

Uma análise dos benefícios socioeconômicos gerados pela CPTM para a região metropolitana de São Paulo através do modelo de demanda de quatro etapas

Resumo: A Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) tem em seu sistema de transporte um dos temas centrais para o seu desenvolvimento e para o bem-estar de sua população. Os crescentes índices de congestionamento na região deixam a qualidade de vida dos habitantes cada vez pior. Uma das soluções que vem sendo apontada para essa questão é o aumento do investimento em transporte público, especialmente nos modos sobre trilhos. Entretanto, o volume dos investimentos necessários para a ampliação e operação da malha metro-ferroviária é bastante elevado. O objetivo desse trabalho é “monetizar” os benefícios gerados pelo sistema de trens da RMSP, atualmente operado pela Companhia Paulista de Trens Metropolitanos (CPTM) comparando a situação da rede de transporte coletivo da RMSP no ano de 2010 com a situação hipotética onde os serviços oferecidos pela CPTM não seriam mais prestados, utilizando a modelagem de demanda tradicional de quatro etapas. Foi encontrado o benefício total de R\$ 5,73 bilhões para o ano em questão.

Palavras-chave: Modelagem de demanda; Benefícios sócio-econômicos; Indicadores de transporte; Modelo quatro etapas.

Classificação JEL: R41, R58 e R34.

Abstract: The Metropolitan Area of São Paulo (RMSP) has on its transport system one of the main theme for its development and for the welfare of its population. The increasing region traffic jam rates leave the inhabitants quality of life worse. One of the founded solutions for this case is the increased investment in public transport, especially for the rail modes. However, the volume of investments needed for the enlargement and operation of the railway network is too much elevated. The purpose of this paper is monetize the benefits generated by the RMSP train system, currently operated by Companhia Paulista de Trens Metropolitanos (CPTM), comparing the position of the RMSP transportation network in 2010 to the hypothetical situation when the services offered by CPTM would no longer be provided, using the traditional four step model demand. For that year, it was find the total benefit of R\$5,73 billion.

Keywords: Demand model; Economic benefits; Transport indicators; 4 step model.

JEL classification: R41, R58 e R34

Roberto M. Valladão Flores*
Rodrigo S. de Alencar**

* Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
– EMBRAPA.

** Companhia Paulista de Trens Metropolitanos
– CPTM.

1 Introdução

A Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) tem em seu sistema de transporte um dos temas centrais para o seu desenvolvimento e para o bem-estar de sua população. Os crescentes índices de congestionamento na região deixam a qualidade de vida dos habitantes cada vez pior, aumentando a poluição, o número de acidentes de trânsito, reduzindo o tempo de lazer da população, aumentando os custos operacionais dos sistemas de transporte e dificultando o fluxo de mão-de-obra e de mercadorias.

Uma das soluções que vem sendo apontada para esta questão é o aumento do investimento em transporte público, especialmente nos modos sobre trilhos, como metrô e trem. Entretanto, o volume dos investimentos necessários para a ampliação e operação da malha metro-ferroviária é bastante elevado.

Embora o volume de recursos seja elevado, os benefícios socioeconômicos gerados podem justificar este investimento, trazendo vantagens financeiras e maior bem-estar para a população. Tendo em vista esta discussão, torna-se necessário mensurar monetariamente esses benefícios gerados pelos sistemas sobre trilhos, para serem comparados com os investimentos necessários pelo governo estadual e, assim, verificar se a realização dos mesmos é interessante para a população e ao desenvolvimento da RMSP.

Assim, o objetivo desse trabalho é “monetarizar” os benefícios gerados pelo sistema de trens da RMSP, atualmente operado pela Companhia Paulista de Trens Metropolitanos (CPTM), de acordo com indicadores de transporte, consagrados pela engenharia da área.

2 Metodologia

Para obter os benefícios socioeconômicos gerados pela CPTM, será comparada a situação da rede de transporte coletivo da Região Metropolitana no ano de 2010 com a situação hipotética onde os serviços oferecidos pela CPTM não seriam mais prestados, utilizando a modelagem de demanda tradicional de quatro etapas para a obtenção dos dados de entrada para o modelo de benefícios socioeconômicos.

Para compreender melhor essa metodologia, será feita uma breve abordagem sobre a modelagem de demanda de quatro etapas.

Modelagem Tradicional de Demanda de Quatro Etapas

O uso dos modelos tradicionais em planejamento de transportes é um assunto tratado extensamente na literatura técnica. Pretende-se nesse tópico apresentar alguns aspectos deste assunto baseado em textos de ORTÚZAR e WILLUMSEN (1994), CARDOSO (2005) e WARDROP (1952).

A teoria clássica dos modelos de transporte tem como base uma representação discreta do espaço, em que a área a ser modelada é dividida em zonas de tráfego e o sistema de transporte é representado através de uma rede de nós e ligações (CARDOSO, 2005).

As zonas de tráfego são definidas anteriormente ao processo de modelagem e passam a ser representadas por um único ponto na rede (centróide), funcionando como pólos de produção e atração de viagens das respectivas zonas, que utilizam a rede de transporte representada para realizarem seus deslocamentos.

Nessa representação da rede, apenas as viagens interzonais são simuladas na metodologia tradicional, o que torna fundamental que as zonas de tráfego sejam as menores possíveis no modelo.

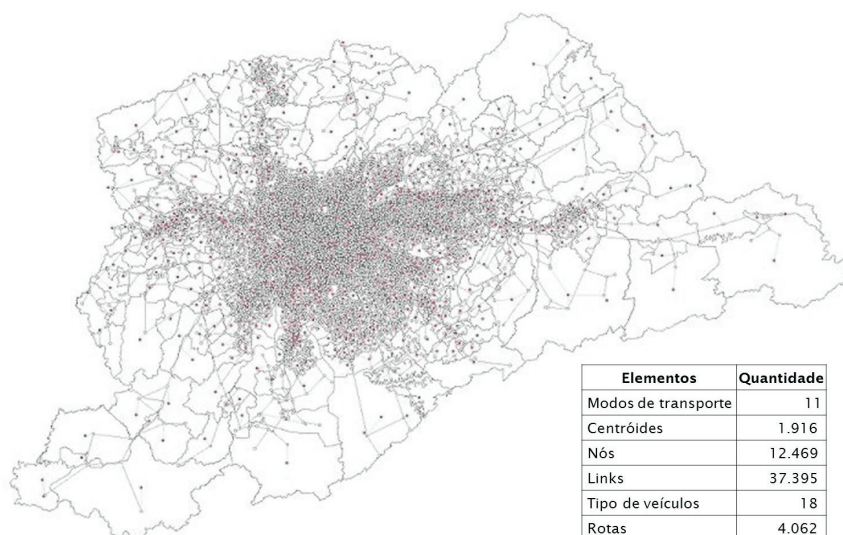
Os centróides são ligados à rede através de conectores, que representam os pontos de acesso ou egresso ao sistema de transporte para as viagens com origem ou destino naquela zona.

O conjunto de segmentos da rede viária do sistema de transporte existente é representado por uma complexa rede de nós e ligações (links), representando as regras de circulação, que permitem definir ligações unidirecionais ou bidirecionais e proibições ou penalidades de conversão. Também são identificados quais modos de transporte individual representados (auto, taxi etc.) ou coletivo (ônibus, metrô, trem etc.), podem percorrer essas ligações.

A oferta de transporte público é representada através de rotas (transit lines) que representam o trajeto realizado por linhas de ônibus no sistema viário ou em via segregada (no caso dos sistemas sobre trilhos). Além do trajeto realizado, as transit lines também armazenam informações básicas das linhas como velocidade comercial, tipo de veículo (ônibus padrão ou articulado, trens de 4, 6 ou 8 carros) e intervalo entre eles.

A figura 1 ilustra a rede de transporte utilizada para esse trabalho, implementada no software de modelagem de demanda EMME®.

Figura 1 – Rede de Transporte da RMSP representada no software EMME®.



O processo de modelagem de demanda, na metodologia clássica, divide-se em quatro etapas distintas, porém interligadas, que são:

- 1- Geração de Viagens, na qual as quantidades de viagens produzidas e atraídas em cada zona de tráfego são estimadas;

- 2- Distribuição de Viagens, onde ocorre a determinação dos intercâmbios de viagens e dos deslocamentos correspondentes entre as zonas de tráfego;
- 3- Divisão Modal, na qual se determina o modo de transporte (individual ou coletivo) pelo qual as viagens serão realizadas;
- 4- Alocação, que representa a etapa de escolha do caminho, por um dado modo, entre os pares de zonas de tráfego.

Modelo de Geração de Viagens

A metodologia para obtenção do modelo de geração de viagens consiste na busca de um modelo matemático que represente a produção e a atração das viagens motorizadas, em função de variáveis socioeconômicas explicativas dessas viagens.

De acordo com a Pesquisa Origem e Destino 2007, no período de pico da manhã considerado entre 6h00 e 9h00, são atraídas 6.831.053 viagens motorizadas, sendo 89,29% com origem ou destino na residência (viagens base domiciliar - BD).

Os principais motivos destas viagens são o trabalho (BDT) e a escola (BDE). Os demais motivos, isoladamente, são pouco significativos e, portanto foram agrupados sob o nome outros. Assim, esta análise irá avaliar as viagens produzidas e atraídas, com base na residência, pelos motivos trabalho, escola e outros, para cada zona O/D, no período de pico da manhã compreendido entre 6h00 e 9h00, separadamente.

As viagens que não tem origem nem destino na residência (viagens base não domiciliar – BND) serão analisadas conjuntamente, independente de motivo, e agrupadas por produção e atração.

Para obtenção do modelo matemático de geração de viagens, foi utilizada como técnica estatística a Análise de Regressão Linear Múltipla, aplicada sobre os dados obtidos na Pesquisa Origem e Destino de 2007, agrupados pelas 460 zonas de tráfego da pesquisa.

A análise, dividida em oito etapas, estimou oito equações de regressão, sendo três explicativas das viagens com base domiciliar produzidas pelos motivos trabalho, escola e outros, outras três explicativas das viagens com base domiciliar atraídas pelos mesmos motivos. Além destas, outras duas equações estimam as viagens com base não domiciliar, por produção e por atração.

O modelo de regressão linear múltipla, com a equação passando, pela origem é representado da seguinte forma:

$$GViagensZona = \sum (a1 \times x1 + a2 \times x2 + \dots + an \times xn) \quad (1)$$

Onde:

$GViagensZona$ = Total de viagens produzidas / atraídas por zona de pesquisa;

$x1, \dots, xn$ = Variáveis socioeconômicas explicativas do número de viagens;

$a1, \dots, an$ = Coeficientes associados às variáveis explicativas do número de viagens;

n = Número de variáveis explicativas.

Foi utilizado para a seleção das variáveis explicativas do modelo o método backward de análise de regressão. Por esse método, inicialmente todas as variáveis independentes do conjunto tomado como hipótese são introduzidas no modelo. Através de testes estatísticos, é verificada a significância da participação dessas variáveis. Então, em cada etapa as variáveis não significativas são eliminadas automaticamente, até a obtenção de um modelo que incorpora somente as variáveis estatisticamente significativas.

Para optar entre um ou outro conjunto de variáveis, leva-se em consideração a consistência dos parâmetros que multiplicam cada uma das variáveis e o coeficiente de determinação da regressão (R^2). O valor de R^2 associado a cada uma das equações mede o grau de ajuste dos dados à equação. Esse valor pode variar de 0 a 100%, sendo que quanto melhor os dados estiverem ajustados à curva, tanto mais próximo de 100% estará o R^2 . Para cada equação obtida, foram eliminados os outliers contidos dentro de dois desvios padrão e então obtidas as equações finais para cada estrato em estudo.

As Tabelas 1 e 2 apresentam o conjunto final de equações obtidas no modelo de geração de viagens:

Tabela 1 – Equações obtidas para os estratos de produção de viagem

ESTRATO	PRODUÇÃO
Base Domiciliar Trabalho	$0,09754 \text{ população} + 0,31512 \text{ frota} + 6,24147 \text{ (renda total / 100.000)}$
Base Domiciliar Escola	$0,28174 \text{ frota} - 0,04849 \text{ população} + 2,39908 \text{ (renda total / 100.000)}$ $+ 0,21966 \text{ população estudante ensino regular}$
Base Domiciliar Outros	$0,08293 \text{ frota} + 0,01975 \text{ população}$
Base Não Domiciliar	$0,02589 \text{ matrículas} - 0,01459 \text{ população} + 0,07162 \text{ empregos}$ $\text{secundários} + 2,91852 \text{ (renda total / 100.000)}$

Tabela 2 – Equações obtidas para os estratos de atração de viagem

ESTRATO	ATRAÇÃO
Base Domiciliar Trabalho	$0,60104 \text{ empregos} - 0,04576 \text{ população}$
Base Domiciliar Escola	$0,27737 \text{ frota} - 0,04704 \text{ população} + 3,02896 \text{ (renda total / 100.000)}$ $- 0,14413 \text{ população estudante ensino regular} + 0,30945 \text{ matrículas}$
Base Domiciliar Outros	$0,05592 \text{ frota} - 0,01609 \text{ população} + 0,04312 \text{ matrículas} + 0,08789$ $\text{empregos secundários} + 0,04538 \text{ empregos terciários}$
Base Não Domiciliar	$0,01467 \text{ matrículas} - 0,01129 \text{ população} + 0,03184 \text{ empregos} +$ $1,22263 \text{ (renda total / 100.000)}$

Validação do Modelo de Geração de Viagens

Foram consolidadas as equações do modelo de geração de viagens, com base nos resultados da pesquisa domiciliar origem e destino realizada durante o ano de 2007 e início de 2008.

Com essa etapa concluída, foram realizadas as validações das equações obtidas através de regressões lineares, comparando-se os resultados de sua aplicação aos dados de produção e atração de viagens, tabulados diretamente da base de dados da pesquisa de origem e destino.

Os resultados verificados nos permitem afirmar que as curvas de geração de viagens obtidas são extremamente confiáveis, com R^2 acima de 91%, em ambos os casos.

As maiores diferenças aparecem nas curvas de produção/atração - base domiciliar motivo outros (BDO) e base não domiciliar (BND). Nos demais casos, que concentram a grande maioria das viagens realizadas, os resultados se aproximam de 100% de coincidência entre os valores observados e modelados.

As Tabelas 3 e 4 mostram as comparações entre os valores obtidos e observados pela Pesquisa Origem e Destino 2007.

Tabela 3 – comparação produção 2007, observado x modelado

	Produção BD Trabalho	Produção BD Escola	Produção BD Outros	Produção BND	Produção TOTAL
Observado	3.831.807	1.270.992	709.477	388.641	6.200.917
Modelado	3.812.109	1.256.955	679.820	337.073	6.085.956
M/O	99,5%	98,9%	95,8%	86,7%	98,1%

Tabela 4 – comparação atração 2007, observado x modelado

	Atração BD Trabalho	Atração BD Escola	Atração BD Outros	Atração BND	Atração TOTAL
Observado	4.484.310	1.438.693	565.810	338.445	6.827.258
Modelado	4.458.133	1.444.046	509.640	292.925	6.704.745
M/O	99,4%	100,4%	90,1%	86,6%	98,2%

Projeção das Variáveis Socioeconômicas Explicativas

As variáveis socioeconômicas explicativas dos modelos de geração de viagem foram projetadas para o ano de 2010 considerando os seguintes elementos:

- Projeções de população total, oferta de empregos e oferta de matrículas conforme cenário moderado do Plano Integrado de Transportes Urbanos da RMSP – PITU/2025;
- As projeções de renda total e renda média familiar tiveram como ponto de partida os resultados da Pesquisa O/D 2007 para o ano base (em Reais de Outubro de 2007), tendo sido consideradas as taxas médias de crescimento da renda média familiar prevista no cenário moderado do PITU/2025, para o período considerado (2010/2007);
- Em função do PITU/2025 não apresentar projeção de frota ou da taxa de motorização no período em análise, esta variável foi projetada até 2010 considerando que seu crescimento seja função das taxas de crescimento da renda média familiar para o período de análise;
- Para as projeções de oferta de empregos no setor secundário e oferta de empregos no setor terciário foram consideradas as mesmas taxas de crescimento para a oferta de empregos total do cenário moderado do PITU/2025;
- Para as projeções da população matriculada no ensino regular foram consideradas as mesmas taxas de crescimento aplicadas para a população total resultantes do cenário moderado do PITU/2025;

Modelo de Distribuição de Viagens

Realizada em sequência à etapa de geração de viagens, a etapa de distribuição visa distribuir entre os vários destinos possíveis, os totais de viagens identificados na fase de geração, identificando também os efeitos das intervenções e mudanças na infraestrutura de circulação da área de estudo no comportamento evolutivo da demanda nos sistemas de transporte público e individual.

O modelo de distribuição seguiu a estratificação de amostra utilizada no modelo de geração de viagens, separando-se as observações em viagens com base domiciliar (subdivididas em motivo trabalho, educação e outros) e viagens com base não domiciliar.

Esses estratos serão usados como entrada no modelo de distribuição de viagens do tipo gravitacional, que é uma analogia à lei da Gravitação Universal de Newton.

Esse modelo baseia-se no princípio que as viagens entre as zonas são diretamente proporcionais à geração de viagens (tanto produção como atração) e inversamente proporcionais a uma função de separação espacial entre elas.

Essa função de separação é relacionada com o custo generalizado de viagem, que representa os custos médios de viagem dos modos coletivo e individual, para cada par de zonas de origem e destino analisado.

O resultado do balanceamento de cada estrato será analisado e validado, sendo posteriormente as quatro matrizes de viagens motorizadas parciais somadas para, sobre o total de viagens motorizadas para a hora pico da manhã, ser submetido ao processo de escolha modal.

A descrição genérica das funções do modelo gravitacional utilizado e aplicado a cada estrato aparece a seguir:

$$V_{ij}^{estrato} = O_i^{estrato} \cdot D_j^{estrato} \cdot e^{\left(-\frac{1}{\alpha \cdot CG_{ij}}\right)} \quad (2)$$

Onde :

$V_{ij}^{estrato}$ = Viagens entre zonas i e j por estrato;

$O_i^{estrato}$ = Produção de viagens na zona i por estrato;

$D_j^{estrato}$ = Atração de viagens na zona j por estrato;

α = Constante a ser adotada para o k-ésimo grupo de origens;

CG_{ij} = Cálculo do custo generalizado entre as zonas i e j.

A matriz de custos generalizados representa os custos médios representados, para as viagens por modo coletivo e individual, para cada par ij, assim calculadas:

$$CG_{ij} = (CG_{ij}^{individual} + CG_{ij}^{coletivo})/2 \quad (3)$$

Onde:

$CG_{ij}^{coletivo}$ = Custo generalizado entre as zonas ij para viagens modo coletivo.

$CG_{ij}^{individual}$ = Custo generalizado entre as zonas ij para viagens modo individual.

A composição dos custos generalizados é definida pelas seguintes equações:

Transporte individual:

$$CG_{ij} = (tempoviagem_{ij}^{individual} + (distância_{ij}^{individual} * a * b * c)) \quad (4)$$

Onde:

a = custo do quilômetro rodado do automóvel (R\$ 0,60);

b = ocupação média do automóvel (1,43 pessoas / veículo);

c = valor do tempo do usuário de automóvel, em minutos (8,56 minutos = R\$ 1,00).

Transporte coletivo:

$$CG_{ij} = (Tviagem_{ij}^{colet} + (Tapé_{ij}^{colet} * d) + (Tespera_{ij}^{colet} * e) + (Tembarque_{ij}^{colet} * f)) \quad (5)$$

Onde:

d = ponderação do tempo de percurso a pé (valor utilizado: 4);

e = ponderação do tempo de espera (valor utilizado: 2);

f = valor do tempo do usuário de transporte coletivo, em minutos (13,18 minutos = R\$1,00).

A totalidade dos dados utilizados nesta etapa será obtida através da tabulação da base de dados da Pesquisa O/D 2007; as matrizes por estrato serão geradas a partir dos vetores modelados, produzidos pelo modelo de geração, com base em uma matriz semente, definida, para cada par ij.

$$C_{ij}^{estrato} = e^{(-\frac{1}{\alpha \cdot CG_{ij}})} \quad (6)$$

Onde α é o mesmo da equação (2) e CG_{ij} é resultado da equação (3).

Validação do Modelo de Distribuição

Para validar as matrizes por estrato, foram estabelecidas comparações com base nas observações tabuladas da base da Pesquisa O/D 2007, para cada estrato modelado dentro do período de três horas de pico, reduzidos linearmente os valores dos fatores de expansão de viagem para adequá-los ao total de uma hora de pico.

O total de viagens considerado para comparação é de 2.837.834 viagens motorizadas, decorrentes da soma das 1.518.250 viagens por modo coletivo e das 1.319.584 viagens por modo individual.

A Tabela 5 apresenta os valores utilizados na calibração das curvas de distribuição, para os quatro estratos de análise. As figuras de 2 a 5 apresentam as distribuições ponderadas dos custos generalizados pelas matrizes motorizadas por estrato tabuladas e modeladas, mostrando o nível de ajuste do perfil de distribuição por faixas de custo generalizado a cada dez minutos.

Tabela 5 – Valores de α , por estrato de viagem

Estrato	α calibração
Base domiciliar motivo trabalho	77
Base domiciliar motivo escola	30
Base domiciliar outros motivos	48
Base não domiciliar	40

Figura 2 - Histograma comparativo, viagens motorizadas base domiciliar, motivo trabalho

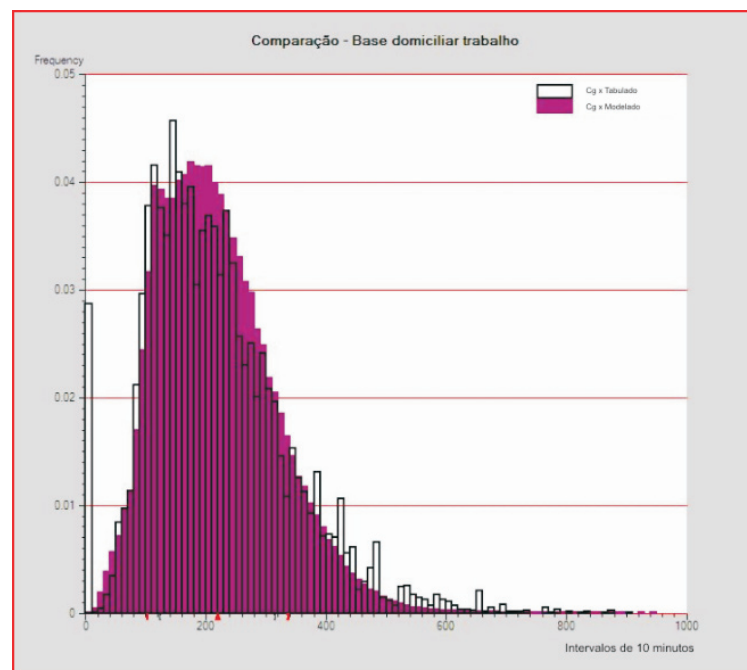


Figura 3 – Histograma comparativo, viagens motorizadas base domiciliar, motivo escola

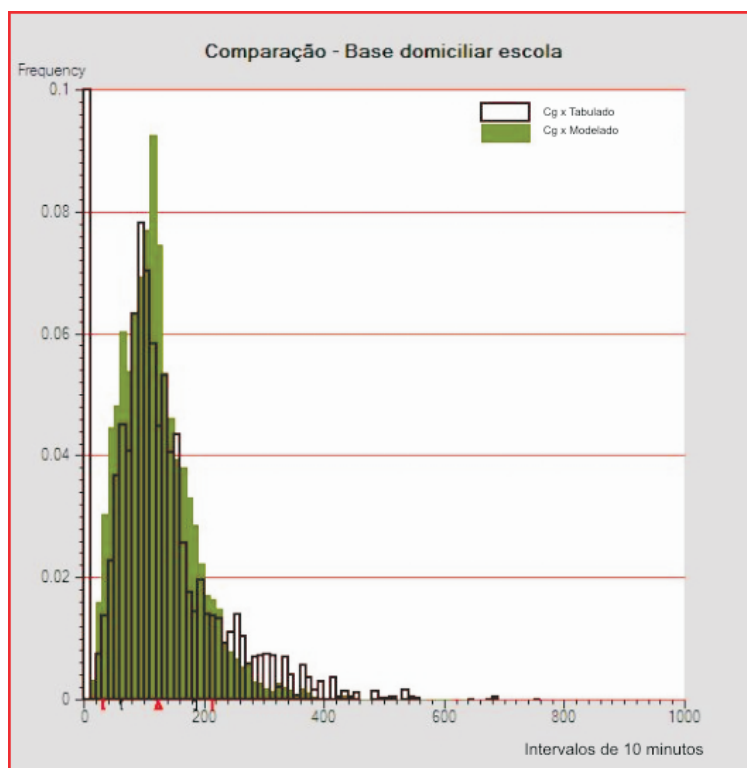


Figura 4 – Histograma comparativo, viagens motorizadas base domiciliar, motivo outros

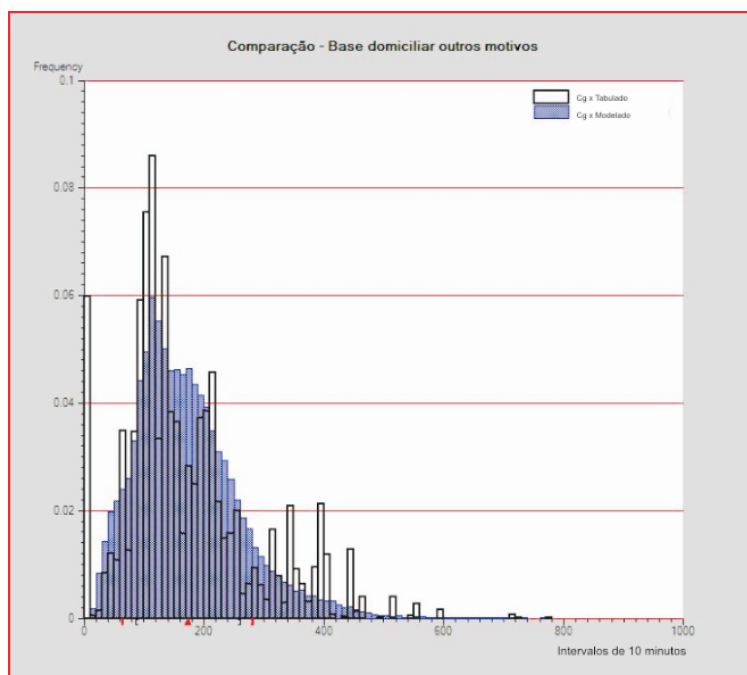
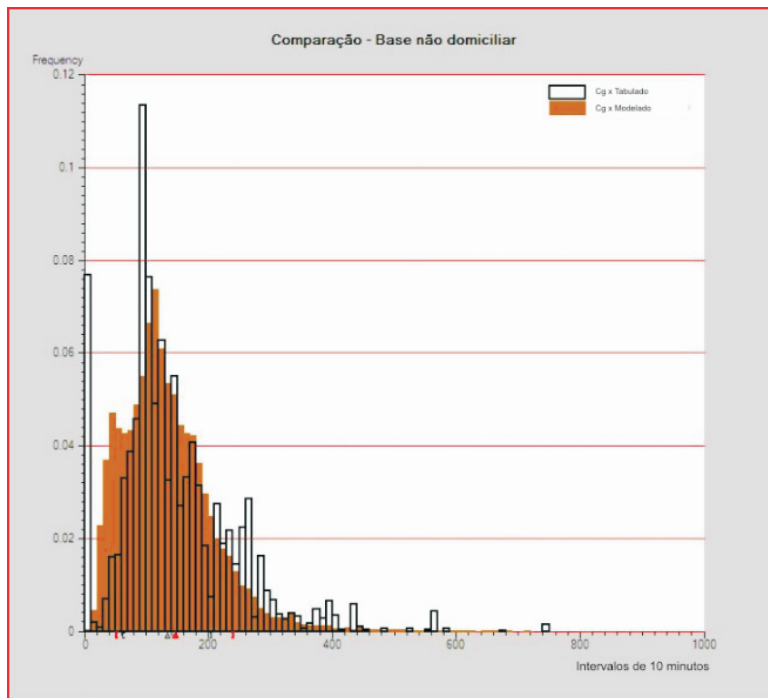


Figura 5 – Histograma comparativo, viagens motorizadas, base não domiciliar



Modelo de Divisão Modal

Para a modelagem da divisão modal, que consiste na divisão do total de viagens identificado entre o transporte individual e o coletivo, foi empregado um modelo logit binomial (equações (7) e (8)). Esse modelo estima o número de viagens de transporte coletivo (TC) e transporte individual (TI), para cada um dos pares O/D da matriz de viagens totais modelada com 1.916 zonas de tráfego.

$$P_{TC} = \frac{e^{U_{TC}}}{e^{U_{TI}} + e^{U_{TC}}} \quad (7)$$

$$P_{TI} = 1 - P_{TC} \quad (8)$$

Onde:

P_{TC} = Probabilidade de utilização do transporte coletivo;

P_{TI} = Probabilidade de utilização do transporte individual;

U_{TI} = Função de utilidade do transporte individual (TI);

U_{TC} = Função de utilidade do transporte coletivo (TC).

As funções de utilidade adotadas consideram como variáveis independentes o custo generalizado do transporte coletivo (TC) e do transporte individual (TI) e a taxa de motorização das zonas de tráfego. O cálculo do custo generalizado é realizado através das funções adotadas na etapa de calibração do modelo de distribuição de viagens.

Essas funções consideram o tempo de viagens no veículo, tempo de acesso ao sistema, tempo de espera, tarifas e/ou custos. Os valores de custo generalizado são obtidos através da alocação da matriz de viagens observadas na hora de pico da Pesquisa O/D 2007.

As equações (9) e (10) abaixo representam as funções de utilidade adotadas, para o transporte individual e coletivo, respectivamente:

$$U_{TI} = a_0 + a_1 \cdot CG_{TI} + a_2 \cdot TM \quad (9)$$

$$U_{TC} = a_3 \cdot CG_{TC} \quad (10)$$

Onde:

a_0 constante específica do modo;

a_1, a_2, a_3 coeficiente das variáveis independentes;

CG_{TI} função do custo generalizado do transporte individual;

CG_{TC} função do custo generalizado do transporte coletivo.

TM taxa de motorização

Como o modelo foi criado para calcular a divisão modal por par origem/destino e seus dados são agregados por zona de tráfego, para a calibração do modelo foi realizada a linearização da equação (7), para possibilitar a realização de uma regressão linear múltipla para estimar a constante específica do auto e dos demais coeficientes das variáveis independentes.

As equações (11) e (12) representam as funções de utilidade já com seus coeficientes calculados para o modelo logit binomial, enunciado na equação (7).

$$U_{TI} = -1,466358 - 0,00074 \cdot CG_{TI} + 0,006323 \cdot TM \quad (11)$$

$$U_{TC} = -0,000829 \cdot CG_{TC} \quad (12)$$

Validação do Modelo de Divisão Modal

A validação do modelo de divisão modal foi realizada com base na comparação entre a escolha modal de 22.162 observações de viagens relativas ao período de análise, a partir da tabulação do banco de dados da Pesquisa O/D 2007, e as escolhas destas mesmas observações obtidas através da aplicação do modelo logit binomial.

Os R^2 obtidos, acima de 92%, demonstram a consistência do modelo de divisão modal. É importante registrar a excelente qualidade dos dados obtidos pela Pesquisa O/D 2007, posto que todos os testes estatísticos aplicados durante o processo da modelagem

de demanda apresentaram grande consistência, facilitando o desenvolvimento do modelo de demanda.

Essas informações podem ser melhor observadas nas figuras 6 e 7, mostradas a seguir:

Figura 6 – Comparação entre modelado x observado pela O/D 2007 para o transporte individual

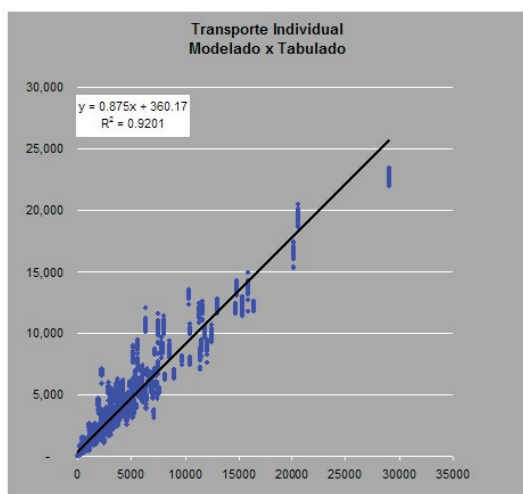
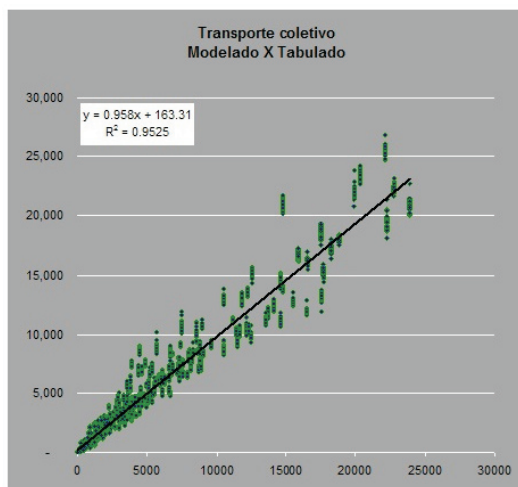


Figura 7 – Comparação entre modelado x observado pela O/D 2007 para o transporte coletivo



É de fundamental importância destacar que nesse trabalho em particular, quando retirada a CPTM da rede de transporte da RMSp, não foi realizada a etapa de Distribuição de Viagens. Isso se justifica porque partir da premissa que a CPTM não existiria na rede de transporte aumentaria muito o custo generalizado das viagens, mudando completamente o padrão de viagens existente no modelo de demanda, pois com o custo generalizado mais alto, as viagens realizadas no modelo gravitacional tendem a ser mais curtas (i.e., entre zonas de tráfego mais próximas), o que não corresponderia à realidade.

Optou-se então por utilizar o modelo de demanda a partir de sua terceira etapa, a Divisão Modal. Isto feito, não parte-se da premissa que a CPTM nunca existiu, e sim que seus serviços foram interrompidos por algum motivo. Com isso, a distribuição das viagens entre as zonas de tráfego não seriam afetadas, obtendo-se apenas o impacto que a falta do serviço ofertado pela CPTM teria na divisão das viagens entre os modos existentes na rede de simulação, com seus respectivos impactos na alocação dessas viagens no modelo.

Dados de Entrada

Com o processo de modelagem de demanda descrito anteriormente, o software EMME® disponibiliza os resultados tradicionais de alocação, sendo alguns utilizados como dados de entrada no modelo de benefícios socioeconômicos. São eles:

- passageiro*km: corresponde ao somatório da quilometragem total percorrida por cada usuário do sistema de transporte da RMSP;
- passageiro*hora: corresponde ao somatório do tempo de viagem gasto por cada usuário do sistema de transporte da RMSP;
- veículo*km: corresponde ao somatório da quilometragem total percorrida por cada veículo (ônibus, trem etc.);
- velocidade média: corresponde à velocidade média, em km/h, de certo modo de transporte.

Esses quatro resultados foram estimados para as situações “com” e “sem” CPTM, na hora pico da manhã e expandidos, quando necessários, para valores anuais que são apresentados nas Tabelas 6 a 9.

Tabela 6 – Valores de passageiro*km nas situações “com” e “sem” CPTM

Modo	Situação com CPTM		Situação sem CPTM	
	Hora pico da manhã	Valores Anuais	Hora pico da manhã	Valores Anuais
SPTrans	7.178.792	16.218.752.296	8.382.726	18.938.751.333
EMTU	3.975.273	8.981.172.333	6.095.489	13.771.290.189
Corredor ABD	489.438	1.105.767.333	601.709	1.359.417.533
Demais ônibus municipais	3.747.508	8.466.591.922	3.589.820	8.110.335.204
Metrô	2.636.375	5.956.254.630	2.845.451	6.428.610.841
Automóvel	19.463.312	43.972.668.846	20.902.919	47.225.113.057
CPTM	3.813.210	8.615.030.000	-	-

Tabela 7 – Valores de passageiro*hora nas situações “com” e “sem” CPTM

Modo	Situação com CPTM		Situação sem CPTM	
	Hora pico da manhã	Valores Anuais	Hora pico da manhã	Valores Anuais
SPTans	692.926	1.565.499.481	789.585	1.783.876.770
EMTU	271.303	612.943.815	474.064	1.071.034.385
Corredor ABD	31.970	72.228.519	45.939	103.786.981
Demais ônibus municipais	234.727	530.309.600	241.324	545.213.256
Metrô	82.797	187.059.889	89.336	201.832.281
Automóvel	943.450	2.131.497.357	1.143.098	2.582.555.611
CPTM	94.845	214.279.444	-	-

Tabela 8 – Valores de veículo*km nas situações “com” e “sem” CPTM

Modo	Situação com CPTM		Situação sem CPTM	
	Hora pico da manhã	Valores Anuais	Hora pico da manhã	Valores Anuais
SPTans	217.785	492.032.778	235.810	532.755.740
EMTU	114.980	259.769.630	167.588	378.624.719
Corredor ABD	8.970	20.265.556	10.121	22.866.393
Demais ônibus municipais	110.285	249.162.200	103.607	234.074.866
Metrô	9.299	21.009.946	9.299	21.009.946
Automóvel	13.610.708	30.750.118.074	14.617.426	33.024.554.585
CPTM	7.279	16.445.148	-	-

Tabela 9 – Valores de velocidades médias, em km/h, nas situações “com” e “sem” CPTM

Modo	Situação com CPTM	Situação sem CPTM
	Hora pico da manhã	Hora pico da manhã
SPTans	10,15	10,26
EMTU	14,01	12,87
Corredor ABD	13,74	13,47
Demais ônibus municipais	16,68	15,68
Metrô	31,85	31,85
Automóvel	20,63	18,29
CPTM	40,15	-

A Tabela 10 mostra como estava representada a rede de transportes na rede de simulação, para o ano de 2010.

Tabela 10 – Caracterização da rede de simulação utilizada no EMME – Ano 2010

Intervenções viárias		Referência
Alargamento do Viaduto Moffarj e Av. Gastão Vidigal		2010
Nova Marginal Tietê		2010
Corredores SPTrans		Referência
Expresso Tiradentes		Em operação
Cachoeirinha		Em operação
Pirituba / São João		Em operação
Santo Amaro		Em operação
Rebouças/ Consolação		Em operação
Guarapiranga		Em operação
Paes de Barros		Em operação
Teotônio Vilela		Em operação
Ibirapuera/ João Dias		Em operação
Rio Bonito		Em operação
Itapecerica		Em operação
Corredores EMTU		Referência
Corredor ABD		Em operação
Metrô	Trecho	Intervalo – Pico Manhã
1 – Azul	Jabaquara – Tucuruvi	2 min
2 – Verde	Vila Prudente – Vila Madalena	2 min
3 – Vermelha	Corinthians-Itaquera – Palmeiras-Barra Funda	2 min
4 – Amarela	Faria Lima – Paulista	4 min
5 – Lilás	Largo 13 – Capão Redondo	3 min
CPTM	Trecho	Intervalo – Pico Manhã
Linha 7	Luz – Francisco Morato	7 min
Linha 8	Júlio Prestes – Itapevi	7 min
Linha 9	Osasco – Grajaú	6 min
Linha 10	Luz – Rio Grande da Serra	7 min
Linha 11	Guaianazes – Estudantes	9 min
Exp. Leste	Luz – Guaianazes	5 min
Linha 12	Brás – Calmon Vianna	6 min

Caracterizados os dados de entrada e a rede de simulação, a seguir será descrito o modelo de benefícios socioeconômicos utilizado.

BENEFÍCIOS SOCIOECONÔMICOS DO SISTEMA SOBRE TRILHOS

Para o cálculo dos benefícios econômicos, utilizam-se os valores apresentados nas Tabelas 6 a 9. Além deles, outros valores serão utilizados, para que permitam a monetarização dos benefícios socioeconômicos. Nesse trabalho, considerou-se um fator de hora pico de 13,5% para todos os modos de transporte e um total de 305 dias úteis equivalentes para obter os valores anuais. Esses números são os utilizados pela CPTM em seus estudos de demanda.

Os benefícios associados aos sistemas de transporte podem ser caracterizados entre benefícios diretos e indiretos. Os benefícios diretos se referem aos benefícios econômicos gerados internamente aos sistemas de transportes e os indiretos estão relacionados aos impactos produzidos sobre o meio ambiente urbano.

Benefícios Diretos

- Tempo de Viagem

Para calcular este benefício considera-se o resultado líquido da variação da quantidade total de horas gastas nas viagens entre as situações “com” e “sem” a presença da CPTM na rede de transportes da RMS, com base em um valor dado para o tempo. Formalmente temos:

$$RTV_{mt} = \left[\frac{\Delta Pass_{hmt}}{FP_m} \times DA \right] \times VT \quad (13)$$

onde RTV_{mt} é o benefício monetário referente à redução do tempo de viagem no ano t , para o modo de transporte m ; $\Delta Pass_{hmt}$ é a variação do produto passageiros*hora referente às situações “com” e “sem” CPTM no período de pico do ano t para o modo m ; FP_m é o fator de pico do modo m referente à demanda total; DA é o total de dias referentes ao período de um ano e VT é o valor monetário (em reais) referente a uma hora de um passageiro do sistema de transporte público.

Para calcular o benefício total da redução do tempo de viagem gerado em certo ano, devemos realizar a soma dos benefícios de todos os modos de transporte m . Então:

$$RTVT_t = \sum_{m=1}^M RTV_{mt} \quad (14)$$

onde $RTVT_t$ é o benefício referente à redução do tempo de viagem no ano t ; M é o total de modos de transporte considerados na modelagem; m e RTV_{mt} seguem a mesma descrição da equação (13).

Nesse trabalho, como já citado, temos os valores de $FP_m = 13,5\%$ e $DA = 305$ para todos os benefícios. Em relação ao valor do tempo, VT , foi considerada a renda média mensal dos usuários de todos os modos de transporte da RMS. Os valores foram retirados da Pesquisa Origem e Destino realizada em 2007. Para trabalhar com valores correspondentes a 2010, utilizou-se o Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA), produzido pelo IBGE. A Tabela 11 apresenta os valores encontrados na Pesquisa

O/D, a respectiva atualização monetária e a demanda estimada pelo software EMME® para 2010 na hora pico da manhã.

Tabela 11 – Renda média mensal dos usuários de todos os modos de transporte da RMSP segundo a Pesquisa O/D

Modo	Renda Média Mensal para RMSP em 2007	Valores Corrigidos para 2010	Demanda - Hora Pico da Manhã
SPTTrans	R\$ 867,73	R\$ 1.008,88	922.208
EMTU	R\$ 896,50	R\$ 1.042,33	299.794
Demais ônibus municipais	R\$ 787,38	R\$ 915,46	640.635
Metrô	R\$ 1.168,21	R\$ 1.358,24	396.167
CPTM	R\$ 963,45	R\$ 1.120,17	225.058
Automóvel	R\$ 1.987,90	R\$ 2.311,26	1.291.196

Fonte: CPTM – Pesquisa O/D 2007 – IBGE

Utilizando-se de uma ponderação entre a renda média mensal de cada modo e a demanda estimada, o valor da renda média mensal da RMSP para usuários de transporte encontrado foi de R\$ 1.484,44, referente ao ano de 2010. Como a metodologia apresentada utiliza valores monetários para o valor da hora dos usuários, precisamos transformar o valor mensal encontrado em horário. Desta forma, considerou-se o total de 160 horas trabalhadas em um mês. Além disso, utilizou-se também o fator de redução indicado pela metodologia do BNDES de 30%. Este fator corresponde ao produto do percentual de viagens a trabalho, 50%, com o percentual de utilização econômica do tempo economizado, 60%. A Tabela 12 resume o valor do tempo, VT.

Tabela 12 – Cálculo do valor do tempo horário para a RMSP

Valor do tempo	
Renda média mensal - RMSP (todos os modos)	R\$ 1.484,44
Horas trabalhadas no mês	160
Fator de correção	30,00%
VT (horário)	R\$ 2,78

Fonte: BNDES

- Custos Operacionais

A multiplicação do produto veículos*km pelo custo unitário de operação produz o custo total de operação para certo modo de transporte e, a partir disso, pode ser determinado o benefício líquido anual pela redução dos custos de operação do sistema.

Vale lembrar que a redução de custo referente à menor quantidade de combustível consumida não é considerada neste benefício, dado que o próximo item trata especificamente deste ganho. Posto isto, a formulação da redução do custo operacional de um modo é:

$$RCO_{mt} = \left[\frac{\Delta V_{eic.km}_{mt}}{FP_m} \times DA \right] \times Cop_m \quad (15)$$

onde RCO_{mt} é a redução do custo operacional gerada entre as situações “com” e “sem” a presença da CPTM na rede de transportes da RMSP no ano t para o modo de transporte

m; $\Delta\text{Veic.kmmt}$ é a variação do produto veículos*km no período de pico do ano t para o modo m; Copm é o custo unitário de operação de um quilômetro do modo de transporte m e FPm e DA seguem mesma definição anterior.

Mais uma vez, para calcular o benefício total gerado pelo projeto referente à redução dos custos de operação, devemos realizar o somatório de todos os modos de transporte m:

$$RCOT_t = \sum_{m=1}^M RCO_{mt} \quad (16)$$

onde $RCOT_t$ é a redução do custo de operação gerado de todo o sistema de transporte no ano t; M é o total de modos de transporte m, de todo o sistema e RCO_{mt} segue a mesma descrição da equação (15).

Para o cálculo deste benefício, considerou-se apenas o custo operacional dos ônibus e dos automóveis, pois para o metrô não houve variação na quilometragem rodada.

Desta forma, é necessário apresentar o valor do quilômetro rodado para os ônibus e para o automóvel. Para os ônibus, utilizou-se o valor apresentado pela Empresa Metropolitana de Transportes Urbanos – EMTU, onde um quilômetro rodado de um ônibus custa em média R\$ 3,00, sem considerar gastos com combustíveis. Este valor foi encontrado considerando gastos como depreciação, pessoal, impostos, entre outros. Já para o automóvel, utilizou-se o valor de R\$ 0,43 por quilômetro rodado, retirado da média de valores cobrados pelas empresas de aluguel de veículos no município de São Paulo.

- Custos com combustíveis

No caso de custos com combustíveis, a metodologia é praticamente idêntica à adotada para os custos operacionais. O que vai diferir é apenas o valor do custo do quilômetro rodado para cada modo. Assim, os modos sobre trilhos apresentam custo igual à zero, pelo fato de não se utilizarem combustíveis.

Para os ônibus, segundo dados fornecidos pela EMTU, o custo médio com combustíveis para um quilômetro rodado é de R\$ 0,70. Para os automóveis, o valor apresentado pelas empresas de aluguel de veículos foi de R\$ 0,25. Sendo assim, para realizar o cálculo do benefício com redução dos custos com combustíveis basta utilizar as equações (15) e (16), mas substituindo Copm quando o modo for ônibus ou automóvel.

Benefícios Indiretos

- Redução do número de acidentes

A fonte deste benefício consiste na variação da quilometragem percorrida pelos usuários do sistema de transporte referente às situações “com” e “sem” a presença da CPTM na rede de transportes da RMSP.

O procedimento de cálculo adotado para este tipo de benefício considera os custos específicos de acidentes para cada modo de transporte. Os produtos destes custos específicos pelo diferencial do total de passageiros*km em um ano determinam os benefícios.

A formulação matemática da redução do custo de acidentes para cada modo de transporte considerado é dada por:

$$RAcid_{mt} = \left[\frac{\Delta Pass_{km_{mt}}}{FP_m} \times DA \right] \times CAcid_m \quad (17)$$

onde $RAcid_{mt}$ é o benefício monetário gerado referente à redução dos acidentes no modo de transporte m para o ano t ; $\Delta Pass_{km_{mt}}$ é a variação do produto passageiros*km entre as situações “com” e “sem” a presença da CPTM na rede de transportes da RMSP no período de pico do ano t para o modo m ; $CAcid_m$ é o valor monetário (em reais) de um acidente por quilômetro para o modo de transporte m e FP_m e DA seguem mesma definição anterior.

Então, para calcular o benefício total do sistema de transporte, utiliza-se a soma dos benefícios dos m modos de transporte:

$$RAcidT_t = \sum_{m=1}^M RAcid_{mt} \quad (18)$$

onde $RAcidT_t$ é o benefício gerado pelo projeto referente à redução dos acidentes para todo sistema de transporte no ano t ; M é o total de modos de transporte m , de todo o sistema e $RAcid_{mt}$ segue a mesma descrição da equação (17).

Os valores utilizados para $CAcid_m$ são apresentados na Tabela 13. A fonte para estes valores é o Banco Mundial.

Tabela 13 – Valores monetários do acidente por modo

Modo	Valor do acidente
Ônibus	R\$ 6.30 por 1000 pass*km
Automóvel	R\$ 66.90 por 1000 pass*km
Metrô	R\$ 0.00 por 1000 pass*km
Trem	R\$ 0.00 por 1000 pass*km

Fonte: Banco Mundial

- Redução da poluição

Este benefício é gerado em função da redução da quantidade de poluentes emitida por cada modo de transporte entre as situações “com” e “sem” a presença da CPTM na rede de transportes da RMSP. A diferença da quantidade de poluentes emitida, medida em tonelada/km, de cada tipo de poluente, multiplicada pelo valor monetário de uma tonelada/km deste poluente determina o benefício gerado pela redução da poluição.

Agora, a formulação matemática do benefício ganha um novo subscrito, p , que se refere ao tipo de poluente que é gerado por certo modo de transporte. A adição deste termo, além dos subscritos m e t que já apareceram nas formulações anteriores, é necessária devido ao fato dos valores monetários serem, agora, referentes a uma tonelada/km para cada tipo de poluente. Assim, temos:

$$RPol_{mtp} = \left[\frac{\Delta Pol_{mtp}}{FP_m} \times DA \right] \times VPol_p \quad (19)$$

onde $RPol_{mtp}$ é o benefício monetário gerado referente à redução da emissão do poluente p pelo modo de transporte m no ano t ; ΔPol_{mtp} é a variação entre as situações

“com” e “sem” a presença da CPTM na rede de transportes da RMSP da quantidade de tonelada/km do poluente p no período de pico do ano t realizada pelo modo m; VPolp é o valor monetário (em reais) de uma tonelada do poluente p e FPM e DA seguem mesma definição anterior.

Diferentemente dos benefícios descritos anteriormente, no caso da redução da poluição, o benefício total do sistema de transporte deve, além de somar os benefícios de cada modo de transporte, somar os benefícios de cada tipo de poluente. Formalmente temos:

$$RPolT_t = \sum_{m=1}^M \sum_{p=1}^P RPol_{mtp}$$

(20)

onde RPolTt é o benefício gerado referente à redução da poluição para todo sistema de transporte no ano t; M é o total de modos de transporte, m, de todo o sistema; P é o total de poluentes p, emitidos pelos diversos modos de transporte e RPolmtp segue a mesma descrição da equação (19).

Os modos sobre trilhos são considerados como não poluentes, ou seja, apenas a redução da quilometragem dos ônibus e do automóvel gera o benefício.

Como pode ser notado nos indicadores, não é conhecida a quantidade de tonelada/km, necessária para o cálculo de ΔPolmtp presente na equação (19). Sendo assim, a Tabela 14 apresenta as fórmulas das quantidades emitidas de poluentes por quilômetro rodado em função da velocidade do veículo, baseada no estudo realizado pela Associação Nacional de Transportes Públicos – ANTP em parceria com o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA, de 1998.

Tabela 14 – Quantidade de poluentes emitidos por quilômetro rodado em função da velocidade

Poluente	Rede Transp. Ind. (automóvel)	Rede de Transporte Coletivo (ônibus)
CO (g/km)	CO = -4,51 + 727/V + 1,34 V2/1000	CO = 43,34 - 8,98 ln(V)
HC (g/km)	HC = -0,28+ 62,48/V	HC = 14,14 - 3,67 ln(V)
NOx (g/km)	NOX = 1,03 + 7,477 * V2/10.000	NOx = 37,21 - 6,46 ln(V)
SOx (g/km)	SOX = 0,16	SOx = 3,127 - 0,7858 ln(V)
MP (g/km)		MP = 1,74 - 0,32 ln(V)
CO2 (g/km)	CO2 = 8888,2 V(-0,986)	CO2 = 3002,8 - 582,9 ln(V)

Fonte: ANTP – IPEA

Na Tabela 14, ln() representa o logaritmo natural, isso é, cuja base é e, sendo e um número irracional que vale aproximadamente 2,718 (número de Euler), e V representa a velocidade em km/h dos ônibus e do automóvel.

É importante destacar que não é calculada a emissão de Material Particulado (MP) para o automóvel.

Assim, com as velocidades médias dos ônibus e do automóvel, pode-se calcular a tonelada/km necessária para o cálculo de ΔPolmtp. Resta agora apresentar os valores monetários da tonelada de cada tipo de poluente. Segundo valores utilizados no estudo da ANTP – IPEA, a Tabela 15 apresenta o custo de uma tonelada emitida por poluente. Os valores estão em dólares relativos ao ano de 2006.

Tabela 15 – Custo da tonelada emitida por poluente

US\$/t em 2006	
CO	\$517,94
HC	\$2.292,62
NO _x	\$2.650,06
SO _x	\$10.086,83
MP	\$13.554,21
CO ₂	\$83,24

Fonte: ANTP – IPEA

O próximo passo é corrigir os valores apresentados na Tabela 15 para que depois possa ser realizada a conversão para a moeda brasileira, o Real. Por se tratar de valores em dólar, o índice de inflação utilizado nesse caso foi o Consumer Price Indexes (CPI) calculado pelo U.S. Bureau of Labor Statistics (BLS). Para converter em valores brasileiros, além da taxa de câmbio, foi considerada também a paridade do poder de compra entre Brasil e Estados Unidos. Segundo o Banco Mundial, o fator de conversão a ser utilizado entre esses dois países é de 0,8. Já a taxa de câmbio aproximada observada para o mês de Outubro de 2010 é de R\$ 1,75. A Tabela 16 resume os índices discutidos.

Tabela 16 – Índices utilizados para conversão

Inflação US\$ - 2006 / 2010 (CPI)	8,14%
Fator de conversão da paridade de poder de compra (BR - EUA)	0,8
Taxa de câmbio R\$/US\$	R\$ 1,75

Fonte: U.S. Bureau of Labor Statistics (BLS) – Banco Mundial

Por fim, conforme os resultados apresentados na Tabela 15 e os índices da Tabela 16, a Tabela 17 apresenta os valores de VPolp a serem utilizados na equação (19).

Tabela 17 – Custo da tonelada emitida por poluente em valores de 2010 convertidos em Reais para o Brasil

Poluente	US\$/t em 2006	US\$/t em 2010	R\$/t em 2010
CO	\$517,94	\$560,10	R\$ 784,14
HC	\$2.292,62	\$2.479,24	R\$ 3.470,93
NO _x	\$2.650,06	\$2.865,77	R\$ 4.012,08
SO _x	\$10.086,83	\$10.907,90	R\$ 15.271,06
MP	\$13.554,21	\$14.657,52	R\$ 20.520,53
CO ₂	\$83,24	\$90,02	R\$ 126,02

3 Resultados

As Tabelas 18 a 25 mostram os resultados, já “monetarizados”, dos benefícios diretos e indiretos gerados pela presença da CPTM na rede de transportes da Região Metropolitana de São Paulo.

Tabela 18 – Valores finais do benefício socioeconômico direto pela redução do tempo de viagem

Modo	Situação com CPTM		Situação sem CPTM	
	Pass*hora Anual	Pass*hora em R\$	Pass*hora Anual	Pass*hora em R\$
Ônibus	2.780.981.415	7.740.371.075,29	3.503.911.393	9.752.519.110,86
Automóvel	2.131.497.357	5.932.646.798,78	2.582.555.611	7.188.087.861,31
Metrô	187.059.889	520.648.195,04	201.832.281	561.764.541,64
CPTM	214.279.444	596.409.023,60	-	-
<i>Total</i>	<i>5.313.818.105</i>	<i>14.790.075.092,71</i>	<i>6.288.299.285</i>	<i>17.502.371.513,82</i>
Benefício Produzido (R\$)			2.712.296.421,11	

Tabela 19 – Valores finais do benefício socioeconômico direto pela redução do custo operacional de viagem

Modo	Situação com CPTM		Situação sem CPTM	
	Veículo*km Anual	Veículo*km em R\$	Veículo*km Anual	Veículo*km em R\$
Ônibus	1.021.230.163	3.063.690.489	1.168.321.717	3.504.965.152,32
Automóvel	30.750.118.074	13.068.800.181	33.024.554.585	14.035.435.698,70
Metrô	21.009.946	-	21.009.946	-
CPTM	16.445.148	-	-	-
<i>Total</i>	<i>31.808.803.332</i>	<i>16.132.490.670,01</i>	<i>6.288.299.285</i>	<i>17.540.400.851,02</i>
Benefício Produzido (R\$)			1.407.910.181,01	

Tabela 20 – Valores finais do benefício socioeconômico direto pela redução do custo do combustível na viagem

Modo	Situação com CPTM		Situação sem CPTM	
	Veículo*km Anual	Veículo*km em R\$	Veículo*km Anual	Veículo*km em R\$
Ônibus	1.021.230.163	755.710.321	1.168.321.717	864.558.070,91
Automóvel	30.750.118.074	7.687.529.519	33.024.554.585	8.256.138.646,30
Metrô	21.009.946	-	21.009.946	-
CPTM	16.445.148	-	-	-
<i>Total</i>	<i>31.808.803.332</i>	<i>8.443.239.839,02</i>	<i>6.288.299.285</i>	<i>9.120.696.717,20</i>
Benefício Produzido (R\$)			677.456.878,18	

Tabela 21 – Valores finais do benefício socioeconômico indireto pela redução do número de acidentes

Modo	Situação com CPTM		Situação sem CPTM	
	Pass*km Anual	Pass*km em R\$	Veículo*km Anual	Veículo*km em R\$
Ônibus	34.772.283.885	219.065.388,48	42.179.794.259	265.732.703,83
Automóvel	43.972.668.846	2.941.771.545,79	47.225.113.057	3.159.360.063,50
Metrô	5.956.254.630	-	6.428.610.841	-
CPTM	8.615.030.000	-	-	-
<i>Total</i>	<i>93.316.237.361</i>	<i>3.160.836.934,27</i>	<i>6.288.299.285</i>	<i>3.425.092.767,33</i>
Benefício Produzido (R\$)			264.255.833,06	

Tabela 22 – Total de poluentes emitidos por modo de transporte no ano de 2010 com a presença da CPTM na rede de transporte da RMSP

Modo	CO (ton./ano)	HC (ton./ano)	NO _x (ton./ano)	SO _x (ton./ano)	MP (ton./ano)	CO ₂ (ton./ano)
SPTrans	11.085,05	2.772,54	10.942,38	642,56	491,25	812.810,88
EMTU	5.100,54	1.156,50	5.236,20	273,45	232,56	380.322,81
Corredor ABD	401,45	91,67	411,04	21,64	18,27	29.900,22
Demais ônibus municipais	4.501,96	949,77	4.741,61	228,13	209,16	339.457,77
Metrô	-	-	-	-	-	-
Automóvel	962.486,13	84.519,75	32.651,15	4.920,02	-	13.821.792,45
CPTM	-	-	-	-	-	-
<i>Total</i>	<i>983.575,13</i>	<i>89.490,23</i>	<i>53.982,37</i>	<i>6.085,80</i>	<i>951,24</i>	<i>15.384.284,13</i>

Tabela 23 – Total de poluentes emitidos por modo de transporte no ano de 2010 sem a presença da CPTM na rede de transporte da RMSP

Modo	CO (ton./ano)	HC (ton./ano)	NO _x (ton./ano)	SO _x (ton./ano)	MP (ton./ano)	CO ₂ (ton./ano)
SPTrans	11.950,93	2.980,93	11.810,92	691,23	530,07	876.735,57
EMTU	7.722,81	1.803,59	7.839,56	423,82	349,26	573.067,20
Corredor ABD	457,05	105,10	466,73	24,78	20,76	34.002,07
Demais ônibus municipais	4.359,31	945,37	4.547,98	225,69	201,13	327.338,30
Metrô	-	-	-	-	-	-
Automóvel	1.178.539,31	103.567,46	34.841,31	5.283,93	-	16.715.065,15
<i>Total</i>	<i>1.203.029,41</i>	<i>109.402,45</i>	<i>59.506,50</i>	<i>6.649,44</i>	<i>1.101,21</i>	<i>18.526.208,29</i>

Tabela 24 – Valores finais do benefício socioeconômico indireto pela redução de gases poluentes emitidos na atmosfera

Poluente	Situação com CPTM		Situação sem CPTM	
	ton./ano (2010)	Custo em R\$	ton./ano (2010)	Custo em R\$
CO	983.575	771.261.035,47	1.203.029	943.344.016,81
HC	89.490	310.614.777,96	109.402	379.728.786,71
NO _x	53.982	216.581.845,10	59.506	238.745.112,91
SO _x	6.086	92.936.660,79	6.649	101.543.994,31
MP	951	19.520.027,08	1.101	22.597.430,94
CO ₂	15.384.284	1.938.758.722,88	18.526.208	2.334.710.383,95
<i>Total</i>	<i>16.518.369</i>	<i>3.349.673.069,28</i>	<i>19.905.897</i>	<i>4.020.669.725,62</i>
Benefício Produzido (R\$)		670.996.656,34		

Tabela 25 – Resumo do total de benefícios socioeconômicos produzidos pela CPTM no ano de 2010 em reais

Benefício	Valor (R\$)	%
Redução do tempo de viagens	2.712.296.421,11	47,3%
Redução de custo operacional de ônibus e automóveis	1.407.910.181,02	24,6%
Redução do consumo de combustível	677.456.878,18	11,8%
<i>Total de Benefícios Diretos (A)</i>	<i>4.797.663.480,31</i>	<i>83,7%</i>
Redução do número de acidentes	264.255.833,07	4,6%
Redução da emissão de poluentes na atmosfera	670.996.656,34	11,7%
<i>Total de Benefícios Indiretos (B)</i>	<i>935.252.489,40</i>	<i>16,3%</i>
TOTAL GERAL (A+B)	5.732.915.969,72	100,0%

4 Conclusões

Os resultados obtidos nesse trabalho evidenciam a relevância econômica e social do serviço prestado pela CPTM para a RMSP. Do total de benefícios gerados, mais de 80% refere-se a ganhos diretos no sistema de transporte, sendo que mais de 50% deles é referente ao ganho de tempo nos deslocamentos realizados pela população.

Ainda que componha a menor parte dos benefícios gerados, os ganhos com a redução de acidentes e com a diminuição de emissão de poluentes na atmosfera comprovam que a CPTM colabora não só para o desenvolvimento econômico da RMSP, mas sim para a qualidade de vida de sua população.

Os benefícios gerados pela CPTM para o ano de 2010 equivalem a aproximadamente 15 vezes o valor da subvenção dada à empresa pelo Governo do Estado de São Paulo no mesmo período, informação que se torna extremamente útil na obtenção de novos recursos e investimentos.

O valor de R\$ 5,73 bilhões para o exercício de 2010 equivale, ainda, a mais de 50% dos valores previstos de investimento no sistema de trens da CPTM no último Plano Plurianual de Investimentos do Governo do Estado de São Paulo (PPA 2008 – 2011), mostrando que todo investimento realizado na CPTM tem um elevado retorno para a sociedade, mesmo com a subvenção dada à empresa.

Por fim, a metodologia aqui apresentada representa a aquisição de um novo instrumento de avaliação do desempenho, incorporando técnicas claras, seguras e de imediata aplicação para a CPTM, sendo o ponto de partida para a empresa apresentar o seu Balanço Social.

Referências

- BARTHOLOMEU, D. B. e CAIXETA FILHO, J. V., 2008. *Impactos econômicos e ambientais decorrentes do estado de conservação das rodovias brasileiras: um estudo de caso*. Revista de economia e sociologia rural, vol. 46, n. 3. Brasília.
- CAMPOS, V. B. G., 2006. *Uma visão da mobilidade urbana sustentável*. Revista dos Transportes Públicos. Rio de Janeiro.
- CMSP. *Pesquisa Origem e Destino 2007*: Região Metropolitana de São Paulo. Companhia do Metropolitano de São Paulo – Metrô. São Paulo, Brasil.
- COSTA, M. S., 2003. *Mobilidade urbana sustentável: um estudo comparativo e as bases de um sistema de gestão para Brasil e Portugal*. Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo.
- DANIEL, C., 1996. *Uma estratégia econômica para o Grande ABC*. São Paulo em perspectiva. São Paulo.
- DAVID, A. R., 2003. Balanço Social: *Uma análise das informações evidenciadas pelas empresas*. IX convenção de contabilidade do Rio Grande do Sul. Gramado.
- FARIA, W. F., 2009. *Efeitos regionais de investimentos em infra-estrutura de transporte rodoviário*. Dissertação apresentada ao curso de mestrado em economia do centro de desenvolvimento e planejamento regional da faculdade de ciências econômicas da Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte.
- HADDAD, E. A., 2006. *Transporte, eficiência e desigualdade regional: avaliação com um modelo CGE para o Brasil*. Pesquisa e planejamento econômico, vol. 36, num. 3. Rio de Janeiro.
- HOTTA, L. H., 2007. *Avaliação comparativa de tecnologia de transporte público urbano: ônibus x transporte individualizado*. Dissertação apresentada ao Departamento de transportes, da escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. São Carlos.
- LACERDA, S. M., 2006. *Precificação de congestionamento e transporte coletivo urbano*. BNDES Setorial, n. 23, p. 85-100. Rio de Janeiro.
- LUCENA, L. F. L., 2010. *A análise multicriterial na avaliação de impactos ambientais*. Disponível em www.nepam.unicamp.br/ecoeco/artigos/encontros/downloads/mesa3/7.pdf.
- MARTINS, R. S. e CAIXETA FILHO, J. V. C., 1998. *O desenvolvimento dos sistemas de transporte: auge abandono e reativação recente das ferrovias*. Teoria e Evidência Econômica, v.6, n. 11, p. 69-91. Passo Fundo.
- ORTÚZAR, J. de D.; WILLUMSEN, L. G., 1994. *Modelling Transport - Second Edition*, Chichester, England.
- PAIVA, C., 2003, *Modelagem em Tráfego e Transporte*, Documento para Discussão.
- RIGOLON, F. J. Z., 1998. *O investimento em infra-estrutura e a retomada do crescimento econômico sustentado*. Pesquisa e Planejamento Econômico, vol. 28, n. 1. Rio de Janeiro.
- VASCONCELLOS, E. A., 2000. *Transporte urbano nos países em desenvolvimento: reflexões e propostas*. Annablume, 3ª ed. São Paulo.
- _____, 2001. *Transporte urbano, espaço e equidade: análise das políticas públicas*. Annablume. São Paulo.
- WARDROP, J. G., 1952. *Some Theoretical Aspects of Road Traffic Research, Proceedings, Institution of Civil Engineers, PART II, Vol.1*.