

UMA AVALIAÇÃO DO IMPACTO DO DESABASTECIMENTO DE COMBUSTÍVEL DURANTE A GREVE DOS CAMINHONEIROS NO SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO DE SÃO PAULO: EFEITOS NA LOTAÇÃO, NA VELOCIDADE DAS VIAGENS E NA REGULARIDADE DOS USUÁRIOS

Renato Oliveira Arbex
Claudio Barbieri da Cunha

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

RESUMO

O desabastecimento de combustíveis nos postos que ocorreu no Brasil no final de maio de 2018 em decorrência da greve dos caminhoneiros ocasionou importantes impactos na economia em todo o país e prejudicou a mobilidade das pessoas. O transporte público também foi prejudicado em várias cidades, com redução significativa de frota em operação. Em São Paulo, por exemplo, apenas 82,4% das partidas de ônibus programadas para o dia foram realizadas, causando transtornos aos usuários. Nesse contexto, através do processamento de dados de bilhetagem eletrônica de usuários e rastreamento de veículos, este artigo busca investigar quais os impactos que este desabastecimento ocasionou na demanda do transporte coletivo por ônibus na cidade de São Paulo. Foi selecionada a segunda-feira dia 28 de maio de 2018, dia útil crítico de escassez, para a qual são apresentadas as variações observadas para as características das viagens, lotação dos veículos, velocidades operacionais e a regularidade dos passageiros que usaram o sistema neste dia. Os resultados mostram que não houve uma mudança significativa no perfil de regularidade dos usuários, em comparação com a segunda-feira anterior. Além disso, apesar de uma redução do número de partidas de 17,6%, a mediana da velocidade média das viagens foi 3,8% maior e o número estimado de viagens reduziu apenas 8,8%. Porém, o fator de lotação médio ponderado pelo passageiro x hora teve um acréscimo de 17,3% ao longo do dia no sistema de ônibus, indicando um aumento significativo de lotação do sistema.

ABSTRACT

The fuel shortages at gas stations that occurred in Brazil in the end of May 2018 due to the truckers strike caused relevant economic impacts throughout the country and affected the mobility of the population. Public transport was also affected in several cities, with significant reduction of operating fleet. In São Paulo, for example, only 82,4% of planned bus departures during the day were made, causing inconvenience to users. In this context, this article seeks to investigate the impacts that this phenomenon of lack of fuels has generated on public transport demand by bus in the city of São Paulo through the processing of electronic ticketing and vehicle GPS data. For the Monday, May 28, 2018, critical workday of scarcity, the variations observed for the characteristics of trips, vehicle crowding, operational speeds and the regularity of the passengers who used the system on this day are presented. The results show that there was no significant change in the regularity profile of users when compared to the previous Monday. In addition, despite a reduction in the number of departures of 17.6%, the median average speed of travel was 3.8% higher and the estimated number of journeys reduced only 8.8%. However, the average load factor weighted by passenger x hour had a raise of 17.3% throughout the day, indicating a significant increase in bus crowding.

1. INTRODUÇÃO

O sistema de transporte público urbano é essencial para as populações das cidades poderem se deslocar a fim de realizarem as suas atividades diárias rotineiras tais como trabalho, estudo, compras, lazer e saúde. Para que os veículos motorizados deste sistema funcionem, é imprescindível a disponibilidade de combustíveis. No entanto, greves e outras crises podem afetar a oferta deste insumo do sistema de transportes de forma rápida, ocasionando necessidades de ajuste de curto prazo no sistema de transporte público pelas autoridades, afetando o comportamento de viagem das pessoas. Porém, pouco se sabe como tais situações de fato afetam a mobilidade das pessoas e o desempenho dos serviços de transporte público.

Mais especificamente nos últimos 11 dias do mês de maio de 2018, ocorreu uma crise de abastecimento de combustíveis no Brasil em virtude de uma greve de caminhoneiros nas estradas de todo o país. Caminhoneiros começaram a paralização de suas atividades no dia 21

de maio de 2018 em rodovias de ao menos 17 Estados, número que subiu para 24 Estados no dia seguinte. Dentro de quatro dias, os efeitos já incluíam redução de frotas de ônibus, falta de combustíveis e aumento de preços em postos de gasolina (BBC, 2018). Além disso, a escassez de gasolina e o bloqueio de rodovias e estradas também ocasionou a decisão de cancelamento de aulas em diversas universidades, a paralização de atividades de fábricas e a redução de reposição de mercadorias em supermercados e centros de abastecimento no país (BBC, 2018).

O desabastecimento dos postos e a consequente falta de combustíveis afetou vários subsistemas que compõem o sistema de transporte das cidades. Em especial, o transporte individual motorizado foi significativamente afetado: apenas motoristas que tinham combustível remanescente ou suficiente conseguiam utilizar seus veículos. Em São Paulo, por exemplo, o número de automóveis em circulação nas ruas foi bastante reduzido. Dados da Companhia de Engenharia de Tráfego (CET-SP), mostraram que na segunda-feira, dia 28 de maio de 2018, o trânsito chegou a no máximo 10 km de lentidão, enquanto que na segunda-feira anterior chegou a 154 km (G1, 2018).

A julgar pelos efeitos apenas no sistema de transporte individual, aparentemente a cidade de São Paulo teve uma redução drástica no número total viagens no sistema de transporte como um todo, e as pessoas deixaram de realizar suas atividades diárias. No entanto, esta é uma afirmação que não é possível ser feita sem a avaliação do que ocorreu nos demais sistemas de transporte, em especial o transporte público.

Nesse contexto, o objetivo do presente artigo é buscar quantificar os principais impactos da crise dos combustíveis no sistema de transporte público, com um foco nas variações de atributos do sistema, incluindo: total de viagens e estatísticas gerais, lotação espaço-temporal dos eixos de transporte público e as velocidades médias observadas nas viagens. Além disso, o artigo busca compreender como variou o perfil de regularidade dos usuários do dia útil crítico.

Essas análises permitirão responder as seguintes perguntas: (i) Com uma redução de partidas na ordem de 17,6% com relação ao usual, ocorreu uma redução do número de viagens dos usuários na mesma proporção? (ii) Qual foi o impacto na redução de oferta na distribuição espacial da lotação e na lotação média? (iii) Com uma redução de frota e poucos veículos nas vias, qual a mudança na velocidade média das viagens? E, por último, com uma indisponibilidade de viajar de automóvel, usuários deste modal migraram significativamente para o transporte público no dia 28 de maio de 2018, dia crítico da greve?

Conforme destacado por (Bonsall, 2002), crises nos sistema de transportes, em que componentes chaves são seriamente comprometidos, oferecem oportunidades únicas de estudo sobre o comportamento de viagens e participação em atividades em cenários de alteração da oferta e disponibilidade dos sistemas de transporte de forma a aprimorar as ações em futuras crises. Conseqüentemente, a motivação deste estudo vem da necessidade de se melhor compreender circunstâncias de situações de crise e como o transporte público absorve uma migração de usuários de automóveis (migração esta promovida de uma política de redução de externalidades do transporte individual).

A estimativa do número total de viagens individuais de automóvel observadas neste dia de automóvel é de difícil coleta. Seria necessária, por exemplo, uma pesquisa domiciliar amostral com o objetivo de perguntar como foi a mudança de comportamento de viagens dos usuários

neste dia específico, verificando se houve uma mudança de modo e da própria decisão de realizar atividades nestes dias. Nos últimos anos, no entanto, diversas iniciativas de coleta e armazenamento automatizada de grandes bases de dados (*big data*) têm surgido.

No caso do transporte público, existe a tecnologia dos cartões dos sistemas de bilhetagem eletrônica, que têm sido implantados para melhor gestão de receita pelas empresas operadoras com o pagamento da tarifa realizado através da passagem do cartão eletrônico em validadores instalados nos ônibus e em estações de sistemas de trilhos e *bus rapid transit* (BRTs). Esta tecnologia vem sendo implantada nas últimas duas décadas e, de acordo a NTU, estima-se que, em 2012, já estava presente em mais de 85% dos municípios brasileiros com mais de 100 mil habitantes (CNT e NTU, 2017).

Embora originalmente tenha sido pensado para auxiliar na gestão da arrecadação, os sistemas de bilhetagem eletrônica promovem a geração contínua de informações de transações no sistema de transporte coletivo. Essas informações incluem o momento da transação, a linha ou serviço utilizado, o ID do cartão e o veículo ou catraca embarcada. Planejadores de transporte têm a disposição um dado desagregado com um detalhamento espaço-temporal que possibilita análises para diversos fins.

O presente trabalho segue com a seguinte estrutura: a seção 2 analisa os trabalhos da literatura relacionados com efeitos de crises de abastecimento de combustíveis e uso de dados de bilhetagem eletrônica. A seção 3 detalha a metodologia proposta. Já na seção 4 é feita a aplicação ao caso do sistema de transporte público da cidade de São Paulo. Por fim, a seção 5 apresenta as considerações finais e propostas de estudos futuros.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Noland *et al.* (2003) estudaram os impactos de uma crise de escassez de combustível ocorrida em setembro de 2009 no comportamento de viagens no Reino Unido. De acordo com os autores, protestos e manifestações em decorrência de aumento do preço da gasolina resultaram em bloqueio de refinarias de petróleo no Reino Unido, impossibilitando a distribuição de produtos derivados aos postos, que por sua vez, geraram uma crise de escassez de combustíveis que durou por uma semana. Passados dois meses após a crise, os autores desenvolveram um estudo com dados coletados em uma amostra de 1001 pessoas sobre como elas responderam a este tipo de paralização na sua participação em atividades e modos de transporte escolhidos através de modelos estatísticos.

Os resultados de Noland *et al.* (2003) sugerem que, para os indivíduos mais dependentes do transporte individual, tal interrupção afetou mais substancialmente a mobilidade, em particular para as viagens motivo trabalho. Em contrapartida, aqueles indivíduos que tem a possibilidade de viajar ao trabalho por modos não-motorizados foram menos afetados em suas atividades diárias. Vale ressaltar que, da amostra coletada pelos autores, dos 582 respondentes que eram usuários do transporte individual antes da crise, 73% continuaram como antes e apenas 9% optaram pelo transporte público. Os autores também destacam que esta dependência no uso de veículos particulares sugere que esforços para fazer pessoas migrarem para o transporte público serão difíceis.

Deve-se destacar que embora Noland *et al.* (2003) tenham investigado os impactos de uma crise de escassez de combustível no comportamento de viagens, não foi objetivo do estudo

compreender o efeito da crise no uso sistema de transporte público. Para tal, hoje em dia podem ser usadas informações de bilhetagem eletrônica, que fornecem registros desagregados por cartão nos sistemas de transporte. Este tipo de informação, aliado à disponibilidade de registros de GPS de veículos, podem ser usados em análises de oferta e demanda do sistema de transporte público.

Nesse contexto, Munizaga *et al.* (2012) e Alsgjer *et al.* (2015) apresentam um método para estimar matriz de origem-destino de transporte público utilizando dados de bilhetagem, onde aplicam metodologia para estimar o local do desembarque das transações e critérios para diferenciar se a transação observada corresponde a uma transferência ou ao início de uma nova viagem (*trip chaining*). Gschwender *et al.* (2016) apresentam uma experiência de sucesso de colaboração entre academia e autoridade de transporte em Santiago, Chile, com descrição dos métodos desenvolvidos para obter informações valiosas como matrizes de origem-destino de transporte público, perfis de velocidades de ônibus e indicadores de qualidade de serviço. Os autores também apresentam usos desta informação para políticas de planejamento de transporte.

Atualmente, na São Paulo Transporte (SPTrans), empresa gestora do transporte público por ônibus no município de São Paulo, os dados de bilhetagem eletrônica e rastreamento de ônibus são usados para estimativa de carregamentos e níveis de serviço do sistema de ônibus, permitindo avaliar a variabilidade da lotação do sistema com uma resolução espaço-temporal vantajosa para auxiliar a tomada de decisão (Arbex e Torres, 2017).

3. METODOLOGIA E APLICAÇÃO

A metodologia proposta neste artigo é composta de uma sequência de procedimentos que possibilitam a determinação e a análise dos padrões de demanda observados no dia 28 de maio de 2018, segunda-feira crítica da greve, primeiro dia útil em que não havia combustível disponível na maioria dos postos em diversas cidades do país. Estes procedimentos visam a obtenção de:

- a) Base de dados de carregamentos, velocidades e lotação nos eixos com serviços de ônibus;
- b) Base de dados de viagens de transporte público observadas para usuários destes cartões;
- c) Estimativa da regularidade dos usuários do transporte público do referido dia de análise;

A sequência metodológica dos dois primeiros procedimentos mencionados acima é apresentada na Figura 1. Esta metodologia é aplicável a sistemas de bilhetagem eletrônica do tipo *tap-on only*, isto é, onde é registrada a informação na entrada do sistema, mas não a informação da saída; ou seja, é preciso inferir o local de desembarque de cada transação. A primeira etapa é a entrada de dados: dados do sistema de transporte (linhas, paradas, frequências, itinerários) através do arquivo General Transit Feed System (GTFS), um formato de dados padronizado criado pela Google (Google, 2018); dados dos registros de bilhetagem eletrônica contendo um *timestamp* da transação, linha e veículo embarcados e dados de GPS dos veículos, contendo localização de cada prefixo e a linha em operação. Esta metodologia parte do princípio que o intervalo de atualização dos dados de GPS é de 1 minuto ou menos para melhor precisão das localizações. Além disso, são utilizadas informações adicionais específicas de cada sistema, como localização e numeração das catracas de trilhos, áreas de pré-embarque e pontos desmembrados.

A etapa subsequente permite atribuir o ponto de parada mais provável estimado para cada transação através do cruzamento com as informações de localização do GPS do veículo

embarcado considerando o menor intervalo de tempo entre a transação e o registro da localização do veículo. Para cada veículo, uma matriz de diferença de tempo compara todos os registros de data e hora de transações ocorridas naquele veículo com todos os registros de data e hora dos dados de GPS desse veículo. Isto permitirá a atribuição da localização do registro de GPS com a menor diferença de tempo do momento de cada transação.

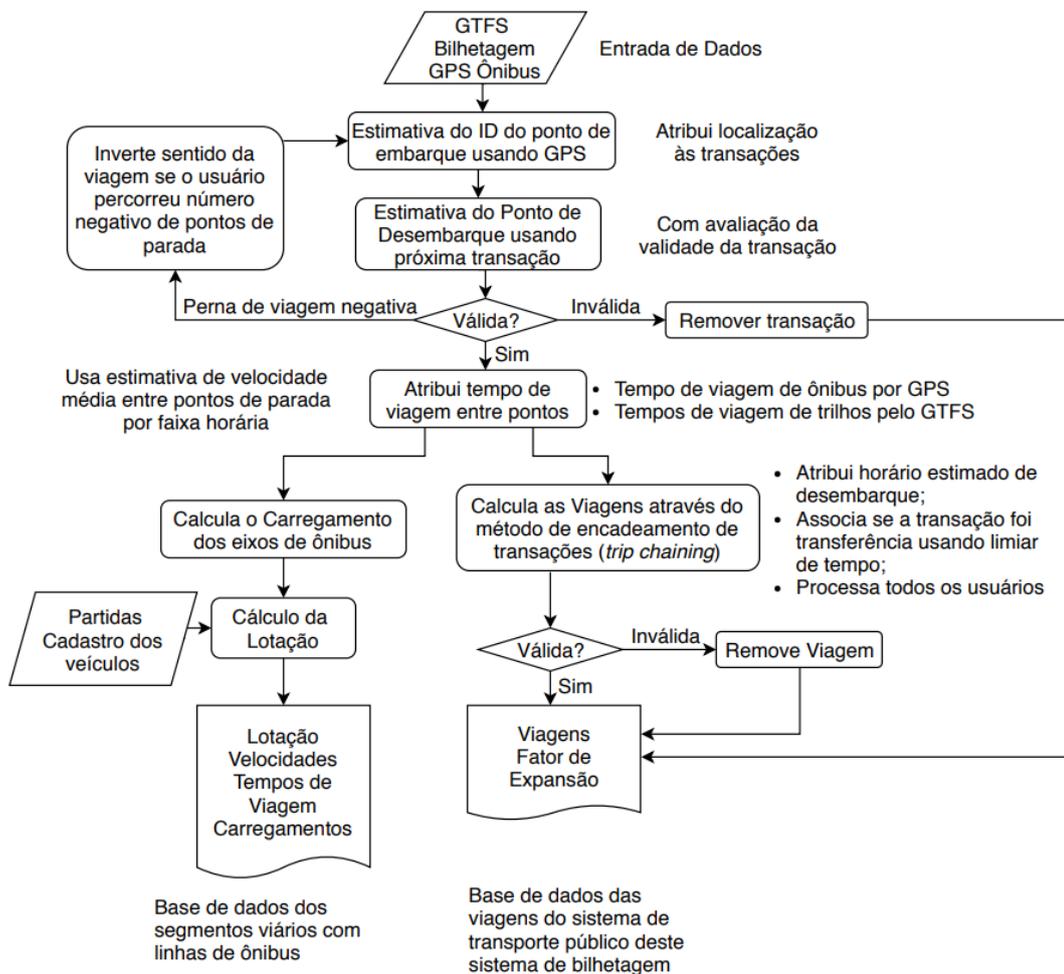


Figura 1: Sequência metodológica de processamento dos dados

Em seguida, o ponto de desembarque é estimado usando a localização inferida da transação subsequente de cada cartão de transporte. Caso seja a última transação do usuário no dia, o ponto de desembarque estimado é o ponto de parada da linha embarcada que seja mais próximo do local estimado para o primeiro embarque do dia.

Sistemas de bilhetagem eletrônica podem não registrar corretamente as informações devido a problemas com software, dados, hardware ou de usuário (Robinson *et al.*, 2014). Portanto, verificações de validade são essenciais para utilizar apenas registros válidos no processamento. Portanto, uma primeira verificação de validade é aplicada para verificar a consistência das transações, filtrando os problemas abaixo:

- Cartões não rastreáveis (usados por funcionários nos trilhos e cobradores nos ônibus);
- Cartão com apenas uma transação durante o dia;
- Sem inferência de localização para esta transação (por ex., erro na localização do GPS);
- Diferença >2 minutos entre o horário da transação e o registro de GPS associado;

- Código da linha cadastrado no equipamento de GPS diferente do código do validador;
- Distância entre a localização estimada da transação até o ponto de parada mais próximo daquela linha >500 metros;
- Distância estimada do ponto de desembarque até o local do próximo embarque >2000 metros. Este valor é maior que o utilizado em estudos anteriores (ex. 1km em Munizaga e Palma (2012) pois usuários no sistema de transporte do Brasil podem fazer a transação depois que o veículo saiu do ponto devido a localização da catraca nos ônibus;
- Número de pontos percorridos por transação igual a zero. Esta condição ocorre quando um usuário valida o cartão imediatamente antes de desembarcar, o que acontece com usuários que atrasam muito a validação do cartão, principalmente próximo de terminais, estações de metrô e trechos mais lotados das linhas pelo espaço físico reduzido;
- No caso de transações que foram estimadas com percurso negativo, ou seja, quando o usuário anda para trás em uma linha de ônibus, o sentido da viagem é invertido e o processo de estimativa de local de desembarque e validação final é refeito.

A partir disso, as transações válidas continuam para a inferência do tempo de viagem. Esse processo atribui o tempo de viagem estimado usando velocidades médias por hora entre paradas calculadas a partir dos dados de GPS (Monteiro *et al.*, 2015). Para a estimativa do tempo de viagem para sistemas ferroviários (linhas de metrô e trem), o tempo de viagem do GTFS é usado. Após a estimativa dos tempos de viagem em todas as transações, a metodologia se divide em duas partes: 1) o processo de encadeamento de viagens (conhecido na literatura como *trip chaining*) é iniciado e 2) o cálculo de lotação dos eixos de transporte por ônibus é realizado.

Esta parte de encadeamento de viagens busca agregar transações de bilhetagem eletrônica para formar viagens inteiras no sistema de transporte, sendo essencial para diferenciar embarques realizados para transferências de embarques que correspondem a inícios de novas viagens. Para tal, todos os IDs dos cartões são percorridos, mesclando transações para formar uma viagem no sistema de transporte público. Transações são aglomeradas sempre que a diferença de horário estimado entre o momento do desembarque e o horário do próximo embarque estiver abaixo de um limite especificado. As viagens são finalizadas quando este tempo for acima do mesmo limite, por exemplo, de 40 minutos. Após o processamento do encadeamento das viagens, uma etapa de validação é conduzida, de forma a eliminar possíveis viagens inválidas, considerando:

- Distância de viagem total deve ser maior que zero;
- Número de transferências deve ser entre 0 e 6;
- ID do Ponto de parada de embarque da primeira transação deve ser diferente do ID de parada do desembarque da última transação associada àquela viagem;
- Tempo total de viagem (i.e., entre o primeiro embarque e o último desembarque) deve ser entre 1 minuto e 6 horas;
- Velocidade média da viagem deve estar entre 0,01 e 80 km/h;
- Distância *haversine* mínima entre o primeiro embarque e o último desembarque deve ser de 300 metros.

Por fim, o fator de expansão das viagens é construído para compensar dados inválidos: é calculado dividindo o número de IDs de cartões únicos observados durante a entrada de dados com o número de IDs de cartões únicos que geraram somente viagens válidas.

Cabe ressaltar que a validação do total de viagens da metodologia é de difícil alcance. O número de bases de dados envolvidas no estudo (bilhetagem, GPS, GTFS, cadastro de frota, partidas,

cadastro de estações, pré-embarques) é elevado, podendo existir alguma inconsistência ou falha nos registros. Os autores sempre validam as bases junto à empresa responsável pelas informações (SPTrans) e aguardam a conclusão da Pesquisa Origem Destino 2017 para verificar os totais de viagens obtidos e estatísticas como distribuição dos comprimentos de viagens. De toda forma, como o presente artigo visa a comparação entre dois dias com a mesma metodologia, os resultados permitirão ressaltar a diferença entre os dois, objetivo do trabalho.

Na segunda parte, a estimativa da lotação é feita calculando-se o carregamento das viagens pela informação das transações válidas e comparando com a oferta realizada neste dia (Arbex e Torres, 2017). Para isso são necessários os registros de partidas detectadas pelo GPS e tipologia de todos os veículos da frota. Ressalta-se que esta metodologia de estimativa de lotação inclui apenas trechos viários com serviços de ônibus, e não incluem lotação nos trilhos. Para o cálculo das viagens, esta metodologia inclui e exige embarques nos sistemas de trilhos. O resultado final almejado é o fator de lotação, que é a divisão do total de passageiros transportados no trecho com a oferta total de assentos em um dado intervalo de tempo (Brinckerhoff, 2013), ou seja, a relação entre passageiros e número de assentos. Com o fator de lotação para cada trecho viário do sistema de transporte por ônibus (agregação dos segmentos entre cada ponto de parada de todas as linhas do sistema), podem ser visualizadas a lotação do sistema em um mapa e calculado o fator de lotação médio ponderado por passageiro x hora de cada trecho, de modo a melhor representar a lotação vivenciada pelos usuários.

Por fim, para a estimativa da regularidade de uso, foi aplicada uma métrica simplificada: propõe-se a quantificação do número de dias em que houve uso do cartão eletrônico em um período de 20 dias úteis de maio (dia 2 ao dia 29 de maio), incluindo o dia crítico da escassez de combustível. Caso o cartão foi utilizado por 1 até 4 dias distintos, é classificado como “Muito Baixo”; de 5 a 8 dias, “Baixo”; de 9 a 12 dias, “Médio”; de 13 a 16 dias, “Alto” e de 17 a 20 dias, “Muito Alto”. Ao fim, são comparadas as percentagens de cada classificação de regularidade do dia de escassez a ser analisado com o mesmo dia da semana (segunda-feira) correspondente das três semanas anteriores.

4. RESULTADOS

Nesta seção, são apresentados os resultados obtidos com a aplicação da metodologia descrita na Seção 3, cujos procedimentos foram implementados na linguagem *Python*, para segundas-feiras do mês de maio de 2018. Foi utilizado o valor de 40 minutos para diferenciar inícios de viagens de transferências.

A Tabela 1 apresenta as principais estatísticas de todas as segundas-feiras deste mês. No dia útil crítico da falta de combustíveis, dia 28 de maio de 2018, ocorreu uma diminuição de 9,42% no total de transações no dia; um acréscimo de 8,33% no número total de transações em dinheiro; uma redução de 6,78% do número de cartões distintos no sistema e de 17,58% no número de partidas detectadas pelo sistema de monitoramento da SPTrans. Se a redução geral de 9,42% fosse aplicada às transações em dinheiro, a diferença seria de 87 mil transações a menos que o observado neste dia (considerando dois embarques por dia por usuário, equivale a 43,5 mil pessoas, aproximadamente).

A redução no número de cartões distintos utilizados neste dia é bem menor que o esperado, quando comparado com a redução dos índices de congestionamentos observados na cidade. A participação de transações em dinheiro do total foi a maior registrada nos dias observados

(4,65%), indicando que houve um pequeno aumento do número de usuários que não usam cartão eletrônico, possivelmente aqueles migrando do automóvel neste dia. Em especial destaca-se a redução significativa do número de partidas em função da indisponibilidade de diesel nas garagens das empresas.

De forma a ilustrar como esta variação negativa de 9,42% do número de transações ocorreu ao longo do dia, a Figura 2 mostra o volume de transações, agregados a cada 20 minutos para todas as segundas-feiras do mês de análise. É possível observar que os padrões são muito próximos nas três primeiras segundas. Já na última segunda, dia de escassez de combustíveis, ocorre uma redução não-uniforme, com maior queda nos períodos de pico da manhã, almoço, tarde, e saída de universidades às 22h20; esta última em virtude do cancelamento de aulas em diversas universidades públicas e particulares na cidade.

Tabela 1: Resumo quantitativo das transações nas 4 segundas-feiras de maio de 2018.

Dia	Quantidade de Transações no Dia	Número de Transações em Dinheiro	Percentual de Transações em Dinheiro	Número de Cartões Distintos	Número de Partidas Detectadas pelo sistema de monitoramento da SPTrans
07/05/2018	12 953 746	535 656	4.14%	3 736 401	185 753
14/05/2018	12 698 329	477 366	3.76%	3 668 847	187 777
21/05/2018	12 622 085	490 343	3.88%	3 651 113	185 733
28/05/2018	11 433 326	531 199	4.65%	3 403 566	153 087
Variação da semana anterior	-9.42%	8.33%	19.60%	-6.78%	-17.58%

A metodologia de inferência de viagens, por ter um tempo de processamento mais elevado (em torno de 1h30 para um dia útil), foi aplicada às duas últimas segundas-feiras (sem perda de representatividade, dada a similaridade do total de embarques nas 4 segundas-feiras do mês). Para o dia 21 de maio, o fator de expansão das viagens obtido foi de 2,301 e, para o dia 28, 2,175, que é em torno de 120x menor que o fator de expansão médio para viagens de transporte coletivo da pesquisa Origem Destino (OD) do Metrô SP realizada em 2007 (261,12).

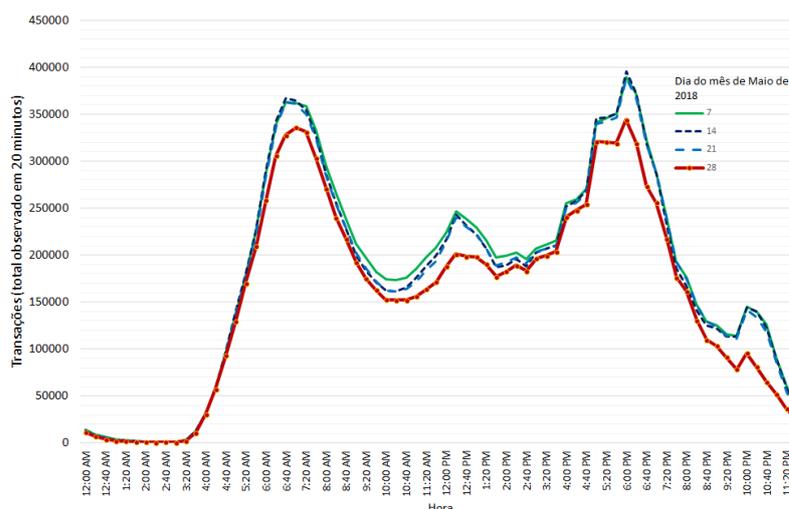


Figura 2: Total de transações de bilhete único ao longo do dia para todas as segundas-feiras de maio de 2018, agregadas em intervalos de 20 minutos.

A Tabela 2 apresenta o resultado com as estatísticas gerais obtidas após a aplicação do método. É possível observar que a variação total do número de viagens estimado foi de -8,77%. Este valor, para uma cidade que teve trânsito “de domingo” (G1, 2018) em plena segunda-feira,

indica que se mantiveram a maioria das atividades que a população que usa transporte público costuma realizar durante o dia. Embora mais pesquisas sejam necessárias para avaliar o tipo de atividade que não foi realizada, estima-se que sejam atividades não-obrigatórias, como lazer, consultas de rotina, atividades de compras e estudo (devido ao cancelamento das aulas), conforme também relata o estudo de Noland *et al.* (2003). Ou seja, mesmo com falta de combustíveis, o transporte público permitiu o acesso da população às suas atividades.

Tabela 2: Estatísticas gerais obtidas após aplicação da metodologia de inferência de viagens

Dia	Número total de viagens de Bilhete Único	Transações/viagem média	Fator de lotação médio do dia nos ônibus (ponderado pelo passageiro x hora)	Velocidade média dos segmentos viários (ônibus) (ponderado pelo passageiro x hora)
21/05/2018	7 832 369	1.612	1.367	15.62
28/05/2018	7 145 642	1.600	1.603	16.64
Varição da semana anterior	-8.77%	-0.71%	17.26%	6.54%

Duas variáveis tiveram grande variação durante este dia atípico: fator de lotação médio e velocidade média percebida pelo usuário. Em virtude da redução de veículos no sistema viário, a velocidade média dos segmentos viários onde passam ônibus, ponderada pelo passageiro x hora do trecho, aumentou 6,54%, ou seja, de 15,6 km/h para 16,6 km/h. Para avaliar este resultado de forma mais significativa, é importante diferenciar viagens em função do número de transações, uma vez que o tempo médio de espera aumentou devido à redução do número de partidas. De fato, a Figura 3 apresenta a distribuição da velocidade média das viagens com relação ao número de transferências. Para viagens sem transferência, o aumento da mediana das velocidades médias das viagens foi de 4,97%, enquanto que para viagens com uma transferência foi de 2,00% e, com 3 transferências, 2,75%. Este aumento de velocidade observada em viagens diretas (i.e., sem transferência) é um indício de que medidas de restrição ao uso do automóvel em vias com tráfego misto pode aumentar as velocidades médias do transporte público.

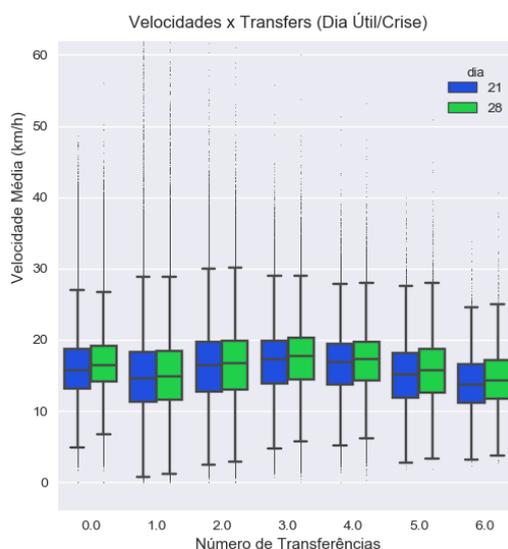


Figura 3: Boxplot da velocidade média das viagens em função do número de transferências.

A Figura 4 mostra o resultado da análise de regularidade dos cartões. O destaque é do percentual de cartões de uso “Muito Baixo” no mês, que, no dia da falta de combustível, aumentou de 6,3% para 9,4%, pouco mais de três pontos percentuais de aumento. Se a redução do número

de cartões distintos deste dia de 6,78% fosse aplicada aos cartões de uso “muito baixo” da semana anterior, era esperado que 230 mil cartões pertencessem a esta categoria. Ao contrário, devido ao seu aumento, este número estimado foi de 320 mil cartões. Ao todo, juntamente com os 43,5 mil pagamentos em dinheiro a mais, seriam aproximadamente 133,5 mil usuários advindos da possível migração do transporte individual. A título de contraste, guardadas as devidas limitações de período da pesquisa, o número estimado de usuários que fizeram viagens de automóvel em um dia útil típico com origem e destino na cidade de São Paulo, pela pesquisa OD do Metrô 2007, foi de 1,97 milhão de pessoas. Este comparativo dá indícios que o percentual da migração de usuários de transporte individual para o transporte público neste dia foi próximo aos 9% observados no estudo de Noland *et al.* (2003).

Como última comparação, apresenta-se a diferença na distribuição espacial da lotação nos eixos onde atuam serviços de ônibus na cidade de São Paulo para a faixa horária das 7h-7h59 na Figura 5. Nesta figura, as cores indicam nível de serviço e a espessura o carregamento do eixo (cor verde, nível A, fator de lotação entre 0 e 1; amarela, B, entre 1 e 1,5; vermelha, C, entre 1,5 e 2,0; marrom, D, entre 2,0 e 2,5; roxa, E, entre 2,5 e 3,0 e preta, F, acima de 3,0). Uma análise mais minuciosa, mostra que o aumento médio de 17,26% no fator de lotação ao longo de todo do dia não foi homogêneo no espaço, ao menos para esta faixa horária. Observa-se que existe um aumento do fator de lotação para eixos que chegam ao centro da figura da zona oeste (exceto para a região da USP, à esquerda no mapa, que teve aulas canceladas), porém, uma redução de lotação do eixo mais carregado que chega da zona leste ao centro.

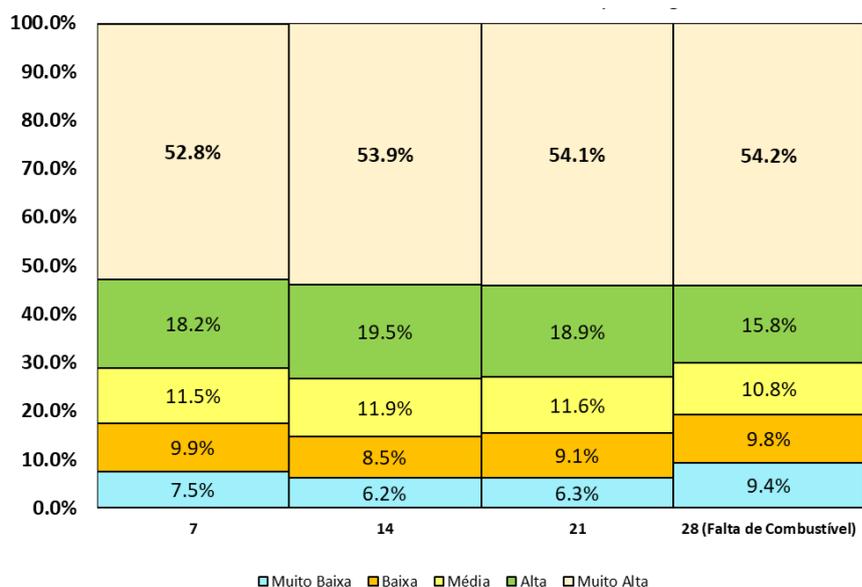


Figura 4: Percentual de cartões usados nas segundas-feiras de maio de 2018, considerando a regularidade.

Os resultados apresentados acima permitiram avaliar como funcionou o sistema de transporte público no dia da falta de combustíveis nos postos comparativamente às demais segundas-feiras do mês de maio de 2018. Embora mais pesquisa seja necessária, estes resultados indicam que não houve uma significativa migração de modo do transporte individual para o coletivo mesmo neste dia. Uma hipótese é que a maioria das pessoas que dependem do automóvel e que não tinham combustível não realizaram suas atividades neste dia, esperando uma regularização. Desta forma, o volume de veículos dos usuários de automóvel que tinham combustível não foi suficiente para congestionar as vias. Além disso, a própria expectativa da falta de serviços de

transporte público e de sua maior lotação pode ter afastado a ideia da migração neste dia. Também, em vários eixos, o transporte público por ônibus atuou no limite de sua capacidade, sem possibilidade de grande absorção de demanda. E mesmo usuários que decidiram utilizar o transporte público vivenciaram uma lotação acima da média, que pode impactar em decisões futuras de uso do sistema.

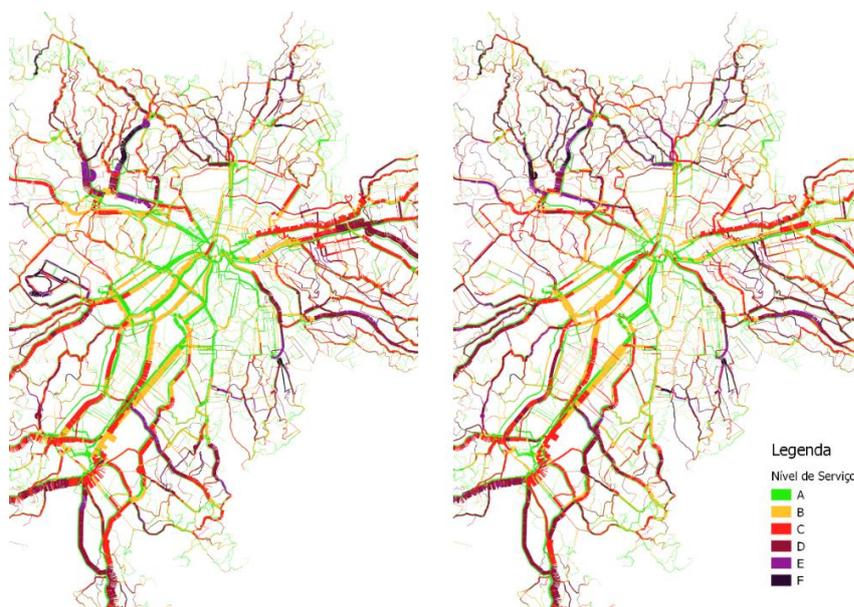


Figura 5: Comparação da lotação, carregamento e níveis de serviço do transporte por ônibus em São Paulo entre uma segunda-feira típica (esquerda, dia 21 de Maio de 2018) e o dia de escassez de combustíveis (direita, dia 28 de Maio de 2018) para a faixa horária das 7h-7h59.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo avaliou o impacto da escassez de combustível, decorrido de uma paralização das atividades de caminhoneiros no Brasil no final de maio de 2018, nos padrões de uso do transporte público na cidade de São Paulo. Foram analisadas informações de lotação média do sistema, número total de viagens, velocidades das viagens e regularidade dos usuários do dia útil crítico de escassez de combustíveis. Os resultados mostraram que houve uma redução estimada de 8,8% do número total de viagens realizadas por usuários de bilhete único no dia 28 de maio de 2018 em comparação com a segunda-feira anterior. Uma redução numa escala muito inferior à observada na redução do congestionamento máximo da cidade, que caiu de 154 km para 10 km neste dia.

Se observou que a regularidade dos usuários desde dia atípico foi bastante semelhante ao dia útil correspondente da semana anterior, com apenas um pequeno aumento do percentual de pagamento em dinheiro (de 3,88% da segunda-feira anterior para 4,65% no dia de escassez) e um pequeno aumento no percentual de participação de cartões de uso “muito baixo” do sistema. O percentual de cartões de uso “muito alto”, entre 17 e 20 dias utilizados de 20 dias úteis de maio de 2018, se manteve praticamente igual às semanas anteriores (em torno de 54%).

O presente estudo mostrou que a lotação observada pelos usuários no sistema foi maior, com 17,3% a mais no fator de lotação médio durante todo o dia 28 de maio. Este resultado foi decorrente da redução do número de partidas na ordem de 17,6% durante este dia em decorrência da necessidade de economia de diesel. Diversos trechos do sistema de transporte por ônibus estavam saturados, e não teriam capacidade disponível para o transporte de usuários

que eventualmente quisessem migrar do transporte individual.

Como estudos futuros, também se sugere avaliar detalhadamente os impactos nas velocidades das linhas em diferentes prioridades, seja em tráfego misto, faixas e corredores exclusivos. Ademais, a avaliação de quais pares origem-destino e regiões que mais se beneficiaram da redução drástica do número de veículos em circulação pode indicar eixos prioritários de priorização ao transporte público, com investimento em faixas e corredores exclusivos.

Os resultados do presente artigo parecem indicar ainda que a migração entre o modo transporte individual e transporte público é difícil e complexa, pois mesmo em um dia de falta de combustíveis em postos, a migração foi muito baixa. Pesquisas adicionais são necessárias para compreender a influência de outros fatores como a redução na participação de atividades durante este período. De toda forma, apesar do aumento da sua lotação, o funcionamento do sistema de transporte público da cidade de São Paulo durante a crise possibilitou que mais de três milhões de pessoas pudessem continuar realizando suas atividades diárias e mantendo a cidade em funcionamento.

Agradecimentos

Os autores agradecem à CAPES e ao CNPq pelo financiamento da pesquisa e à SPTrans e à Scipopolis pelos dados necessários à pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alsger, A. A., Mesbah, M., Ferreira, L., e Safi, H. (2015) Use of Smart Card Fare Data to Estimate Public Transport Origin-Destination Matrix. *Transportation Research Record*, (2535), 88–96. doi:10.3141/2535-10
- Arbex, R., e Torres, S. (2017) Variabilidade da demanda e da oferta do transporte coletivo. *Revista Engenharia*, 72–79. Obtido de http://www.brasilengenharia.com/portal/images/stories/revistas/edicao_635/635_mat_transporte_635.pdf
- BBC. (2018) Greve dos Caminhoneiros: a cronologia dos 10 dias que pararam o Brasil. Obtido 20 de junho de 2018, de <https://www.bbc.com/portuguese/brasil-44302137>
- Bonsall, P. (2002) What can be Learned by Studying Transport Crisis? G. Lyons & K. Chatterjee (Eds), *Transport Lessons from the Fuel Tax Protests of 2000* (p. 364). Ashgate, Farnham, GB.
- Brinckerhoff, P. (2013) *Transit Capacity and Quality of Service Manual, Third Edition*. Transportation Research Board, Washington, D.C. doi:10.17226/24766
- CNT, e NTU. (2017) *Pesquisa Mobilidade da População Urbana 2017*. Obtido de <https://www.ntu.org.br/novo/upload/Publicacao/Pub636397002002520031.pdf>
- G1. (2018) SP tem segunda-feira com “trânsito de domingo” com falta de combustíveis. Obtido 20 de junho de 2018, de <https://g1.globo.com/sp/sao-paulo/noticia/sp-tem-segunda-feira-com-transito-de-domingo-com-falta-de-abastecimento.ghtml>
- Google. (2018) Google Transit - O que é GTFS? Obtido 25 de junho de 2018, de <https://developers.google.com/transit/gtfs/?hl=pt-br>
- Gschwender, A., Munizaga, M., e Simonetti, C. (2016) Using smart card and GPS data for policy and planning: The case of Transantiago. *Research in Transportation Economics*, 59, 242–249. doi:10.1016/j.retrec.2016.05.004
- Monteiro, J., Pons, I., e Speicys, R. (2015) Big Data para análise de métricas de qualidade de transporte: metodologia e aplicação. ANTP, São Paulo. Obtido de http://files-server.antp.org.br/_5dotSystem/download/dcmDocument/2016/02/24/100EEC5A-680E-4190-BF90-16042435FEBE.pdf
- Munizaga, M., e Palma, C. (2012) Estimation of a disaggregate multimodal public transport Origin-Destination matrix from passive smartcard data from Santiago, Chile. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 24, 9–18. doi:10.1016/j.trc.2012.01.007
- Noland, R. B., Polak, J. W., Bell, M. G. H., e Thorpe, N. (2003) How much disruption to activities could fuel shortages cause? - The British fuel crisis of September 2000. *Transportation*, 30(4), 459–481. doi:10.1023/A:1024790101698
- Robinson, S., Narayanan, B., Toh, N., e Pereira, F. (2014) Methods for pre-processing smartcard data to improve data quality. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 49, 43–58. doi:10.1016/j.trc.2014.10.006