

Danilo Maldonado Konishi
Fábio Passanante

**Dimensionamento do sistema de transporte
público da cidade de São Paulo na hipótese de
tarifa zero: um estudo de viabilidade**

Brasil

2018, 09 de fevereiro

Danilo Maldonado Konishi
Fábio Passanante

**Dimensionamento do sistema de transporte público da
cidade de São Paulo na hipótese de tarifa zero: um
estudo de viabilidade**

Trabalho de conclusão de curso apresentado
à Escola Politécnica, da Universidade de São
Paulo

Universidade de São Paulo - USP

Escola Politécnica

Departamento de Engenharia Naval e Oceânica

Orientador(a): Prof.^a Dr. Mauro Zilbovicius

Brasil

2018, 09 de fevereiro

Agradecimentos

Resumo

O projeto aqui apresentado propõe o dimensionamento do sistema de transporte público da cidade de São Paulo sob a hipótese de tarifa zero. Trata-se de um estudo da viabilidade de se implementar essa condição na cidade e inclui somente o transporte público viário, excluindo-se dessa forma trem e metrô. O dimensionamento será baseado em dados disponibilizados pela própria Prefeitura da cidade, estudos feitos por empresas auditoras, artigos publicados e modelos aplicados em outras cidades. Será analisada a variação da demanda por transporte público na cidade, a elasticidade da demanda, os custos envolvidos com o transporte, o estudo do método de contratação das empresas fornecedoras do serviço para que se possa dimensionar a frota e a estrutura necessárias para atender a demanda. Por fim, será realizada uma estimativa dos custos de implementação desse sistema proposto e serão avaliadas alternativas de financiamento.

Palavras-chave:

Lista de ilustrações

Figura 1 – Resultados atingidos com BRT TransCarioca no Rio de Janeiro. Fonte: .	40
Figura 2 – Áreas do transporte coletivo de São Paulo. Fonte: SPTrans.	43
Figura 3 – Número total de passageiros por mês. Fonte: SPTrans.	46
Figura 4 – Share de pagantes por mês. Fonte: SPTrans.	46

Lista de tabelas

Tabela 1 – Velocidade média nos corredores de São Paulo – dados de 2016	41
Tabela 2 – Ganho de tempo com o aumento da velocidade	42
Tabela 3 – Base da Pesquisa de Mobilidade corrigida para a base SPTrans	50
Tabela 4 – Totais de viagens únicas ("giros de catraca") por modal na cidade de São Paulo	51
Tabela 5 – Totais de viagens corrigidos para ano corrente	52
Tabela 6 – Possíveis cenários de migração de outros modais para ônibus	52
Tabela 7 – Exemplo da base construída	56
Tabela 8 – Demanda por corredor	58
Tabela 9 – Vias com maiores demanda e suas ramificações	59
Tabela 10 – Demanda horária - parte 1	62
Tabela 11 – Demanda horária - parte 2	62
Tabela 12 – Quantidade de passageiros no primeiro embarque e nos demais embarques	63
Tabela 13 – Demanda Centro-Bairro	64
Tabela 14 – Headway por passageiro por hora e partidas por hora	66
Tabela 15 – 2 linhas	68
Tabela 16 – 3 linhas	69
Tabela 17 – 4 linhas	69
Tabela 18 – Parâmetros utilizados	70
Tabela 19 – Tempo total obtido por corredor	71
Tabela 20 – Tempos de viagem (min) por arranjo por corredor	72
Tabela 21 – Velocidade média (km/h) por arranjo por corredor	73
Tabela 22 – Horários de saída dos ônibus (em s)	75
Tabela 23 – Chegada dos ônibus na garagem do centro	76
Tabela 24 – Status dos corredores	77
Tabela 25 – Alimentação do sistema	80
Tabela 26 – Frota total estimada	82
Tabela 27 – Estimativas SPTrans. Fonte: (PREFEITURA..., 2018)	83
Tabela 28 – Quilometragem e partidas por corredor	84
Tabela 29 – Quilometragem total por corredor	85
Tabela 30 – Quilometragem comparada	86
Tabela 31 –	88
Tabela 32 –	88
Tabela 33 –	89
Tabela 34 –	89
Tabela 35 –	89

Tabela 36 – Custo com os motoristas	90
Tabela 37 – Custo com funcionários de manutenção	90
Tabela 38 – Custo total com funcionários	91
Tabela 39 – Custos com combustível	91
Tabela 40 – Despesas administrativas	91
Tabela 41 – Depreciação	91
Tabela 42 – Consumo de peças	92
Tabela 43 – Rodagem	92
Tabela 44 – Custos com lubrificantes	92

Lista de abreviaturas e siglas

NDIS Nozzle Injection System

Sumário

1	INTRODUÇÃO	15
	Introdução	15
2	UBERIZAÇÃO DO TRANSPORTE COLETIVO	17
3	A COBRANÇA POR PASSAGEIRO	23
4	A ESCOLHA DOS CORREDORES	25
5	BUS RAPID TRANSIT (BRT)	39
5.1	Escolha dos corredores	39
5.2	Análise dos efeitos da velocidade no tempo de viagem dentro dos corredores	41
6	MODELO ATUAL DE CONTRATAÇÃO DAS EMPRESAS	43
7	A DEMANDA	45
7.1	Histórico: 2013 a 2017	45
7.2	Dificuldades para a estimativa da demanda no caso da tarifa zero	47
7.3	Projeção da demanda geral	48
7.4	Demanda ajustada por corredor	53
7.4.1	Geohash	53
7.4.2	Linhas por corredor	54
7.4.3	Demanda ajustada por corredor	55
8	A OFERTA	61
8.1	Demanda ao longo do dia	61
8.2	Headway e partidas por hora/corredor	62
8.3	Passageiros por hora e headway	64
8.4	Simulações: pontos alternados	68
8.4.1	Tempos de viagem e velocidades médias	70
8.5	Veículos totais necessários	74
8.5.1	Simulador de estoque nos pontos finais	75
8.5.2	Veículos totais por corredor	77
8.5.3	Veículos totais - sistema de alimentação	79
8.5.4	Frota total	81
8.5.5	Quilometragem	83

9	OS CUSTOS	87
9.1	Do GEIPOT à ANTP	87
9.2	Histórico	88
9.3	Custos totais	90
9.3.1	Custos de pessoal	90
9.3.2	Combustível	91
9.3.3	Despesas administrativas	91
9.3.4	Depreciação	91
9.3.5	Consumo de peças	92
9.3.6	Rodagem	92
9.3.7	Lubrificantes	92
10	TARIFAÇÃO E FINANCIAMENTO	93
10.1	De onde vem o dinheiro?	93
11	CONCLUSÃO	95
	REFERÊNCIAS	97
	APÊNDICES	99
	ANEXOS	101
	Exemplo de Formulário de Identificação	103

1 Introdução

São Paulo, assim como diversas cidades grandes do Brasil e do mundo, apresenta sérios problemas de distribuição demográfica e social e, conseqüentemente, de mobilidade urbana. A distribuição desigual da atividade econômica entre as regiões centrais e periféricas faz com que milhões de pessoas tenham de se deslocar por grandes distâncias diariamente. Esse deslocamento tem um custo alto para o contribuinte – em 2017, estima-se que o subsídio às empresas concessionárias e permissionárias de transporte será de aproximadamente R\$ 3,3 bilhões¹ ; para efeitos de comparação, o subsídio em 2013 foi de R\$ 1,6 bilhão² (sem correção de desvalorização monetária); estima-se também que a cidade de São Paulo deixe de gerar cerca de R\$ 50 milhões por dia em razão do tempo perdido do trânsito³ .

Esse aumento do subsídio aconteceu, entre outras razões, em decorrência do crescente número de gratuidades conferidas a diversos setores da população. As gratuidades, por sua vez, se deram num contexto pós-protestos de 2013, quando uma das grandes bandeiras de parte dos manifestantes foi o transporte como um direito do cidadão – e que, portanto, não poderia ser cobrado. Essa ideia ganhou força com a aprovação, em 2015, da PEC 74/2013 que modifica o artigo 6º da Constituição e reconhece o transporte de fato como direito básico, assim como a saúde e a educação.

É nesse contexto que o tema da tarifa zero ganha projeção novamente no debate público. A primeira vez em que surgiu com força considerável foi no início dos anos 1990, quando uma proposta da então gestão eleita da Prefeitura de São Paulo por pouco não foi aprovada pelo Legislativo. A discussão volta à pauta a partir de junho de 2013 e em todos os momentos de reajuste tarifário desde então. Cabe dizer aqui, no entanto, que muitas vezes esse debate público não parece suficientemente qualificado, havendo uso equivocado de dados e estimativas com questionável background técnico. Em termos gerais e de forma resumida, é objetivo do presente trabalho auxiliar nesse debate.

Para isso, será necessária uma completa compreensão de como o sistema de transporte funciona hoje em dia. Isso inclui entender a demanda nas diferentes regiões da cidade e relacioná-la com os eixos de mobilidade (principais corredores e avenidas). Inclui também estimar os custos do atual sistema e entender o modelo de remuneração das empresas concessionárias e permissionárias (deste ponto em diante do trabalho denominadas apenas “empresas” para fins de fluidez textual), comparando-o aos de outras grandes cidades do

¹ Fonte: Época Negócios <<http://epocanegocios.globo.com/Brasil/noticia/2017/01/subsidio-de-onibus-precisara-de-r-33-bilhoes.html>> (acesso em 06 abr. 2017)

² Fonte: G1 <<http://g1.globo.com/sao-paulo/noticia/2014/11/prefeitura-de-sp-estuda-reajustar-passagem-de-onibus-para-r-340.html>> (acessado em 06 abr. 2017)

³ Fonte: G1 <<http://g1.globo.com/bom-dia-brasil/videos/t/edicoes/v/sao-paulo-perde-50-milhoes-de-reais-por-dia-devido-ao-transito/4014277/>>.(acessado em 06 abr. 2017)

mundo e pontuando suas eventuais vantagens e desvantagens. Inclui entender como se dá o financiamento e os subsídios do sistema, também os comparando aos de cidades de porte semelhante.

Uma vez entendido o funcionamento do atual sistema, precisaremos adotar a tarifa zero no sistema viário (excluindo-se, portanto, trens e metrô) como hipótese. Sob tal hipótese, a nova demanda precisará ser dimensionada em termos quantitativos (número de passageiros) e qualitativos (origem/destino e demanda por eixos de mobilidade); a oferta também precisará ser dimensionada nesses moldes, e pode-se adiantar desde já, que a solução para os eixos de maior demanda passa necessariamente pela avaliação da solução BRT e da revisão do modo de contratação das empresas; estimadas demanda e oferta, é necessário em momento posterior estimar o custo, considerando naturalmente diversos cenários e com base na estimativa de custos do sistema atual e de outras cidades, assim como considerações próprias. Breves considerações a respeito de como o sistema poderia ser financiado também comporão o trabalho, embora de forma marginal.

Dadas estimativas de demanda, custo total e possibilidades de financiamento, é preciso avaliar as externalidades positivas e negativas de uma possível implantação da tarifa zero. Somente dessa forma, acreditamos, o debate público será devidamente qualificado e a sociedade poderá avaliar os prós e contras dessa opção e escolher suas prioridades num orçamento limitado.

Como alguém poderia inferir do que foi dito acima, conhecimentos de logística e pesquisa operacional sofisticados serão necessários para a realização do presente trabalho – e é aqui que o engenheiro naval pode dar grande contribuição. Esse conhecimento deverá ser aliado à Estatística e à Economia, num contexto de multi e interdisciplinaridade, para a obtenção de resultados satisfatórios que possam responder a ampla gama de perguntas que não se resumem a áreas específicas. Essa interdisciplinaridade vem sendo característica marcante da ciência ao longo dos séculos e é uma das chaves do desenvolvimento humano e civilizatório – não há razão, portanto, para fechar as possibilidades do conhecimento dito específico em suas próprias fronteiras.

2 Uberização do transporte coletivo

O coletivo versus o individual, em diversos aspectos da vida em sociedade, vem há séculos sendo alvo de debates acalorados que muito raro – para não dizer nunca – são definitivamente superados; ainda que possa haver uma vantagem temporária de narrativa histórica para um ou outro lado com relação a determinado tema, estabelecida por um quase consenso, esta logo é questionada novamente sob roupagem mais moderna e mudança de conjuntura.

De uma perspectiva tão ampla quanto possível, o primeiro embate entre coletivização e individualização se faz no contrato social, quase consenso há pelo menos três séculos e que estabelece algumas das bases teóricas para a existência do Estado; tal contrato foi e é ativamente questionado por certos grupos sociais, notadamente anarquistas e libertários, sem muito sucesso até agora – vantagem para o coletivo. Tal embate também se deu no âmbito da legitimidade ou não da propriedade privada, questionada a partir de meados do século XIX e cujo desenrolar pautou em boa parte a história do século XX – do final deste até o presente momento, no entanto, parece também haver um quase consenso em torno de sua legitimidade; neste caso, o individual leva vantagem sobre o coletivo.

Deixando de lado os exemplos mais caricatos – existência do Estado e da propriedade privada – há embates ligeiramente mais sutis. Após o término da Segunda Guerra, alguns países deram início ao chamado Welfare State, em que o Estado era responsável pelo que a sociedade julgou serem serviços essenciais para o cidadão como saúde, educação, saneamento básico e outros. Este foi um movimento no sentido da coletivização na medida em que os serviços são massivos e iguais para todos – não há concorrência, e na prática a escolha de um(a) pai/mãe por uma escola ou hospital para sua prole é quase compulsória considerando que há apenas um modelo – o estatal. Este entendimento das funções do Estado, quase consenso por quase 30 anos, passou a ser mais fortemente questionado a partir dos anos 1970 e, desde então e por diferentes razões, muitos dos serviços antes considerados essenciais foram privatizados. Tal movimento, dessa vez no sentido da individualização, atenuou o caráter coletivo da vida em sociedade e dotou o indivíduo, ou ao menos aquele que podia pagar, de um maior poder de escolha.

Parece razoável afirmar que não há resposta definitiva para qual modelo é melhor para as sociedades. Resta analisar caso a caso, contexto a contexto, como aconteceu ao longo da história.

No Brasil, o transporte coletivo é entendido como um serviço público. Antes de se analisar o mérito da oposição entre coletivização e individualização do transporte, convém definir brevemente o que é um serviço público.

Em suma, os serviços privados são aqueles executados de maneira pretensamente mais eficiente pelo mercado (DIAS, 1991a). Isso significa dizer que a concorrência é desejável e aumenta a eficiência, norteadas pelo princípio da exclusão – a quantidade adequada de produtos produzida é aquela que determina o máximo lucro, o que necessariamente exclui alguns cidadãos do seu consumo.

Já os serviços públicos são aqueles nos quais o princípio da exclusão ou não se aplica ou é ineficiente (DIAS, 1991a), de modo que a participação de um cidadão no consumo deste bem não prejudique o dos demais. Um exemplo clássico é o da pavimentação de ruas: ora, tanto não se pode pagar individualmente pela pavimentação (não há opção senão participar do rateio – ao que consta, todos precisam andar pelas ruas) quanto se beneficia diretamente dela, querendo-se ou não. Outro bom exemplo é o da iluminação pública: não se consome iluminação separadamente, e portanto não se paga separadamente; da mesma forma, o consumo por um cidadão não prejudica o consumo pelos demais. Há ainda a segurança pública: dado que o poder coercitivo é de monopólio do Estado, não há como não se beneficiar de tal serviço e não faz sentido haver exclusão.

Se há exclusão para qualquer um dos serviços mencionados acima, é um claro indício de que existe ineficiência na sua execução. Esta exclusão pode se dar, por exemplo, pelo subdimensionamento do sistema e da consequente necessidade de complementação do serviço público pelo mercado. Se a rua não está corretamente pavimentada, algum cidadão paga para uma empresa fazê-lo; além de todos os outros cidadãos se beneficiarem disso, a empresa certamente não tem os ganhos de escala do Estado (que pavimentou quilômetros de ruas) em termos de matéria-prima ou capital fixo e, além disso, se cada rua tiver um padrão de pavimentação certamente haverá implicações negativas para o trânsito, urbanismo, suspensões de carros e etc. Situações análogas se aplicam à iluminação pública ou segurança.

Alguém poderia dizer: “pavimentar e iluminar a minha rua, assim como ter segurança privada, funciona”. É verdade, mas não é eficiente sob o ponto de vista de funcionamento geral do sistema. Assim como a pavimentação e a iluminação particulares podem ter efeitos indesejáveis (ou menos desejáveis que se houvesse um padrão estrategicamente estabelecido), a segurança particular em tese não é integrada ao sistema de inteligência das polícias e, portanto e por exemplo, fica mais vulnerável a eventuais ataques. Funcionar, por si só, não implica eficiência.

Importante ressaltar que estes são elementos básicos de finanças públicas amplamente aceitos pela academia. Tão importante quanto é o lembrete de que serviços privados podem ser oferecidos pelo Estado (saúde, saneamento básico), assim como serviços públicos podem ser oferecidos pelo mercado – ainda que o Estado ofereça à população a pavimentação ou a iluminação, as empresas que realizam os serviços podem perfeitamente ser privadas desde que não haja concorrência na prestação do serviço, mas apenas na

contratação/licitação (DIAS, 1991a).

Dito isso, pode-se considerar o transporte coletivo como um serviço público e aplicar sua condição de não exclusão que, no fim, poderia levar à tarifa zero? A seguir, analisa-se qualitativamente o caso de privatização do transporte, por um modelo chamado aqui de uberização, e suas vantagens e desvantagens.

Alguns aplicativos de mobilidade urbana, que dispensam maiores apresentações, vêm ficando cada vez mais conhecidos do público brasileiro nos últimos anos. É o caso de Uber, 99, Cabify, EastTaxi e similares que, grosso modo, popularizaram o táxi. O termo uberização será utilizado pelo fato de que muitas pessoas já o usam; virou quase um sinônimo para determinados segmentos de inovação na economia compartilhada. Não há, por parte dos autores, preferência de nenhuma ordem por nenhum dos aplicativos e nem houve qualquer tipo de vantagem para citá-lo neste trabalho.

Dado o sucesso recente, alguns entusiastas da autorregulação do mercado sugeriram que a inovação tecnológica trazida por esses apps permitiriam a total privatização do transporte coletivo; alguns, nem tão otimistas, acreditam que pelo menos uma parte do sistema pode ter sua operação – e planejamento – transferida para empresas privadas. O mercado alocaria os recursos de forma mais eficiente que o Estado, pois apenas viagens necessárias seriam feitas e quilômetros e mão-de-obra seriam, com isso, poupados. Além disso, o consumidor teria diversas opções e seu interesse estaria protegido pela larga competição que uma cidade com 12 milhões de habitantes poderia gerar entre as empresas. Como se nada disso bastasse, o déficit bilionário do transporte público seria resolvido, ou dramaticamente diminuído pelo brutal ganho de eficiência, e sobraria à Prefeitura dinheiro para investir em outros serviços importantes da cidade. O ganho de produtividade (produtividade com relação a quê?) seria rotina dadas as constantes inovações e investimentos em menor escala, a título de teste, do setor privado, algo que um governo grande e engessado dificilmente conseguiria. Os mais pobres não ficariam de fora: seriam beneficiados com um sistema de vouchers de modo que tivessem pelo menos parte das suas despesas com transportes subsidiada pelo governo – subsídio focalizado, política pública moderna.

A ideia não é ruim, mas infelizmente não parece encontrar eco na realidade. Ainda que existissem “Uber-ônibus” cujos algoritmos combinassem trajetos de pessoas que vão para sentidos semelhantes (algo que a Uber Pool já faz) de modo a minimizar o custo do transporte, haveria alguns problemas.

O primeiro diz respeito ao fato de que a lógica das rotas seria parecida com a que se tem hoje em São Paulo devido ao modelo de remuneração por passageiro: como, assim como as operadoras de ônibus hoje, os aplicativos ganhariam por passageiro transportado, a rota seria aquela a privilegiar a coleta do maior número de pessoas. Isso pode ser eficiente sob uma ótica de corte de gastos, mas definitivamente não o é sob qualquer outra. O tempo de viagem do usuário aumentaria bastante na medida em que seu conforto diminui

com a adição de mais pessoas no carro. E é claro que, quando se pensa em planejamento de transporte coletivo, não se pode considerar apenas a eficiência de custo, mas há de se considerar também outras variáveis de conforto e/ou tempo de viagem.

O segundo diz respeito ao fato de que o transporte coletivo não é deficitário em si. Existem áreas superavitárias também (sem exceção, as centrais) e, num sistema em que a variável a se maximizar é o lucro, seria natural uma hiper demanda se concentrar nelas. Como, pelo menos no caso paulistano, as áreas mais afastadas – e de menor rendimento familiar – são as mais deficitárias pelo fato de terem um IDK menor (os ônibus andam muito e o giro de catraca é pouco), seria igualmente natural que a oferta nestas regiões fosse mais modesta, mesmo partindo do princípio de que a elasticidade-preço da demanda para esses moradores fosse próxima a zero, ou seja, a demanda se mantém constante mesmo quando o preço aumenta. Ainda que se desconsidere esta hipótese regressiva do ponto de vista social e se admita que os vouchers, hipoteticamente distribuídos pela Prefeitura, sejam suficientes para manter no mínimo o mesmo poder de compra que esses moradores hoje têm, a oferta seria necessariamente menor em razão da própria natureza menos lucrativa dessas áreas afastadas.

Essa hipótese é facilmente verificada por qualquer usuário desses apps, hoje. Além disso, há o fato de que muitas áreas têm oferta menor ainda em razão de problemas de segurança: os motoristas têm medo de dirigir lá e simplesmente não as atendem – novamente, a comprovação empírica é fácil e inequívoca. Isso agravaria a já flagrante desigualdade existente no acesso à cidade e no direito à mobilidade desses moradores. Quando se tem mobilidade reduzida, as possibilidades de emprego, de estudo e de lazer são igualmente reduzidas e, com elas, a perspectiva de aumento de renda e de uma vida melhor. Os autores deste estudo acreditam no caráter idealmente democrático e desconcentrador do Estado, e entendem que agravar tais desigualdades não se justifica sob qualquer hipótese.

Alguém poderia sugerir: “ora, por que, nesse caso, não se deixam as áreas hoje lucrativas para a iniciativa privada operar e se deixa o Estado como responsável por atender aquelas de atestada menor atratividade para o setor privado?”. Grosso modo, e terceiro motivo, a resposta é subsídio cruzado – as áreas de maior retorno financeiro, no sistema de transporte centralmente planejado, subsidiam aquelas de menor de modo a diminuir o subsídio necessário para manter o sistema funcionando. Em outras palavras, tal medida atentaria contra a saúde fiscal da Prefeitura sem contrapartidas razoáveis.

Já o quarto diz respeito ao fato de que há um estudo ([CABANNES et al., 2018](#)) que aponta o uso de aplicativos como Waze ou Google Maps, conhecidos por fazerem com que motoristas não enfrentem trânsito e largamente usados pelos aplicativos de mobilidade, como culpados pelo aumento do trânsito em determinados dias. Parece ficar claro que a busca pela otimização global não necessariamente se dá pela soma das otimizações individuais, pois estas são conflitantes entre si. O individual, aqui, perde para o coletivo

segundo critérios objetivos.

Evoca-se, portanto, novamente o princípio da não exclusão segundo o qual os serviços públicos se tornam mais ineficientes com a competição. Os quatro fatores listados acima: aumento do tempo de viagem médio, subatendimento de determinadas áreas da cidade, maior déficit público e aumento do trânsito corroboram a tese de que o transporte coletivo é, por natureza, um serviço público tal qual iluminação, segurança ou pavimentação. A introdução da concorrência torna-o ineficiente e, num desejável monopólio, a exclusão de usuários torna-se igualmente ineficiente do ponto de vista operacional.

Isso significa que o caso ótimo seria o de todos os habitantes de São Paulo se locomoverem por transporte público? A resposta é sim – o movimento é, portanto, em direção à coletivização nos termos da discussão feita no começo deste capítulo. É desejável obrigar, em nome da eficiência, todos os habitantes a abandonarem o transporte individual? Não parece razoável, já que isso prejudicaria dramaticamente a liberdade individual do cidadão e não leva em conta que as pessoas usam transporte individual pelas mais variadas razões para além da eficiência – é necessário respeitar essas escolhas.

Mas sendo o transporte coletivo um serviço público por natureza cuja maximização de usuários é desejada em nome da eficiência (e, como discutimos, da justiça social), é razoável existirem políticas públicas de modo que a sociedade se mova nesse sentido. Políticas que por excelência priorizem o uso do transporte coletivo em detrimento do individual.

Mas será que, dadas as limitações de infraestrutura e fiscais, é uma boa ideia aumentar tanto a demanda por meio da anulação da tarifa? Não haveria um subatendimento crônico advindo de uma super demanda, uma equação impossível de se resolver a não ser pela redistribuição espacial das moradias e atividade econômica? É justamente estas perguntas que este trabalho pretende responder de forma quantitativa e qualitativa nos próximos capítulos.

3 A cobrança por passageiro

A remuneração por passageiro é adotada desde 2001 na cidade de São Paulo, e baseia-se na relação com a Tarifa Pública (equação 3.1):

$$\text{Tarifa Pública} = (\text{Custos Totais} - \text{Subsídios}) / (\text{Passageiros Equivalentes}) \quad (3.1)$$

O termo *passageiros equivalentes* refere-se ao fato de que nem toda viagem é integralmente paga no valor da tarifa. Por essa razão, para se descobrir quanto cada viajante deve pagar deve-se ponderar o número de viajantes que pagam quantia diferente do valor integral e ponderar pelo seu desconto (equação 3.2):

$$PE_m = PAS_m + \sum_{d=1}^D ((1 - DES^d) * PAS_m^d) \quad (3.2)$$

Em que 3.2:

- PE_m = passageiros equivalentes no mês;
- PAS_m = passageiros que pagam a tarifa integral no mês m
- DES^d = nível de desconto da categoria de passageiros d
- PAS_m^d = passageiros da categoria d que pagam tarifa de referência no mês m

A Tarifa de Remuneração, ou remuneração por passageiro, tem então como referência o valor da Tarifa Pública, mas pode estar completamente dissociada desta. Imagine-se uma área de operação em que o índice de passageiros por quilômetro (IPK) é baixo – pode ser que a Tarifa Pública não cubra sequer os custos fixos da operadora. Para que a operação fique atrativa à iniciativa privada, portanto, é necessário que a Tarifa de Remuneração seja maior que a Tarifa Pública mesmo considerando-se a margem de lucro desta operadora. É uma forma incerta e sinuosa para se remunerar as concessionárias, na medida em que depende fundamentalmente da demanda que, por sua vez, pode variar com uma série de fatores.

Além disso, o custo por passageiro usado como base para cálculo é artificial na medida em que a maior parte dos custos é fixa – em outras palavras, o custo marginal real de cada passageiro é baixo, pois não exige outro ônibus, outro motorista ou outro cobrador; tem efeito apenas no acréscimo de peso ao ônibus, resultando em maior custo

de manutenção e maior gasto de combustível. Como o leitor pode imaginar, tais custos são desprezíveis frente a salários, tributos e outros.

Como exemplo, imagine-se um sistema cujo custo para se transportar 1.000.000 passageiros em um dia é de R\$ 1.000.000,00 – custo unitário de R\$ 1, portanto. Imagine-se agora que o desemprego aumentou e, com isso, 50.000 pessoas pararam de usar o sistema de transporte público – com isso, o custo unitário aumentou para R\$ 1.05 sem que, necessariamente, tenha havido sensível mudança no custo uma vez que 950.000 passageiros exigem estrutura bastante similar à que 1.000.000 deles exigiria (número de pontos, de ônibus operando e mão-de-obra associada, extensão das rotas, combustível etc.). O resultado é que tarifa tende a subir no médio prazo sem que, no entanto, os custos tenham aumentado.

Embora este trabalho não disponha de números para provar o que foi dito acima, crê-se não ser necessário. O custo marginal do passageiro é baixo para um sistema já estabelecido porque a maior parte do custo é fixa; isso deve ser intuitivo também ao leitor. A rota não muda, trabalhadores não são demitidos, o número de linhas continua o mesmo, o consumo de combustível muda pouco, a operação da infraestrutura é a mesma e o número de veículos não se altera. Não é razoável que a tarifa varie, portanto, com o custo unitário.

A tarifa zero impõe mudanças tanto no quadro de funcionários (cobradores se tornam desnecessários) como nos gastos com bilhetagem, já que esta não mais se justifica.

4 A escolha dos corredores

Uma vez pressuposta a solução BRT, a escolha dos corredores foi feita arbitrariamente de modo a tentar cobrir a maior parte da cidade ao usar avenidas que atendem ao menos um dos seguintes critérios:

- têm corredores
- têm estrutura conveniente para comportar corredores
 - mais de duas faixas
 - calçadas largas
 - canteiro central
- é suficientemente importante por ligar bairro ao centro, ou bairros importantes, e não atende os critérios acima mencionados

Dessa forma, dividiram-se os corredores em dois tipos diferentes: radiais (RAD) e circulares (CIR). Esta última denominação se dá não necessariamente porque as vias escolhidas para compor os corredores fazem círculos perfeitos em torno do centro, mas porque não têm direção radial. Para os radiais, admitiu-se que começam do centro e, depois, ramificam-se à medida que adentram a cidade. Isso é importante para sua diferenciação, já que corredores derivados de uma mesma avenida na região central estão dentro de um mesmo grupo. Por exemplo, corredores que saem da Rua da Consolação e vão um para a Estrada do M' Boi Mirim e, outro, para a Avenida Jaguaré fazem parte do grupo A.

As subdivisões podem ser encontradas abaixo. A análise das vias que compõem cada corredor é indispensável para o completo entendimento do trabalho. São 37 para RAD e 13 para CIR, totalizando 50 diferentes corredores. RAD A1:

- Rua da Consolação
- Avenida Rebouças
- Avenida Professor Francisco Morato
- Estrada do Campo Limpo
- Avenida Carlos Lacerda
- Avenida Comendador Sant'Anna

- Estrada do M'Boi Mirim

RAD A2:

- Rua da Consolação
- Avenida Doutor Arnaldo
- Rua Heitor Penteado
- Rua Cerro Corá
- Avenida Queiroz Filho
- Avenida Escola Politécnica
- Avenida Jaguaré

RAD A3:

- Rua da Consolação
- Avenida Rebouças
- Avenida Vital Brasil
- Avenida Corifeu de Azevedo Marques
- Avenida Corifeu de Azevedo Marques

RAD B1:

- Avenida Nove de Julho
- Avenida Santo Amaro
- Avenida João Dias
- Estrada de Itapeperica
- Avenida Comendador Sant'Anna
- Estrada do M'Boi Mirim

RAD B2:

- Avenida Nove de Julho

- Avenida Santo Amaro
- Avenida João Dias
- Estrada de Itapecerica

RAD B3:

- Avenida Nove de Julho
- Avenida Santo Amaro
- Avenida Hélio Pellegrino
- Rua das Olimpíadas
- Avenida Doutor Chucri Zaidan
- Rua José Guerra
- Rua Ferreira do Alentejo
- Rua Laguna
- Avenida Doutor Mário Vilas Boas Rodrigues
- Avenida Guido Caloi
- Avenida Luiz Gushiken
- Estrada do M'Boi Mirim

RAD B4:

- Avenida Nove de Julho
- Avenida Santo Amaro
- Avenida Hélio Pellegrino
- Rua das Olimpíadas
- Avenida Doutor Chucri Zaidan
- Rua José Guerra
- Rua Ferreira do Alentejo
- Rua Adele

- Rua Professor Clemente Pinto
- Avenida Guarapiranga

RAD B5:

- Avenida Nove de Julho
- Avenida Santo Amaro
- Avenida Hélio Pellegrino
- Rua das Olimpíadas
- Avenida Doutor Chucri Zaidan
- Rua José Guerra
- Rua Ferreira do Alentejo
- Rua Adele
- Rua Professor Clemente Pinto
- Avenida Guarapiranga
- Avenida Atlântica
- Avenida Senador Teotônio Vilela
- Avenida Sadamu Inoue

RAD B6:

- Avenida Nove de Julho
- Avenida Santo Amaro
- Avenida Hélio Pellegrino
- Rua das Olimpíadas
- Avenida Doutor Chucri Zaidan
- Avenida Roque Petroni Junior
- Avenida Professor Vicente Rao
- Avenida Vereador João de Luca

- Avenida Cupecê

RAD B7:

- Avenida Nove de Julho
- Avenida Cidade Jardim
- Avenida dos Tajurás
- Avenida Morumbi
- Avenida Giovanni Gronchi
- Estrada de Itapecerica

RAD B8:

- Rua Borges Lagoa
- Avenida Ibirapuera
- Avenida Vereador José Diniz
- Avenida João Dias
- Estrada de Itapecerica
- Avenida Comendador Sant'Anna
- Estrada do M'Boi Mirim

RAD C1:

- Avenida Vinte e Três de Maio
- Avenida Washington Luís
- Avenida Interlagos
- Avenida Senador Teotônio Vilela
- Avenida Sadamu Inoue

RAD C2:

- Avenida Vinte e Três de Maio

- Avenida Washington Luís
- Avenida Guarapiranga

RAD C3:

- Avenida Vinte e Três de Maio
- Rua Vergueiro
- Avenida Jabaquara
- Avenida Doutor Hugo Beolchi
- Avenida Engenheiro Armando de Arruda Pereira
- Avenida Conceição
- Avenida Alda

RAD C4:

- Avenida Vinte e Três de Maio
- Avenida Washington Luís
- Avenida Vereador João de Luca
- Avenida Cupecê

RAD C5:

- Avenida Vinte e Três de Maio
- Avenida Washington Luís
- Avenida Interlagos
- Avenida Nossa Senhora de Sabará
- Avenida Emérico Richter
- Estrada do Alvarenga

RAD D1:

- Avenida do Estado

- Avenida Doutor Francisco Mesquita

RAD D2:

- Avenida do Estado
- Avenida Teresa Cristina
- Avenida Doutor Ricardo Jafet
- Avenida Professor Abraão de Moraes

RAD E1:

- Avenida Alcântara Machado
- Rua Melo Freire
- Avenida Conde de Frontin
- Avenida Antônio Estevão de Carvalho
- Rua Doutor Luis Aires
- Avenida José Pinheiro Borges
- Rua Copenhague

RAD E2:

- Avenida Alcântara Machado
- Avenida Salim Farah Maluf
- Avenida Professor Luiz Ignácio Anhaia Mello
- Avenida Sapopemba

RAD E3:

- Avenida Alcântara Machado
- Avenida Salim Farah Maluf
- Avenida Vereador Abel Ferreira
- Avenida da Barreira Grande

- Avenida Afonso de Sampaio e Sousa

RAD E4:

- Avenida Alcântara Machado
- Rua Melo Freire
- Avenida Aricanduva
- Avenida Ragueb Chohfi
- Estrada Iguatemi
- Rua Saturnino Pereira

RAD E5:

- Avenida Alcântara Machado
- Rua Melo Freire
- Avenida Aricanduva
- Avenida Ragueb Chochfi
- Avenida Bento Guelfi

RAD E6:

- Avenida Alcântara Machado
- Rua Melo Freire
- Avenida Aricanduva
- Avenida Itaquera
- Rua São Teodoro
- Avenida Professor João Batista Conti
- Rua Luis Mateus
- Rua Inácio Monteiro

RAD E7:

- Avenida Alcântara Machado

- Rua Melo Freire
- Avenida Aricanduva
- Avenida Itaquera
- Avenida José Pinheiro Borges
- Rua Copenhague

RAD F1:

- Avenida Celso Garcia
- Avenida Governador Carvalho Pinto
- Avenida Dom Hélder Câmara
- Avenida Calim Eid
- Avenida do Contorno
- Avenida José Pinheiro Borges
- Rua Copenhague

RAD F2:

- Avenida Celso Garcia
- Avenida Governador Carvalho Pinto
- Avenida São Miguel
- Avenida Marechal Tito
- Estrada Dom João Nery
- Estrada do Lageado Velho

RAD G5:

- Avenida Cruzeiro do Sul
- Avenida General Ataliba Leonel
- Avenida Luiz Dumont Villares
- Avenida Mazzei

RAD G6:

- Avenida Cruzeiro do Sul
- Rua Doutor Zuquim
- Avenida Água Fria
- Avenida Nova Cantareira

RAD G7:

- Avenida Cruzeiro do Sul
- Rua Doutor Zuquim
- Avenida Nova Cantareira
- Avenida Coronel Sezefredo Fagundes

RAD H1:

- Avenida Rio Branco
- Rua Norma Pieruccini Giannotti
- Avenida Marquês de São Vicente
- Avenida Ordedm e Progresso
- Avenida Casa Verde

RAD H2:

- Avenida Rio Branco
- Rua Norma Pieruccini Giannotti
- Avenida Marquês de São Vicente
- Avenida Engenheiro Caetano Álvares

RAD H3:

- Avenida Rio Branco
- Rua Norma Pieruccini Giannotti

- Avenida Marquês de São Vicente
- Avenida Inajar de Souza

RAD H4:

- Avenida Rio Branco
- Rua Norma Pieruccini Giannotti
- Avenida Marquês de São Vicente
- Avenida Inajar de Souza
- Avenida Deputado Cantidio Sampaio

RAD H5:

- Avenida Rio Branco
- Rua Norma Pieruccini Giannotti
- Avenida Marquês de São Vicente
- Avenida Ermano Marchetti
- Avenida General Edgar Facó
- Avenida Fuad Luftalla
- Avenida Tomás Rabello e Silva
- Avenida Raimundo Pereira de Magalhães

RAD H6:

- Avenida Rio Branco
- Rua Norma Pieruccini Giannotti
- Avenida Marquês de São Vicente
- Avenida Inajar de Souza
- Avenida Ermano Marchetti
- Avenida General Edgar Facó
- Avenida Ministro Petrônio Portela

- Avenida Elísio Teixeira Leite

RAD I:

- Avenida São João
- Avenida Francisco Matarazzo
- Rua Clélia (Guaicurus)

CIR 1:

- Avenida Braz Leme
- Avenida Doutor Abraão Ribeiro
- Avenida Pacaembu
- Rua Major Natanael

CIR 2:

- Avenida Casa Verde
- Avenida Ordem e Progresso
- Avenida Antártica
- Avenida Sumaré
- Avenida Paulo VI
- Rua Henrique Schaumann
- Avenida Brasil

CIR 3:

- Avenida Nicolas Boer
- Avenida Pompeia

CIR 4:

- Avenida Doutor Gastão Vidigal
- Avenida Pedroso de Moraes

- Avenida Professor Fonseca Rodrigues
- Avenida Brigadeiro Faria Lima
- Avenida Helio Pellegrino

CIR 5:

- Avenida Jorge João Saad
- Avenida Padre Lebret
- Avenida Morumbi

CIR 6:

- Avenida Giovanni Gronchi
- Avenida Morumbi
- Rua Engenheiro Oscar Americano

CIR 7:

- Avenida Jornalista Roberto Marinho
- Avenida Pedro Bueno
- Avenida Indianópolis
- Avenida República do Líbano

CIR 8:

- Avenida dos Bandeirantes
- Avenida Afonso D'Escagnolle Taunay
- Avenida Presidente Tancredo Neves
- Viaduto Grande São Paulo
- Avenida Paes de Barros
- Viaduto Bresser

CIR 9:

- Rua das Olimpíadas
- Avenida Hélio Pellegrino
- Avenida República do Líbano

CIR 10:

- Avenida Doutor Arnaldo
- Avenida Paulista
- Rua Vergueiro

CIR 11:

- Avenida Liberdade
- Rua Vergueiro
- Rua Domingos de Morais

CIR 12:

- Avenida do Cursino
- Avenida Doutor Gentil de Moura
- Avenida Nazaré
- Avenida Dom Pedro I

CIR 13:

- Avenida Jacú-Pêssego

5 Bus Rapid Transit (BRT)

O Bus Rapid Transit (daqui em diante tratado como BRT) é um sistema de transporte via ônibus com uma infraestrutura que prioriza a sua operação e que visa a melhoria da qualidade do sistema de transporte público (pontualidade, lotação, tempo de viagem etc).

Este sistema é comparável a um metrô de superfície devido às suas características:

- Embarque/desembarque no nível do piso do ônibus – isso torna o embarque e desembarque mais rápidos para todas as pessoas (pessoas idosas, com deficiência, grávidas e todo restante da população);
- Estações de cobrança fora do ônibus – este fator torna desnecessária a presença de catracas dentro dos veículos, o que torna o embarque mais rápido e aumenta o espaço interno dos ônibus;
- Pistas exclusivas ou preferenciais para os ônibus – isso permite que o trânsito de veículos convencionais não atrapalhe o tráfego dos ônibus dentro do sistema BRT. Em uma cidade com alta densidade de veículos e de muito congestionamento como São Paulo, isto é um fator bastante importante.

No Brasil, o sistema BRT já foi implementado em algumas cidades como Rio de Janeiro, Curitiba, Uberlândia, Belo Horizonte, dentre outras e resultados positivos foram registrados, como mostra um estudo realizado para o BRT TransCarioca do Rio de Janeiro:

Tendo em vista os efeitos positivos que tal sistema pode proporcionar para a cidade de São Paulo, será estudada aqui a possibilidade de implementação do sistema BRT.

5.1 Escolha dos corredores

O BRT deve ser planejado para que seu trajeto seja formado por vias de maior demanda, tendo em vista a otimização do tempo de viagem para a população. Sendo assim, a princípio, os corredores de ônibus da cidade são escolhidos como vias principais do sistema. Tal escolha é fundamental para o planejamento do sistema como um todo, pois esta escolha impacta não somente o espaço físico do local, mas também o desenvolvimento ao redor dessas vias.

O Manual do BRT ([POLICY, 2008](#)) define alguns aspectos que devem ser considerados na escolha das vias:

Categoria Pesquisada / Researched Category	Resultado Atingido / Attained Result
<p>1</p> <p>Perfil do Usuário</p> <p><i>User Profile</i></p>	<p>68% com até Ensino Médio completo. 64% com renda mensal individual entre 1 e 2 SM.</p> <p><i>68% completed High School. 64% touching from 1 to 2 minimum wages.</i></p>
<p>✓</p> <p>Acesso à Cidade</p> <p><i>Access to the City</i></p>	<p>20% não realizava trajeto similar antes do BRT. 68% utiliza para acesso ao trabalho.</p> <p><i>20% didn't do a similar trip before the BRT. 68% use for commuting to work.</i></p>
<p>✓</p> <p>Ganho de Tempo e Produtividade</p> <p><i>Time and Productivity Gains</i></p>	<p>38 min por viagem, da origem até o destino final. 14 dias por ano, para um usuário cotidiano. 96,2 milhões de reais por ano, em termos de homem/hora.</p> <p><i>38 min per trip, from origin until final destination. 14 days per year, for a daily commuter. 30 millions dollars per year, in terms of man-hour.</i></p>
<p>✓</p> <p>Atração dos Usuários do Carro</p> <p><i>Car-Users Attraction</i></p>	<p>4% dos usuários largaram o carro pelo BRT. Menos 33 mil carros por dia. Ganho de tempo (10%) também para estes usuários.</p> <p><i>4% of users have abs. Users largaram o carro. Less 33 thousand cars per day.* Time gains (10%) also for these users.</i></p>
<p>✓</p> <p>Custos com Transporte</p> <p><i>Transportation Costs</i></p>	<p>90% não sentiu impacto negativo no custo com transportes (35% afirmou que custos diminuíram).</p> <p><i>90% did not feel negative impacts on transportation costs (35% stated that costs have decreased).</i></p>
<p>✓</p> <p>Emissões Atmosféricas</p> <p><i>Air Pollution Emissions</i></p>	<p>Redução de 65,5 mil ton de CO₂ por ano.* Redução de 1,2 ton de Material Particulado por ano.* Redução de 113,0 ton de NO_x por ano.*</p> <p><i>Reduction of 65.5 thousand tons of CO₂ per year.* Reduction of 1.2 tons of PM per year.* Reduction of 113.0 tons of NO_x per year.*</i></p>
<p>⚠</p> <p>Sistema Tronco-Alimentado</p> <p><i>Troncal System</i></p>	<p>Aumento das viagens motorizadas na integração com o BRT, com perda de 5 min nestes trechos. Baixíssima integração com bicicleta (0,1%).</p> <p><i>Rise of motorized trips in the access to the BRT, with a 5 min loss in these complementary legs. Really low bicycle integration (0,1%).</i></p>
<p>⚠</p> <p>Qualidade Percebida pelo Usuário</p> <p><i>Perceived User Quality</i></p>	<p>Em geral, BRT aprovado por 66% dos usuários. Interior do veículo (AVC, ruído, ...) aprovado por 77%. Piora da lotação para 44% e da integração para 25%.</p> <p><i>In general, BRT approved by 66% of the users. Vehicle interior (AVC, noise, ...) approved by 77%. Bus crowding worst for 44% and Integration for 25%.</i></p>
<p>⚠</p> <p>Tempo de Espera</p> <p><i>Waiting Times</i></p>	<p>40% menor do que anteriormente, porém, ainda varia muito (26% gastam mais de 10 min esperando).</p> <p><i>40% lower than before, however still varies considerably (26% spend more than 10 min waiting).</i></p>
<p>⚠</p> <p>Intermodalidade</p> <p><i>Transit Intermodality</i></p>	<p>Boa integração com os trens e o BRT TransOeste. Falta de integração tarifária com o metrô afeta complementação da viagem.</p> <p><i>Good integration with the train and TransOeste BRT. Lack of fare integration with metro system.</i></p>
<p>* Estimativa anual, considerando período de 20 anos <i>Annual estimate, considering a 20-year period.</i></p>	

Figura 1 – Resultados atingidos com BRT TransCarioca no Rio de Janeiro. Fonte: .

- Maximização do número de usuários;
- Minimização dos impactos negativos no tráfego normal;
- Minimização dos custos de implementação;
- Minimização dos impactos ambientais;
- Minimização dos obstáculos políticos para a implementação;
- Maximização dos benefícios sociais, especialmente para os grupos de baixa renda.

Apesar de os corredores já possuírem as dimensões necessárias para o tráfego dos ônibus, o BRT requer algumas exigências de largura das vias que as vias atuais podem não satisfazer. Como o objetivo da implementação do BRT é aumentar a velocidade das viagens, isso usualmente faz com que sejam necessárias vias mais largas para os ônibus circularem e para as plataformas de embarque/desembarque de passageiros. No entanto, como isso nem sempre é possível o manual do BRT (POLICY, 2008) indica algumas alternativas que podem ser consideradas ao se implementar o sistema:

- Corredor de ônibus no canteiro central e faixa única de tráfego misto;

- Áreas de acesso restrito ao transporte público;
- Corredores divididos (dois serviços de um sentido em vias paralelas)
- Uso do espaço do canteiro central;
- Alargamento de vias;
- Separação do nível;
- Guias fixas;
- Operação em faixa única;
- Estações escalonadas/alongadas;
- Operação no tráfego misto.

5.2 Análise dos efeitos da velocidade no tempo de viagem dentro dos corredores

Nesta seção, será feita uma análise primária dos ganhos de tempo nos corredores da cidade de São Paulo com a implementação do BRT.

Primeiramente, são obtidas as velocidades médias dos ônibus nos corredores da cidade:

Tabela 1 – Velocidade média nos corredores de São Paulo – dados de 2016

	Extensão [km]	Pico da manhã	Pico da tarde	Entrepico dia	Entrepico
		Velocidade B-C [km/h]	Velocidade C-B [km/h]	Velocidade C-B / B-C [km/h]	Velocidade C-B / B-C [km/h]
Pirituba-Lapa-Centro	13.5	18	17	17	25
Inajar-Rio Branco-Centro	12.3	22	22	22	31
Expresso Tiradentes	9.3	41	37	40	41
Verador José Diniz-Ibirapuera-Santa Cruz	8.6	20	18	19	30
Parelheiros-Rio Bonito-Santo Amaro	28.2	23	21	23	34
Santo Amaro-9 de Julho-Centro	13.8	20	18	19	28
Berrini	3.5	20	16	19	28
Ponte Baixa	2.5	26	22	26	29
Jardim Angela-Guarapiranga-Santo Amaro	7.2	18	16	19	30
Itapicirica-João Dias-Santo Amaro	7.1	18	22	20	29
Campo Limpo-Rebouças-Centro	13.8	19	18	20	30
Paes De Barros	3.8	25	21	21	31

A tabela mostra que, exceto em um caso, a menor velocidade ocorre no horário de pico da tarde e a maior velocidade acontece no horário entrepico da noite. Foram selecionadas, então, as menores velocidades dos corredores para fazermos a comparação com os ganhos de tempo.

O manual do BRT define que a velocidade ideal de operação dos ônibus dentro do sistema deve estar entre 25 km/h e 39 km/h. Sendo assim, este será, inicialmente, o intervalo de velocidades com os quais serão feitas as análises do ganho de tempo. A tabela a seguir apresenta esta análise:

Tabela 2 – Ganho de tempo com o aumento da velocidade

	Velocidade máxima desejada / velocidade mínima atual (%)	Velocidade mínima desejada [km/h]	Tempo para percorrer o corredor inteiro com vel. mín desejada [min]	Ganho de tempo em relação à mínima velocidade atual	Velocidade desejada máxima [km/h]	Tempo para percorrer o corredor inteiro com vel. máx desejada [min]	Ganho de tempo em relação à mínima velocidade atual
Pirituba-Lapa-Centro	152%	25	32.4	34%	39	20.8	58%
Inajar-Rio Branco-Centro	116%	25	29.5	14%	39	18.9	45%
Verador José Diniz-Ibirapuera-Santa Cruz	141%	25	20.6	29%	39	13.2	55%
Parelheiros-Rio Bonito-Santo Amaro	119%	25	67.7	16%	39	43.4	46%
Santo Amaro-9 de Julho-Centro	137%	25	33.1	27%	39	21.2	53%
Berrini	152%	25	8.4	34%	39	5.4	58%
Ponte Baixa	112%	25	6.0	10%	39	3.8	43%
Jardim Angela-Guarapiranga-Santo Amaro	160%	25	17.3	38%	39	11.1	60%
Itapeirica-João Dias-Santo Amaro	142%	25	17.0	30%	39	10.9	55%
Campo Limpo-Rebouças-Centro	142%	25	33.1	30%	39	21.2	55%
Paes De Barros	121%	25	9.1	18%	39	5.8	47%

Esta última tabela nos permite observar que o ganho de tempo não é proporcional ao aumento da velocidade e, também, verificar, de forma superficial, quais os corredores mais vantajosos para se investir no aumento da velocidade.

6 Modelo Atual de Contratação das Empresas

Neste capítulo será discorrido brevemente o modelo atual de contratação das empresas concessionárias do serviço de transporte público sobre rodas da cidade de São Paulo. O sistema de transporte público da cidade é regulamentado pela Secretaria Municipal de Transportes (SMT) e fica a cargo da SPTrans a execução das políticas definidas pela SMT.

Atualmente, a operação de transporte público na cidade de São Paulo é delegada através de concessões a empresas que realizam esse tipo de serviço e a remuneração dessas empresas é feita com base nos seguintes fatores:

1. Na quantidade de passageiros transportados a cada dia;
2. Nos equipamentos embarcados (GPS, equipamentos de bilhetagem eletrônica);
3. Serviço atende – transporte especial para pessoas com alto grau de restrição de mobilidade.

Para a concessão do transporte público às concessionárias, a cidade de São Paulo foi dividida em 9 áreas que definem a região de operação de cada empresa:

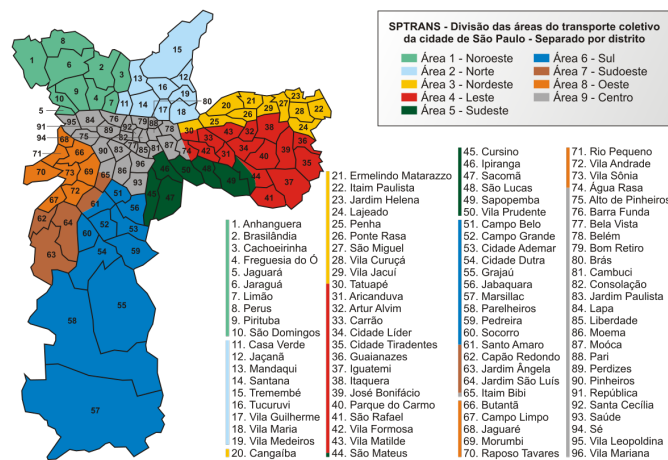


Figura 2 – Áreas do transporte coletivo de São Paulo. Fonte: SPTrans.

Com base nessas áreas, o sistema de transporte coletivo público municipal divide as linhas de ônibus em dois subsistemas:

- Subsistema estrutural: contempla as linhas que conectam as diversas áreas da cidade à área central da cidade (área 9 na imagem). Nestas linhas são utilizados ônibus de maior porte, já que a demanda por essas linhas é maior;
- Subsistema local: composto pelas linhas que alimentam as internamente nas em cada área da cidade. Os ônibus que operam nestas linhas são de porte menor

De um modo geral, as empresas que operam as linhas do subsistema estrutural são diferentes das empresas que operam o subsistema local. Para garantia do cumprimento dos itens contidos no contrato das empresas, o contrato exige que a SPTrans cumpra as seguintes atividades:

- Acompanhamento e fiscalização do cumprimento das obrigações contratuais;
- Avaliação do desempenho operacional das concessionárias;
- Avaliação do desempenho econômico-financeiro dos contratos;
- Avaliação da qualidade dos serviços prestados aos usuários;
- Análise da revisão periódica prevista;
- Análise das alterações dos serviços envolvendo aspectos de planejamento, operacionais e econômicos.

7 A demanda

7.1 Histórico: 2013 a 2017

A demanda do sistema público de transporte cumpre importante papel na medida em que regula a oferta, de forma a ser o principal termômetro por meio do qual os investimentos por parte da Prefeitura são mensurados. Por essa razão, uma previsão acurada do número de passageiros para tempos futuros (em dias, semanas e meses) se faz necessária, uma vez que a Prefeitura remunera as empresas concessionárias e permissionárias aproximadamente de 15 em 15 dias – por questões financeiras de provisão de despesas, portanto, a atividade de previsão da demanda é absolutamente essencial não somente para o dimensionamento da oferta, mas também para a saúde do caixa do Tesouro municipal e da contabilidade pública.

A demanda é sensível a uma série de fatores, e a literatura costuma tratar principalmente de dois deles: a tarifa e a renda – o grupo considera a taxa de desemprego fator bastante relevante também, em razão do oferecimento do vale-transporte, fator levado em consideração indiretamente pelo estudo de (OLIVEIRA, 2015). A sensibilidade da demanda com relação à tarifa costuma ser abordada por meio do cálculo da chamada elasticidade-preço da demanda, e com relação à renda pela elasticidade-renda da demanda. A elasticidade, grosso modo, nada mais é que a medição da variação de uma variável dependente (nesse caso, a demanda) com relação à variável independente (nesse caso, tarifa e renda), como definido na revisão bibliográfica do presente trabalho. Mais para frente, discutiremos as vantagens e as limitações dessa abordagem para o caso limite em que a tarifa vai a zero.

A demanda também varia com outros fatores, como dias da semana (fins de semana e feriado versus dias de trabalho), momento do dia (horários de pico versus horários de vale), mês em questão (férias escolares versus resto do ano) e, no caso de São Paulo, grupos beneficiados pela gratuidade ou desconto, como são os casos de estudantes, idosos e desempregados.

Foram analisados dados de julho de 2013 a fevereiro de 2017, data em que o presente trabalho foi iniciado. Uma primeira e interessante análise pode ser feita com relação à figura a seguir:

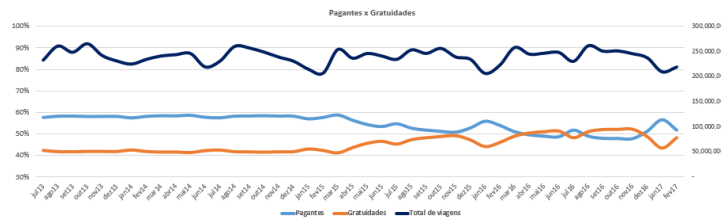


Figura 3 – Número total de passageiros por mês. Fonte: SPTrans.

Com relação ao número total de passageiros, nota-se que as variações se dão de modo sazonal – em janeiro, fevereiro e julho, por exemplo, o volume de viagens é menor porque parte dos estudantes e trabalhadores está de férias. Se comparamos meses iguais de anos diferentes, entretanto, veremos que a diferença não chega sequer a 5%, apesar da diminuição da renda média do trabalho (verificaremos isso na PNAD, mas realmente aconteceu) e do grande aumento da taxa de desemprego. Em outras palavras, a linha de tendência do total de viagens tem alfa ligeiramente negativo e bem próximo a zero.

Outro análise interessante é a de como variaram as parcelas de pagantes e gratuidades ao longo do tempo. Historicamente, o share de gratuidades flutuava em torno dos 40% até novembro de 2015, quando entrou em vigor a gratuidade para desempregados. Além disso, a idade mínima para idosos terem passe livre também foi diminuída e, em maio de 2016, finalmente ocorreram as primeiras viagens gratuitas para estudantes – não por coincidência, neste mesmo mês o total de viagens gratuitas superou o total de viagens pagas. Esses movimentos, naturalmente, tiveram impacto no subsídio às empresas concessionárias e trataremos desse assunto mais profundamente quando da análise das fontes de receita do sistema.

Ainda na mesma discussão, mas de forma superficial, vem a composição dos pagantes na figura a seguir. Os movimentos dignos de nota foram a adoção dos bilhetes mensais, a exemplo do que acontece em outras cidades no mundo, e sua adoção avulsa e em vale-transporte fizeram com que o uso do bilhete único como pagamento aumentasse em aproximadamente 10% (5% VT e 5% avulso) sua participação no total, diminuindo os pagamentos em dinheiro e de estudantes; o outro movimento digno de nota foi a queda drástica nas viagens realizadas com bilhete único de estudante (que paga meia entrada) em razão da adoção dos sistemas de gratuidade explicados no parágrafo anterior.

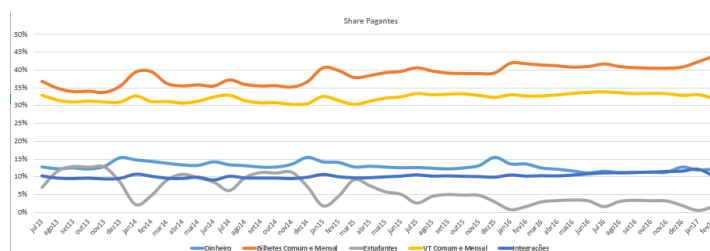


Figura 4 – Share de pagantes por mês. Fonte: SPTrans.

Um comentário breve com relação aos bilhetes mensais é o de que eles são considerados boa prática ao redor do mundo em razão de, ao mesmo tempo em que facilita a captação de receita do sistema e sua previsibilidade (se supusermos que as pessoas fazem em média 60 viagens por mês, as transações com a Prefeitura serão em média 60 vezes menores e sujeitas a menos variáveis, já que a pessoa paga apenas uma vez), propicia uma melhor experiência ao usuário na medida em que este não é limitado pela renda e pode programar suas viagens da forma que mais lhe for conveniente, além de um estímulo a que ele saia de casa e conseqüentemente acabe movimentando a economia de alguma forma. Entretanto, a adoção do bilhete mensal por parte dos passageiros e das empresas que pagam VT só se justifica se for vantajosa se comparada ao bilhete único convencional – a ideia, em termos de políticas públicas, seria a de que os bilhetes mensais ficassem cada vez mais baratos com relação aos avulsos. Entretanto, tal fato infelizmente nem sempre se verifica.

7.2 Dificuldades para a estimativa da demanda no caso da tarifa zero

A literatura utiliza métodos de regressões lineares a multivariadas para avaliar o impacto de diferentes fatores sobre a demanda, como valor da tarifa, renda e taxa de desemprego. Esse método, no entanto, funciona melhor para pequenas variações de qualquer um desses fatores (no nosso caso, a tarifa), uma vez que a elasticidade não é linear – ou seja, esta tem sensibilidade diferente de acordo com diferentes níveis de preço, como mostra (BALCOME, 2004). Por exemplo, se para uma primeira diminuição de tarifa de 10% a demanda aumentar 20%, não significa que se diminuirmos mais 10% o preço a demanda aumentará mais 20%. Tampouco que, se diminuirmos em 20% a tarifa, a demanda aumentará 40%.

Por não ser linear, não se pode fazer a regressão multivariada comum para que o preço vá a zero sob pena de extraírem-se resultados bastante imprecisos. Faremos a comparação, de qualquer forma.

Outra dificuldade é a de que as gratuidades concedidas a determinados setores da população dificultam a análise da série histórica, uma vez que influenciam tanto a tarifa (variável a priori independente) como a demanda. Como passaram a vigorar a partir de 2015, é completamente inútil fazermos regressões comparando 2015 e 2016 aos anos anteriores.

Estamos nos baseando, a princípio, nos estudos de (DIAS, 1991b), (BALCOME, 2004), (CARVALHO C. H. R., 2013) e, de forma marginal, de (TRANSPORTATION, 2016).

7.3 Projeção da demanda geral

A Pesquisa de Mobilidade Urbana de 2012 conta, para cada resposta de entrevistados, com 102 variáveis de caracterização. Entre elas, as zonas da região metropolitana, número identificador de pessoas, de famílias e de domicílios, número de viagens por entrevistado, rendas médias individual, familiar e domiciliar, fatores de expansão para famílias, domicílios, pessoas e viagens e, também, os diferentes modais utilizados em cada viagem.

Os relatórios de síntese do metrô, tanto aquele em forma de texto quanto as tabelas-resumo em formato de planilhas, apresentam as viagens corrigidas por modo principal. O modo principal é uma hipótese adotada arbitrariamente pelo metrô de São Paulo que hierarquiza os diferentes modais a fim de estabelecer apenas um como principal por viagem, muito embora nesta viagem o usuário possa ter usado dois ou mais modais diferentes.

Antes de explicarmos melhor o que isso significa, cabe definir o conceito de “viagem” adotado pelo metrô: movimento de uma pessoa entre dois pontos (um de origem e outro de destino) com motivo definido, utilizando para isso um ou mais modos de transporte” (Metrô de São Paulo, 2012). Como exemplo, se um pai de família sai de casa para levar a mulher ao ponto de ônibus, o filho à escola e ir ao trabalho, são contabilizadas três viagens com motivos diferentes para este entrevistado. Para a mulher, será considerada uma viagem de carro e mais uma de ônibus, caso ela pegue apenas um. Para o filho, será considerada uma viagem da residência (origem) até a escola (destino). Claro que esses exemplos estão considerando apenas a ida, embora a volta também seja considerada na pesquisa.

Definido o conceito de viagem, voltamos ao modo principal. Este é hierarquizado conforme segue:

- Metrô;
- Trem;
- Ônibus;
- Transporte fretado;
- Transporte escolar;
- Táxi;
- Dirigindo automóvel;
- Passageiro de automóvel;
- Motocicleta;

- Bicicleta;

- Outros modos;

- A pé (aqui, são consideradas apenas viagens cuja distância percorrida é de mais de 500 metros, a não ser se o motivo for escola ou trabalho – estas são contabilizadas não importando a distância).

Seja qual for o intuito do metrô ao fazer tal hierarquização, esta não serve a nosso propósito. Precisamos saber, no fim, qual é o número total de vezes em que uma passagem de ônibus foi contabilizada (catraca girada), seja ela paga ou não – somente dessa forma podemos comparar os dados do metrô com os da SPTrans, que teoricamente correspondem à realidade.

Em resumo e a grosso modo, precisamos “trazer os números do metrô para a mesma base dos da SPTrans”, ou seja, dividir uma viagem entre origem e destino em sub-viagens. Isso somente foi possível acessando a base da pesquisa no nível de entrevista, isto é, não utilizamos os dados sintetizados pelo Metrô em seus relatórios a não ser para fins de comparação e validação de dados.

Cada entrevistado tem alguns fatores de expansão associado: *fe_pessoa*, *fe_domicílio*, *fe_família* e *fe_viagem*. Após excluir entrevistados que não deram informação sobre renda, motivo da viagem ou modal, nossa base diminuiu de 24.534 linhas para 18.210 (também excluimos as zonas 24 a 31, uma vez que compreendiam outros municípios da região metropolitana que não São Paulo). A tabela a seguir tem esta quantidade de linhas e foi corrigida para a “base da SPTrans” após diversas iterações no Microsoft Excel a fim de identificar as viagens únicas:

Tabela 3 – Base da Pesquisa de Mobilidade corrigida para a base SPTrans

id_pessoas	fe_viagens	total_viagens	população	no_moradf	Renda_fa	Renda_familiar_per_capita	motivo_origem	motivo_destino	modal	modal_nome	motivo_o_nome	motivo_d_nome
125	417,98	2	836	5	5.8	1.16	8	4	1	Ônibus São Paulo	Residência	Educação
126	417,98	2	836	5	5.8	1.16	8	4	1	Ônibus São Paulo	Residência	Educação
127	372,27	2	745	5	5.8	1.16	8	3	1	Ônibus São Paulo	Residência	Trabalho/ Serviços
130	1.089,23	4	4.357	2	900	450	8	6	1	Ônibus São Paulo	Residência	Saúde
133	1.089,23	2	2.178	4	800	200	8	2	1	Ônibus São Paulo	Residência	Trabalho/ Comércio
157	1.169,33	2	2.339	5	5.7	1.14	8	3	1	Ônibus São Paulo	Residência	Trabalho/ Serviços
162	1.089,23	1	1.089	4	2.633	658	8	3	1	Ônibus São Paulo	Residência	Trabalho/ Serviços
164	1.104,51	2	2.209	4	2.633	658	8	1	1	Ônibus São Paulo	Residência	Trabalho/ Indústria
173	970,12	4	3.88	1	1.125	1.125	8	3	1	Ônibus São Paulo	Residência	Trabalho/ Serviços
174	1.169,33	2	2.339	1	1.33	1.33	8	6	1	Ônibus São Paulo	Residência	Saúde
177	1.041,46	2	2.083	2	1.72	860	8	6	1	Ônibus São Paulo	Residência	Saúde
178	1.041,46	2	2.083	2	1.72	860	8	6	1	Ônibus São Paulo	Residência	Saúde
179	1.169,33	2	2.339	1	800	800	8	6	1	Ônibus São Paulo	Residência	Saúde
181	1.169,33	2	2.339	2	1.1	550	8	1	1	Ônibus São Paulo	Residência	Trabalho/ Indústria
184	1.041,46	2	2.083	4	4.1	1.025	8	3	1	Ônibus São Paulo	Residência	Trabalho/ Serviços

Com isso, chegou-se ao valor de pouco mais de 37 milhões de viagens únicas num dia, sendo “a pé” o modal mais utilizado.

Tabela 4 – Totais de viagens únicas ("giros de catraca") por modal na cidade de São Paulo

Modal	Total de viagens	Viagens por pessoa para determinado destino	Fator de expansão	Share por modal
01 - Ônibus Município São Paulo	7.854.171	2,93	780,73	21%
02 - Ônibus Outros Municípios	263.218	2,75	804,95	1%
03 - Ônibus Metropolitano	320.544	2,78	934,53	1%
04 - Ônibus Fretado	244.971	2,98	724,77	1%
05 - Escolar	1.296.753	2,27	804,94	3%
07 - Passageiro de Automóvel	3.071.978	3,32	669,57	8%
08 - Táxi	245.66	3,51	580,76	1%
09 - Microônibus/Van Município de S.Paulo	2.058.625	2,95	758,80	6%
10 - Microônibus/Van Outros Município	45.168	2,81	868,62	0%
11 - Microônibus/Van Metropolitano	6.586	3,52	1.097,68	0%
12 - Metrô	3.464.638	3,13	647,23	9%
13 - Trem	1.281.002	2,88	811,27	3%
14 - Moto	645.476	3,72	795,90	2%
15 - Bicicleta	198.778	3,46	828,24	1%
16 - A Pé	10.250.443	3,58	737,23	28%
17 - Outros	33.779	3,21	750,64	0%
Total	37.113.425			

Após trazer os dados do Metrô para a mesma base da SPTrans, comparamos os dados de ônibus entre uma fonte e outra (excluindo ônibus e vans intermunicipais e somando vans municipais) com o intuito de calcular o desvio e aplicar este a outros modais também. Identificamos, para os dados de bilhetagem, que o dia com mais movimento teve quase 10.500.000 viagens. Corrigimos tendo este número como base e o comparando a 9.912.796 da tabela acima, resultando num fator de correção incrivelmente baixo de 1,06, número pelo qual multiplicamos os totais de viagens dos outros modais.

Tabela 5 – Totais de viagens corrigidos para ano corrente

Modal	OD (2012)	CORRIGIDO (2017)
Ônibus São Paulo	9.912.796	10.500.000
Ônibus fora da cidade	635.517	673.162,59
Fretado	244.971	259.482,28
Escolar	1.296.753	1.373.568,25
Dirigindo automóvel	5.831.635	6.177.083,02
Passageiro de automóvel	3.071.978	3.253.953,08
Táxi	245.660	260.212,49
Metrô	3.464.638	3.669.872,68
Trem	1.281.002	1.356.884,22
Moto	645.476	683.711,85
Bicicleta	198.778	210.553,16
A Pé	10.250.443	10.857.648,28
Outros	33.779	35.779,96

A análise se baseia em estimar qual a parcela de viagens de cada modal que migraria para ônibus em caso de tarifa zero. Os critérios serão explicados na análise socioeconômica a seguir. Para fins de facilitação, condensamos alguns modais de transporte em um só segundo critérios de sensibilidade – como temos milhares de possibilidades de soma, escolhemos as mais prováveis e que produzem maior efeito na demanda total. Os principais são automóvel, metrô, trem e a pé. Foram feitas 20.000 iterações com critérios estabelecidos na análise socioeconômica a seguir:

Tabela 6 – Possíveis cenários de migração de outros modais para ônibus

Modais	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Cenário 5	Cenário 6	Cenário 7
Automóvel	65%	60%	55%	50%	45%	40%	35%
Metrô	65%	60%	55%	50%	45%	40%	35%
A pé	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%
Trem	55%	50%	45%	40%	35%	30%	25%
Escolar	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%
Moto	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%
Ônibus fora da cidade	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%
Demais	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%

Estas 20.000 iterações foram plenamente suficientes para deixar claro qual o intervalo de que estamos falando. Muito embora o cenário de máxima demanda seja de 37 milhões de viagens, não é nem um pouco razoável admitir tal hipótese, uma vez que esta pressuporia que todas as viagens de todos os modais migrariam para ônibus.

7.4 Demanda ajustada por corredor

Importante notar, a essa altura, que havia dois modos principais para se estimar a demanda geral: um é o que foi feito – dados gerais e consolidados, para depois dividir as viagens entre os corredores; outro é o de extrapolar o resultado de cada corredor para um caso geral. Este último não foi escolhido por apresentar algumas desvantagens, entre elas a não consideração de passageiros que não trafegam por essas vias, subestimando a demanda total, e também o fato de que seria necessário adaptar os microdados da Pesquisa de Mobilidade de 2012 para muitas regiões. Como já dito, essa pesquisa não tem uma precisão suficiente para “quebras” tão precisas e, também, as considerações arbitrárias de substituição de modais baseadas em renda seriam inúmeras.

Dessa forma, faz-se necessário ajustar a demanda total encontrada anteriormente por corredor, ou seja, quantos passageiros, ou quantas viagens, serão feitas em cada um dos corredores?

Buscou-se determinar quais linhas passavam em cada uma das 135 diferentes vias que compõem cada corredor, para que depois se pudesse, grosso modo, determinar a demanda de cada uma, compará-las e por fim dividir a demanda total. É um processo complexo que será explicado em detalhes nas próximas seções.

7.4.1 Geohash

Para a determinação de linhas por via, utilizou-se o site Cruzalinhas ([CRUZALINHAS, 2018](#)), que a partir da entrada de uma via qualquer fornece todas as linhas que passam nesta via ou próximo. O site utiliza o API do Google Maps e o geohash ([GEOHASH, 2018](#)) para determinar quais linhas estão a menos de 1 quilômetro das vias em questão.

O geohash, a partir de coordenadas de latitude e longitude, cria um identificador único para cada localização. Há uma lógica de proximidade entre esses pontos e, a partir dela, é possível determinar quão próximo (respeitadas as devidas condições de precisão) um certo ponto é de outro. É com base nesse sistema que o Cruzalinhas, traduzindo entradas de ruas e avenidas para um par [latitude, longitude], determina as linhas que passam próximo a esse ponto.

Como o sistema funciona por pontos de [latitude, longitude] e a entrada de uma via sem número fornece apenas um deste, em geral aquele localizado na metade da rua ou avenida em questão, pode haver subestimação das linhas que passam em cada via. Tal efeito é, no entanto, minimizado na medida em que supõe-se continuidade num corredor (por exemplo: ônibus que passam pela Estrada do Campo Limpo sentido centro devem passar quase que necessariamente pela Avenida Professor Francisco Morato) - em outras palavras, para um mesmo corredor, as linhas que não são identificadas em uma via o serão

em outra.

7.4.2 Linhas por corredor

Uma vez determinadas todas as linhas cujos trajetos passam num raio de até 1 quilômetro dos corredores, é preciso determinar quais delas consideraremos para o cálculo. Isso porque nem toda linha tem a mesma direção do corredor do qual passa próximo. Por exemplo, linhas que saem do Vale do Anhangabaú e têm sentido zona leste não podem ser contabilizadas para os corredores do grupo A, cujo sentido é sudoeste, muito embora figurem na lista fornecida pelo Cruzalinhass quando a entrada é “Rua da Consolação”.

Para isso, na planilha de apoio foi criado o mecanismo Check Roteiros, de entrada binária (1,0), cuja função é simplesmente a de informar, para determinada linha em determinado corredor, se aquela será contabilizada para o cálculo de demanda deste ou não. Os critérios foram basicamente as seguintes:

- Se a linha passar em via principal que vai no mesmo sentido e não está entre as vias de implantação do BRT, marca-se 1. Exemplo: linhas identificadas pelo geohash que passam pela Avenida Professor Francisco Morato mas, na verdade, passam pela Avenida Eliseu de Almeida (paralela).
- Se a linha passar em via não principal que vai no mesmo sentido, marca-se zero. Entende-se, aqui, que a linha em questão é alimentadora de vias principais
- Se a linha atravessar transversalmente a via em questão, ou então por uma distância aproximadamente menor ou igual a 700 metros, marca-se zero a não ser que o itinerário da linha continue por vias que compõem o corredor em questão. Exemplo: para linhas que sobem a Rua Cardeal Arcoverde, embora passem brevemente pela Avenida Doutor Arnaldo para continuar pela Rua da Consolação (parte da RAD A2) ou pela Avenida Angélica (paralela à Consolação), considera-se que compõem a demanda da Avenida Doutor Arnaldo, também parte da RAD A2. Isso não fará diferença na determinação da demanda total, já que todas as repetições de linha dentro de um mesmo corredor serão excluídas, mas fará diferença para sabermos quais vias detêm maior parte da demanda daquele corredor – tal informação é útil para caso se queira seccionar a oferta no corredor, ou seja, fazer com que cada ônibus rode apenas parte do corredor de modo a utilizar menos veículos. Entretanto, no presente trabalho, isso não será feito, por motivos que discutiremos mais à frente.

O output desse processo é a descoberta das linhas que compõem a demanda de cada corredor a partir dos dados fornecidos pelo Cruzalinhass.

7.4.3 Demanda ajustada por corredor

Após a determinação “check roteiros”, verificou-se a demanda de viagens para cada via. Para a determinação da demanda dos corredores, excluíram-se as linhas repetidas que passavam em uma via e em outra de um mesmo corredor. Por exemplo: em RAD A1, a linha 8700-10 passa na Rua da Consolação, na Avenida Rebouças, na Avenida Professor Francisco Morato e na Estrada do Campo Limpo; contar o número de viagens quatro vezes seria naturalmente um equívoco – a repetição é, portanto, desconsiderada dentro de um mesmo corredor. A intenção dessa atividade é, eliminando a repetição interna mas não a externa, encontrar uma relação de viagens entre corredores para que a demanda de uma linha que passa por mais de um corredor seja convenientemente dividida. Após essa divisão, garante-se que a soma de viagens em todos os corredores seja igual aos valores encontrados na determinação da demanda geral, e não os exceda. Convém fazer algumas observações acerca do método. Utilizando o Microsoft Excel, fez-se uma tabela como esta a seguir:

Tabela 7 – Exemplo da base construída

concatenado 1	Primeira vez?	corredor	Linha	Via	check	passageiros mar17	passageiros ago17	passageiros out17	Total	share linhas	Ajustado diário	Total ajustado diário com repetições	Total ajustado diário SEM repetições
RAD A1-106A10-0	1	RAD A1	106A10	Rua da Consolação	0	476,062	462,854	440,978	1,379,894	0.24%	49,366	-	-
RAD A1-107T10-28872.	1	RAD A1	107T10	Rua da Consolação	1	266,187	275,412	265,458	807,057	0.14%	28,873	28,873	2,220.98
7907828122 RAD A1-107T31-0	1	RAD A1	107T31	Rua da Consolação	1	-	-	-	-	0.00%	-	-	-
RAD A1-178L10-32024.	1	RAD A1	178L10	Rua da Consolação	1	300,558	302,601	291,994	895,153	0.16%	32,024	32,024	4,574.92
4608343731 RAD A1-475M10-0	1	RAD A1	475M10	Rua da Consolação	0	73,578	75,640	71,057	220,275	0.04%	7,880	-	-
RAD A1-508L10-15659.	1	RAD A1	508L10	Rua da Consolação	1	150,025	147,203	140,483	437,711	0.08%	15,659	15,659	3,131.86
2881622184 RAD A1-609F10-0	1	RAD A1	609F10	Rua da Consolação	0	389,372	391,078	419,666	1,200,116	0.21%	42,935	-	-
RAD A1-609F21-0	1	RAD A1	609F21	Rua da Consolação	0	58,104	58,743	52,604	169,451	0.03%	6,062	-	-
RAD A1-620010-0	1	RAD A1	620010	Rua da Consolação	0	690,487	720,027	668,561	2,079,075	0.36%	74,380	-	-
RAD A1-625010-0	1	RAD A1	625010	Rua da Consolação	0	94,480	90,237	82,614	267,331	0.05%	9,564	-	-
RAD A1-626210-0	1	RAD A1	626210	Rua da Consolação	0	227,805	230,561	209,994	668,360	0.12%	23,911	-	-
RAD A1-629110-0	1	RAD A1	629110	Rua da Consolação	0	298,642	305,101	288,604	892,347	0.16%	31,924	-	-
RAD A1-633810-0	1	RAD A1	633810	Rua da Consolação	0	174,383	180,111	158,159	512,653	0.09%	18,340	-	-
RAD A1-635810-0	1	RAD A1	635810	Rua da Consolação	0	252,947	251,472	272,134	776,553	0.14%	27,781	-	-
RAD A1-635841-0	1	RAD A1	635841	Rua da Consolação	0	6,472	-	-	6,472	0.00%	232	-	-
RAD A1-636610-0	1	RAD A1	636610	Rua da Consolação	0	209,415	211,041	190,113	610,569	0.11%	21,843	-	-
RAD A1-640010-0	1	RAD A1	640010	Rua da Consolação	0	225,043	220,549	180,634	626,226	0.11%	22,403	-	-
RAD A1-640310-0	1	RAD A1	640310	Rua da Consolação	0	308,116	307,524	290,921	906,561	0.16%	32,433	-	-
RAD A1-641410-0	1	RAD A1	641410	Rua da Consolação	0	253,852	254,789	241,941	750,582	0.13%	26,852	-	-
RAD A1-642210-0	1	RAD A1	642210	Rua da Consolação	0	100,640	104,597	93,474	298,711	0.05%	10,687	-	-
RAD A1-645010-0	1	RAD A1	645010	Rua da Consolação	0	783,659	751,624	762,530	2,297,813	0.40%	82,205	-	-

- A coluna concatenado 1 cria uma identificação única para cada par [Linha, Corredor] ao concatenar corredor, Linha e total ajustado com repetições. Será necessária para a determinação da coluna Primeira vez?
- Estando a tabela em ordem de corredores, coluna Primeira Vez? indica se a concatenado 1 já apareceu antes. Se sim, retorna zero. Esse resultado é importante para eliminar as repetições.
- A coluna check, de valores 0 ou 1 e como explicado anteriormente, informa se determinada linha compõe a demanda de certo corredor.
- As colunas passageiros mar17, passageiros ago17 e passageiros out17 referem-se às demandas mensais escolhidas em razão de sua continuidade e atualidade (o presente trabalho é escrito em meados de 2018), na tentativa de evitar efeitos de férias,

feriados, eleições ou eventos análogos, assim como linhas que foram descontinuadas. A coluna Total é a soma das três acima mencionadas.

- A coluna share linhas é resultado da parcela que cada linha, eliminadas as repetições, tem da coluna Total. Sua função é ajustar a demanda diária encontrada, no caso base 20.500.000, de acordo com cada linha.
- A coluna Ajustado diário é simplesmente resultado da demanda diária base (20.500.00) multiplicada pela coluna share linhas.
- A coluna Total ajustado diário com repetições tem os mesmos valores da Ajustado diário caso check seja igual a 1. Caso contrário, retorna 0. Tem repetições porque as demandas se repetem ao longo das vias: se um ônibus passa em três corredores diferentes, por exemplo, esta coluna considerará a demanda total para todos eles.
- A coluna Total ajustado SEM repetições divide a anterior entre os corredores com a ajuda de uma outra tabela, a “Linha_x_Corredor”. Esta tabela retorna, para cada linha, qual a parcela em porcentagem da demanda por corredor. O critério para a determinação dessa parcela é o número de vias pelas quais o ônibus passa em cada corredor. Exemplo: a linha 8700-10 passa nos corredores RAD A1, RAD A2 e RAD A3. No primeiro, percorre quatro diferentes vias. No segundo, apenas uma e, no terceiro, três. A coluna Total ajustado diário com repetições considera, portanto, $4/7$ da demanda desta linha para o corredor RAD A1; $1/7$ para o corredor RAD A2, e $2/7$ para o corredor RAD A3.

Estimar a demanda sem repetições, como descrito acima, é importante para determinar a demanda de cada corredor o mais próximo possível da realidade. Ao estimar a oferta, é razoável supor que, para o exemplo acima da linha 8700-10, a maior parte das pessoas (estima-se em $4/7$, como explicado) tenha como destino a direção do corredor A1, enquanto os outros $3/7$ se dividem entre os corredores RAD A2 e RAD A3. Claro que não é um método exato; trata-se simplesmente de uma tentativa de quantificar algo não quantificável por falta de ferramentas adequadas. O ideal seria se soubéssemos exatamente, para cada linha, quantas pessoas sobem e descem em cada ponto de ônibus e quais seus destinos.

Depois de tudo isso, chega-se à demanda diária por corredor. Importante notar que todas as fórmulas estão corretas, já que a soma da coluna Demanda diária ajustada SEM repetições abaixo é igual a 20.500.000, ou a qualquer número que escolhermos como demanda diária total.

Tabela 8 – Demanda por corredor

Corredor	Demanda diária ajustada COM repetições	Demanda diária ajustada SEM repetições
RAD A1	2,632,768	933,881
RAD A2	1,606,562	518,230
RAD A3	1,367,492	453,796
RAD B1	3,107,417	568,637
RAD B2	2,526,713	385,486
RAD B3	2,619,619	426,383
RAD B4	2,185,204	301,326
RAD B5	3,057,811	691,021
RAD B6	2,377,006	476,066
RAD B7	2,079,394	344,728
RAD B8	3,503,453	999,607
RAD C1	2,057,219	584,872
RAD C2	1,233,542	192,180
RAD C3	1,354,460	464,904
RAD C4	1,529,726	312,928
RAD C5	1,621,610	526,014
RAD D1	577,853	208,362
RAD D2	616,438	203,912
RAD E1	1,776,191	425,035
RAD E2	1,544,376	622,715
RAD E3	1,527,023	609,588
RAD E4	2,026,987	495,884
RAD E5	2,048,603	538,240
RAD E6	2,151,882	709,326
RAD E7	2,349,639	518,259
RAD F1	1,411,952	463,133
RAD F2	1,801,327	1,224,388
RAD G1	904,757	513,936
RAD G2	962,967	354,616
RAD G3	962,967	333,900
RAD H1	910,627	177,666
RAD H2	724,737	157,579
RAD H3	1,765,652	518,773
RAD H4	1,527,776	615,029
RAD H5	1,427,666	399,867
RAD H6	1,622,833	495,640
RAD I1	834,176	432,707
CIR 1	249,040	71,594
CIR 2	959,137	326,819
CIR 3	135,326	45,203
CIR 4	1,188,365	379,574
CIR 5	410,128	84,950
CIR 6	438,794	101,238
CIR 7	369,057	63,845
CIR 8	611,921	314,613
CIR 9	159,398	16,390
CIR 10	887,546	212,660
CIR 11	135,952	38,906
CIR 12	702,123	425,839
CIR 13	507,035	219,757

Abaixo, também, verificam-se as 20 vias com maior demanda e os respectivos números de ramificações (por exemplo, a Avenida Nove de Julho se divide em 7 diferentes vias). A tabela completa pode ser encontrada no Anexo.

Tabela 9 – Vias com maiores demanda e suas ramificações

Via	Total Geral	Ramificações
Avenida Nove de Julho	756,105	9
Avenida Inajar de Souza	635,364	4
Rua da Consolação	581,393	5
Avenida Vinte e Três de Maio	569,657	7
Avenida Alcântara Machado	516,284	9
Avenida Ibirapuera	505,437	3
Estrada do M' Boi Mirim	485,496	6
Avenida João Dias	478,099	5
Rua Melo Freire	477,429	7
Avenida Cruzeiro do Sul	474,456	5
Avenida Celso Garcia	469,778	4
Avenida Senador Teotônio Vilela	437,369	4
Avenida José Pinheiro Borges	435,147	5
Avenida Aricanduva	429,475	6
Avenida Ragueb Chochfi	420,682	4
Avenida Doutor Chucri Zaidan	405,611	6
Avenida Professor Luiz Ignácio Anhaia Mello	385,350	3
Estrada de Itapeperica	371,598	6
Avenida Marechal Tito	344,914	3

8 A oferta

Para a determinação da oferta de veículos necessária para certa demanda, é necessário saber como esta se distribui ao longo do dia. Se a frequência com que as partidas de ônibus acontecem for a mesma em horários de pico e de vale, está claro que haverá uma subocupação neste horário caso o dimensionamento para aquele esteja adequado. A tentação de fazer uma média entre pico e vale para atendimento constante ao longo do dia, por outro lado, incorrerá em suboferta nos horários de pico. A saída é, portanto, variar a frequência de oferecimento de ônibus ao longo do dia – o headway, intervalo de saída entre dois veículos, mudará de acordo com a hora do dia.

Outra dificuldade é a de que, até esta altura, falou-se de viagens realizadas porque são os dados disponíveis na SPTrans. Acontece que, para planejar ocupação de veículos, é necessário saber quantos passageiros fazem essas viagens. Uma viagem é contabilizada como rodada de catraca, e portanto um passageiro pode fazer mais de uma viagem ao ir para o trabalho, por exemplo. Neste capítulo, resolve-se esse problema ao se considerar uma relação viagens / passageiros únicos.

É necessário, também, estimar os tempos de viagem e velocidades médias de modo a se poder comparar com o sistema atual. Uma das boas justificativas para a tarifa zero – e conseqüente aumento brutal da demanda – é, como discutido nos primeiros capítulos, priorizar o transporte público frente ao individual e, dessa forma, otimizar todo o sistema de mobilidade urbana.

Por fim, estima-se a quantidade total de ônibus necessária para atender determinada demanda de modo que os headways sejam respeitados. Com a licença da figura de linguagem, quantos veículos são necessários para “fazer a roda girar”. Para tal fim, foi construído um simulador de estoque de ônibus nos pontos inicial (bairro) e final (centro).

8.1 Demanda ao longo do dia

A SPTrans fornece arquivos de texto em formato GTFS (General Transit Feed Specification), um sistema criado pelo Google para padronizar informações de tempo e geográficas de saídas, passagens em pontos e muito mais (GOOGLE . . . , 2018). Para este trabalho, foram utilizados os horários de partida de cada linha sentido centro e sentido bairro.

De posse dessas informações, cruzaram-se dados das linhas que compõem a demanda dos corredores, determinadas anteriormente, com o arquivo fornecido pela SPTrans a fim de determinar a oferta atual disponível durante o dia. A partir desta, determina-se a

demanda com alguns pequenos ajustes arbitrários derivados das experiências pessoais dos autores. Os resultados foram os seguintes:

PRESENTE NA ABA “GTFS

Percebe-se que as concentrações são, como era de se esperar, maiores nos períodos da manhã e no fim de tarde e noite. Uma possível interpretação pela qual as partidas estão mais concentradas pela manhã (ida a trabalho, escola etc) e espalhadas no horário de volta é a de que muitas pessoas têm jornada dupla, seja num segundo emprego, curso, faculdade etc. De todo modo, foram feitos os ajustes arbitrários anteriormente mencionados seguindo uma simples lógica de proporção: se o horário de maior pico do dia tem 100 partidas, os outros são feitos ajustando-se esse número. O resultado final é o seguinte:

Tabela 10 – Demanda horária - parte 1

Horário	04h00 - 04h59	05h00 - 05h59	06h00 - 06h59	07h00 - 07h59	08h00 - 08h59	09h00 - 09h59	10h00 - 10h59	11h00 - 11h59	12h00 - 12h59	13h00 - 13h59	14h00 - 14h59	15h00 - 15h59
centro (abs)	600	850	1,000	1,000	800	750	750	600	550	550	550	600
centro (%)	13.2%	18.7%	22.0%	22.0%	17.6%	16.5%	16.5%	13.2%	12.1%	12.1%	12.1%	13.2%
bairro (abs)	500	500	500	500	500	500	550	550	600	600	650	700
bairro (%)	7.1%	7.1%	7.1%	7.1%	7.1%	7.1%	7.8%	7.8%	8.5%	8.5%	9.2%	9.9%

Tabela 11 – Demanda horária - parte 2

Horário	16h00 - 16h59	17h00 - 17h59	18h00 - 18h59	19h00 - 19h59	20h00 - 20h59	21h00 - 21h59	22h00 - 22h59	23h00 - 23h59	00h00 - 00h59	01h00 - 01h59	02h00 - 02h59	03h00 - 03h59
centro (abs)	600	600	600	600	550	500	400	400	300	-	-	-
centro (%)	13.2%	13.2%	13.2%	13.2%	12.1%	11.0%	8.8%	8.8%	6.6%	0.0%	0.0%	0.0%
bairro (abs)	850	1,000	1,000	950	800	750	800	600	300	-	-	-
bairro (%)	12.1%	14.2%	14.2%	13.5%	11.3%	10.6%	11.3%	8.5%	4.3%	0.0%	0.0%	0.0%

8.2 Headway e partidas por hora/corredor

Lembrando que os números da tabela 8 são do total de viagens diárias; lembrando também que esse número não é igual ao total de passageiros que viajam num dia por dois motivos principais:

- Há viagens sentido centro e sentido bairro. Admitindo que elas aconteçam numa proporção de 50% cada (os números reais, extraídos do arquivo em formato GTFS da SPTrans, são bem próximos disso), no máximo metade desse número é de passageiros – caso estes peguem apenas um ônibus na ida e um na volta (e não haja viagens nesse intervalo), o que se sabe não ser verdade;
- não sendo verdade, é preciso estimar uma relação [viagens / passageiros únicos] por sentido (centro ou bairro). Os números de primeiro e demais embarques da estimativa da SPTrans para 2018 dão uma ideia:

Tabela 12 – Quantidade de passageiros no primeiro embarque e nos demais embarques

	1º embarque (a)	demais embarques (b)	Total (c = a + b)	viagens / passageiros (c / a)
Passageiros pagantes	109,677,204	66,716,879	176,394,083	1.61
Gratuidades	35,312,842	24,638,417	59,951,259	1.70
TOTAL	144,990,046	91,355,296	236,345,342	1.63

O número previsto para 2018 é de aproximadamente 1.6 viagens por passageiro. Considerando este resultado para nossa demanda total diária média de 20.500.000, teríamos um total de aproximadamente 6.500.000 passageiros únicos por dia. Isso corresponderia a um aumento de, aproximadamente 40% do total de passageiros diários na medida em que se estima que um total de 4,7 milhões circulem, hoje, de ônibus na capital (NOSSA... , 2018). Tal número, combinado ao obtido na pesquisa da Rede Nossa São Paulo em parceria com o IBOPE (REDE... , 2018) que estima que 47% dos paulistanos usem transporte público para se locomover, levaria à conclusão de que o número total de passageiros únicos, por dia na cidade, seja por volta de 10 milhões.

No capítulo 7, estimou-se um aumento de aproximadamente 115% no número total de viagens diárias – de 9,5 milhões para 20,5 milhões. É um aumento proporcionalmente muito maior que aquele mencionado no parágrafo anterior, de 40%, a partir do pressuposto de 1.6 viagens por passageiro por sentido. Sendo assim, e intencionando propor um cenário conservador do ponto de vista de custos (e, portanto, assumindo o cenário com maior número de passageiros), diminuiu-se a relação passageiros/viagem para 1,25 e, com isso, obteve-se 8.200.000 passageiros por sentido e por dia por meio de:

$$\text{Passageiros únicos por dia} = (D_{total} \cdot S_{sentido}) / a \quad (8.1)$$

Em que:

- D_{total} = Demanda total diária. No caso presente, 20.500.500
- $S_{sentido}$ = parcela das viagens feitas em um sentido. No caso, 50% centro e 50% bairro, ou seja, ambos os resultados são iguais.
- a = viagens por passageiro. No caso, 1,25.

Cabe lembrar que 8.200.000 representa mais de 80% das pessoas que se deslocam de alguma forma pela cidade, segundo a estimativa feita no primeiro parágrafo. Parece um resultado bastante otimista mesmo no cenário de tarifa zero, mas prosseguiremos com ele de modo a tornar a estimativa de custos conservadora.

8.3 Passageiros por hora e headway

Admitindo a hipótese de que 50% das viagens são feitas no sentido centro e 50% no sentido bairro, temos a seguinte tabela considerando a demanda total de 20.500.000:

Tabela 13 – Demanda Centro-Bairro

Corredor	Demanda diária ajustada	CENTRO	BAIRRO	Capacidade do carro (passageiros)
RAD A1	933,881	466,941	466,941	280
RAD A2	518,230	259,115	259,115	280
RAD A3	453,796	226,898	226,898	280
RAD B1	568,637	284,318	284,318	280
RAD B2	385,486	192,743	192,743	280
RAD B3	426,383	213,192	213,192	280
RAD B4	301,326	150,663	150,663	280
RAD B5	691,021	345,510	345,510	280
RAD B6	476,066	238,033	238,033	280
RAD B7	344,728	172,364	172,364	280
RAD B8	999,607	499,803	499,803	280
RAD C1	584,872	292,436	292,436	280
RAD C2	192,180	96,090	96,090	280
RAD C3	464,904	232,452	232,452	280
RAD C4	312,928	156,464	156,464	280
RAD C5	526,014	263,007	263,007	280
RAD D1	208,362	104,181	104,181	280
RAD D2	203,912	101,956	101,956	280
RAD E1	425,035	212,518	212,518	280
RAD E2	622,715	311,358	311,358	280
RAD E3	609,588	304,794	304,794	280
RAD E4	495,884	247,942	247,942	280
RAD E5	538,240	269,120	269,120	280
RAD E6	709,326	354,663	354,663	280
RAD E7	518,259	259,129	259,129	280
RAD F1	463,133	231,566	231,566	280
RAD F2	1,224,388	612,194	612,194	280
RAD G1	513,936	256,968	256,968	280
RAD G2	354,616	177,308	177,308	280
RAD G3	333,900	166,950	166,950	280
RAD H1	177,666	88,833	88,833	280
RAD H2	157,579	78,789	78,789	280

RAD H3	518,773	259,387	259,387	280
RAD H4	615,029	307,514	307,514	280
RAD H5	399,867	199,933	199,933	280
RAD H6	495,640	247,820	247,820	280
RAD I1	432,707	216,353	216,353	280
CIR 1	71,594	35,797	35,797	180
CIR 2	326,819	163,409	163,409	280
CIR 3	45,203	22,601	22,601	150
CIR 4	379,574	189,787	189,787	280
CIR 5	84,950	42,475	42,475	280
CIR 6	101,238	50,619	50,619	280
CIR 7	63,845	31,923	31,923	280
CIR 8	314,613	157,307	157,307	280
CIR 9	16,390	8,195	8,195	50
CIR 10	212,660	106,330	106,330	280
CIR 11	38,906	19,453	19,453	50
CIR 12	425,839	212,920	212,920	280
CIR 13	219,757	109,879	109,879	280

Para se chegar ao número de passageiros únicos por sentido por corredor, é necessário dividir os resultados acima por a . Para se chegar à demanda horária por passageiro, basta multiplicar o resultado pelas parcelas de oferta horária (assumida igual à demanda) encontradas nas tabelas 10 e 11. Exemplificando para um intervalo i do conjunto 04h – 04h59, 05h – 05h59, ..., 15h00 – 15h59, ..., 00h – 00h59:

$$Passageiros/(h_i) = P_{h_i} = (D_{total} \cdot S_{sentido} \cdot d_{horária_i})/a \quad (8.2)$$

Dessa forma, obteve-se a demanda horária de passageiros por sentido por corredor. O próximo passo é calcular o headway.

Para isso, é necessário saber qual a capacidade dos veículos escolhidos. Foi considerado um veículo biarticulado com capacidade γ para 280 pessoas

Para isso, é necessário saber qual a capacidade dos veículos escolhidos. Foi considerado um veículo biarticulado com capacidade γ para 280 pessoas (DIÁRIO..., 2011) para quase todos os corredores, à exceção daqueles cuja demanda era muito baixa. As escolhas estão ilustradas nas tabelas 10 e 11. O headway, em segundos, no intervalo i pertencente ao conjunto 04h – 04h59, 05h – 05h59, ..., 15h00 – 15h59, ..., 00h – 00h59 é calculado por:

$$H_i = (3600\gamma)/P_i \quad (8.3)$$

Por fim, para chegar a quantas partidas acontecem por hora, basta:

$$Pt_i = 3600/H_i \quad (8.4)$$

Para facilitar, seguem as unidades de cada componente deste capítulo:

- $D_{total} = viagens$
- $S_{sentido} = \text{não há}$
- $a = viagens/passageiro$
- $P_i = passageiros/hora$
- $d_{horária_i} = \text{não há}$
- $H_i = segundos/\hat{onibus}$
- $\gamma = passageiros/\hat{onibus}$
- $Pt_i = \hat{onibus}/hora$

Os resultados deste capítulo – headway, passageiros por hora e partidas por hora - podem ser encontrados no Anexo. Por ora, abaixo está a tabela que sumariza, para o período das 7h às 7h59 de um dia útil, sentido centro, o headway, passageiros/h e número de partidas por corredor:

Tabela 14 – Headway por passageiro por hora e partidas por hora

Corredor	Passageiros/h	Headway (s)	Partidas
RAD A1	49,260	20	176
RAD A2	27,335	37	98
RAD A3	23,936	42	86
RAD B1	29,994	34	108
RAD B2	20,333	50	73
RAD B3	22,491	45	81
RAD B4	15,894	63	57
RAD B5	36,449	28	131
RAD B6	25,111	40	90
RAD B7	18,183	55	65
RAD B8	52,726	19	189
RAD C1	30,850	33	111
RAD C2	10,137	99	37
RAD C3	24,522	41	88

RAD C4	16,506	61	59
RAD C5	27,746	36	100
RAD D1	10,990	92	40
RAD D2	10,756	94	39
RAD E1	22,419	45	81
RAD E2	32,847	31	118
RAD E3	32,154	31	115
RAD E4	26,157	39	94
RAD E5	28,391	36	102
RAD E6	37,415	27	134
RAD E7	27,337	37	98
RAD F1	24,429	41	88
RAD F2	64,583	16	231
RAD G1	27,109	37	97
RAD G2	18,705	54	67
RAD G3	17,612	57	63
RAD H1	9,371	108	34
RAD H2	8,312	121	30
RAD H3	27,364	37	98
RAD H4	32,441	31	116
RAD H5	21,092	48	76
RAD H6	26,144	39	94
RAD I1	22,824	44	82
CIR 1	3,776	172	21
CIR 2	17,239	58	62
CIR 3	2,384	226	16
CIR 4	20,022	50	72
CIR 5	4,481	225	17
CIR 6	5,340	189	20
CIR 7	3,368	299	13
CIR 8	16,595	61	60
CIR 9	865	208	18
CIR 10	11,217	90	41
CIR 11	2,052	88	42
CIR 12	22,462	45	81
CIR 13	11,592	87	42

8.4 Simulações: pontos alternados

Os resultados mostram que a frequência de saída de ônibus é muito alta em vários casos. Assim sendo, a probabilidade de formação de filas torna-se altíssima e a solução linear, simplificação usada neste trabalho, não funciona. Por essa razão, uma saída encontrada foi a de fazer com que os ônibus alternem pontos evitando, dessa forma, a formação de filas por meio de um corredor de ultrapassagem na região dos pontos de parada.

Três modelos foram simulados: alternância de dois, três e quatro pontos. Para cada alternância diferente, há diferentes arranjos possíveis. Cada letra da figura abaixo é uma “linha” diferente de ônibus, ou seja, uma parcela da frota do corredor que está programada para passar em determinadas paradas.

Tabela 15 – 2 linhas

ponto	arranjo 1	arranjo 2	arranjo 3	arranjo 4	arranjo 5	arranjo 6	arranjo 7
1	X	X	X	X	X	X	X
2	Y	X + Y	Y	Y	Y	Y	Y
3	X	X	X + Y	X	X	X	X
4	Y	X + Y	X	X + Y	Y	Y	Y
5	X	X	Y	X	X + Y	X	X
6	Y	X + Y	X + Y	Y	X	X + Y	Y
7	X	X	X	X	Y	X	X + Y
8	Y	X + Y	Y	X + Y	X	Y	X
9	X	X	X + Y	X	Y	X	Y
10	Y	X + Y	X	Y	X + Y	Y	X
11	X	X	Y	X	X	X	Y
12	Y	X + Y	X + Y	X + Y	Y	X + Y	X
13	X	X	X	X	X	X	Y
14	Y	X + Y	Y	Y	Y	Y	X + Y
15	X	X	X + Y	X	X + Y	X	X
16	Y	X + Y	X	X + Y	X	Y	Y
17	X	X	Y	X	Y	X	X
18	Y	X + Y	X + Y	Y	X	X + Y	Y
19	X	X	X	X	Y	X	X
20	Y	X + Y	Y	X + Y	X + Y	Y	Y
21	X	X	X + Y	X	X	X	X + Y
22	Y	X + Y	X	Y	Y	Y	X

No arranjo 1, a linha X passa nos pontos ímpares, enquanto a linha Y passa nos pontos pares. No arranjo 2, a linha X passa em todos os pontos e, a linha Y, apenas nos pares. No arranjo 3, as duas linhas se encontram nos pontos múltiplos de 3. No arranjo 4, as duas linhas se encontram nos arranjos múltiplos de 4. E assim acontece até o arranjo 7, em que as linhas se encontram apenas em pontos múltiplos de 7.

Lógica similar se aplica ao arranjo com três linhas:

Tabela 16 – 3 linhas

ponto	arranjo 1	arranjo 2	arranjo 3	arranjo 4	arranjo 5	arranjo 6	arranjo 7
1	X	X	X	X	X	X	X
2	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
3	Z	X + Y + Z	Z	Z	Z	Z	X
4	X	X	X + Y + Z	X	X	X	Y
5	Y	Y	X	X + Y + Z	Y	Y	X
6	Z	X + Y + Z	Y	X	X + Y + Z	Z	Y
7	X	X	Z	Y	X	X + Y + Z	X + Y
8	Y	Y	X + Y + Z	Z	Y	X	X
9	Z	X + Y + Z	X	X	Z	Y	Y
10	X	X	Y	X + Y + Z	X	Z	X
11	Y	Y	Z	X	Y	X	Y
12	Z	X + Y + Z	X + Y + Z	Y	X + Y + Z	Y	X
13	X	X	X	Z	X	Z	Y
14	Y	Y	Y	X	Y	X + Y + Z	X + Y
15	Z	X + Y + Z	Z	X + Y + Z	Z	X	X
16	X	X	X + Y + Z	X	X	Y	Y
17	Y	Y	X	Y	Y	Z	X
18	Z	X + Y + Z	Y	Z	X + Y + Z	X	Y
19	X	X	Z	X	X	Y	X
20	Y	Y	X + Y + Z	X + Y + Z	Y	Z	Y
21	Z	X + Y + Z	X	X	Z	X + Y + Z	X + Y
22	X	X	Y	Y	X	X	X

E, por fim, ao arranjo com quatro linhas:

Tabela 17 – 4 linhas

ponto	arranjo 1	arranjo 2	arranjo 3	arranjo 4	arranjo 5	arranjo 6	arranjo 7
1	X	X	X	X	X	X	X
2	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
3	Z	Z	Z	Z	Z	Z	X
4	W	W	W	W	X	X	Y
5	X	X + Y + Z + W	X	X	Y	Y	X
6	Y	X	X + Y + Z + W	Y	X + Y + Z	Z	Y
7	Z	Y	X	X + Y + Z + W	X	X + Y + Z	X + Y
8	W	Z	Y	X	Y	X	X
9	X	W	Z	Y	Z	Y	Y
10	Y	X + Y + Z + W	W	Z	X	Z	X
11	Z	X	X	W	Y	X	Y
12	W	Y	X + Y + Z + W	X	X + Y + Z	Y	X
13	X	Z	X	Y	X	Z	Y
14	Y	W	Y	X + Y + Z + W	Y	X + Y + Z	X + Y
15	Z	X + Y + Z + W	Z	X	Z	X	X
16	W	X	W	Y	X	Y	Y
17	X	Y	X	Z	Y	Z	X
18	Y	Z	X + Y + Z + W	W	X + Y + Z	X	Y
19	Z	W	X	X	X	Y	X
20	W	X + Y + Z + W	Y	Y	Y	Z	Y
21	X	X	Z	X + Y + Z + W	Z	X + Y + Z	X + Y
22	Y	Y	W	X	X	X	X

A intenção de simular todos esses 17 cenários foi a de encontrar o mínimo tempo de viagem e máxima velocidade média de modo a não fazer, ao mesmo tempo, com que a

distância de intersecção de linhas fosse muito grande. A seguir, resultados de tempo de viagem e velocidade média.

8.4.1 Tempos de viagem e velocidades médias

Para o cálculo dos tempos de viagem, foram considerados os seguintes parâmetros:

Tabela 18 – Parâmetros utilizados

Variável	Descrição	Magnitude
T	distância média da caminhada	125 metros
d	espaçamento médio entre os pontos	500 metros
F	velocidade da caminhada	5 km/h
S	tempo perdido no ponto	20 segundos
Ad	distância percorrida pelo veículo para alcançar velocidade de cruzeiro	50 metros
At	tempo gasto em Ad	15 segundos
V	velocidade operacional do veículo	40 km/h
tm	tempo médio de espera no ponto	90 segundos

Com esses parâmetros, calculou-se o tempo total de viagem de cada corredor por meio da soma de diferentes momentos da viagem, entre farol, parada nos pontos e etc assumindo uma margem de erro de 10% de tempo adicional. A lógica de cálculo é a que relaciona velocidade média, distância e tempo, e os resultados podem ser vistos abaixo:

Tabela 19 – Tempo total obtido por corredor

Radiais	margem	extensão (km)	pontos	caminhada	tm	cruzeiro	pontos, aceleração	faróis	total (min)
RAD A1	10%	28.30	57	1.80	1.50	38.18	33.25	16	99
RAD A2	10%	16.00	32	1.80	1.50	21.60	18.67	9	58
RAD A3	10%	10.00	20	1.80	1.50	13.50	11.67	6	37
RAD B1	10%	30.00	60	1.80	1.50	40.50	35.00	17	105
RAD B2	10%	25.00	50	1.80	1.50	33.75	29.17	14	88
RAD B3	10%	32.00	64	1.80	1.50	43.20	37.33	18	112
RAD B4	10%	25.00	50	1.80	1.50	33.75	29.17	14	88
RAD B5	10%	45.00	90	1.80	1.50	60.75	52.50	25	156
RAD B6	10%	20.00	40	1.80	1.50	27.00	23.33	11	71
RAD B7	10%	22.00	44	1.80	1.50	29.70	25.67	12	78
RAD B8	10%	23.50	47	1.80	1.50	31.73	27.42	13	83
RAD C1	10%	32.00	64	1.80	1.50	43.20	37.33	18	112
RAD C2	10%	23.00	46	1.80	1.50	31.05	26.83	13	81
RAD C3	10%	21.00	42	1.80	1.50	28.35	24.50	12	75
RAD C4	10%	16.00	32	1.80	1.50	21.60	18.67	9	58
RAD C5	10%	23.50	47	1.80	1.50	31.73	27.42	13	83
RAD D1	10%	11.00	22	1.80	1.50	14.85	12.83	6	41
RAD D2	10%	10.00	20	1.80	1.50	13.50	11.67	6	37
RAD E1	10%	23.70	47	1.80	1.50	32.03	27.42	13	83
RAD E2	10%	16.00	32	1.80	1.50	21.60	18.67	9	58
RAD E3	10%	20.00	40	1.80	1.50	27.00	23.33	11	71
RAD E4	10%	30.00	60	1.80	1.50	40.50	35.00	17	105
RAD E5	10%	23.40	47	1.80	1.50	31.58	27.42	13	83
RAD E6	10%	28.00	56	1.80	1.50	37.80	32.67	16	98
RAD E7	10%	26.70	53	1.80	1.50	36.08	30.92	15	94
RAD F1	10%	22.00	44	1.80	1.50	29.70	25.67	12	78
RAD F2	10%	26.30	53	1.80	1.50	35.48	30.92	15	93
RAD G5	10%	7.00	14	1.80	1.50	9.45	8.17	4	27
RAD G6	10%	8.00	16	1.80	1.50	10.80	9.33	4	31
RAD G7	10%	13.80	28	1.80	1.50	18.60	16.33	8	50
RAD H1	10%	7.20	14	1.80	1.50	9.75	8.17	4	28
RAD H2	10%	7.20	14	1.80	1.50	9.75	8.17	4	28
RAD H3	10%	12.40	25	1.80	1.50	16.73	14.58	7	46
RAD H4	10%	16.50	33	1.80	1.50	22.28	19.25	9	59
RAD H5	10%	17.70	35	1.80	1.50	23.93	20.42	10	63
RAD H6	10%	19.20	38	1.80	1.50	25.95	22.17	11	68
RAD I1	10%	14.50	29	1.80	1.50	19.58	16.92	8	53
CIR 1	10%	9.30	19	1.80	1.50	12.53	11.08	5	35
CIR 2	10%	13.60	27	1.80	1.50	18.38	15.75	8	49
CIR 3	10%	3.30	7	1.80	1.50	4.43	4.08	2	15
CIR 4	10%	11.80	24	1.80	1.50	15.90	14.00	7	44
CIR 5	10%	2.70	5	1.80	1.50	3.68	2.92	2	13
CIR 6	10%	5.50	11	1.80	1.50	7.43	6.42	3	22
CIR 7	10%	11.30	23	1.80	1.50	15.23	13.42	6	42
CIR 8	10%	18.70	37	1.80	1.50	25.28	21.58	10	67
CIR 9	10%	3.30	7	1.80	1.50	4.43	4.08	2	15
CIR 10	10%	7.70	15	1.80	1.50	10.43	8.75	4	29
CIR 11	10%	7.70	15	1.80	1.50	10.43	8.75	4	29
CIR 12	10%	7.80	16	1.80	1.50	10.50	9.33	4	30
CIR 13	10%	18.00	36	1.80	1.50	24.30	21.00	10	64

Estes são os tempos totais de viagem assumindo-se a hipótese de corredor de

ultrapassagem e todos os parâmetros da tabela 18.

Para a otimização com alternância de pontos, optou-se pelo terceiro arranjo da alternância de 3 linhas, em que há queda de aproximadamente 16% no tempo de viagem programado – e já otimizado devido ao corredor de ultrapassagem. Neste modelo, privilegia-se também o passageiro de modo que este não precise andar muito caso a linha que passe no seu ponto de partida não passe no seu ponto de chegada.

Tabela 20 – Tempos de viagem (min) por arranjo por corredor

nº pontos	todos	2 linhas	2 linhas	2 linhas	2 linhas	2 linhas	2 linhas	2 linhas	3 linhas	3 linhas	3 linhas	3 linhas	3 linhas	3 linhas	4 linhas	4 linhas	4 linhas	4 linhas
arranjo nº	n/a	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4
RAD A1	99	84	99	89	92	87	89	91	78	89	83	82	83	81	76	80	81	79
RAD A2	58	49	58	52	53	50	52	53	46	52	49	48	49	47	44	47	47	46
RAD A3	37	32	37	34	35	33	34	34	30	34	32	32	32	31	29	31	31	30
RAD B1	105	88	105	94	97	92	94	96	83	94	88	87	88	85	80	85	85	83
RAD B2	88	74	88	79	81	77	79	80	70	79	74	74	74	72	67	71	72	70
RAD B3	112	94	112	99	103	97	99	101	88	100	94	93	94	92	85	90	91	89
RAD B4	88	74	88	79	81	77	79	80	70	79	74	74	74	72	67	71	72	70
RAD B5	156	131	156	139	143	136	139	141	122	139	130	129	131	127	118	126	127	123
RAD B6	71	60	71	63	66	62	63	65	57	64	60	59	60	58	54	58	58	57
RAD B7	78	66	78	70	72	68	70	71	62	70	66	65	66	64	60	63	63	62
RAD B8	83	70	83	74	76	72	74	75	66	74	70	69	70	68	63	67	67	66
RAD C1	112	94	112	99	103	97	99	101	88	100	94	93	94	92	85	90	91	89
RAD C2	81	68	81	72	75	71	72	74	65	73	68	68	68	67	62	66	66	65
RAD C3	75	63	75	67	68	65	67	68	59	67	62	62	63	61	57	61	61	60
RAD C4	58	49	58	52	53	50	52	53	46	52	49	48	49	47	44	47	47	46
RAD C5	83	70	83	74	76	72	74	75	66	74	70	69	70	68	63	67	67	66
RAD D1	41	35	41	36	37	36	36	37	33	37	35	35	35	34	32	34	34	33
RAD D2	37	32	37	34	35	33	34	34	30	34	32	32	32	31	29	31	31	30
RAD E1	83	71	83	75	77	73	75	76	66	75	70	70	70	68	64	67	68	67
RAD E2	58	49	58	52	53	50	52	53	46	52	49	48	49	47	44	47	47	46
RAD E3	71	60	71	63	66	62	63	65	57	64	60	59	60	58	54	58	58	57
RAD E4	105	88	105	94	97	92	94	96	83	94	88	87	88	85	80	85	85	83
RAD E5	83	70	83	74	76	72	74	75	65	74	69	69	69	68	63	67	67	66
RAD E6	98	83	98	88	90	85	88	89	78	88	83	81	83	80	75	79	80	78
RAD E7	94	79	94	84	86	82	84	85	74	84	79	78	79	76	72	76	76	75
RAD F1	78	66	78	70	72	68	70	71	62	70	66	65	66	64	60	63	63	62
RAD F2	93	78	93	83	85	81	83	84	73	83	78	77	78	75	71	75	75	74
RAD G5	27	23	27	24	25	24	24	25	22	24	23	23	23	23	22	22	23	23
RAD G6	31	26	31	27	28	27	27	28	25	28	26	26	26	26	24	25	25	25
RAD G7	50	43	50	45	47	44	45	46	40	45	43	42	43	42	39	40	41	40
RAD H1	28	24	28	25	26	24	25	26	23	25	24	23	24	23	22	23	23	23
RAD H2	28	24	28	25	26	24	25	26	23	25	24	23	24	23	22	23	23	23
RAD H3	46	39	46	41	42	40	41	42	37	41	39	38	39	38	36	37	38	37
RAD H4	59	50	59	53	55	52	53	54	47	53	50	49	50	48	46	48	49	48
RAD H5	63	54	63	57	58	55	57	58	50	57	53	53	53	52	49	51	51	51
RAD H6	68	58	68	61	63	59	61	62	54	61	58	57	58	56	53	55	56	55
RAD I1	53	45	53	47	49	46	47	48	42	47	44	44	44	43	41	43	43	43
CIR 1	35	30	35	32	32	31	32	32	29	32	30	30	30	29	27	29	29	29
CIR 2	49	42	49	44	46	43	44	45	39	44	42	41	42	41	38	40	41	39
CIR 3	15	13	15	14	14	13	14	14	13	14	13	13	13	13	12	12	13	13
CIR 4	44	37	44	39	40	38	39	40	35	39	37	36	37	36	34	35	36	35
CIR 5	13	11	13	11	12	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
CIR 6	22	19	22	20	21	20	20	20	18	20	19	19	19	18	18	18	18	18
CIR 7	42	36	42	38	39	37	38	38	34	38	35	35	35	35	33	34	34	34
CIR 8	67	57	67	60	62	58	60	61	53	60	57	56	57	55	52	54	55	54
CIR 9	15	13	15	14	14	13	14	14	13	14	13	13	13	13	12	12	13	13
CIR 10	29	26	29	27	27	26	27	27	24	27	25	25	25	24	23	24	24	24
CIR 11	29	26	29	27	27	26	27	27	24	27	25	25	25	24	23	24	24	24
CIR 12	30	26	30	27	28	26	27	27	25	27	26	26	26	25	24	25	25	25
CIR 13	64	54	64	58	59	56	58	59	51	58	54	54	54	53	49	52	53	52

Abaixo estão algumas comparações, para alguns pontos de partida e chegada, do modelo escolhido (terceiro arranjo da alternância de 3 linhas) e o Google Maps às 9h de uma quarta-feira útil.

INSERIR TABELA

Na tabela abaixo, encontram-se as velocidades médias.

Tabela 21 – Velocidade média (km/h) por arranjo por corredor

n° pontos	todos	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4
arranjo n°	n/a	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4
RAD A1	17	20	17	19	19	20	19	19	22	19	20	21	20	21	22	21	21	21
RAD A2	17	20	17	19	18	19	19	18	21	19	20	20	20	20	22	21	20	21
RAD A3	16	19	16	18	17	18	18	18	20	18	19	19	19	20	21	20	20	20
RAD B1	17	20	17	19	19	20	19	19	22	19	20	21	20	21	23	21	21	22
RAD B2	17	20	17	19	19	19	19	19	22	19	20	20	20	21	22	21	21	21
RAD B3	17	20	17	19	19	20	19	19	22	19	20	21	20	21	23	21	21	22
RAD B4	17	20	17	19	19	19	19	19	22	19	20	20	20	21	22	21	21	21
RAD B5	17	21	17	19	19	20	19	19	22	19	21	21	21	21	23	22	21	22
RAD B6	17	20	17	19	18	19	19	19	21	19	20	20	20	21	22	21	21	21
RAD B7	17	20	17	19	18	19	19	19	21	19	20	20	20	21	22	21	21	21
RAD B8	17	20	17	19	18	19	19	19	21	19	20	20	20	21	22	21	21	21
RAD C1	17	20	17	19	19	20	19	19	22	19	20	21	20	21	23	21	21	22
RAD C2	17	20	17	19	18	20	19	19	21	19	20	20	20	21	22	21	21	21
RAD C3	17	20	17	19	18	19	19	19	21	19	20	20	20	21	22	21	21	21
RAD C4	17	20	17	19	18	19	19	18	21	19	20	20	20	20	22	21	20	21
RAD C5	17	20	17	19	18	19	19	19	21	19	20	20	20	21	22	21	21	21
RAD D1	16	19	16	18	18	18	18	18	20	18	19	19	19	19	21	20	20	20
RAD D2	16	19	16	18	17	18	18	18	20	18	19	19	19	20	21	20	20	20
RAD E1	17	20	17	19	19	20	19	19	21	19	20	20	20	21	22	21	21	21
RAD E2	17	20	17	19	18	19	19	18	21	19	20	20	20	20	22	21	20	21
RAD E3	17	20	17	19	18	19	19	19	21	19	20	20	20	21	22	21	21	21
RAD E4	17	20	17	19	19	20	19	19	22	19	20	21	20	21	23	21	21	22
RAD E5	17	20	17	19	18	19	19	19	21	19	20	20	20	21	22	21	21	21
RAD E6	17	20	17	19	19	20	19	19	22	19	20	21	20	21	22	21	21	22
RAD E7	17	20	17	19	19	20	19	19	22	19	20	21	20	21	22	21	21	21
RAD F1	17	20	17	19	18	19	19	19	21	19	20	20	20	21	22	21	21	21
RAD F2	17	20	17	19	18	19	19	19	22	19	20	20	20	21	22	21	21	21
RAD G5	15	18	15	17	17	18	17	17	19	17	18	18	18	18	19	19	18	18
RAD G6	16	18	16	18	17	18	18	17	19	17	18	18	18	19	20	19	19	19
RAD G7	16	19	16	18	18	19	18	18	20	18	19	20	19	20	21	20	20	20
RAD H1	16	18	16	17	17	18	17	17	19	17	18	19	18	19	20	19	19	19
RAD H2	16	18	16	17	17	18	17	17	19	17	18	19	18	19	20	19	19	19
RAD H3	16	19	16	18	18	19	18	18	20	18	19	19	19	20	21	20	20	20
RAD H4	17	20	17	19	18	19	19	18	21	19	20	20	20	21	22	21	20	21
RAD H5	17	20	17	19	18	19	19	18	21	19	20	20	20	20	22	21	21	21
RAD H6	17	20	17	19	18	19	19	19	21	19	20	20	20	21	22	21	21	21
RAD I1	17	19	17	18	18	19	18	18	21	18	20	20	20	20	21	20	20	20
CIR 1	16	18	16	17	17	18	17	17	20	17	19	19	18	19	20	20	19	20
CIR 2	16	19	16	18	18	19	18	18	21	18	20	20	20	20	21	20	20	21
CIR 3	13	15	13	14	14	15	14	14	16	14	16	15	15	16	16	16	16	16
CIR 4	16	19	16	18	18	19	18	18	20	18	19	19	19	20	21	20	20	20
CIR 5	13	14	13	14	14	14	14	14	15	14	15	14	15	15	15	15	15	15
CIR 6	15	17	15	17	16	17	17	17	18	17	17	17	17	18	19	18	18	18
CIR 7	16	19	16	18	18	18	18	18	20	18	19	19	19	19	21	20	20	20
CIR 8	17	20	17	19	18	19	19	18	21	19	20	20	20	20	22	21	20	21
CIR 9	13	15	13	14	14	15	14	14	16	14	16	15	15	16	16	16	16	16
CIR 10	16	18	16	17	17	18	17	17	19	17	19	19	19	19	20	19	19	19
CIR 11	16	18	16	17	17	18	17	17	19	17	19	19	19	19	20	19	19	19
CIR 12	15	18	15	17	17	18	17	17	19	17	18	18	18	19	20	19	19	19
CIR 13	17	20	17	19	18	19	19	18	21	19	20	20	20	20	22	21	20	21

Podem ser percebidas melhoras de até 20% das velocidades médias se comparadas ao caso padrão, que os veículos passam por todas as paradas. Novamente, convém lembrar que este caso padrão já é otimizado na medida em que há corredores de ultrapassagem e, em tese, não há formação de filas. Importante notar, também, que as velocidades médias são diferentes das velocidades de cruzeiro (operacionais) – estabelecidas na tabela 18 - na medida em que levam em consideração tempos de parada, aceleração (e a distância percorrida correspondente), faróis e afins.

O aumento da velocidade média nos casos de alternância de pontos se dá, portanto, porque alguns tempos de parada e aceleração não são considerados na medida em que os veículos não param em todos os pontos. Mal comparando, é a sensação de fluidez que o leitor talvez já tenha experimentado quando pega um ônibus tarde da noite, quando há pouca gente na rua (e nos pontos) e não há filas nos corredores. A experiência mostra que, nestes casos, as velocidades dos ônibus podem ultrapassar os 60 km/h ou 70 km/h; nas nossas simulações, entretanto, a velocidade de cruzeiro fica limitada em 40 km/h por questões de segurança e a fim de estar em linha com as tendências mundiais de diminuição das velocidades máximas permitidas em vias iminentemente urbanas.

8.5 Veículos totais necessários

Na seção 8.2, foram estimadas as partidas que ocorreriam por hora e corredor. Alguém poderia dizer que, dessa forma, o número total de veículos necessários para fazer o sistema funcionar está determinado; esquece-se, no entanto, de dois fatores importantes:

- Os veículos do sistema de alimentação. Os corredores são estruturais, ou seja, não chegam às entranhas dos bairros.
- Para fazer o sistema funcionar, é preciso uma quantidade maior de veículos do que a soma de partidas sentidos centro e bairro no horário de maior oferta. Isso porque o tempo de viagem faz com que não necessariamente, por exemplo, um ônibus que sai do bairro sentido centro chegará a tempo de compor a frota para a viagem de volta. É necessário ter uma quantidade de veículos suficiente nas garagens para garantir as partidas nos horários determinados.

Uma estimativa do número total de veículos é importante para estimar o custo operacional. Quanto mais veículos, maior o custo associado à depreciação, por exemplo, assim como maior é o custo da concessionária quando da aquisição dos ônibus.

8.5.1 Simulador de estoque nos pontos finais

Para saber o número total de veículos rodando nos corredores, foi construído um simulador de estoque destes nas garagens do centro e do bairro. Sabe-se que é difícil ter uma garagem para cada ponto final de cada corredor diferente, em especial no centro, e portanto este termo refere-se muito mais à disponibilidade dos ônibus perto dos pontos iniciais e finais do que a um local físico, estático, onde se guardam veículos.

O simulador diz, basicamente, quantos ônibus é necessário haver em cada garagem, centro e bairro, no começo da operação às 4h de modo que, a partir de inputs de headways e tempos de viagem obtidos em capítulos anteriores, a oferta esteja garantida durante um dia inteiro. Isso porque, dada a frequência diferente de partidas em cada garagem (nas de bairro, partidas mais frequentes pela manhã; nas do centro, mais pela tarde), um ponto vai esvaziando enquanto o outro vai enchendo já que saem mais veículos do que chegam a um certo ponto.

O primeiro passo para fazer isso é construir, a partir das informações de headways disponíveis nos capítulos anteriores, uma tabela com os horários de saída, em segundos, dos ônibus de cada corredor. Sabendo que o dia tem 86.400 segundos e estabelecendo 4h da manhã como momento inicial, consegue-se saber o horário exato de partida de cada corredor. Parte da tabela segue abaixo:

Tabela 22 – Horários de saída dos ônibus (em s)

RAD A1	RAD A2	RAD A3	RAD B1	RAD B2	RAD B3	RAD B4	RAD B5	RAD B6	RAD B7	RAD B8	...
21	37	43	34	50	45	64	28	41	56	20	...
42	74	86	68	100	90	128	56	82	112	40	...
63	111	129	102	150	135	192	84	123	168	60	...
84	148	172	136	200	180	256	112	164	224	80	...
105	185	215	170	250	225	320	140	205	280	100	...
126	222	258	204	300	270	384	168	246	336	120	...
147	259	301	238	350	315	448	196	287	392	140	...
168	296	344	272	400	360	512	224	328	448	160	...
189	333	387	306	450	405	576	252	369	504	180	...
210	370	430	340	500	450	640	280	410	560	200	...
231	407	473	374	550	495	704	308	451	616	220	...
252	444	516	408	600	540	768	336	492	672	240	...
273	481	559	442	650	585	832	364	533	728	260	...
294	518	602	476	700	630	896	392	574	784	280	...
315	555	645	510	750	675	960	420	615	840	300	...
336	592	688	544	800	720	1,024	448	656	896	320	...
357	629	731	578	850	765	1,088	476	697	952	340	...
378	666	774	612	900	810	1,152	504	738	1,008	360	...
399	703	817	646	950	855	1,216	532	779	1,064	380	...
420	740	860	680	1,000	900	1,280	560	820	1,120	400	...

No corredor RAD A1, por exemplo, vê-se 600 na décima linha. Isso significa que a décima partida ocorrerá às 4h10, dado o headway de 1 minuto. A mesma lógica se aplica aos demais corredores – por exemplo, se há alguma partida no segundo 7.200, sabe-se que ocorreu às 6h da manhã (cada hora tem 3.600 segundos). Em outras palavras, a tabela é

construída segundo a equação:

$$t_{s_i} = \sum_{j=1}^{3600} \sum_{i=1}^n H_{ij} \quad (8.5)$$

Em que n é igual ao número de horas considerado. No caso, 21 uma vez que as três horas da madrugada não estão contabilizadas aqui e seu custo será assumido como uma parcela do custo diário; j vai até 3600 porque este é o número de segundos contidos em uma hora.

Obtidos estes resultados, é necessário estimar os horários de chegada.

$$t_{c_i} = \sum_{i=1}^n t_{s_i} + t_{v_i} \quad (8.6)$$

Em que t_{v_i} refere-se ao tempo de viagem de cada corredor em um horário i , lembrando que i varia de 1 a 21. A tabela abaixo, referente à chegada dos ônibus na garagem do centro, dá uma ideia de como ficam os resultados:

Tabela 23 – Chegada dos ônibus na garagem do centro

RAD A1	RAD A2	RAD A3	RAD B1	RAD B2	RAD B3	RAD B4	RAD B5	RAD B6	RAD B7	RAD B8	...
5,769	3,405	2,243	6,125	5,170	6,528	5,185	9,000	4,186	4,593	4,825	...
5,792	3,446	2,290	6,162	5,225	6,578	5,255	9,031	4,230	4,654	4,846	...
5,815	3,487	2,337	6,199	5,280	6,628	5,325	9,062	4,274	4,715	4,867	...
5,838	3,528	2,384	6,236	5,335	6,678	5,395	9,093	4,318	4,776	4,888	...
5,861	3,569	2,431	6,273	5,390	6,728	5,465	9,124	4,362	4,837	4,909	...
5,884	3,610	2,478	6,310	5,445	6,778	5,535	9,155	4,406	4,898	4,930	...
5,907	3,651	2,525	6,347	5,500	6,828	5,605	9,186	4,450	4,959	4,951	...
5,930	3,692	2,572	6,384	5,555	6,878	5,675	9,217	4,494	5,020	4,972	...
5,953	3,733	2,619	6,421	5,610	6,928	5,745	9,248	4,538	5,081	4,993	...
5,976	3,774	2,666	6,458	5,665	6,978	5,815	9,279	4,582	5,142	5,014	...
5,999	3,815	2,713	6,495	5,720	7,028	5,885	9,310	4,626	5,203	5,035	...
6,022	3,856	2,760	6,532	5,775	7,078	5,955	9,341	4,670	5,264	5,056	...
6,045	3,897	2,807	6,569	5,830	7,128	6,025	9,372	4,714	5,325	5,077	...
6,068	3,938	2,854	6,606	5,885	7,178	6,095	9,403	4,758	5,386	5,098	...
6,091	3,979	2,901	6,643	5,940	7,228	6,165	9,434	4,802	5,447	5,119	...
6,114	4,020	2,948	6,680	5,995	7,278	6,235	9,465	4,846	5,508	5,140	...
6,137	4,061	2,995	6,717	6,050	7,328	6,305	9,496	4,890	5,569	5,161	...
6,160	4,102	3,042	6,754	6,105	7,378	6,375	9,527	4,934	5,630	5,182	...
6,183	4,143	3,089	6,791	6,160	7,428	6,445	9,558	4,978	5,691	5,203	...
6,206	4,184	3,136	6,828	6,215	7,478	6,515	9,589	5,022	5,752	5,224	...

Vê-se que o primeiro ônibus no corredor RAD A1 que sai do bairro chega à garagem do centro às 5h34 (ou no 5.169º segundo do dia). Para t_{v_i} , foram considerados os tempos de viagem do arranjo escolhido (terceiro de 3 pontos) acrescidos de 15%, de modo a dar um pouco mais de margem ao cálculo em razão de eventuais atrasos. Lembrando que já há uma margem de 10% no cálculo do tempo geral, tornando este cálculo razoavelmente conservador.

Finalmente é possível calcular o estoque de ônibus em cada garagem para $0 < i \leq 21$. Basta, por exemplo para a garagem do centro, subtrair os ônibus que saem da soma dos que chegam em cada hora com os disponíveis na garagem. Como não há notação matemática

do conhecimento dos autores que dê conta de tal operação, esta será descrita pela forma que foi feita no Microsoft Excel, utilizando-se a fórmula CONT.SES para contar quantos dos números da TABELA X [NOME DA TABELA ANTERIOR] estão entre os horários determinados. Por exemplo, das 04h às 04h59 os números que vão de 0 a 3.600. Das 05h às 05h59, os que vão de 3.601 a 7200, e assim por diante.

$$E_i = -Pt_i + Pt_{c_i} + E_{i-1} \quad (8.7)$$

Em que E_i , Pt_i e Pt_{c_i} são, respectivamente, o estoque de ônibus para determinado corredor no horário, o número de saídas e o número de chegadas – tudo num horário i . As tabelas com os estoques dos ônibus podem ser encontrados no Anexo.

8.5.2 Veículos totais por corredor

Para estimar os veículos totais por corredor, admitiu-se um mínimo 20 e um máximo mínimo de 25 carros em cada garagem de modo que, respectivamente, haja certa folga em caso de atrasos (para um headway de 1 minuto, por exemplo, atrasos de 20 a 25 minutos estariam cobertos) e não haja muitos ônibus ociosos ao mesmo tempo. A tabela abaixo foi construída de modo a indicar, no Microsoft Excel, qual o status de cada corredor. Se as colunas “Mínimo carros garagem centro” e “Mínimo carros garagem bairro”, que retornam o estoque mínimo de ônibus em cada garagem ao longo do dia, apresentarem valores diferentes daqueles encontrados no intervalo [20, 25], as colunas “GARAGEM CENTRO” e/ou “GARAGEM BAIRRO” retornam se é necessário aumentar ou diminuir o estoque inicial.

Tabela 24 – Status dos corredores

VIA	Mínimo carros garagem centro	Mínimo carros garagem bairro	GARAGEM CENTRO	GARAGEM BAIRRO	Total Carros
RAD A1	25	22	ok	ok	445
RAD A2	21	21	ok	ok	230
RAD A3	21	23	ok	ok	190
RAD B1	25	22	ok	ok	300
RAD B2	22	24	ok	ok	205
RAD B3	24	21	ok	ok	240
RAD B4	21	25	ok	ok	170
RAD B5	21	24	ok	ok	415
RAD B6	23	21	ok	ok	225
RAD B7	25	25	ok	ok	185
RAD B8	24	23	ok	ok	440
RAD C1	20	22	ok	ok	310

RAD C2	25	23	ok	ok	125
RAD C3	22	21	ok	ok	220
RAD C4	21	25	ok	ok	160
RAD C5	25	23	ok	ok	260
RAD D1	22	23	ok	ok	115
RAD D2	24	24	ok	ok	115
RAD E1	24	24	ok	ok	220
RAD E2	25	25	ok	ok	275
RAD E3	25	24	ok	ok	280
RAD E4	22	23	ok	ok	265
RAD E5	22	23	ok	ok	260
RAD E6	24	21	ok	ok	350
RAD E7	23	23	ok	ok	265
RAD F1	25	23	ok	ok	230
RAD F2	20	24	ok	ok	545
RAD G1	23	20	ok	ok	200
RAD G2	23	22	ok	ok	155
RAD G3	22	21	ok	ok	160
RAD H1	24	22	ok	ok	100
RAD H2	25	22	ok	ok	95
RAD H3	22	22	ok	ok	220
RAD H4	23	20	ok	ok	270
RAD H5	22	20	ok	ok	190
RAD H6	23	25	ok	ok	235
RAD I1	21	22	ok	ok	195
CIR 1	22	22	ok	ok	80
CIR 2	20	23	ok	ok	155
CIR 3	21	24	ok	ok	70
CIR 4	20	22	ok	ok	170
CIR 5	22	24	ok	ok	70
CIR 6	22	23	ok	ok	75
CIR 7	21	23	ok	ok	65
CIR 8	23	24	ok	ok	165
CIR 9	24	24	ok	ok	75
CIR 10	23	21	ok	ok	110
CIR 11	23	20	ok	ok	110
CIR 12	21	22	ok	ok	175
CIR 13	24	24	ok	ok	130

A soma da coluna “Total carros”, para essa simulação, é igual a 10.310. Isso significa que são necessários 10.310 carros, já contando com alguma margem, para alimentar exclusivamente o sistema de corredores. Agora resta calcular o sistema de alimentação.

8.5.3 Veículos totais - sistema de alimentação

Aqui, há uma dificuldade: não se sabe exatamente quais das linhas alimentam exclusivamente os bairros. Também não se sabe quais das linhas que andam parte em corredores e parte em bairros são desnecessárias devido à sobreposição de trajetos. Dessa forma, optou-se por uma estimativa: dada a capacidade de lugares, extensão dos trajetos e frotas totais dos sistemas de alimentação e corredores, assumiu-se um número de linhas por quilômetro de modo que a demanda do sistema de alimentação fosse de 60% a 80% dos corredores – em outras palavras, há a hipótese de que entre 20% a 40% dos passageiros que utilizam os corredores não precisam de outro ônibus para se deslocar. É claro que ao fazer isso estamos incorrendo em erros mas, dado que desenhar o trajeto de cada linha alimentadora seria um esforço que excede, em tempo e capacidade, o escopo do presente trabalho, esta parece uma estimativa bastante razoável. A tabela que ilustra este exercício vem a seguir:

Tabela 25 – Alimentação do sistema

Corredores	TOTAIS	1,2	1,040	10,0	10,401	f	g = a / f	h	i	j	k = (e x g x i) / (h x j)	11,673
	a	b	c = a x b	d	e = c x d							
	extensão corredor (km)	linhas por km	Nº de linhas que alimentam os bairros	Nº de ônibus por linha	Frota operacional alimentadoras	extensão trajeto alimentadoras (km)	relação viagens (alimentadoras / corredores)	Frota corredores	capacidade alimentadoras	capacidade corredores	lugares oferecidos: (alimentadoras / corredores)	Frota operacional + reserva
RAD A1	28.30	0.75	21	10	212	6	4.72	445	80	280	64%	238
RAD A2	16.00	1.50	24	10	240	6	2.67	230	80	280	80%	269
RAD A3	10.00	2.88	29	10	288	6	1.67	190	80	280	72%	323
RAD B1	30.00	0.50	15	10	150	6	5.00	300	80	280	71%	168
RAD B2	25.00	0.50	13	10	125	6	4.17	205	80	280	73%	140
RAD B3	32.00	0.38	12	10	123	6	5.33	240	80	280	78%	138
RAD B4	25.00	0.48	12	10	120	6	4.17	170	80	280	84%	135
RAD B5	45.00	0.34	15	10	151	6	7.50	415	80	280	78%	170
RAD B6	20.00	0.96	19	10	192	6	3.33	225	80	280	81%	216
RAD B7	22.00	0.58	13	10	127	6	3.67	185	80	280	72%	142
RAD B8	23.50	1.30	31	10	306	6	3.92	440	80	280	78%	343
RAD C1	32.00	0.48	15	10	154	6	5.33	310	80	280	76%	173
RAD C2	23.00	0.38	9	10	88	6	3.83	125	80	280	77%	99
RAD C3	21.00	0.75	16	10	158	6	3.50	220	80	280	72%	177
RAD C4	16.00	0.80	13	10	128	6	2.67	160	80	280	61%	144
RAD C5	23.50	0.72	17	10	169	6	3.92	260	80	280	73%	190
RAD D1	11.00	1.44	16	10	158	6	1.83	115	80	280	72%	178
RAD D2	10.00	1.92	19	10	192	6	1.67	115	80	280	80%	216
RAD E1	23.70	0.58	14	10	137	6	3.95	220	80	280	70%	153
RAD E2	16.00	1.80	29	10	288	6	2.67	275	80	280	80%	323
RAD E3	20.00	1.15	23	10	230	6	3.33	280	80	280	78%	259
RAD E4	30.00	0.48	14	10	144	6	5.00	265	80	280	78%	162
RAD E5	23.40	0.72	17	10	168	6	3.90	260	80	280	72%	189
RAD E6	28.00	0.72	20	10	202	6	4.67	350	80	280	77%	226
RAD E7	26.70	0.60	16	10	160	6	4.45	265	80	280	77%	180
RAD F1	22.00	0.72	16	10	158	6	3.67	230	80	280	72%	178
RAD F2	26.30	1.30	34	10	342	6	4.38	545	80	280	79%	383
RAD G1	7.00	6.00	42	10	420	6	1.17	200	80	280	70%	471
RAD G2	8.00	3.84	31	10	307	6	1.33	155	80	280	76%	345
RAD G3	13.80	1.30	18	10	179	6	2.30	160	80	280	74%	201
RAD H1	7.20	2.88	21	10	207	6	1.20	100	80	280	71%	233
RAD H2	7.20	3.00	22	10	216	6	1.20	95	80	280	78%	242
RAD H3	12.40	2.40	30	10	298	6	2.07	220	80	280	80%	334
RAD H4	16.50	1.50	25	10	248	6	2.75	270	80	280	72%	278
RAD H5	17.70	1.06	19	10	187	6	2.95	190	80	280	83%	210
RAD H6	19.20	1.06	20	10	203	6	3.20	235	80	280	79%	228
RAD I1	14.50	1.44	21	10	209	6	2.42	195	80	280	74%	234
CIR 1	9.30	1.41	13	10	131	6	1.55	80	80	280	72%	147
CIR 2	13.60	1.35	18	10	184	6	2.27	155	80	280	77%	206
CIR 3	3.30	9.50	31	10	314	6	0.55	70	80	280	70%	352
CIR 4	11.80	2.00	24	10	236	6	1.97	170	80	280	78%	265
CIR 5	2.70	15.00	41	10	405	6	0.45	70	80	280	74%	454
CIR 6	5.50	4.00	22	10	220	6	0.92	75	80	280	77%	247
CIR 7	11.30	0.79	9	10	89	6	1.88	65	80	280	74%	100
CIR 8	18.70	0.79	15	10	147	6	3.12	165	80	280	79%	165
CIR 9	3.30	11.25	37	10	371	6	0.55	75	80	280	78%	416
CIR 10	7.70	3.00	23	10	231	6	1.28	110	80	280	77%	259
CIR 11	7.70	3.00	23	10	231	6	1.28	110	80	280	77%	259
CIR 12	7.80	4.50	35	10	351	6	1.30	175	80	280	74%	394
CIR 13	18.00	0.60	11	10	108	6	3.00	130	80	280	71%	121

Admitiu-se um trajeto médio de 6 quilômetros, único sentido, para cada linha alimentadora. Após isso, calculou-se a relação de viagens entre alimentadoras e corredores pela simples razão entre a extensão dos trajetos dos corredores e a extensão dos trajetos das alimentadoras. Para cada corredor i , temos:

$$R_i = L_{c_i} / L_{a_i} \quad (8.8)$$

Este número é um indicativo de quantas viagens um ônibus do sistema alimentador faz para cada viagem nos corredores. Admitindo-se um número médio inicial qualquer de linhas por quilômetro, tem-se o número de linhas que alimentam os bairros. Admitindo-se um número de ônibus para atender cada linha, tem-se a frota total. Admitindo-se, ainda, uma capacidade média de lugares para os veículos das alimentadoras (admitiu-se 80 devido ao fato de essa ser a capacidade do modelo PADRON, comum em São Paulo), tem-se uma estimativa da relação de lugares oferecidos entre alimentação e corredores. Para que este número fique entre 60% e 80%, ajustamos à mão o parâmetro linhas por km. As fórmulas

utilizadas estão descritas na tabela.

É claro que estimar lugares oferecidos como o resultado da multiplicação entre frota e capacidade dos ônibus é incorreto na medida em que um ônibus faz mais que uma viagem. No entanto, quando calculamos a relação entre os trajetos dos corredores e das alimentadoras, estamos de certa forma parametrizando isso – ou seja, um ônibus dos corredores pode fazer quantas viagens forem necessárias desde que se saiba que, nas alimentadoras, os ônibus fazem um múltiplo disso. E esse múltiplo foi estimado pela equação 8.8.

Chegou-se a uma frota operacional de 7.106 ônibus. Considerando os veículos de reserva como 12% da frota operacional, pode-se estimar 8.000 ônibus no total.

8.5.4 Frota total

Dessa forma, tem-se abaixo a frota total estimada, sob a hipótese de tarifa zero, para atender a cidade de São Paulo.

Tabela 26 – Frota total estimada

Corredores	extensão corredor (km)	Frota corredores	Frota alimentadoras	Frota total
RAD A1	28.30	445	238	683
RAD A2	16.00	230	269	499
RAD A3	10.00	190	323	513
RAD B1	30.00	300	168	468
RAD B2	25.00	205	140	345
RAD B3	32.00	240	138	378
RAD B4	25.00	170	135	305
RAD B5	45.00	415	170	585
RAD B6	20.00	225	216	441
RAD B7	22.00	185	142	327
RAD B8	23.50	440	343	783
RAD C1	32.00	310	173	483
RAD C2	23.00	125	99	224
RAD C3	21.00	220	177	397
RAD C4	16.00	160	144	304
RAD C5	23.50	260	190	450
RAD D1	11.00	115	178	293
RAD D2	10.00	115	216	331
RAD E1	23.70	220	153	373
RAD E2	16.00	275	323	598
RAD E3	20.00	280	259	539
RAD E4	30.00	265	162	427
RAD E5	23.40	260	189	449
RAD E6	28.00	350	226	576
RAD E7	26.70	265	180	445
RAD F1	22.00	230	178	408
RAD F2	26.30	545	383	928
RAD G1	7.00	200	471	671
RAD G2	8.00	155	345	500
RAD G3	13.80	160	201	361
RAD H1	7.20	100	233	333
RAD H2	7.20	95	242	337
RAD H3	12.40	220	334	554
RAD H4	16.50	270	278	548
RAD H5	17.70	190	210	400
RAD H6	19.20	235	228	463
RAD I1	14.50	195	234	429
CIR 1	9.30	80	147	227
CIR 2	13.60	155	206	361
CIR 3	3.30	70	352	422
CIR 4	11.80	170	265	435
CIR 5	2.70	70	454	524
CIR 6	5.50	75	247	322
CIR 7	11.30	65	100	165
CIR 8	18.70	165	165	330
CIR 9	3.30	75	416	491
CIR 10	7.70	110	259	369
CIR 11	7.70	110	259	369
CIR 12	7.80	175	394	569
CIR 13	18.00	130	121	251
Total	874	10,310	11,673	21,983

8.5.5 Quilometragem

Um dos objetivos deste trabalho é o de mostrar que há margem para otimização do sistema. Por otimização, entenda-se tanto aumentar a velocidade média, diminuindo o tempo de viagem, quanto eliminar sobreposição de linhas. O primeiro objetivo foi alcançado nos capítulos anteriores, em que se observou diminuição sensível no tempo de viagem médio. O segundo pode ser observado pela variação da quilometragem mensal percorrida. A SPTrans fornece os seguintes dados, na planilha “estudo_planilha_tarifa2018_com_detalhamento”, como estimativa para 2018:

Tabela 27 – Estimativas SPTrans. Fonte: (PREFEITURA..., 2018)

Dia útil	Quilometragem total (km)
Dia útil	3,096,676
Sábado	2,207,375
Domingo	1,603,431
Mês	82,233,918

A fórmula fornecida para se chegar à quilometragem mensal é:

$$Mês = Dia\ útil * 20,8 + Sábado * 4,3 + Domingo * 5,4 \quad (8.9)$$

Para calcular a quilometragem de um dia útil no presente trabalho, é necessário fazê-lo em duas partes: corredores e alimentadoras. Para os corredores, basta multiplicar a soma das partidas sentidos bairro e centro de um corredor pela sua extensão, e depois aplicar uma margem correspondente à quilometragem ociosa. Segundo os dados que a SPTrans forneceu na aba “km dia útil” da planilha acima mencionada, tal margem é de em média 8%. Para cada horário i e corredor j , temos:

$$km_{\text{útil-corredor}} = [(Pt_{ic_i} + Pt_{ica_i})xL_j]x\theta \quad (8.10)$$

Para as alimentadoras, admite-se um número de partidas por hora para as linhas de cada corredor – neste caso, admitiu-se um headway de 5 minutos e, portanto, 10 partidas por hora. Após isso, multiplica-se o resultado pelo número de linhas que atendem os arredores de cada corredor e, por fim, pela quilometragem média do trajeto que, como dito anteriormente, estabeleceu-se em 6 km. Tem-se, com isso, a quilometragem por hora; para saber a quilometragem diária, basta multiplicar este resultado por 21, que é o número de horas consideradas para esta operação. No entanto, decidiu-se por estimar também a quilometragem noturna e, por isso, multiplicou-se o resultado por 22 admitindo-se que a oferta nas 3 horas da madrugada será um terço da média diária. Parte da tabela de resultados, como exemplo, está abaixo:

Tabela 28 – Quilometragem e partidas por corredor

Corredor	partidas por linha por hora	partidas por hora do corredor	Quilometragem por hora	Quilometragem por dia
RAD A1	10	212	1,274	28,017
RAD A2	10	240	1,440	31,680
RAD A3	10	288	1,728	38,016
RAD B1	10	150	900	19,800
RAD B2	10	125	750	16,500
RAD B3	10	123	737	16,220
RAD B4	10	120	720	15,840
RAD B5	10	151	907	19,958
RAD B6	10	192	1,152	25,344
RAD B7	10	127	760	16,727
RAD B8	10	306	1,833	40,326
RAD C1	10	154	922	20,275
RAD C2	10	88	530	11,658
RAD C3	10	158	945	20,790
RAD C4	10	128	768	16,896
RAD C5	10	169	1,015	22,334

Com as quilometragens de centro e bairro, obtivemos os seguintes resultados totais:

Tabela 29 – Quilometragem total por corredor

Corredor	CENTRO	BAIRRO	TOTAL	Total com quilometragem ociosa
RAD A1	76,014	28,017	104,031	112,353
RAD A2	24,048	31,680	55,728	60,186
RAD A3	13,170	38,016	51,186	55,281
RAD B1	49,350	19,800	69,150	74,682
RAD B2	28,325	16,500	44,825	48,411
RAD B3	39,648	16,220	55,868	60,338
RAD B4	22,025	15,840	37,865	40,894
RAD B5	90,270	19,958	110,228	119,047
RAD B6	27,600	25,344	52,944	57,180
RAD B7	22,000	16,727	38,727	41,825
RAD B8	67,727	40,326	108,053	116,697
RAD C1	54,080	20,275	74,355	80,304
RAD C2	13,317	11,658	24,975	26,973
RAD C3	28,392	20,790	49,182	53,117
RAD C4	14,608	16,896	31,504	34,024
RAD C5	35,814	22,334	58,148	62,800

RAD D1	6,765	20,909	27,674	29,888
RAD D2	6,050	25,344	31,394	33,906
RAD E1	29,341	18,020	47,360	51,149
RAD E2	28,768	38,016	66,784	72,127
RAD E3	35,200	30,413	65,613	70,862
RAD E4	43,110	19,008	62,118	67,087
RAD E5	36,598	22,239	58,837	63,544
RAD E6	57,316	26,611	83,927	90,641
RAD E7	40,130	21,146	61,277	66,179
RAD F1	29,656	20,909	50,565	54,610
RAD F2	92,523	45,131	137,654	148,667
RAD G1	10,395	55,440	65,835	71,102
RAD G2	8,304	40,550	48,854	52,763
RAD G3	13,414	23,681	37,094	40,062
RAD H1	3,809	27,372	31,180	33,675
RAD H2	3,413	28,512	31,925	34,479
RAD H3	18,637	39,283	57,920	62,554
RAD H4	29,436	32,670	62,106	67,074
RAD H5	20,603	24,672	45,275	48,897
RAD H6	27,590	26,763	54,354	58,702
RAD I1	18,270	27,562	45,832	49,498
CIR 1	3,153	17,263	20,416	22,049
CIR 2	13,056	24,235	37,291	40,274
CIR 3	871	41,382	42,253	45,633
CIR 4	12,956	31,152	44,108	47,637
CIR 5	713	53,460	54,173	58,507
CIR 6	1,716	29,040	30,756	33,216
CIR 7	2,283	11,746	14,029	15,151
CIR 8	17,204	19,439	36,643	39,574
CIR 9	908	49,005	49,913	53,906
CIR 10	4,851	30,492	35,343	38,170
CIR 11	4,982	30,492	35,474	38,312
CIR 12	9,664	46,332	55,996	60,476
CIR 13	11,682	14,256	25,938	28,013

Por fim, a comparação com o sistema atual. Admitiu-se, para sábados e domingos, a mesma proporção observada na estimativa da SPTrans. Houve queda de 8% na quilometragem total apesar do aumento brutal da demanda (por volta de 100% de viagens e de 80% de passageiros únicos), o que mostra que certamente há espaço para otimizações. Claro

que estes cálculos não são à prova de erro, mas ainda assim os números são suficientemente discrepantes para indicar que o sistema é altamente ineficiente.

Tabela 30 – Quilometragem comparada

	Quilometragem total (km)	% dia útil	Quilometragem estimada	Variação
Dia útil	3,096,676	1	2,832,496	-8.5%
Sábado	2,207,375	71%	2,019,061	-8.5%
Domingo	1,603,431	52%	1,466,640	-8.5%
Mês (1. x 20,8 + 2. x 4,3 + 3. x 5,4)	82,233,918	-	75,517,729	-8.2%

9 Os custos

9.1 Do GEIPOT à ANTP

Desde o começo de 2016, a PMSB disponibiliza relatórios que justificam aumento de tarifa nos anos imediatamente anteriores. Até o momento em que o presente trabalho é redigido, há três publicados: dados de 2015 para aumento em janeiro de 2016 ([RELATÓRIO... , 2015](#)), e dados de 2016 para aumento em janeiro de 2017 ([RELATÓRIO... , 2016](#)) e dados de 2017 para aumento em janeiro de 2018. Cada um destes relatórios é acompanhado de uma planilha com projeção mensal detalhada de custos e dados operacionais, que cobrem todos os custos (fixos e variáveis) e receitas, além de um cálculo do “benefício social” do transporte público, ou seja, quanto a cidade deixa de gastar por ter um sistema de transporte público.

Em agosto de 2017, a Associação Nacional de Transportes Públicos (ANTP) publicou um material, composto por dois guias e uma planilha modelo, que visa substituir o método proposto pela Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes ([TRANSPORTES, 2017](#)) em 1996 para o cálculo tarifário dos municípios por um mais atual que, segundo a entidade, desse “total transparência à forma de cálculo dos custos. Todos os itens de cálculo estão organizados segundo fórmulas paramétricas claramente definidas, além de anexos com explicações completas sobre os itens envolvidos” ([ANTP, 2017](#)). Os documentos foram elaborados por técnicos de diferentes entidades sob coordenação da ANTP, a saber: Fórum Nacional de Secretários e Dirigentes Públicos de Mobilidade Urbana, Frente Nacional de Prefeitos e Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos (NTU).

Como o método GEIPOT ([TRANSPORTES, 2017](#)) foi idealizado em 1996, é natural que não contemple a incorporação de avanços tecnológicos na operação da frota nem exigências que não existiam àquela época – bilhetagem eletrônica, GPS e monitoramento nas garagens são exemplos de inovações, e ARLA 32 e custos ambientais de novas exigências. Naturalmente, é de se esperar que esses custos estivessem embutidos na remuneração das empresas desde que surgiram, mas agora estarão separados dando ao cálculo tarifário mais transparência. Outra diferença é a incorporação dos riscos enfrentados pelas empresas de ônibus, tais como queima e depredação de ônibus, queda na demanda de passageiros (lembrete de que o sistema é atualmente remunerado por passageiro), congelamento de tarifas e etc. O curioso disto, no entanto, é que dessa forma as empresas operam sem quaisquer riscos, algo bastante raro, senão inédito, em qualquer tipo de contratação pública.

No entanto, não foi possível utilizar a nova planilha. Para além das discordâncias

metodológicas, a planilha que a ANTP disponibilizou fornecia valores muito acima dos calculados para custos que não deveriam ter grande variação com relação ao método utilizado nas estimativas da Prefeitura, como custo de pessoal. Dessa forma, utilizou-se a já mencionada “estudo_planilha_tarifa2018_com_detalhamento” (PREFEITURA..., 2018) como base de cálculos.

9.2 Histórico

Dos cálculos da Prefeitura disponíveis, foram construídos demonstrativos que os dividem quanto à sua natureza: operacionais ou de infraestrutura; operacional e lucro; fixos e variáveis, etc. A partir dos métodos de cálculo mostrados na planilha acima mencionada, pôde-se chegar à estimativa de custos totais sob a hipótese de tarifa zero.

Tabela 31

		Custos					Representatividade					Variação			
		2015	2016	2017	2018	tarifa zero	2015	2016	2017	2018	tarifa zero	2016	2017	2018	tarifa zero
1	Quanto custa o sistema de transporte?	598	646	679	687	1,008	100%	100%	100%	100%	100%	8%	5%	1%	47%
1.1	Custo de operação do transporte	550	590	616	625	940	92%	91%	91%	91%	93%	7%	4%	1%	50%
1.2	Custo de operação da infraestrutura	48	56	63	62	68	8%	9%	9%	9%	7%	15%	12%	-2%	10%

A proporção entre operação e infraestrutura se mantém razoavelmente constante ao longo dos 3 anos. Com a introdução da tarifa zero, no entanto, prevê-se um peso maior do operacional já que o número de ônibus aumenta bastante. Os custos de infraestrutura são em boa parte inelásticos com relação à demanda.

Tabela 32

		Custos					Representatividade					Variação			
		2015	2016	2017	2018	tarifa zero	2015	2016	2017	2018	tarifa zero	2016	2017	2018	tarifa zero
1.1.1	Custo da operação	468.357,809	544.778,044	564.221,707	565.292,602	879.992,018	78%	84%	83%	82%	87%	16%	4%	0%	56%
1.1.1.1	Custos fixos	270.921,352	320.716,073	339.316,569	320.422,046	435.053,053	45%	50%	50%	47%	43%	18%	6%	-6%	36%
1.1.1.2	Depreciação	44.639,118	46.239,029	46.280,184	48.648,138	102.522,358	7%	7%	7%	7%	10%	4%	0%	5%	111%
1.1.1.3	Custos variáveis	138.800,787	163.008,660	163.195,865	180.624,904	323.473,531	23%	25%	24%	26%	32%	17%	0%	11%	79%
1.1.1.4	Contribuição sobre a receita	10.996,402	11.800,283	12.329,089	12.497,514	18.943,077	2%	2%	2%	2%	2%	7%	4%	1%	52%
1.1.1.5	Operação de bilheteria de terminais	3.000,150	3.014,000	3.100,000	3.100,000	-	1%	0%	0%	0%	0%	0%	3%	0%	-100%

Vale notar que os custos detalhados na planilha disponibilizada pela Prefeitura são referentes apenas ao operacional. Os custos de infraestrutura são apenas informados em high level, e por isso não focaremos muito neles, além do fato de terem uma representatividade muito baixa frente ao total. A TABELA X [TABELA ACIMA] abre o operacional entre custo da operação e lucro bruto; note-se que a representatividade do deste despencou a partir de 2015 (e foi 6% na hipótese de tarifa zero por escolha dos autores). Isso aconteceu devido à contratação de uma auditoria externa por parte da Prefeitura que verificou, ainda que de forma superficial, os custos das concessionárias de forma detalhada e encontrou algumas irregularidades [INSERIR REFERÊNCIA: <http://www.sptrans.com.br/verifica/>]. Após isso, a representatividade do lucro bruto caiu aproximadamente pela metade, ao mesmo tempo em que o custo de operação aumentava em torno de 20%.

Tabela 33

		Custos					Representatividade					Variação			
		2015	2016	2017	2018	tarifa zero	2015	2016	2017	2018	tarifa zero	2016	2017	2018	tarifa zero
1.1.1	Custo da operação	468.357,809	544.778,044	564.221,707	565.292,602	879.992,018	78%	84%	83%	82%	87%	16%	4%	0%	56%
1.1.1.1	Custos fixos	270.921,352	320.716,073	339.316,569	320.422,046	435.053,053	45%	50%	50%	47%	43%	18%	6%	-6%	36%
1.1.1.2	Depreciação	44.639,118	46.239,029	46.280,184	48.648,138	102.522,358	7%	7%	7%	10%	4%	0%	5%	111%	
1.1.1.3	Custos variáveis	138.800,787	163.008,660	163.195,865	180.624,904	323.473,531	23%	25%	24%	26%	32%	17%	0%	11%	79%
1.1.1.4	Contribuição sobre a receita	10.996,402	11.800,283	12.329,089	12.497,514	18.943,077	2%	2%	2%	2%	2%	7%	4%	1%	52%
1.1.1.5	Operação de bilheteria de terminais	3.000,150	3.014,000	3.100,000	3.100,000	-	1%	0%	0%	0%	0%	0%	3%	0%	-100%

Tal aumento se deu principalmente em razão dos custos variáveis e da depreciação, esta última em razão da aquisição de novos ônibus para a frota. Com frota maior, é esperado que o consumo de combustível, assim como o de peças e rodagem, aumente também.

Tabela 34

		Custos					Representatividade					Variação			
		2015	2016	2017	2018	tarifa zero	2015	2016	2017	2018	tarifa zero	2016	2017	2018	tarifa zero
1.1.1	Custo da operação	468.357,809	544.778,044	564.221,707	565.292,602	879.992,018	78%	84%	83%	82%	87%	16%	4%	0%	56%
1.1.1.1.1	Pessoal operacional	237.969,282	277.756,908	294.557,402	274.556,925	366.032,383	40%	43%	43%	40%	36%	17%	6%	-7%	33%
1.1.1.1.2	Manutenção de validadores	369,425	370,150	367,575	361,425	-	0%	0%	0%	0%	0%	0%	-1%	-2%	-100%
1.1.1.1.3	Manut de equip. monitoramento	443,310	444,180	441,090	433,710	433,710	0%	0%	0%	0%	0%	0%	-1%	-2%	0%
1.1.1.1.4	Despesas administrativas	32.139,335	42.144,835	43.950,502	45.069,987	68.586,960	5%	7%	6%	7%	7%	31%	4%	3%	52%
1.1.1.2.1	Depreciação de veículos	41.215,604	42.557,572	42.617,111	44.980,092	99.801,329	7%	7%	6%	7%	10%	3%	0%	6%	122%
1.1.1.2.2	Deprec de validadores eletrônicos	1.354,558	1.357,217	1.347,775	1.325,225	-	0%	0%	0%	0%	0%	0%	-1%	-2%	-100%
1.1.1.2.3	Depreciação de AVLS	461,781	462,688	459,469	451,781	451,781	0%	0%	0%	0%	0%	0%	-1%	-2%	0%
1.1.1.2.4	Deprec de Inst e Equipamentos	1.607,174	1.861,552	1.855,829	1.891,040	2.269,248	0%	0%	0%	0%	0%	16%	0%	2%	20%
1.1.1.3.1	Diesel / Energia	91.452,828	110.552,633	107.515,497	120.160,775	166.698,369	15%	17%	16%	18%	17%	21%	-3%	12%	39%
1.1.1.3.2	Rodagem	8.356,191	9.170,894	9.202,962	9.449,262	14.241,556	1%	1%	1%	1%	1%	10%	0%	3%	51%
1.1.1.3.3	Lubrificantes	1.713,482	1.771,572	1.787,768	1.801,861	2.529,156	0%	0%	0%	0%	0%	3%	1%	1%	40%
1.1.1.3.4	Consumo de peças e acessórios	37.278,286	41.513,560	44.689,638	49.213,006	140.004,451	6%	6%	7%	7%	14%	11%	8%	10%	184%
1.1.1.4.1	Contribuição sobre a receita	10.996,402	11.800,283	12.329,089	12.497,514	18.943,077	2%	2%	2%	2%	2%	7%	4%	1%	52%
1.1.1.5.1	Operação de bilhetes de terminais	3.000,150	3.014,000	3.100,000	3.100,000	-	1%	0%	0%	0%	0%	0%	3%	0%	-100%

Ao abrir a tabela x [nome da penúltima tabela], mostrada na tabela acima, pode-se notar que alguns custos são zerados na hipótese de tarifa zero: todos os relacionados à cobrança, como cobradores, validadores, comercialização de créditos de bilhete único e etc. Por outro lado, custos relacionados à operação aumentam brutalmente – são os casos da depreciação, combustível (mantivemos o preço do diesel em R\$2,90, valor da planilha de referência da SPTrans, porque o objetivo do trabalho é principalmente medir ganho de eficiência), rodagem, consumo de peças e despesas administrativas.

É interessante notar novamente, também, que esses custos operacionais aumentaram desde 2015 devido à incorporação da frota e expansão do serviço.

Tabela 35

		Custos					Representatividade					Variação			
		2015	2016	2017	2018	tarifa zero	2015	2016	2017	2018	tarifa zero	2016	2017	2018	tarifa zero
1.1.2	Lucro bruto da operação	81.462,278	45.236,094	52.232,737	59.583,100	93.178,891	14%	7%	8%	9%	9%	-44%	15%	14%	56%
1.1.2.1	Imposto de renda e CSSL	27.697,175	15.380,272	17.759,130	20.258,254	33.339,434	5%	2%	3%	3%	3%	-44%	15%	14%	65%
1.1.2.2	Lucro do operador	53.765,103	29.855,822	34.473,606	39.324,846	59.839,457	9%	5%	5%	6%	6%	-44%	15%	14%	52%

Por fim, temos a abertura do lucro bruto da operação. Salta aos olhos a diminuição de 44% do lucro das operadoras de 2015 para 2016, em razão da já mencionada verificação independente realizada por uma empresa de auditoria externa. No mais, os autores fixaram o retorno no caso da tarifa zero em 6% - vale lembrar que os efeitos inflacionários já estão refletidos nos custos operacionais, como salário, combustível e etc. As taxas internas

de retorno de anos anteriores parecem bastante generosas, se considerarmos o montante investido e o custo de oportunidade do investimento.

9.3 Custos totais

Com base na planilha disponibilizada pela SPTrans, de seus dados e métodos, foi possível calcular cada parte da estimativa de custos operacionais; para os custos de infraestrutura, admitiu-se um aumento de 10% devido ao provável aumento de garagens, melhora no gerenciamento e etc.

9.3.1 Custos de pessoal

Considerando salários e fatores de utilização (trabalhadores, por categoria, necessários para operar cada veículo da frota durante a jornada de trabalho padrão da categoria) da planilha, tem-se:

Tabela 36 – Custo com os motoristas

Custo pessoal	Motoristas
Salário	2,800
Encargos	1,096
Benefícios	800
Fator de utilização salário	2.66
Fator de utilização encargo	2.66
Fator de utilização benefício	2.24
TOTAL	12,155
Frota operacional	21,983.00
Custo total (adc noturno 2%)	272,550,733

Tabela 37 – Custo com funcionários de manutenção

Custo pessoal	Manutenção	Manutenção biarticulado	Fiscal	Total
Salário	2,800	2,800	2,800	-
Encargos	1,096	1,096	1,096	-
Benefícios	800	800	800	-
Fator de utilização salário	0.56	0.74	0.26	-
Fator de utilização encargo	0.56	0.74	0.26	-
Fator de utilização benefício	0.56	0.74	0.26	-
TOTAL	2,648	3,488	1,210	-
Frota operacional	11,673.00	10,310.00	21,983	-
Custo total	30,913,461	35,965,712	26,602,476	93,481,650

Tabela 38 – Custo total com funcionários

Custo pessoal	Valor
Motoristas	272,550,733
Manutenção	93,481,650
Total	366,032,383

9.3.2 Combustível

Não foi considerado o recente aumento nos preços do diesel, um vez que a intenção era a de mostrar a variação na eficiência de operação do sistema. Se aumentarmos de R\$ 2,90 para R\$ 3,50, teremos um aumento de 10 p.p. no custo total.

Tabela 39 – Custos com combustível

	Km operacional	Consumo (litro/km)	litros/mês	Preço do diesel (R\$ / litro)	Custo
Corredores	33,319,675	0.9040	30,120,987	2.90	87,350,861
Alimentadoras	36,603,625	0.7475	27,361,210	2.90	79,347,508
Total	69,923,300	-	57,482,196	-	166,698,369

9.3.3 Despesas administrativas

Estas também aumentam na medida em que há um custo médio por carro. Como a frota aumenta muito, o custo aumenta junto.

Tabela 40 – Despesas administrativas

Despesas administrativas	Valor
Veículo/mês	3,120
Frota	21,983
Custo total	68,586,960

9.3.4 Depreciação

Como já dito, o aumento no número de veículos impactou fortemente o custo de depreciação:

Tabela 41 – Depreciação

Depreciação	Frota	Índice anual médio de depreciação	Preço do veículo	Preço dos pneus	Preço do veículo sem pneus	Depreciação (R\$ / mês)
Padron	11,673	7.60%	565,000	11,696	553,304	490,862,537
Biarticulado	10,310	6.35%	1,100,000	20,468	1,079,532	706,753,407
Total	21,983	-	-	-	-	99,801,329

9.3.5 Consumo de peças

Este custo quase triplica porque os únicos dois tipos de veículos utilizados no presente trabalho têm alguns dos mais altos índices médios de consumo.

Tabela 42 – Consumo de peças

Consumo de peças	Frota	Índice médio de consumo de peças	Preço do veículo sem pneus	Peças e acessórios total (R\$/mês)
Padron	11,673	0.768%	553,304	49,632,860
Biarticulado	10,310	0.812%	1,079,532	90,371,591
Total	21,983	-	-	140,004,451

9.3.6 Rodagem

Natural que o custo de troca de pneus também aumente com a frota.

Tabela 43 – Rodagem

Rodagem	Quilometragem mensal	Vida útil do pneu (em km)	Quantidade de pneus por veículo	Quantidade de recapagens por veículo	Preço do pneu (R\$/unidade)	Preço da recapagem (R\$/unidade)	Preço total de pneus e recapagem (R\$)	Rodagem R\$/quilômetro	Total mensal de Rodagem (R\$)
Padron	36,603,625	138,000	8	24	1,462	383	20,888	0.15	5,541,789
Biarticulado	33,319,675	140,000	14	42	1,462	383	36,554	0.26	8,699,767
Total	69,923,300	-	-	-	-	-	-	-	14,241,556

9.3.7 Lubrificantes

O custo com lubrificantes representa muito pouco do total, apesar de ter tido expressivo aumento de 40

Tabela 44 – Custos com lubrificantes

Lubrificantes	Quilometragem mensal programada	Lubrificantes (R\$ / km)	Total mensal de Lubrificantes (R\$)
Padron	36,603,625	0	597,797
Biarticulado	33,319,675	0	1,931,358
Total			2,529,156

10 Tarifação e financiamento

10.1 De onde vem o dinheiro?

11 Conclusão

Referências

- ANTP. *Planilha de custos do serviço de ônibus*. 2017. Acesso em: 06 nov 2017. Disponível em: <<http://www.antp.org.br/planilha-tarifaria-custos-do-servico-onibus/apresentacao.html>>. Citado na página 87.
- BALCOMBE, R. e. a. *The demand for public transport: a practical guide*. 2004. Citado na página 47.
- CABANNES, T. et al. *The impact of GPS-enabled shortest path routing on mobility: a game theoretic approach 2*. [S.l.], 2018. Citado na página 20.
- CARVALHO C. H. R., P. R. H. M. Efeitos da variação da tarifa e da renda da população sobre o transporte público. 2013. Citado na página 47.
- CRUZALINHAS. 2018. Acesso em: 01 abr 2018. Disponível em: <<http://cruزالinhas.com>>. Citado na página 53.
- DIAS, J. L. S. Tarifa zero e eficiência no transporte coletivo urbano. *Revista dos Transportes Públicos – ANTP*, 1991. Citado 2 vezes nas páginas 18 e 19.
- DIAS, J. L. S. Tarifa zero e eficiência no transporte coletivo urbano. *Revista dos Transportes Públicos – ANTP*, 1991. Citado na página 47.
- DIÁRIO do Transporte. 2011. Acesso em: 01 abr 2018. Disponível em: <<https://diariodotransporte.com.br/2011/09/06/o-maior-onibus-do-mundo-ja-circula-em-goiania/>>. Citado na página 65.
- GEOHASH. 2018. Acesso em: 01 abr 2018. Disponível em: <<https://en.wikipedia.org/wiki/Geohash>>. Citado na página 53.
- GOOGLE Transit. 2018. Acesso em: 01 abr 2018. Disponível em: <<https://developers.google.com/transit/gtfs/>>. Citado na página 61.
- NOSSA São Paulo. 2018. Acesso em: 01 abr 2018. Disponível em: <<http://www.nossasaopaulo.org.br/noticias/alckmin-e-doria-aumentam-em-148-bilhete-de-integracao-de-onibus-e-metro>>. Citado na página 63.
- OLIVEIRA, A. V. M. e. a. Estudo e previsão de demanda do transporte urbano coletivo público na região metropolitana de são paulo. *Revista dos Transportes Públicos – ANTP*, 2015. Citado na página 45.
- POLICY, M. d. C. Institute for T. . D. *Manual de BRT – Bus Rapid Transit – Guia de Planejamento*. [S.l.], 2008. Citado 2 vezes nas páginas 39 e 40.
- PREFEITURA de São Paulo. 2018. Acesso em: 01 abr 2018. Disponível em: <http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/transportes/institucional/sptrans/acesso_a_informacao/index.php?p=227887>. Citado 3 vezes nas páginas 9, 83 e 88.

REDE Brasil Atual. 2018. Acesso em: 01 abr 2018. Disponível em: <<http://www.redebrasilatual.com.br/cidadania/2017/09/80-das-pessoas-trocaria-o-carro-pelo-transporte-publico-se-qualidade-fosse-melhor>>. Citado na página 63.

RELATÓRIO Reajuste Tarifa. 2015. Acesso em: 06 nov 2017. Disponível em: <http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/transportes/SPTrans/acesso_a_informacao/2015/RelatorioReajusteTarifa.pdf>. Citado na página 87.

RELATÓRIO Reajuste Tarifa. 2016. Acesso em: 06 nov 2017. Disponível em: <http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/transportes/SPTrans/acesso_a_informacao/2016/RelatorioReajusteTarifa.pdf>. Citado na página 87.

TRANSPORTATION, U. D. of. Status of the nations's highways, bridges and transit: Conditions & performance. 2016. Citado na página 47.

TRANSPORTES, M. dos. *GEIPOT*. 2017. Acesso em: 06 nov 2017. Disponível em: <http://www.geipot.gov.br/Estudos_Realizados/cartilha01/Tarifa/Tarifa.html>. Citado na página 87.

Apêndices

Anexos

Formulário de Identificação

Exemplo de Formulário de Identificação, compatível com o Anexo A (informativo) da ABNT NBR 10719:2011. Este formulário não é um anexo. Conforme definido na norma, ele é o último elemento pós-textual e opcional do relatório.

Dados do Relatório Técnico e/ou científico			
Título e subtítulo		Classificação de segurança	
		No.	
Tipo de relatório		Data	
Título do projeto/programa/plano		No.	
Autor(es)			
Instituição executora e endereço completo			
Instituição patrocinadora e endereço completo			
Resumo			
Palavras-chave/descriptores			
Edição	No. de páginas	No. do volume	Nº de classificação
ISSN	Tiragem		Preço
Distribuidor			
Observações/notas			