

mento de transportes: operacional, tático e estratégico (Pelletier; Trépanier; Morency, 2011).

No campo estratégico, é possível obter, através da análise dos dados de bilhetagem eletrônica, uma melhor compreensão do comportamento dos usuários, uma vez que é possível captar a movimentação histórica de um bilhete. Além disso, pode-se obter uma caracterização mais precisa, tanto espacial como temporalmente, da variação da demanda. Finalmente, estudos têm também iniciado a exploração desses dados para adaptações, ampliações e reorganização da rede. Sobre estudos táticos, destacam-se os ajustes de frequência dos serviços e estudo de viagens com transferências. Quanto aos estudos operacionais, é possível calcular indicadores do serviço, como veículo-quilômetro e aderência da operação às tabelas de horários programadas (Pelletier; Trépanier; Morency, 2011). Além disso, podemos utilizar esses dados para gerar análises de embarques e desembarques, transferências, tempos de viagem etc. Inclusive, estes dados já vêm sendo utilizados para estimar matrizes de origem e destino de viagens por transporte público, como já aplicado em Santiago do Chile (Munizaga; Palma, 2012), e na própria SPTrans.

Nesse sentido, a bilhetagem eletrônica pode contribuir na complementação de pesquisas de carregamentos de corredores viários com os volumes de viagens de transporte público nestas vias, apresentando uma resolução temporal e espacial mais abrangente e representativa. Para isso, no entanto, são necessários processamentos dos dados brutos. Este trabalho se propõe a apresentar e comparar a visualização dos carregamentos e dos níveis de serviço (NS) de viagens de transporte público coletivo por ônibus nas vias em diferentes horários do dia, para diferentes dias da semana.

O empenho em melhorar a oferta de serviço para atender às demandas reveladas pelos dados de bilhetagem eletrônica vai ao encontro da agenda de redução dos problemas causados pelos modos de transporte motorizados individuais, como veículos particulares e motos. Esses modos causam externalidades que afetam a qualidade de vida da população das cidades, causadas pelos congestionamentos urbanos, acidentes, poluição do ar e estresse.

Os congestionamentos contribuem para a redução da qualidade de vida da população ao concentrar a poluição do ar nas regiões de maiores congestionamentos, trazendo problemas respiratórios. Além disso, o estresse é um dos grandes problemas causados aos motoristas, tanto pela poluição sonora como pelo grande tempo gasto no trânsito em seus deslocamentos. Nesse sentido, um transporte

público bem planejado e operado, com base em informações coletadas frequentemente pelo sistema através de sistemas informatizados, oferece uma alternativa aos deslocamentos urbanos que contribui para a redução dessas externalidades.

Este trabalho apresenta uma análise de dados de bilhetagem eletrônica, dados de GPS da frota, assim como base de dados de partidas de veículos do sistema de transporte público por ônibus da cidade de São Paulo. Busca-se calcular e representar visualmente os carregamentos e o nível de serviço de viagens por ônibus ao longo de diferentes horas de um dia útil e em finais de semana.

Serão apresentados os métodos para transformar a informação de localização dos embarques, que é inferida pela bilhetagem e dados de GPS dos veículos, na localização de origens das viagens. Em seguida, hipóteses são usadas para inferir o destino de cada embarque, usando a localização dos embarques seguintes de cada usuário. Serão também obtidas as informações da oferta disponibilizada por meio do AVL (Automatic Vehicle Location), equipamento embarcado instalado em cada um dos cerca de 13 000 ônibus da São Paulo Transporte (SPTrans), como localização e prefixo. Por meio do cadastro da frota obtém-se o tipo de veículo (chassi/carroceria), as capacidades associadas, entre outras informações necessárias para a estimativa de capacidade ofertada a ser calculada. Por fim, estes dados serão processados e traduzidos em níveis de serviço para cada linha de ônibus, visualizados em mapas temáticos capazes de identificar trechos de vias com maiores carregamentos e lotações ao longo das horas dos dias.

Em um estudo de caso aplicado à cidade de São Paulo, serão utilizados os dados de bilhetagem eletrônica de dias típicos de operação (útil, sábado e domingo), com milhões de transações diárias e registros de GPS de toda a frota de ônibus. Os resultados da análise espacial e temporal permitem uma discussão ampla de modo a avaliar o potencial de aplicação e utilização dos dados de bilhetagem no planejamento de transportes urbanos.

DIAGNÓSTICO

Esta pesquisa usa como base dados de monitoramento de GPS de toda a frota do sistema de transporte público por ônibus de São Paulo, que está sob gestão da SPTrans. São Paulo é a maior cidade do Brasil, com uma população em torno de 12 milhões de habitantes e uma área urbana de aproximadamente 900 quilômetros quadrados (IBGE, 2016). A rede de transporte público é bastante extensa, sendo uma das maiores do mundo, contando com

20 288 pontos de ônibus, 1 357 linhas e uma frota de aproximadamente 14 500 veículos.

Diariamente, são geradas 14 milhões de transações de bilhetagem eletrônica, sendo aproximadamente 10 milhões no sistema de transporte público por ônibus municipais apenas. Cada veículo da frota de ônibus da cidade de São Paulo gera um registro de localização espacial a cada 45 segundos em média (este intervalo pode ser reduzido, mas requereria um espaço maior para armazenar todas as detecções, além de que o intervalo adotado é suficiente para as atividades de monitoramento e análises atuais), produzindo um total de 24 milhões de registros de GPS em um dia útil. São efetuadas 180 000 partidas de viagens de linhas por dia em toda a cidade (figura 1).

Nesse cenário, fazer um mapeamento da demanda utilizando este grande volume de dados (big data) é um desafio metodológico importante a ser vencido, já que permitirá uma melhor organização do sistema para melhorar o atendimento ao usuário e reduzir os custos de operação.

A implementação dos equipamentos embarcados e desembarcados, com tecnologias diversas e suas interfaces, bem como a coleta, armazenamento e tratamento de todas as informações de múltiplos bancos de dados requerem organização e procedimentos para um melhor aproveitamento dos recursos disponíveis. Outro fator importante está relacionado com o treinamento e o aperfeiçoamento dos técnicos envolvidos com as atividades de monitoramento, controle e planejamento, capacitando-os com as ferramentas mais atuais e de acordo com a infraestrutura de tecnologia de informação instalada.

Além disso, através deste grande volume de informações verifica-se a necessidade de incorporação de profissionais da área de computação e bases de dados para o auxílio dos profissionais as áreas de planejamento de transportes a explorar todo o potencial fornecido por este Big Data. Existe uma demanda crescente de tomada rápida de decisão que seria beneficiada com sistemas prontificados de visualização dessas informações rapidamente processadas.

PROPOSIÇÕES

A questão a ser respondida na metodologia proposta neste estudo é qual o carregamento ao longo das horas e dos dias nos diferentes trechos de infraestrutura utilizados pelas linhas de ônibus do sistema. Resumidamente, para a obtenção da demanda que percorre cada trecho viário, é necessário inferir os pontos de ônibus dos embarques e desembarques dos passageiros, correspondentes a cada transação de bilhete. O local de embarque é inferido através

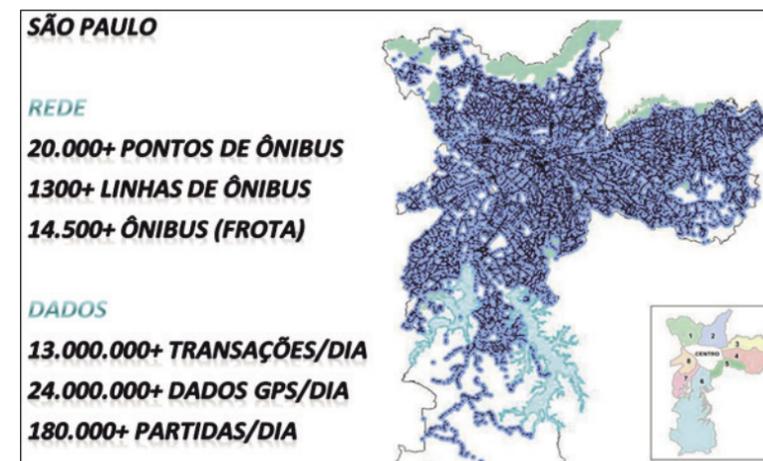


Figura 1 - Características da rede de transporte e volume de informações (big data)

do cruzamento da validação do bilhete, no momento em que o passageiro passa pela catraca, com os dados de GPS do veículo correspondente neste mesmo instante ou aquele com menor diferença de tempo; em seguida, infere-se o ponto de embarque daquela linha onde mais provavelmente foi o ponto de embarque. Depois, infere-se o local de desembarque, através da informação do local do embarque seguinte daquele cartão. A partir dessa lógica e pelo encadeamento de deslocamentos sucessivos, infere-se o ponto de desembarque mais provável em determinada linha. Finalmente, são verificadas medidas de qualidade da informação para que o resultado final seja válido. O algoritmo foi implementado na linguagem Python utilizando as bibliotecas de análise e tratamento de dados Pandas e Numpy, que se mostraram eficientes para analisar o grande volume de dados. A seguir, serão descritas as etapas de forma mais detalhada, para melhor compreensão da metodologia.

1.Leitura de Dados – Inicialmente são lidos e armazenados em estruturas de dados adequadas às informações abaixo.

a) dos registros de GPS relativos a um dia de informação. As descrições dos campos vão a seguir.

- i. data e hora exata que o servidor recebeu a informação do GPS;
- ii. data e hora exata que o AVL (automatic vehicle location, que é o equipamento embarcado de GPS) enviou a informação ao servidor;
- iii. código da linha conforme cadastro interno do sistema OlhoVivo da SPTrans;
- iv. latitude da informação, com seis casas decimais;
- v. longitude da informação, com seis casas decimais;
- vi. código do equipamento de AVL do veícu-

lo (representa um veículo único).

b) das transações (bilhetagens) do sistema de bilhetagem eletrônica. A descrição dos campos são como vai abaixo.

- i. dia, hora, minuto e segundo que a transação ocorreu;
- ii. número único do bilhete do usuário (ID), permitindo o rastreamento de diversos embarques seguidos do bilhete no dia;
- iii. tipo de cartão, podendo ser, por exemplo, bilhete único padrão, bilhete mensal, bilhete de operador (cobrador) etc.
- iv. prefixo do veículo onde ocorreu a transação, utilizado para o cruzamento com os registros de GPS e inferência da localização;
- v. número da linha em que ocorreu a transação.

c) do sistema de transporte por ônibus (GTFS): A base de dados das linhas é fornecida no formato General Transit Feed Specification (GTFS), que é um formato padrão muito utilizado atualmente em diversas cidades do mundo para a distribuição das informações de seus sistemas ao Google Transit (Google, 2017), assim como a disponibilização ao público em geral e a desenvolvedores interessados em fazer aplicações de transporte. Os principais arquivos que foram usados nesta metodologia são os que vão a seguir.

- i. trips.txt: Descreve as viagens dos veículos, sendo uma em cada sentido da rota.
- ii. stop_times.txt: contém a sequência dos pontos de parada de cada linha.
- iii. stops.txt: cadastro dos pontos de ônibus, terminais, estações de metrô e trem do sistema.
- d) dados das localizações de catracas fixas: essas informações correspondem à localização das catracas fixas que se localizam seja em estações de metrô, de trem ou em operações de pré-embarques em terminais.

2.Atribuição da localização às transações em ônibus – Após a leitura dos dados necessários à análise, segue-se a operação de atribuição da localização das transações. A ideia lógica é percorrer cada veículo, e, para todas as transações que ocorreram naquele veículo, buscar qual seria a informação de GPS mais próxima no tempo e atribuir esta localização de GPS à transação. Este procedimento, efetuado para cada veículo durante um dia de operação é eficiente e permite um processamento rápido utilizando a biblioteca Numpy da linguagem de programação Python. O tempo de processamento desta etapa é em torno de 20 minutos para um dia útil.

Para que seja inferida a localização do ponto de embarque de cada usuário do Bilhete Único, faz-se necessário agregar aos dados da bilhetagem as coordenadas do ponto de ônibus pelo qual passa a linha identificada para um determinado bilhete.

Esse processo junta as informações de latitude e de longitude detectadas pelos GPS dos ônibus aos dados do Sistema de Bilhetagem Eletrônica coletados pelos validadores instalados nos mesmos.

Além da informação do prefixo do ônibus em que o validador está instalado, é necessária a identificação do código da linha utilizada pelo bilhete em cada transação a fim de se rastrear a sequência de embarques ao longo do dia nos vários modos de transporte.

3.Atribuição das informações do sistema de transportes às transações – Nesta etapa, para todas as transações são adicionadas informações relativas ao sistema de transportes, como segue abaixo.

- a) trip_id: código que corresponde à linha e ao sentido da linha embarcada;
- b) stop_id: código do ponto de parada daquela linha onde ocorreu o embarque. Esta informação é diferente da obtida na etapa 2. Na etapa 2, foram atribuídas a latitude e a longitude mais prováveis do embarque, e nesta etapa 3 é adicionado o código do ponto de parada daquela linha mais próxima da localização obtida na etapa 2.

A figura 2 mostra como é inferido o ponto ou local de embarque de cada usuário do Bilhete Único, o que é possível uma vez que se tem o cadastro de todos os pontos, terminais de ônibus e linhas de bloqueios do sistema metroferroviário. Considera-se que o embarque ocorre no ponto ou local mais próximo ao local da validação, que por sua vez é obtida pelos dados de GPS e posicionamento do veículo, levando-se em conta o horário de cada um destes eventos.

A figura 3 a seguir apresenta os totais de

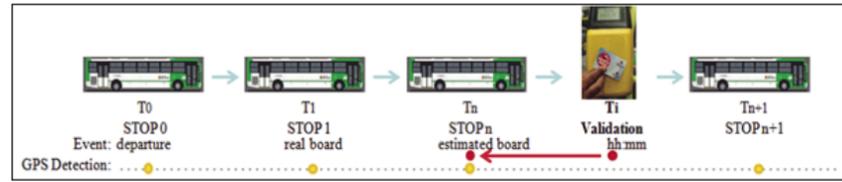


Figura 2 - Determinação do ponto (local) de embarque em uma linha de ônibus

embarques em pontos de ônibus, terminais de integração, estações de metrô e de trem para a faixa horária das 4 da manhã, sendo um dos resultados da etapa 3. Na figura 3, quanto maior o círculo, maior é a quantidade de embarques nos locais identificados. Vale observar que os maiores volumes estão associados a estações de metrô, trem e terminais de ônibus afastados do centro da cidade, em regiões periféricas, indicando os movimentos dos usuários partindo dos locais próximos às suas residências, indo para o trabalho e outras atividades no centro. À tarde, um mapa análogo inverteria a lógica de deslocamentos e embarques das pessoas e apresentaria os maiores volumes de embarques próximo aos bairros centrais. Neste ponto, ainda não é possível fazer a estimativa dos carregamentos, pois é necessária a inferência do local de desembarque, desafio resolvido na próxima etapa da metodologia.

4. Estimativa do local de desembarque e código de parada de desembarque – Nesta etapa, o local de desembarque é atribuído considerando a hipótese de que o usuário não utiliza outros meios de transporte entre as bilhetagens ao longo do dia. Assim, a sequência lógica (encadeamento dos deslocamentos) é respeitada e está descrita a seguir. a) o local do desembarque de cada transação é atribuído pela localização estimada do embarque da transação seguinte;

b) o local de desembarque da última transação do dia é atribuído pela localização estimada da primeira transação do dia; c) após a estimativa do local de desembarque, é necessário atribuir qual seria o ponto de ônibus que ocorreu este desembarque, ou seja, o ponto de ônibus da linha embarcada que mais se aproximada do local estimado de desembarque. Este ponto é então escolhido como mais provável de desembarque daquela transação.

A figura 4 mostra o encadeamento dos deslocamentos realizados por um determinado usuário, por meio do rastreamento das validações do Bilhete Único, identificando as linhas percorridas, as transferências, os locais de embarque e os de desembarque. O tempo de permanência de uma pessoa em determinado local irá determinar se entre dois eventos está sendo realizada uma transferência ou uma atividade rotineira por algum motivo específico (trabalho, estudo, saúde, lazer etc.), mas indeterminada, uma vez que o bilhete não permite precisar este tipo de informação.

5. Inversão do sentido das viagens – Após a estimativa do ponto de desembarque, esta etapa procura corrigir as viagens cujo sentido original obtido nos registros de GPS das linhas não corresponde ao sentido lógico de deslocamento do usuário. Isto é, aquele deslocamento em que o usuário embarca em um ponto e desembarca em um ponto anterior

ao ponto de embarque. Assim, caso seja observado na análise um percurso “negativo”, o sentido da linha utilizada é invertido e as etapas 2, 3 e 4 são recalculadas.

6. Separação dos registros de bilhetagens apropriados – Esta etapa procura retirar da análise registros que possuem inconsistências, seja devido à qualidade do dado, seja por questões de comportamento do usuário no uso do sistema. Seguem as etapas que selecionam apenas os registros apropriados para a análise e que estão representadas para o estudo de caso na tabela 2.

- a) retirada das bilhetagens de tipos de cartões não-rastreáveis, como dos utilizados por cobradores ou operadores do sistema e posterior expansão desses dados;
- b) retirada daquelas transações de usuários que só tiveram 1 transação no dia e posterior expansão;
- c) retirada das bilhetagens cuja diferença de tempo entre o momento da transação e o momento do registro de GPS mais próximo que foi usado para associar a localização seja maior que 2 minutos e posterior expansão;
- d) retirada das bilhetagens cuja informação do código da linha de ônibus é diferente à informação da linha de ônibus que conste no registro do GPS e posterior expansão;
- e) retirada das bilhetagens cuja distância do local de embarque até o ponto de ônibus inferido de embarque é maior que 400 metros e posterior expansão;
- f) retirada das bilhetagens cuja distância do local de desembarque até o local da transação do próximo embarque seja maior que 2 quilômetros e posterior expansão;
- g) retirada das bilhetagens cujo número de pontos percorridos seja zero (que ocorre quando o usuário retarda a validação do cartão) e posterior expansão.

7. Cálculo do carregamento e nível de serviço (demanda e oferta) – Para o cálculo do carregamento de passageiros e de ônibus no sistema viário, são feitos dois processamentos (a seguir).

Tabela 1 - Números globais relativos ao dia útil executado (22 novembro 2016)

Total de Bilhetagens	13.462.740
Total de Transações em Trilhos	3.302.997
Total de Transações no sistema de ônibus	10.159.743

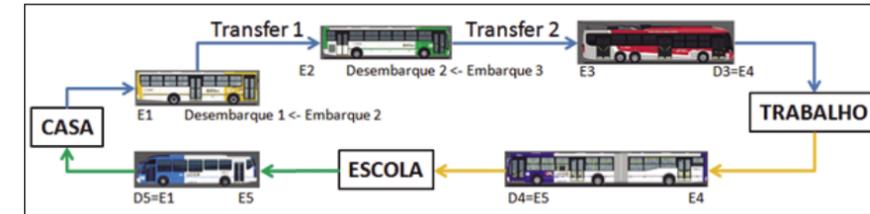


Figura 4 - Sequenciamento de viagens e transbordos (transferências) – embarques e desembarques

- a) Deslocamento ajustado do tempo: para o cálculo da demanda e da oferta de um trecho na faixa horária das 9 da manhã, por exemplo, deve-se considerar o tempo de viagem do veículo até determinado ponto ou trecho de seu itinerário a fim de se computar os passageiros que encontram-se no interior do veículo, mas que embarcaram em horário anterior ao período analisado (9h00).
- b) Expansão para área antes da catraca: o carregamento da linha será a soma do volume de passageiros registrados antes e depois da catraca. Desta forma, como os dados inferidos pela metodologia descrita representam aqueles usuários que de fato “passaram a catraca”, é necessário expandir o carregamento do trecho para aqueles usuários que estão na parte do veículo anterior à catraca.

É necessário deslocar, ao longo dos trajetos das linhas e também considerando os tempos de viagem, as informações de oferta e de demanda, uma vez que para um determinado local em que uma linha passa a contagem de veículos e de passageiros que estão dentro dos ônibus em uma faixa horária qualquer deve levar em conta os efeitos de atraso ou adiantamento da viagem no trajeto. Ou seja, ainda que uma partida de um veículo ou a validação de um bilhete tenha ocorrido em uma faixa horária anterior à faixa horária de análise, há de se considerar na contagem se no período em questão passarem por uma determinada seção.

A figura 5 ilustra o deslocamento da demanda (análogo ao deslocamento da oferta) para um passageiro que validou seu bilhete às 6h52 e permaneceu na linha até o ônibus

Stop sequence	Time	Load hour	6h	7h
11	06:52	6	+1	
12	06:55	6	+1	
13	06:58	6	+1	
14	07:01	7		+1
15	07:04	7		+1
16	07:07	7		+1
17	07:10	7		+1
18	07:13	7		+1
19	07:16	7		+1
20	07:19	7		+1

Figura 5 - Deslocamento da demanda ao longo do tempo e do trajeto

atingir a seção analisada do sistema viário (ponto 20) para a qual se quer determinar o nível de serviço. Para esta seção, na faixa das 7h00 (entre 7h00 e 7h59) este passageiro tem que ser considerado para efeito de carregamento, uma vez que seu ônibus passou pela seção considerada às 7h19. E todos os ônibus que passaram pelo ponto 20 nesta faixa horária (7h00) deverão ser contados, bem como os passageiros dentro deles.

A figura 6 exemplifica o procedimento descrito na etapa 7.b da expansão dos dados de carregamento dos passageiros que estão dentro dos ônibus na área existente antes da catraca. Os passageiros que permanecem nesta área têm seus bilhetes validados somente quando passam pela catraca, o que pode distorcer a informação da hora aproximada de seus embarques, limitando a precisão da informação. Para solucionar esta questão, foi adotado que a taxa de lotação detectada depois da catraca é igual à presente na área anterior à catraca. Desta forma, aplica-se uma expansão para corrigir este fato de usuários antes da catraca também contribuírem no carregamento no trecho.

8. Exportação dos resultados para o mapa – Após o processamento descrito nas etapas acima, é gerado um arquivo que contém, para cada faixa horária do dia, o carregamento estimado de passageiros nos trechos entre dois pontos de ônibus. O carregamento estimado para um trecho entre dois pontos de ônibus será a soma do carregamento estimado de todas as linhas que percorrem o trecho entre esses dois pontos de ônibus. Essa informação é passada para um software de GIS e representada de forma apropriada, colocando-se barras com espessuras variando em função do volume de passageiros estimados nos trechos e indicando por uma escala de cor a relação volume/capacidade para expressar os níveis de serviços por trecho de via.

RESULTADOS

A metodologia descrita foi aplicada aos dados de transações de um dia útil (dia 22

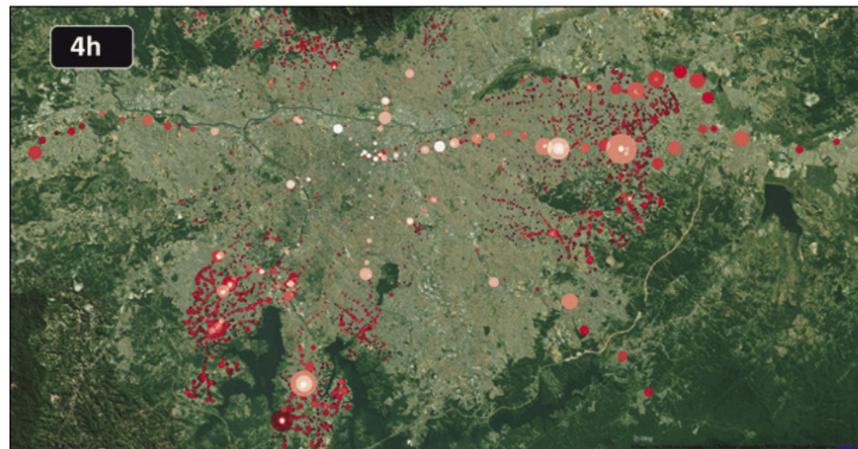


Figura 3 - Representação dos embarques no sistema de transporte na faixa horária das 4h da manhã

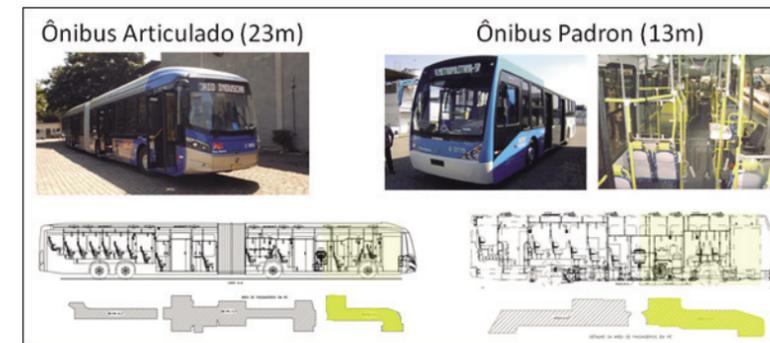


Figura 6 - Consideração sobre a área existente antes da catraca nos ônibus

Tabela 2 - Volume de dados retirados em função das etapas da metodologia

Etapas	Transações	Restantes	Percentual Retirado
Retirados na Etapa 6.a	422 721	9 737 022	4.16%
Retirados na Etapa 6.b	488 096	9 248 926	5.01%
Retirados na Etapa 6.c	145 874	9 103 052	1.58%
Retirados na Etapa 6.d	76 634	9 026 418	0.84%
Retirados na Etapa 6.e	134 783	8 891 635	1.49%
Retirados na Etapa 6.f	707 023	8 184 612	7.95%
Retirados na Etapa 6.g	685 963	7 498 649	8.38%

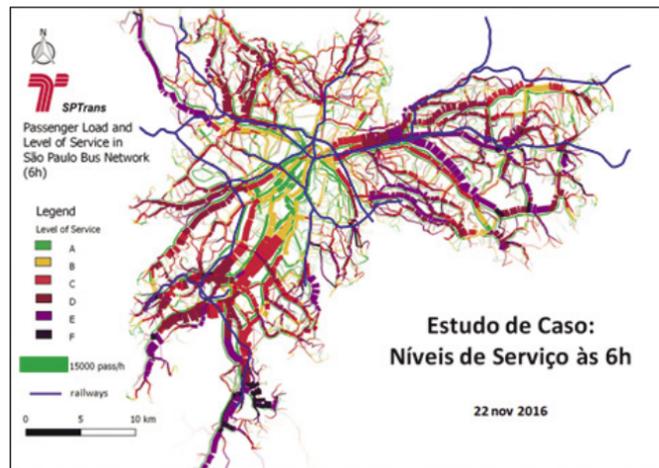


Figura 7 - Carregamentos e níveis de serviço dos ônibus às 6h00

de novembro de 2016), um sábado (19 de novembro de 2016) e um domingo (20 de novembro de 2016) da cidade de São Paulo. Foi feito também um mapa para visualizar o impacto da paralisação de linhas de ônibus em um dia de greve (15 de março de 2017). Para efeito de comparação do volume de transações envolvido, a tabela 1 apresenta os valores dos totais de bilhetagens no dia 22 de novembro de 2016. Já a tabela 2 mostra o volume de dados retirados ao longo da Etapa 6 da metodologia e que serão considerados na expansão dos dados. O total de dados válidos representa aproximadamente 78% do conjunto.

Nas figuras 7, 8 e 9 um comparativo pode ser feito entre os carregamentos nas faixas horárias das 6h00, 12h00 e 18h00 para o dia útil, respectivamente. A definição de nível de serviço adotada é baseada na taxa de lotação, que é a divisão do número de passageiros observados no trecho e

a oferta de bancos no mesmo. Os níveis de serviço são definidos a seguir:
 A: Taxa de Lotação < 1 (na média, todos os usuários deste trecho estão sentados)
 B: $1,0 < \text{taxa de lotação} < 1,5$
 C: $1,5 < \text{taxa de lotação} < 2,0$
 D: $2,0 < \text{taxa de lotação} < 2,5$
 E: $2,5 < \text{taxa de lotação} < 3,0$
 F: taxa de lotação > 3,0

É interessante verificar o expressivo carregamento dos corredores radiais em direção à área central às 6h00 (figura 7), que se dilui às 12h00 (figura 8), e tem seu sentido predominante invertido na faixa horária do pico da tarde, às 18h00 (figura 9), em direção aos bairros.

Observa-se também, pela escala de cores, que as linhas próximas aos bairros mais periféricos apresentam demandas elevadas, assim como seus níveis de serviço nos horários de pico (manhã e tarde) apresentam maior ocorrência de níveis D, E e F. Os carregamentos tendem a diminuir à medida em que se aproxima do centro da cidade, região que concentra a maior parte de empregos no município e destino principal das viagens diárias.

Uma parte considerável da demanda se transfere das linhas alimentadoras (subsistema local) que partem dos bairros para linhas

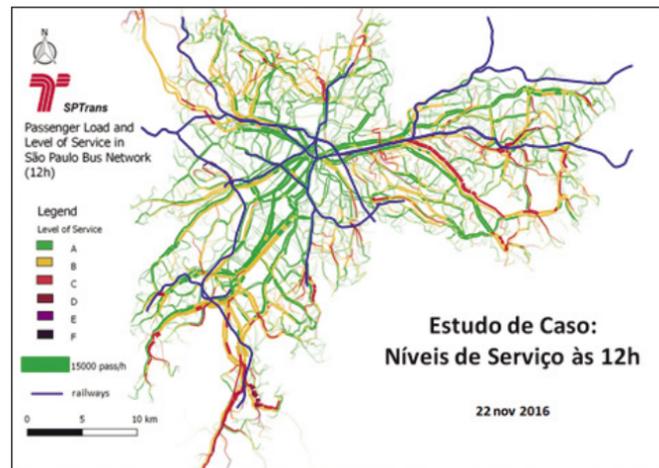


Figura 8 - Carregamentos e níveis de serviço dos ônibus às 12h00

troncais (subsistema estrutural) nos terminais de ônibus. Dirigem-se também a estações de trem e metrô para fazer integração com o sistema metroferroviário.

Este comportamento da demanda pode ser observado ao longo da semana para dias úteis, em um padrão repetitivo, com pequenas variações. As grandes oscilações na demanda e na oferta de transporte se dão ao longo das horas do dia em razão dos horários de entrada e saída do trabalho (início e fim de jornada laboral).

Ao meio-dia, conforme mostrado na figura 8, a utilização do sistema de transporte é menor que de manhã e no final da tarde, mas ainda assim ocorrem viagens por outros motivos, além do trabalho (almoço, estudos, compras, lazer etc.).

Uma grande diferença na quantidade e no volume de usuários do transporte público pode ser verificada nos finais de semana. Na figura 10, está apresentado um comparativo entre tipos de dias diferentes, para a mesma faixa horária das 18h00. Observa-se que tanto no sábado quanto no domingo a demanda é reduzida, porém mantém-se o padrão dos deslocamentos ao longo dos corredores de ônibus em direção às áreas centrais.

Mesmo nos finais de semana, alguns trechos da rede apresentam gargalos que muitas vezes estão relacionados com a infraestrutura disponível para o transporte coletivo, aquele do que a demanda requer em termos de velocidade operacional e capacidade, indicando em muitos casos a necessidade da implantação de transporte de alta capacidade como novas linhas de metrô/trem ou ainda uma melhoria na oferta destes modos de transporte.

Há de se considerar a tipologia do tratamento dado ao transporte por ônibus, que

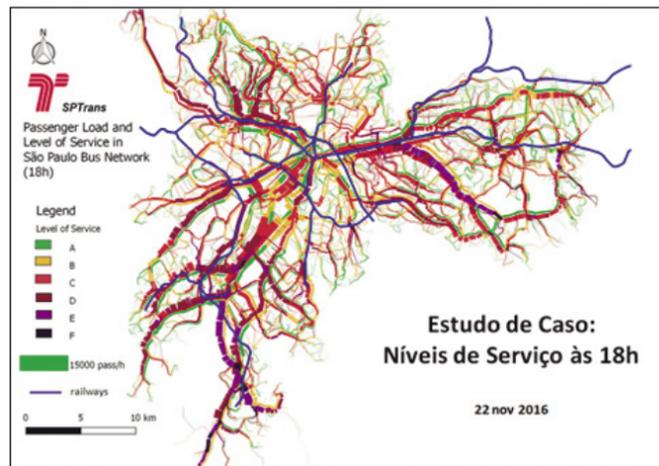


Figura 9 - Carregamentos e níveis de serviço dos ônibus às 18h00

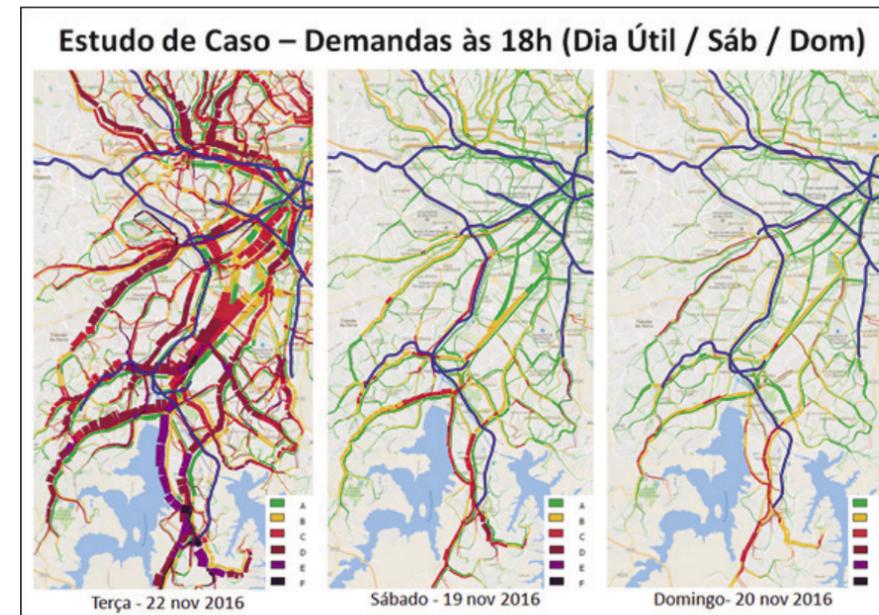


Figura 10 - Carregamentos e níveis de serviço dos ônibus às 18h00 em dia útil, sábado e domingo

em algumas vias não permite a construção de corredores de ônibus com canteiro central e ultrapassagem em faixas segregadas do tráfego geral. Isso ocorre em decorrência da dificuldade de desapropriação ou soluções de geometria viária dada à topografia irregular do terreno ou mesmo a ausência de viários alternativos que permitam uma melhor distribuição dos fluxos veiculares e de linhas de ônibus.

A má distribuição de residências e empregos também influencia a formação de verdadeiros nós nos itinerários das linhas, de modo que a demanda se comporta de forma pendular, sem que se observe uma renovação nos passageiros das linhas e melhor aproveitamento da oferta – é o que se chama comumente de “passageiro chumbinho” – ocupan-

do-se os assentos e lugares disponíveis dos ônibus ao longo de todo o percurso.

Enfim, esta ferramenta permite a análise do comportamento da demanda em qualquer dia/hora.

Por exemplo, a figura 11 mostra o impacto de um evento atípico que ocorreu no dia 15 de março de 2017, com a paralisação parcial da operação de ônibus municipais de São Paulo, atingindo principalmente as linhas estruturais do sistema em um dia de greve parcial do sistema de transporte. Nota-se que, nas zonas mais periféricas, manteve-se o serviço e o atendimento à demanda, embora não fosse possível aos usuários continuarem suas viagens no sistema estrutural.

Nesta situação, a demanda só conseguia chegar a subcentros periféricos ou a terminais e estações do sistema metroferroviário. No entanto, muitos passageiros não conseguiram neste dia chegar aos seus destinos por transporte público, já que além das linhas do subsistema estrutural de ônibus estar paralisadas, as linhas de metrô e de trem ficaram com

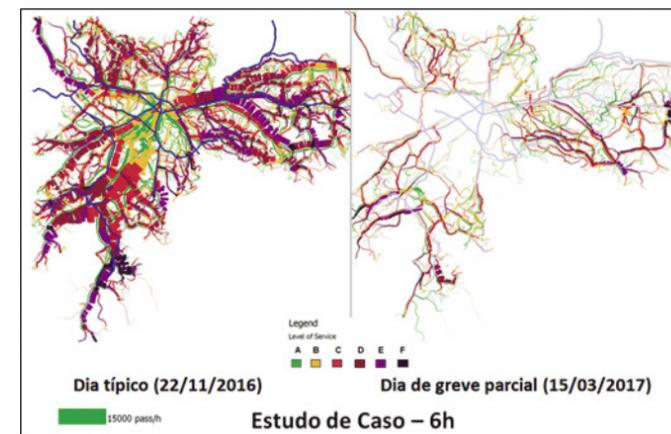


Figura 11 - Carregamentos e níveis de serviço dos ônibus às 6h00 em um dia de greve parcial dos serviços

sua operação comprometida devido à sobrecarga de demanda neste dia.

Muitos dos passageiros usuais dos ônibus tiveram que buscar alternativas de transporte (automóvel, carona, táxis, Uber etc.), enquanto que muitos foram a pé até seus destinos e outros não conseguiram chegar ao trabalho.

CONCLUSÃO

Esta ferramenta mostrou-se viável para ser uma alternativa de geração de informações para análises do sistema de transporte público por ônibus, já que possibilita investigar a demanda em termos de carregamentos e seus padrões de deslocamentos em diferentes horários e tipos de dias da semana.

Permite também entender como a demanda se comporta em dias atípicos, como em paralisações, greves, manifestações, eventos festivos de grande porte, entre outros. Isso auxiliaria na proposição de alternativas de atendimento dada uma previsão de um evento atípico, adequando-se a oferta a cada cenário. Esta informação da demanda de dias atípicos normalmente não é possível de ser coletada por pesquisas tradicionais, dada a imprevisibilidade desses eventos.

*Renato O. Arbex, Analista Pleno
 – São Paulo Transporte S/A
 E-mail: renato.arbex@sptrans.com.br

**Silvio R. Torres, Analista Master
 – São Paulo Transporte S/A
 E-mail: silvio.torres@sptrans.com.br

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] GOOGLE TRANSIT. 2017. – Google Transit, documento de referência para desenvolvedores. Disponível em: <https://developers.google.com/transit/gtfs/reference>. Acesso em: 06 de junho de 2017.
- [2] IBGE, 2016. – IBGE Cidades. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=355030>. Acesso em 06 de Junho de 2017.
- [3] MUNIZAGA, M.; PALMA, C. – Estimation of a disaggregate multimodal public transport Origin-Destination matrix from passive smartcard data from Santiago, Chile. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, v. 24, p. 9–18, 2012.
- [4] PELLETIER, M.P.; TRÉPANIÉ, M.; MORENCY, C. – Smart card data use in public transit: A literature review. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, v. 19, n. 4, p. 557–568, 2011.