em: <http://www.ntu.org.br>. Acesso em janeiro de 2016.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICOS – ANTP. (2012). Sistemas Inteligente de Transportes. Série Cadernos Técnicos. Volume 8. São Paulo.

BERDICHEVSKY, DANIEL; NEUENSCHWANDER, ERIK. (1999). Toward an ethics of persuasive technology. Disponível em: <http://cseserv.engr.scu.edu/NQuinn/ENGR019_301Spring2002/CACMEthics8.pdf>. Acesso em: 02/03/16.

CASTELLS, MANUEL. (2003). A galáxia da internet: reflexões sobre a internet, os negócios e a sociedade. Trad. Maria Luiza X. de A. Borges, revisão técnica de Paulo Vaz. Rio de Janeiro: J. Zahar.

DAHMER, A. Z. e FLEURY, A. L. (2010). Roadmapping para serviços de tecnologia educacional. Eboli, M.; Fischer, A.; Moraes, F.; Amorim, W. Educação Corporativa. Ed. Atlas.

LOUREIRO, S. A. ; NOLLETO, A. P. R. ; SANTOS, L. S. ; SANTOS JUNIOR, J. B. S. ; LIMA JUNIOR, O. F. . (2016). O uso do método de revisão sistemática da literatura na pesquisa em logística, transportes e cadeia de suprimentos. Transportes (Rio de Janeiro), v. 24, p. 95-106.

POPAY J., ROGERS A. ; WILLIAMS G. (1998). Rationale and standards for the systematic review of qualitative literature in health services research. Qualitative Health Research 8(3), p. 341–351.

ROSA, R. (2009). O potencial educativo das TICs no ensino superior: uma revisão sistemática. 121 f. Dissertação (Mestrado em Educação). Universidade de Uberaba, Uberaba, MG.

SANTOS, L. S.; LOUREIRO, S. A. ; LIMA JUNIOR, O. F. ; BERTONCINI, B. V. ; BEZERRA, O. B. (2014). Análise da literatura de Geografia do Tempo aplicada ao transporte urbano de cargas. In: XXVIII Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Transporte da ANPET, 2014, Curitiba/PR. XXVIII Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Transporte da ANPET, 2014.

SONI, G. e R. KODALI. (2011). A critical analysis of supply chain management content in empirical research. Business Process Management Journal, v. 17, n. 2, p. 238-266.

SORJ, B. (2003). Brasil@povo.com: a luta contra a desigualdade na sociedade da informação. Rio de Janeiro, Brasília/DF: J. Zahar, Unesco.

TRANFIELD, D.; DENYER, D. e P. Smart. (2003). Toward a methodology for developing evidence informed management knowledge by means of systematic review. British Journal of Management, 14, p.207–222.

Roberto Bernardo da Silva (rbaccioly@gmail.com)
José Matsuo Shimoishi (matsuo@unb.br)
Universidade de Brasília, Campus Universitário Darcy Ribeiro, Faculdade de Tecnologia – FT, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Asa Norte, Edifício SG-12, 1º Andar – CEP: 70.910-900 – Brasília–DF, Brasil.

DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DE METODOLOGIA PARA CONSOLIDAÇÃO DE DADOS DE PESQUISAS DE TRÁFEGO NO DNIT/MT

Maximiliano Martins de Faria
Julio César Barbieri
Geraldo Bonorino Xexéo
Programa de Engenharia de Sistemas e Computação
COPPE/UFRJ
Glaydston Mattos Ribeiro
Programa de Engenharia de Transportes
COPPE/UFRJ
Nilo Flávio Rosa Campos Júnior
Leonel Antonio da Rocha Teixeira Júnior
Leonardo Roberto Perim
Coordenação Geral de Planejamento e Programação de Investimentos
Diretoria de Planejamento e Pesquisa - DNIT

RESUMO
Este artigo apresenta os resultados de uma pesquisa-ação que teve como finalidade o desenvolvimento de um processo de consolidação de dados para pesquisas de tráfego no Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT). A importância das pesquisas de tráfego para o planejamento do sistema viário nacional obrigou o DNIT a desenvolver um projeto que pudesse resgatar as informações de diversas pesquisas antigas de tráfego espalhadas por planilhas eletrônicas e outros tipos de documentos para então criar bases de dados centralizadas e assim facilitar as consultas através dos sistemas do órgão e auxiliar nas tomadas de decisão por parte de seus gestores. Este processo foi aplicado em oito projetos de contagens de tráfego do órgão, com a criação de bases de dados relacionais para cada projeto. O artigo apresenta a aplicação do processo de consolidação em dois projetos específicos e as etapas do processo desde análises, modelagens, limpezas, transformações e verificações dos dados. O processo termina com a criação do banco de dados relacional e possibilita resgatar dados de pesquisas antigas, distribuídas em planilhas eletrônicas que, com o passar dos anos, poderiam se perder ou então se tornarem inacessíveis.

ABSTRACT
This paper presents the results of an action research which purpose the development of a data consolidation process for traffic research in the National Department of Transportation Infrastructure (DNIT). The importance of traffic research to the planning of the national road system forced the DNIT to develop a project that could retrieve the information from several old traffic surveys scattered through spreadsheets and other types of documents to create a centralized database and thus facilitate the querying through the systems of the department and assist in the decision making by its managers. The process was applied in eight traffic counting projects, with the creation of relational database for each project.

1. INTRODUÇÃO

As pesquisas de tráfego são elementos importantes de um sistema viário de um país. Elas auxiliam no planejamento, análise e prospecção para novas estradas, expansões e melhoria das mesmas. No Brasil o órgão responsável por todo sistema viário nacional é o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT). O DNIT é uma autarquia federal vinculada ao Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil e tem como objetivo implementar a política de infraestrutura do Sistema Federal de Viação, compreendendo sua operação, manutenção, restauração, reposição, adequação de capacidade e ampliação mediante a construção de novas vias e terminais (DNIT, 2017).

No Brasil os marcos regulatórios do sistema viário datam a partir da década 70 (Martinovic et al., 2016) e as pesquisas de tráfego fornecem informações valiosas sobre os aspectos operacionais do tráfego nos eixos viários, colaborando para as definições das políticas de transporte do País (Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, 2006). Desde a década de 70 já existem planos responsáveis pela contagem de tráfego nas rodovias nacionais. Um destes planos é o "Plano Nacional de Contagem de Tráfego (PNCT)", que conta com postos de contagens permanentes e temporários espalhados pelo território nacional.

Após um longo período de inatividade o PNCT foi retomado (a partir de 2013), com a contratação de serviços de contagem de tráfego em vários pontos da malha rodoviária federal (Júnior et al., 2016). Muitos destes serviços de contagens foram originados a partir de diferentes contratos de contagem de tráfego, onde não se observou uma preocupação com a padronização da contagem nem na apresentação dos resultados. Muitos deles foram entregues em mídia eletrônica no formato de planilhas, documentos de textos e até mesmo fotos.

Com a retomada do novo PNCT e, consequentemente, o aumento das pesquisas de tráfego, se fez necessário a padronização das contagens para que as mesmas pudessem ser consolidadas em bases de dados únicas para assim facilitar consultas através de sistemas do órgão. Com isso, um dos grandes desafios foi o de agregar as diversas fontes de contagens de tráfego existentes com as fontes atuais já consolidadas. A ideia do órgão foi criar uma base centralizada consolidando as pesquisas antigas já realizadas com as pesquisas atuais a partir de 2013. Este trabalho apresenta a aplicação de um processo desenvolvido por pesquisadores da Coppe/UFRJ, através do Termo de Execução Descentralizada com o DNIT, que automatiza, analisa e consolida todas as informações de diversas pesquisas antigas de tráfego do órgão espalhadas por planilhas eletrônicas e outros tipos de documentos criando, a partir destas, bases de dados normalizadas e centralizadas.

Este artigo está divido em cinco sessões, sendo esta a primeira. Na segunda serão discutidos os trabalhos relacionados, na terceira a metodologia utilizada, na quatro o desenvolvimento e aplicação da metodologia e, por fim, na sessão cinco, a conclusão. Na última sessão serão apresentadas as referências bibliográficas.

2. TRABALHOS RELACIONADOS

Este trabalho propõe um processo auditável que analise, consolide e transforme os dados de pesquisas antigas de tráfego em bancos de dados relacionais (Codd, 1970). Foi feita uma ampla revisão sobre o tema na busca por tecnologias que pudessem auxiliar a construção de um processo de consolidação de dados. Foram encontrados muitos trabalhos, relativos a tratamento de dados de tráfego, utilizando as tecnologias de d*ata warehouse* e processos de ETL (*Extract – Transform – Load*).

Data warehouse é um banco de dados gerenciado e integrado composto por diversas fontes de dados, muito usado para consolidar informações de diversas bases e armazená-las de forma centralizada, o que facilita consultas por sistemas de uma organização e melhora as tomadas de decisões (Moalla et al., 2017; Pandey, 2014; Dewan et al., 2014).

Um dos processos de *data warehouse* é o ETL, este é composto de técnicas para extração de dados, limpeza e transformação segundo um padrão desejado, para então, serem carregados

em banco de dados (Gill and Singh, 2014; Satkur, 2013). As fontes de dados podem ter muitos formatos como: arquivos textos, arquivos XML, tabelas relacionais, arquivos de *logs*, planilhas eletrônicas entre outros (Satkur, 2013), fato que vai ao encontro dos objetivos deste trabalho.

Em Bitar (2016) os pesquisadores, através de atividades de ETL consolidaram informações de bases de dados de tráfego do estado de Oklahoma, Estados Unidos, para criação de um *data warehouse.* A partir deste modelo os pesquisadores executaram análises estatísticas, filtragem e correção de dados para obtenção de informações sobre padrões de tráfego das estradas que apoiassem as decisões das agências de transportes quanto à melhoria do fluxo de trânsito na cidade.

O trabalho de Parker (2014) propõe um sistema de gerenciamento de dados que melhore as capacidades de armazenamento, desempenho, acesso e integração aos dados de tráfego. Os pesquisadores, do Laboratório de Operação e Segurança de Tráfego da Universidade Wisconsin em Madison (EUA), propuseram uma reformulação em sua base de dados estatal de tráfego através de técnicas de ETL para a criação de um novo *data warehouse* que pudessem aprimorar os armazenamentos de dados diminuindo os intervalos de amostras de tráfegos de 5 minutos para 1 minuto.

Também em Zhao et al. (2011) foi proposto um modelo para criação de um Sistema de Transporte Inteligente (ITS) que centralizasse informações de tráfego coletados a partir de dispositivos coletores de viagens. Para isso o trabalho propõe a criação de um *data warehouse* ITS que centralize os dados de tráfego e possa ser usado em consulta e no apoio a tomada de decisões.

Em Sun (2011) realizou-se um estudo pelo Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade de Melbourne para melhoria da manutenção do pavimento rodoviário. Os pesquisadores descobriram que os dados nacionais sobre gastos do setor rodoviário poderiam ser melhorados com uma abordagem de gerenciamento do conhecimento através da captura de dados sobre tráfego e sua consolidação e o uso em sistemas de *data warehouse*.

Por fim em Souleyrette (2011), os pesquisadores executaram uma ampla pesquisa em diversos estados Norte Americanos sobre como eram gerenciados seus dados sobre segurança de tráfego. Alguns estados responderam a pesquisa indicando o uso de sistemas *data warehouse* para centralização e análise de dados sobre segurança de tráfego, pode-se citar os estados de Virginia, Maine e Michigan como exemplos.

Nota-se o vasto uso de tecnologias *data warehouse* e processos ETL na consolidação, análise, limpeza e transformação de dados. Na maioria dos artigos a intenção é a de apoiar à tomada de decisão e transparência no trato dos dados. Mas nenhum dos artigos cita o resgate de pesquisas legadas distribuídas em fontes como arquivos textos e planilhas eletrônicas. Neste sentido isto torna este trabalho de certa forma inovador e com uma rica contribuição.

3. METODOLOGIA

Para o desenvolvimento deste trabalho foi necessário a criação de um processo que pudesse agregar as diversas fontes de dados antigos (planilhas eletrônicas entre outros) para que em

seguida estas fossem analisadas e consolidadas em bases de dados relacionais e centralizadas. Para alcançar este objetivo, a equipe de pesquisadores dividiu a metodologia em duas partes: A primeira foi executado um trabalho de pesquisa-ação que pudesse auxiliar na busca por soluções e a segunda o desenho do processo de consolidação com etapas claras e que pudessem ser auditadas.

A metodologia usada para este trabalho, para busca das soluções, foi baseada na pesquisa-ação, que pode ser descrita como uma pesquisa que executa uma ação e ao mesmo tempo uma investigação. A pesquisa-ação dentro de uma pesquisa é uma forma de investigação interna cujo objetivo é resolver problemas, aperfeiçoar práticas e propor soluções (Espadas et al., 2008). A mesma está baseada em um processo de inteligência crítica para dar forma a uma ação, desenvolvendo capacidades para reestruturações e propondo novas soluções que sejam necessárias (Herbert Altrichter et al., 2002).

A pesquisa-ação deste trabalho foi elaborada com base em processos de tratamento e consolidação de base de dados encontrados na literatura. O resultado da revisão da literatura e dos trabalhos relacionados (Seção 2) foi a criação de um processo, baseada em tecnologia de d*ata warehouse* e atividades de ETL de dados. Na figura 1 é apresentada a visão da metodologia da pesquisa-ação utilizada no desenvolvimento do processo utilizado neste trabalho.

Após a finalização da pesquisa-ação, a equipe de pesquisadores desenvolveram o desenho do processo aqui denominado de "**Processo de Consolidação**". O objetivo é que através deste processo pudessem ser extraídos os dados das pesquisas antigas e assim criar um banco de dados relacional relativo a cada pesquisa de tráfego antiga.

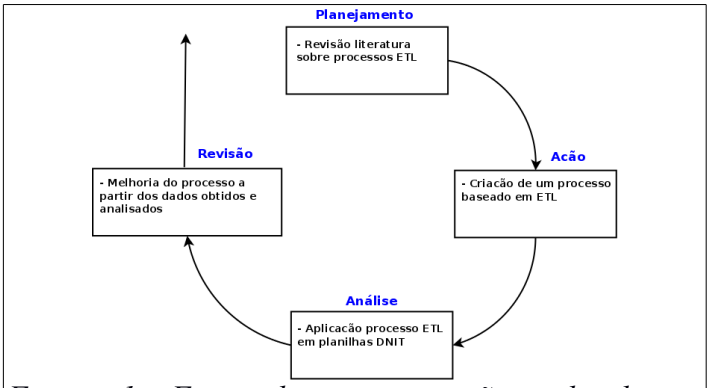


Figura 1: Fases da pesquisa-ação utilizada na criação do processo utilizado na consolidação dos dados

O processo planejado foi baseado em conceitos de d*ata warehouse* e nas atividades de extração, transformação e carga de dados (ETL) conhecido de ambientes de d*ata warehouse* (Inmon and Hackathorn, 1994; Avesh Dhakal, 2014). O processo de consolidação foi divido em cinco etapas, são elas: **Modelagem de dados, Criação do banco de dados, Limpeza de dados, atividades de ETL e Verificação de dados**. Na figura 2 é apresentada uma visão geral do processo construído e em seguida a descrição de cada etapa.

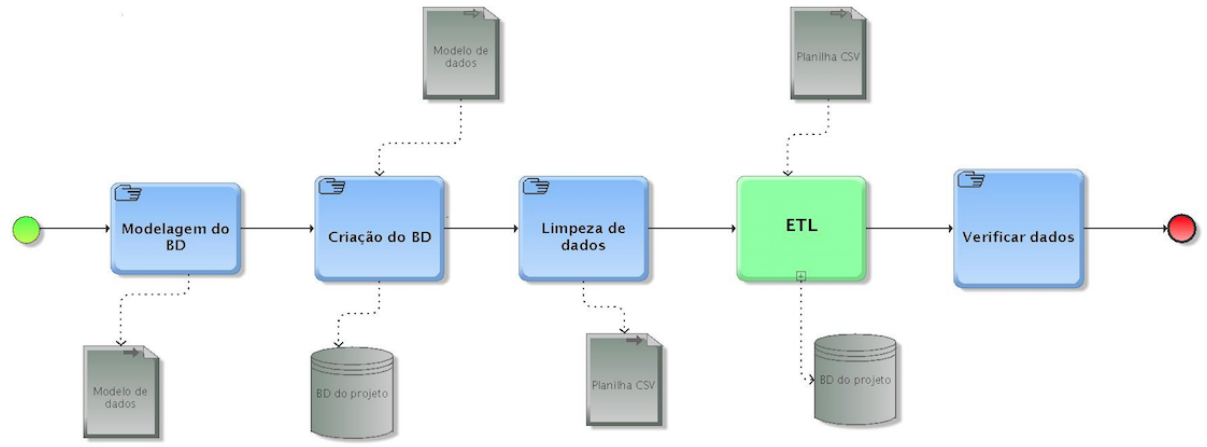


Figura 2: Processo de consolidação dos dados das pesquisas antigas

3.1 Modelagem da base de dados

Durante essa etapa, cada arquivo recebido dos projetos são analisados minuciosamente. O objetivo é a criação de um modelo de dados para cada um dos projetos. Os modelos de dados resultantes são baseados em modelos já estabelecidos pelo DNIT, permitindo assim, a compatibilidade entre os modelos de dados de cada projeto.

3.2 Criação do banco de dados

Após a modelagem, nesta etapa é criado o banco de dados a partir do modelo. Este banco receberá os dados do projeto no fim do processo. Durante o decorrer do processo o modelo pode ser alterado para refletir mudanças encontradas nas etapas seguintes. Cada projeto terá seu banco relacional único, mas como todos seguem um modelo padrão do DNIT, no fim do processo de consolidação o DNIT poderá optar pode juntar todos os bancos dos projetos em um único banco.

3.3 Limpeza de dados

Nesta etapa as diversas planilhas eletrônicas de um projeto serão convertidas em arquivos *comma-separated values* (CSV) que possuirão o mesmo formato. O formato destes arquivos serão baseados nos modelos criados na etapa anterior. O formato criado pode variar de projeto para projeto, embora, as bases resultantes de cada projeto possuirão estruturas de tabelas similares para que possam ser mantida a compatibilidade entre as bases. A figura 3 apresenta um exemplo de arquivo CSV resultante do processo inicial de limpeza de dados.

3.4 Construção da transformação

Nesta etapa ocorrem as transformações dos dados em bases de dados. As transformações se baseiam em conceitos de ETL (Titirisca and others, 2013; Satkur, 2013; Kakish and Kraft, 2012) e receberão todos os arquivos CSV da etapa anterior como entrada. A base de dados resultante terá fundamento no modelo criado na etapa anterior de modelagem da base de dados. Nesta etapa, para as transformações será utilizado um software de apoio ao ETL, neste trabalho o software escolhido foi o *Pentaho Data Integration* (Casters et al., 2010).

Date/Time	Class #1	Class #2	Class #3	Class #4	Class #5	Class #6	Class #7	Class #8
12/9/2014 00:00	0	7	1	0	2	1	2	0
12/9/2014 01:00	1	2	3	0	1	1	0	1
12/9/2014 02:00	0	7	0	0	1	5	0	1
12/9/2014 03:00	0	2	0	0	1	3	0	0
12/9/2014 04:00	0	6	2	1	1	1	0	1
12/9/2014 05:00	0	2	2	0	6	4	1	1
12/9/2014 06:00	4	22	1	2	7	12	1	0
12/9/2014 07:00	9	35	0	0	2	9	2	3
12/9/2014 08:00	4	34	1	2	6	7	1	4
12/9/2014 09:00	6	41	0	1	3	8	6	0
12/9/2014 10:00	7	46	2	0	4	9	2	3

Figura 3: Exemplo do arquivo CSV após a execução da limpeza de dados no mesmo.

3.4.1 Extract, Transform, Load (ETL)

Segundo Casters et al. (2010), Satkur (2013) e Kakish and Kraft (2012), sistemas de ETL são sistemas baseados em extração de dados de diversas fontes externas, transformações conforme as regras de negócio e carga, geralmente, em um d*ata warehouse*. Em geral, o processo de ETL são divididos em 3 atividades:

1. *Extract* (Extração): Etapa que compreende a conexão com as fontes de dados, sua extração e disponibilização para as demais etapas do processo;
2. *Transform* (Transformação): Etapa que envolve a aplicação de regras/funções nos dados extraídos com o objetivo de derivar os dados que serão carregados;
3. *Load* (Carga): Etapa que compreende a carga dos dados transformados em um *Data Warehouse.*

A etapa de transformação permite a modificação do fluxo de dados de diferentes formas. As transformações mais comuns realizadas nos dados são: seleção e quebra de colunas, limpeza de dados, codificação de valores, derivações de novos valores e junções. A figura 4 apresenta uma consulta em um banco de dados relacional após a execução de toda a etapa da transformação.

#	id_contagem_volumetrica	sg_sigla	sg_sentido	dt_hr_contagem	quantidade	codigo
1	146735	M	D	2014-02-13 00:00:00	0	153BTO0210
2	147737	P2	D	2014-02-13 00:00:00	0	153BTO0210
3	147236	P1	D	2014-02-13 00:00:00	0	153BTO0210
4	148238	P3	D	2014-02-13 00:00:00	0	153BTO0210
5	148739	O1	D	2014-02-13 00:00:00	2	153BTO0210
6	149741	O3	D	2014-02-13 00:00:00	1	153BTO0210
7	149240	O2	D	2014-02-13 00:00:00	0	153BTO0210
8	150242	C1	D	2014-02-13 00:00:00	0	153BTO0210
9	152246	C5	D	2014-02-13 00:00:00	0	153BTO0210
10	153248	R2	D	2014-02-13 00:00:00	0	153BTO0210

Figura 4: Exemplo de dados, a partir de arquivos CSV, já transformados em banco de dados relacional.

3.5 Verificação de dados

Esta é a última etapa do processo. Aqui os dados importados para a base de dados são comparados com as planilhas originais. O objetivo é encontrar possíveis inconsistências ou erros que não foram corrigidos durante o processo. Esta etapa é de grande importância, pois, a partir de seus resultados pode ser necessárias alterações nas etapas anteriores. Esta etapa age

como um mecanismo de validação de todo o processo.

4. DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DO PROCESSO

Na seção 3, foi descrita a metodologia utilizada para a criação do processo de consolidação dos dados das pesquisas antigas do DNIT. Nesta seção será apresentado a aplicação deste processo em dois projetos de pesquisa de tráfego do órgão. A equipe de pesquisadores recebeu do DNIT dados de oito projetos com mais de mil itens, entre planilhas eletrônicas, documentos textos, fotos e arquivos do tipo PDF. O processo de consolidação (figura 2) foi aplicado principalmente nas planilhas eletrônicas, pois são nestas onde residem os dados de pesquisa. Mas é importante ressaltar que os outros arquivos (documentos textos, fotos entre outros) também foram analisados, já que, muitas vezes os dados que deviam estar contidos nas planilhas foram separados em vários tipos de arquivos.

Em todos os projetos foram encontrados pesquisas de tráfego de no mínimo dois tipos: Pesquisa de contagem Volumétrica Classificatória e Pesquisa de contagem de Origem e Destino (OD). Para este trabalho foram separados dois projetos, ambos já finalizados, aqui denominados de: Projeto #1 e Projeto #2. Na tabela 1 estão apresentados os resumos dos projetos.

Tabela 1: Dois projetos onde o processo de consolidação foi aplicado

Projeto	Num. De Postos	Data pesquisa	Tipo pesquisa	Qtd. Pesq. Volumétrica	Qtd. Pesq. OD
Projeto #1	28	Entre 12/03/2014 à 13/11/2014	Volumétrica e OD	191.568	297
Projeto #2	73	Entre 13/02/2014 à 19/03/2016	Volumétrica e OD	2.399.808	19.826

4.1 Desenvolvimento do processo

A partir do planejamento do processo de consolidação (Seção 3) nesta seção será demonstrado como o processo foi desenvolvido e qual seu objetivo. A visão global do processo esta exposta na figura 5. O processo foi divido em duas grandes fases, são elas:

1. **Fase adaptação dos dados:**
   - Este é o grupo das fases iniciais do processo. Aqui encontram-se as atividades de: **Modelagem, criação da base de dados e Limpeza dos dados** (Seções 3.1, 3.2 e 3.3). Nele acontece a modelagem do banco de dados a partir da análise de todas as planilhas do projeto. Também os dados são limpos, eliminando problemas de caracteres irreconhecíveis, campos sem dados, *outliers*, datas erradas entre outras;
   - O fim desta fase resulta em um arquivo CSV com todos os dados de cada planilha, ou seja, geram-se arquivos CSV para cada planilha de dados.
2. **Fase transformação dos dados:**
   - Este grupo compreende as atividades ETL (seções 3.4 e 3.5) desde importação, transformação e criação da base de dados relacional, a partir dos arquivos CSV das etapas anteriores;
   - Cada arquivo CSV sofre diversas transformações e verificações até se tornar um banco de dados relacional.;
   - Dentro das atividades ETL que acontecem nesta fase, várias ações sob os dados dos arquivos CSV são executados. Podem-se destacar ações de verificações de consistência de datas, verificações de codificação do Sistema

Nacional de Viação (SNV) (Presidência da República Federativa do Brasil, 2011), preenchimento de dados faltantes, verificações de estados e municípios, entre outras;

- No final das atividades de ETL, um banco de dados final recebe os dados de todos os arquivos CSV da etapa anterior. Cada projeto terá um banco de dados com todos os dados de pesquisa oriundos das planilhas;
- Ao fim desta fase os dados importados para o banco de dados são confrontados com as planilhas originais. São feitas verificações por amostragem. Caso encontrem-se inconsistência, todo o processo é revisado. De acordo com o resultado desta etapa, a modelagem dos dados da fase inicial pode sofrer mudanças.

Com o processo desenvolvido, o mesmo se encontra pronto para ser aplicado nos projetos de pesquisas de tráfego antigas. O processo é executado de forma interativa e por projeto, ou seja, cada projeto passa por todo o processo de consolidação. Cada projeto pode sofrer mudanças únicas, o que acarretará diferença em nível de detalhes de projeto para projeto, mas na visão geral todos os projetos seguiram igualmente todo o processo desenhado e descrito na seção 3. Na figura 5 é apresentada uma visão resumida do processo de consolidação que foi aplicado em cada projeto.

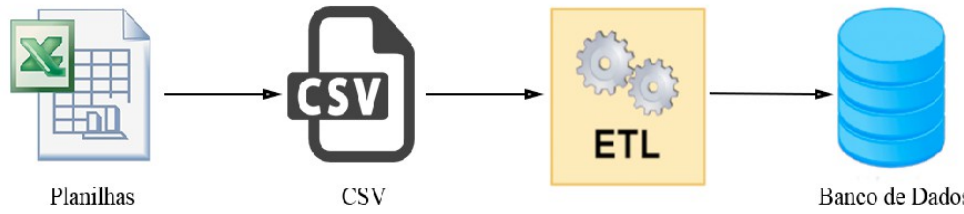


Figura 5: Visão global do Processo de Consolidação das planilhas recebidas por projeto

4.2 Aplicação do Processo de Consolidação

Nesta seção estão descritos a aplicação do processo (seção 4.1) sob as planilhas recebidas de cada projeto. Conforme já citado, para este trabalho, foram usados dois projetos (Tabela 1).

4.2.1 Projeto #1

Os arquivos inclusos deste projeto são relativos a pesquisas que ocorreram durante o ano de 2014. Essa pesquisa fez parte de um projeto para implantação de um sistema de gerência de pavimentos (SGP) integrado à soluções de Geoprocessamento via Web para a realização das atividades referentes aos Estudos Preliminares na fase de Estudos e Projetos Rodoviários. Para isso foram realizados estudos preliminares que incluíram as pesquisas de campo pontuais contidas nos arquivos recebidos (planilhas por exemplo).

Arquivos Recebidos

Para este projeto foram entregues a equipe de pesquisadores mais de 450 arquivos (planilhas, fotos e etc.), onde estavam contidos mais de 191.000 veículos contados e 290 entrevistas de Origem e Destino.

Aplicação do Processo de Consolidação

A aplicação do processo de consolidação (seções 3 e 4.1) neste projeto seguiu todas as etapas já descritas. Nas etapas iniciais aconteceram as análises de todas as planilhas do projeto, onde os dados foram adaptados e convertidos em arquivos CSV. Nas etapas finais os arquivos CSV serviram de entrada para as transformações dos dados e para a criação do banco de dados relacional consolidado.

O banco de dados relacional resultante possui uma estrutura padrão já pré estabelecida que todos os projetos seguiram. Na figura 6 é apresentado o modelo de dados do banco final do Projeto #1. Por questões de compatibilidade o modelo criado segue as normas de modelos de dados definidos pelo DNIT. A intenção é a de que os bancos relacionais resultantes possam ser consolidados em um único modelo de dados.

Durante o processo de consolidação alguns desafios foram encontrados. As classes de veículos utilizadas nas contagens volumétricas do projeto, por exemplo, estavam diferentes das classes adotadas como padrão pelo DNIT. Nestes casos durante as transformações de dados foram executados alinhamentos entre as classes encontradas com as classes padronizadas.

Outro exemplo é de que no padrão de contagens volumétricas estabelecido pelo DNIT apresentam-se contagens de 15 em 15 minutos, já as contagens encontradas no Projeto #1 tratam as contagens de hora em hora. Alguns problemas de dados faltantes também foram desafio na consolidação dos dados. É possível notar que muitas planilhas não possuíam códigos SNV, quilômetro ou coordenadas dos postos de pesquisas. Aqui foram necessários criação de verificadores que corrigissem as faltas de dados.

Ao fim do processo um banco de dados relacional é gerado e importado para um Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados (SGBD), no caso deste trabalho foi usado MySQL. A verificação da consistência dos dados importados foi executada através de um processo de amostragem, onde foram executadas consultas no banco de dados para determinados dias de pesquisas e determinados postos e em seguida comparada com as planilhas originais. No Projeto #1 todas as consultas executadas estavam condizentes com os dados encontrados nas planilhas originais.

4.2.2 Projeto #2

Os arquivos inclusos deste projeto são relativos a pesquisas que ocorreram durante os anos de 2014 à 2016. As pesquisas fazem parte de um grande projeto de contratação de empresas especializadas para execução de estudos de planejamento da infraestrutura de transportes sob supervisão do DNIT.

Arquivos Recebidos

Foram entregues a equipe de pesquisadores mais de 230 arquivos (planilhas, fotos e etc.), onde estavam contidos mais de 2.300.000 de veículos contados e mais de 19.800 entrevistas de Origem e Destino.

Aplicação do Processo de Consolidação

Conforme executado no Projeto #1, o mesmo processo (seções 3 e 4.1) foi repetido no Projeto #2. Inicialmente foram analisadas todas as planilhas e sua adaptação e conversão para

arquivos CSV. Em seguida os arquivos gerados sofrem as transformações e criação do banco de dados relacional do projeto.

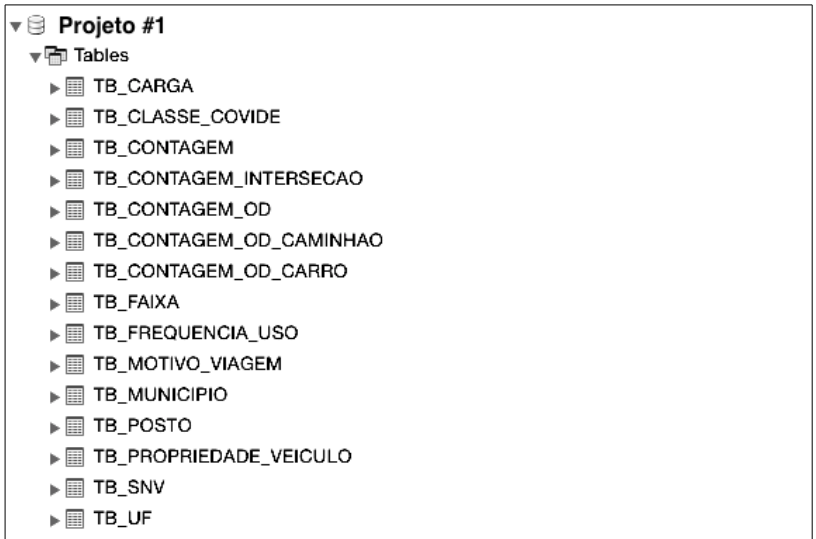


Figura 6: Modelo de dados final Projeto #1, resultante do Processo de Consolidação

Como no Projeto #1, o modelo de dados gerado para o Projeto #2, também seguiu ao modelo de dados pré estabelecido pelo DNIT, já que, a compatibilidade entre os projetos foi uma questão vital na consolidação dos dados. Entretanto algumas adaptações foram realizadas em virtude da natureza distinta de determinados dados dos projetos.

Na figura 7 é apresentado o modelo de dados do banco final do Projeto #2. O resultado é praticamente idêntico ao modelo resultante do Projeto #1. Também conforme o Projeto #1, houve desafios muito semelhantes. Exemplos como os ajustes de classes em relação ao modelo padrão do DNIT, também estiveram presentes nos dados do Projeto #2.

Ao fim do processo um banco de dados relacional é gerado e importado para um Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados (SGBD), no caso deste trabalho foi usado MySQL. A verificação da consistência dos dados importados executada foi a mesma usada no Projeto #1. Também ao fim das verificações não foram encontrados dados diferentes das planilhas originais.

5. CONCLUSÃO

Este artigo apresentou os resultados de uma pesquisa-ação que teve como finalidade o desenvolvimento de um processo de consolidação de dados para pesquisas de tráfego no Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT). O processo foi aplicado em oito projetos de contagens de tráfego do órgão, com a transformação de planilhas eletrônicas em bases de dados relacionais para cada projeto.

Foram apresentados neste trabalho a aplicação do processo em dois projetos de contagens de tráfego, aqui denominados de projeto #1 e projeto #2. Foram entregues à equipe de

pesquisadores mais de 600 arquivos digitais, entre planilhas, arquivos de texto e fotos. A aplicação do processo se utilizou destes arquivos e através de suas etapas executou atividades de análises, modelagens, limpezas, transformações e verificações dos dados até a criação dos bancos de dados relacionais.

O artigo evidenciou o sucesso da criação e execução do processo de consolidação. O mesmo apresenta o rigor científico na busca por soluções e na construção da solução com etapas claras que podem ser auditadas e repetidas. Também fica clara a contribuição do trabalho para a área, com a apresentação e aplicação de um processo de consolidação baseado em técnicas de *data warehouse* e ETL, objetivando resgatar dados históricos em planilhas eletrônicas que, com o passar dos anos, poderiam se perder ou ficar inacessíveis.

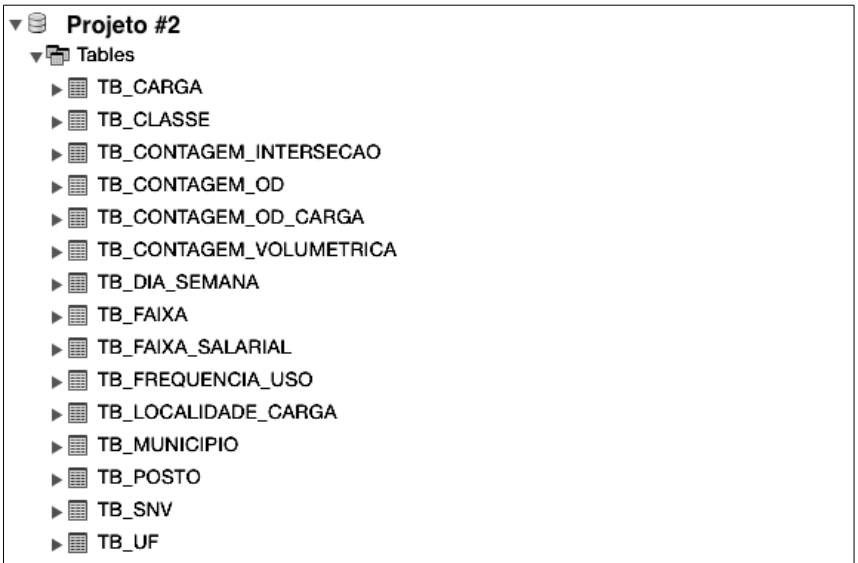


Figura 7: Modelo de dados final Projeto #2, resultante do Processo de Consolidação

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Avesh Dhakal, 2014. Data Warehouse Architecture [WWW Document]. URL http://www.datasciencecentral.com/profiles/blogs/data-warehouse-architecture (accessed 6.13.17).

Bitar, N., 2016. BIG DATA ANALYTICS IN TRANSPORTATION NETWORKS USING THE NPMRDS. UNIVERSITY OF OKLAHOMA.

Casters, M., Bouman, R., Dongen, J. van, 2010. Pentaho Kettle Solutions: Building Open Source ETL Solutions with Pentaho Data Integration. John Wiley & Sons.

Codd, E., 1970. A relational model of data for large shared data banks.

Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, 2006. Manual de Estudos de Tráfego.

Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes, 2017. Institucional [WWW Document]. DNIT. URL http://www.dnit.gov.br/acesso-a-informacao/insitucional/copy_of_apresentacao (accessed 6.13.17).

Dewan, S., Aggarwal, Y., Tanwar, S., 2014. Review on Data Warehouse, Data Mining and OLAP Technology: As Prerequisite aspect of business decision-making activity.

Espadas, J., Romero, D., Concha, D., Molina, A., 2008. Using the Zachman Framework to Achieve Enterprise Integration Based-on Business Process Driven Modelling, in: Meersman, R., Tari, Z., Herrero, P. (Eds.), On the Move to Meaningful Internet Systems: OTM 2008 Workshops, Lecture Notes in Computer Science. Springer Berlin Heidelberg, pp. 283–293.

Gill, R., Singh, J., 2014. A Review of Contemporary Data Quality Issues in Data Warehouse ETL Environment.

Herbert Altrichter, Stephen Kemmis, Robin McTaggart, Ortrun Zuber−Skerritt, 2002. The concept of action

research. Learn. Organ. 9, 125–131. doi:10.1108/09696470210428840
Inmon, W.H., Hackathorn, R.D., 1994. Using the Data Warehouse. Wiley-QED Publishing, Somerset, NJ, USA.
Júnior, L., Abramides, C., Perim, L., Nunes, A., 2016. A retomada da contagem de tráfego rodoviário e atribuição dos componentes do Plano Nacional de Contagem de Tráfego. Presented at the XXX - ANPET.
Kakish, K., Kraft, T.A., 2012. ETL evolution for real-time data warehousing, in: Proceedings of the Conference on Information Systems Applied Research ISSN. p. 1508.
Martinovic, L. do V.P., Ferreira, J.O.N., Peixoto, N.E.S., Fonseca, A.P., 2016. Transporte Informal de Passageiros: A percepção da comunidade acadêmica da Universidade de Brasília. Presented at the XXX - ANPET.
Moalla, I., Nabli, A., Bouzguenda, L., Hammami, M., 2017. Data warehouse design approaches from social media: review and comparison. Soc. Netw. Anal. Min. 7, 5. doi:10.1007/s13278-017-0423-8
Pandey, R.K., 2014. Data Quality in Data warehouse: problems and solution. PhD Sch. Surguja Univ. Chhattisgarh India.
Parker, S., 2014. Large Scale Intelligent Transportation System Traffic Detector Data Archiving.
Presidência da República Federativa do Brasil, 2011. Lei nº 12.379.
Satkur, A.M., 2013. A Review Paper on scope of ETL in retail domain. Int. Al J. Adv. Res. Comput. Sci. Softw. Eng. 3.
Souleyrette, R.R., 2011. Minnesota Department of Transportation Traffic Safety Analysis Software State of the Art.
Sun, R., 2011. Development of a knowledge base for low-volume roads using a geographic information system.
Titirisca, A., others, 2013. ETL as a Necessity for Business Architectures. Database Syst. J. BOARD 3.
Zhao, Y., Sandara, M., Huang, S., Sadek, A.W., George, T., Hutchins, A.M., 2011. Intelligent Transportation Systems Data Warehouses and Their Applications., in: ICEIS (1). pp. 343–347.

Maximiliano Martins de Faria (maxfaria@cos.ufrj.br)
Geraldo Bonorino Xexéo (xexeo@cos.ufrj.br)
Programa de Engenharia de Sistemas e Computação (PESC)
Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia - UFRJ
Avenida Horácio Macedo 2030, Centro de Tecnologia, Bloco H, sala 319
Cidade Universitária - CEP: 21941-914

METODOLOGIA PARA INVESTIGAÇÃO DA PERCEPÇÃO DAS TECNOLOGIAS DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO (TIC) NA USABILIDADE DO TRANSPORTE PÚBLICO (TP)

Roberto Bernardo da Silva
José Matsuo Shimoishi
Universidade de Brasília (UnB)
Programa de Pós-Graduação em Transportes (PPGT)

RESUMO

A pesquisa proposta neste Projeto de Tese de Doutorado consiste no desenvolvimento de uma metodologia para investigação da percepção das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) na usabilidade do transporte público (TP). A metodologia proposta trará a análise multicritério de apoio à decisão com abordagem construtivista (MCDA-C) como base. Utilizou-se *brainstormings* com os funcionários e/ou empregados das empresas operadores e grupo focal com especialistas da área de transporte público (TP), com o propósito de definir e ratificar os critérios percebidos pelos usuários para avaliação das TIC na usabilidade dos sistemas de transporte público coletivo (STPC). As principais informações obtidas serão relativas aos critérios e subcritérios avaliados. Dessa forma, as análises e discussões dos dados coletados terão maior consistência.

Roberto Bernardo da Silva (rbaccioly@gmail.com)
José Matsuo Shimoishi (matsuo@unb.br)
Universidade de Brasília, Campus Universitário Darcy Ribeiro, Faculdade de Tecnologia – FT, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Asa Norte, Edifício SG-12, 1º Andar – CEP: 70.910-900 – Brasília–DF, Brasil.

IMPACTOS, OPORTUNIDADES E TENDÊNCIAS DE SERVIÇOS DE RIDESOURCING

Daniela Lichtler Cassel
Helena Beatriz Bettella Cybis
Universidade de Federal do Rio Grande do Sul
Departamento de Engenharia de Produção e Transportes

RESUMO
O rápido crescimento dos serviços de solicitação de viagem por aplicativo, também conhecidos por serviços de *ridesourcing*, causou um efeito disruptivo na área dos transportes. Despreparados para o surgimento repentino do serviço, municípios carecem de orientação com relação às políticas públicas recomendadas para garantir um impacto positivo na cidade e seus sistemas de transporte tradicionais. Contudo, por serem uma utilidade recente, ainda são poucos os estudos que buscam entender o efeito do *ridesourcing* em padrões de viagem e sua relação de complementariedade ou concorrência com outros modos de transporte. Este estudo busca explorar estas questões no contexto brasileiro, bem como identificar possíveis tendências de longo prazo que estes novos serviços podem gerar.

Daniela Lichtler Cassel (daniela.cassel@ufrgs.br)
Helena Beatriz Bettella Cybis (helenabc@producao.ufrgs.br)
Laboratório de Sistemas de Transportes, Departamento de Engenharia de Produçao e Transportes, Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Av. Osvaldo Aranha, 99 – Porto Alegre, RS, Brasil