

**EXTERNALIDADES
DO TRANSPORTE PÚBLICO DE
PASSAGEIROS SOBRE TRILHOS**



Associação dos Engenheiros e Arquitetos de Metrô - AEAMESP

A Associação dos Engenheiros e Arquitetos de Metrô - AEAMESP, fundada em 14 de setembro de 1990, é uma entidade de fins não econômicos que congrega engenheiros, arquitetos, geólogos e outros profissionais de nível superior que tenham interesses no setor de transporte público.

A AEAMESP tem por objetivo: “Valorizar, difundir e representar a tecnologia metroferroviária, em todas as suas modalidades, nacional e internacional, promovendo a qualidade técnica de seus associados, bem como representá-los perante empresas, órgãos e institutos da comunidade científica e tecnológica, em assuntos dessa natureza”.

A AEAMESP defende a implantação de sistemas sobre trilhos, por se tratar de sistemas que reestruturam a mobilidade nas regiões mais adensadas, ordenam o espaço público e propiciam os maiores benefícios socioeconômicos e ambientais.

Neste contexto, a Associação:

- Promove e participa de eventos ligados ao setor de transportes e da mobilidade urbana e, ao longo dos anos, vem se projetando junto aos órgãos federais, estaduais e municipais, empresas públicas e privadas, entidades de classe e sociedade civil, por divulgar e lutar pela valorização e priorização do transporte público, no planejamento urbanístico das cidades.
- Realiza anualmente um Congresso, denominado “Semana de Tecnologia Metroferroviária” e desenvolve ações de natureza técnica, tecnológica e política, visando o fortalecimento do setor.
- Tem atuado nos movimentos que promovem a melhoria do transporte público nas metrópoles, principalmente nas regiões metropolitanas, fomentando a criação de grupos de trabalho específicos para posicionamentos e propostas favoráveis ao setor para que se tenha um transporte de qualidade para o desenvolvimento sustentável nas cidades.
- Participa, como membro, do comitê técnico de mobilidade urbana, no *Conselho das Cidades – ConCidades*, órgão assessor do Ministério das Cidades.
- Tem como *Bandeiras* e defende:
 - *Investimentos permanentes* em transporte público sobre trilhos.
 - *Mobilidade para todos* e prioridade ao transporte público no trânsito.
 - Transporte público com desenvolvimento tecnológico e *respeito ao meio ambiente*.
 - *Políticas* de transportes *convergentes* entre Estado e Municípios.
 - *A integração física e tarifária* entre as redes sobre trilhos existentes nas cidades e entre estas e os demais modos de transporte.
 - *O barateamento das tarifas* para a inclusão social.
 - *A criação de fontes alternativas* de recursos financeiros para investimento em transporte público.
 - *A participação conjunta* dos Municípios, Estados e Governo Federal nos investimentos para a ampliação de redes existentes e implantação de novas Linhas.
 - *A desoneração de tributos federais* (IPI, PIS/COFINS) e *estaduais* (ICMS) de todos os investimentos efetuados em sistemas, equipamentos e instalações de transporte público e de *tributos municipais* (IPTU, ISS) dos custos operacionais para fomentar a inclusão social.

EXTERNALIDADES DO TRANSPORTE PÚBLICO DE PASSAGEIROS SOBRE TRILHOS



AEAMESP
Associação dos Engenheiros
e Arquitetos de Metrô

Rua do Paraíso, 67 - 2º andar - Paraíso, São Paulo/SP
CEP: 04103-000 Tel/Fax: (11) 3284 0041
www.aeamesp.org.br - aeamesp@aeamesp.org.br

V446e **Vasconcellos, Eduardo Alcântara de**

Externalidades do transporte público de passageiros sobre trilhos / Eduardo Alcântara de Vasconcellos. São Paulo: AEAMESP, 2012. 70p. (AEAMESP Estudos Técnicos).

1. Transporte público. 2. Transporte urbano sobre trilhos. 3. Transporte urbano - Custos. 4. Metrô - Impacto de transporte. I. Vasconcellos, Eduardo Alcântara de. II. Título

CDD - 388.4

Sumário

1. Contexto	2
2. Objetivo	3
3. O uso dos meios de transporte nas grandes cidades	4
4. Estudos da mobilidade e seus efeitos	9
5. Conceituação didática das formas tradicionais de estimativa dos consumos e impactos	17
6. Custos dos impactos do transporte urbano	34
7. Estimativa dos impactos básicos da implantação de uma linha de metrô	54
8. Propostas de políticas públicas referentes aos temas discutidos	58
Referências	60
Índice geral	63
Índice de figuras, quadros e tabelas	65

1. Contexto

O transporte público é essencial nos países em desenvolvimento, pois a maioria das pessoas precisa dele para realizar atividades de trabalho, educação, saúde, lazer e outras. Como a oferta de transporte público exige veículos de médio e grande porte, a sua operação requer muitos recursos. Em cidades com populações muito grandes, é necessário também oferecer uma infraestrutura especial para o transporte público, seja por meio de sistemas de preferência na circulação pelos ônibus, seja pela implantação de sistemas sobre trilhos. Por isto, torna-se sempre necessário discutir e avaliar como conseguir os recursos necessários à operação de um bom sistema de transporte público. Isto requer igualmente que sejam feitos esforços para convencer a sociedade e o poder executivo e legislativo sobre a importância de dedicar estes recursos, que também são solicitados por outras áreas de interesse público, como a educação, a saúde, a segurança pública. Também dentro do próprio mundo do transporte, é necessário competir com os recursos que são solicitados para melhorar as condições de circulação de formas privadas de transporte, como o automóvel.

Esta necessidade de argumentação para obter recursos precisa de informações de qualidade e de metodologia de análise dos custos e dos benefícios de cada modo de transporte. Embora amplamente desenvolvida nos países ricos, esta metodologia ainda não está estabelecida nos países em desenvolvimento. Isto prejudica muito a causa do transporte público, porque a ausência de argumentos mais sólidos geralmente faz com que a demanda pelos recursos não seja atendida em toda a sua necessidade e, muitas vezes, seja utilizada nos modos privados de transporte.

É preciso, portanto, que esta metodologia de avaliação de custos, benefícios e impactos do transporte público seja aperfeiçoada entre nós.

2. Objetivo

O objetivo deste trabalho é descrever os conceitos e os procedimentos de estimativa principais que devem ser considerados quando se faz uma análise de custos, benefícios e impactos do transporte público, com ênfase para o modo metroferroviário. O texto é baseado em literatura internacional e nacional sobre o tema e incorpora informações importantes sobre o transporte no Brasil. Com isto, pretende-se que os técnicos ligados ao transporte metroferroviário e os interessados de maneira geral tenham a seu dispor um roteiro útil para usar no seu dia-a-dia. É importante salientar, no entanto, que este documento não é um manual de avaliação de impactos e que frente à necessidade de desenvolver um estudo para definir um projeto, é necessário usar outros instrumentos.

3. O uso dos meios de transporte nas grandes cidades

O transporte de passageiros pode ser efetuado por vários modos de transporte, motorizados e não-motorizados. Dada a grande dispersão das áreas urbanas e as características sociais e econômicas das pessoas, a maioria dos deslocamentos é feita em bicicleta ou em ônibus e micro-ônibus. Os sistemas de transporte sobre trilhos são muito menos freqüentes, principalmente por seus custos de implantação e operação e por serem adequados a certos níveis mais elevados de demanda, que se encontram apenas em algumas áreas urbanas.

O conhecimento desta limitação é essencial para entender o potencial de benefícios que o sistema sobre trilhos poderá trazer.

3.1. Características da mobilidade urbana na América Latina

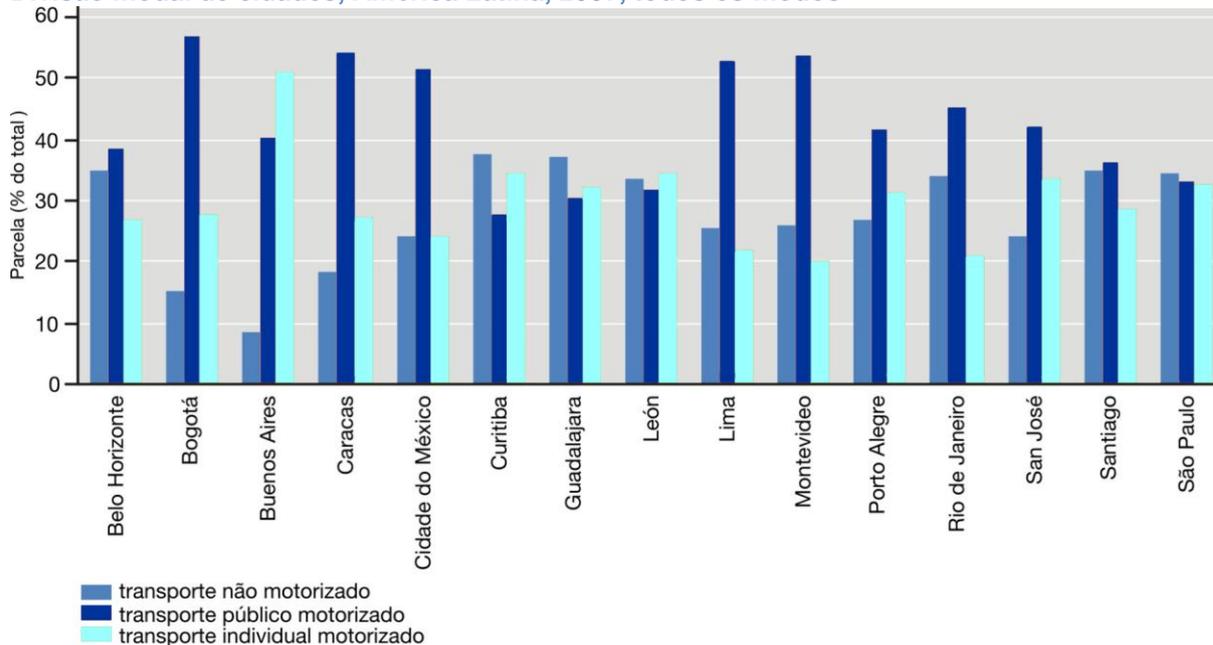
A mobilidade nas cidades da América Latina pode ser avaliada por dados existentes no Sistema de Informações da Mobilidade da ANTP do Brasil (www.antp.org.br) e no novo Observatório de Mobilidade Urbana, da CAF – Corporación Andina de Fomento, agora Banco Interamericano de Desarrollo (www.caf.com). Como forma de comparação e identificação de parâmetros em outros países, foram avaliados os dados europeus, principalmente os referentes às áreas metropolitanas de países da Europa (EMTA 2009). A metodologia das pesquisas O-D é muito similar, havendo variações apenas em relação ao registro dos deslocamentos a pé – normalmente são registrados apenas aqueles superiores a 500 metros.

Como é amplamente conhecido, o uso dos modos depende da oferta dos mesmos (no tempo e no espaço), do custo de sua utilização e dos interesses, necessidades e poder de pagamento dos usuários potenciais. Sabe-se também que mesmo em condições extremas de riqueza ou pobreza, as três formas de transporte (figura 3.1) aparecem com valores significativamente diferentes de zero, em qualquer cidade (há poucas exceções, como nos EUA, em que o uso do transporte público é muito baixo e na África, em que o uso dos veículos motorizados pode ser muito baixo em sociedades muito pobres – Vasconcellos, 2010).

Assim, a amplitude de variação no grau de utilização das três formas de transporte não é muito elevada (figura 3.1). Excetuando-se os casos extremos de Buenos Aires e Bogotá – que registram um percentual de viagens em meios não-motorizados muito reduzido –, as demais cidades apresentam baixa variação entre os extremos de uso das três formas de transporte consideradas: o uso do transporte não-motorizado varia entre 18,4% (Caracas) e 37,4% (Curitiba), o uso do transporte coletivo varia entre 27,9% (Curitiba) e 57% (Bogotá) e o uso do transporte individual varia entre 20,3% (Montevideú) e 55% (Buenos Aires).

Figura 3.1

Divisão modal de cidades, América Latina, 2007, todos os modos

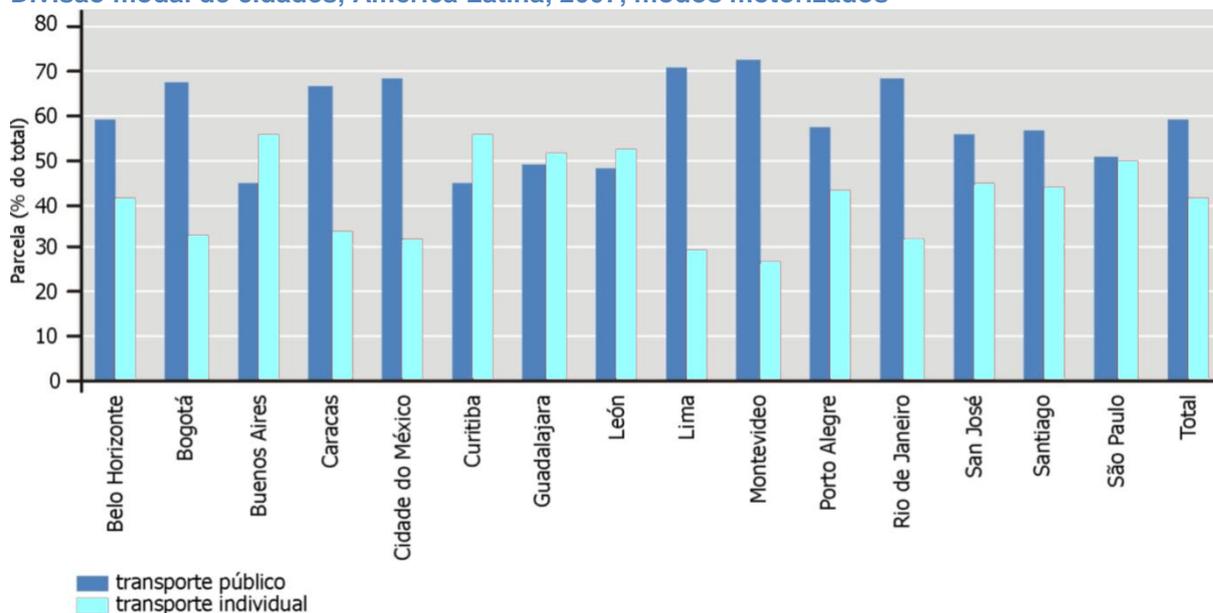


Fonte: CAF, 2010.

Quando se observa os dados das formas motorizadas de transporte, a figura 3.2 mostra que a participação do modo público (TP) no total de viagens motorizadas varia entre um mínimo de 45% (Buenos Aires e Curitiba) a um máximo de 73% (Montevideo). O valor mais comum fica em torno de 55% a 60%. Conseqüentemente, a participação do modo privado (TI) varia de um mínimo de 27% a um máximo de 55%. O valor mais comum fica em torno de 40% a 45%.

Figura 3.2

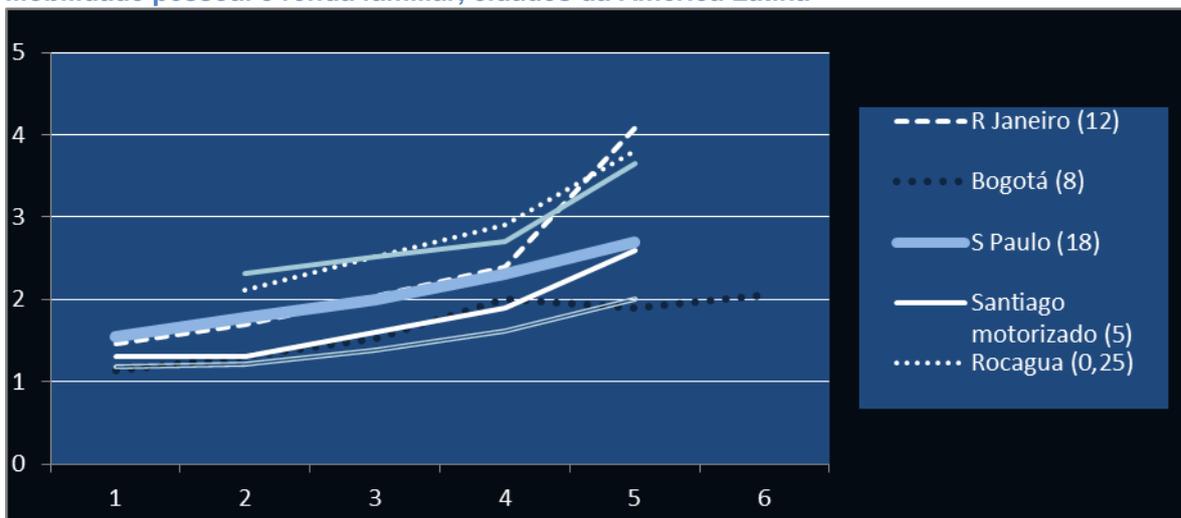
Divisão modal de cidades, América Latina, 2007, modos motorizados



Fonte: CAF, 2010.

Outro aspecto importante é a identificação da variação da mobilidade, interna a uma cidade, causada pelas diferenças de renda entre seus habitantes. Aqui as diferenças se mostram maiores, com a mobilidade das pessoas de alta renda podendo ser mais do que o dobro da mobilidade das pessoas de renda baixa (figura 3.3).

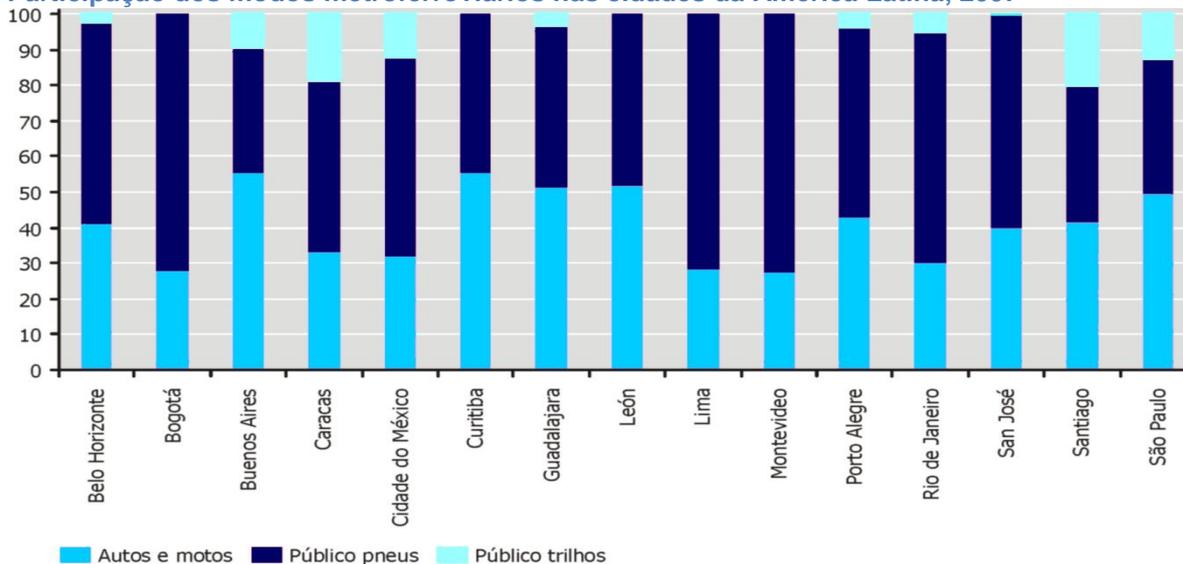
Figura 3.3
Mobilidade pessoal e renda familiar, cidades da América Latina



Fonte: SECTRAN-Rio, 2005; SECTRA Chile, 2010; CMSP, 2008; Câmara de Comércio de Bogotá, 2009 e Municipalidad de Rosario, 2003.

A participação dos modos metroferroviários nas cidades da América Latina está representada na figura 3.4. Observa-se que a participação é pequena, alcançando valores mais significativos apenas em Caracas, Cidade do México, Santiago e São Paulo.

Figura 3.4
Participação dos modos metroferroviários nas cidades da América Latina, 2007

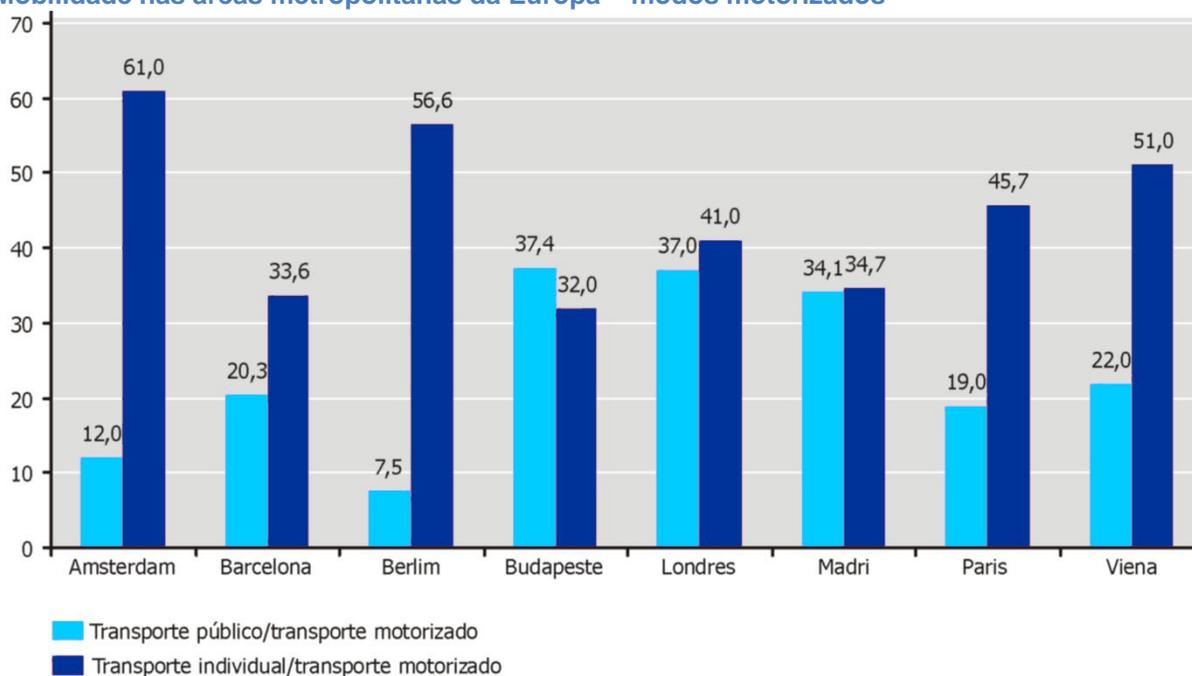


Fonte: CAF, 2010.

3.2. Mobilidade urbana em países desenvolvidos

Quando são analisados os dados de países desenvolvidos observa-se uma mobilidade maior por habitante – resultante de níveis mais elevados de renda e de realização de atividades. No entanto, o uso dos modos de transporte dependerá muito das políticas aplicadas ao setor: no caso dos EUA, foi organizado um sistema de mobilidade baseado no automóvel, que manteve o transporte público em situação marginal (cerca de 3-4% das viagens diárias), à exceção de algumas grandes cidades como Nova Iorque e São Francisco; no caso da Europa, as políticas de proteção e incentivo ao transporte público mantiveram altas porcentagens de utilização deste meio de transporte. A figura 3.4 mostra dados das maiores áreas metropolitanas da Europa.

Figura 3.5
Mobilidade nas áreas metropolitanas da Europa – modos motorizados



Fonte: EMTA, 2009.

Pode-se observar pelos dados da figura 3.5 que a proporção de viagens no transporte público só é similar às do transporte individual nos casos de Budapeste, Londres e Madrid. Como se trata de áreas metropolitanas, o nível de uso do transporte público é menor do que se apenas a área central da cidade principal fosse considerada (caso de Paris, por exemplo).

As análises permitem concluir que a mobilidade dos habitantes das cidades estará contida dentro de uma faixa limitada de variação. No caso dos países em desenvolvimento, a renda média relativamente baixa limita o índice de mobilidade (viagens/habitante/dia). É importante ressaltar também que há limites claros para o nível de uso do transporte público, por dois motivos: primeiro, o crescimento da economia tende a aumentar o uso do transporte individual; segundo, sempre haverá

uma porcentagem significativa de viagens a pé (ou de bicicleta, dependendo da cidade), além daquelas feitas em transporte individual motorizado, como demonstram os dados de divisão modal analisados.

Outra conclusão importante é que se imaginarmos a implantação de novos sistemas sobre trilhos em cidades que não os têm (ou que os têm em pequenas extensões) seus impactos podem ser quantitativamente elevados, mas estarão contidos dentro de limites em relação aos ganhos totais obtidos pela sociedade.

4. Estudos da mobilidade e seus efeitos

4.1. Consumos

Os sistemas de transporte de passageiros requerem, para sua operação, vários tipos de consumo de recursos:

- a. Materiais caros ou raros: cimento, aço, plásticos, borracha, metais; o quadro 4.1 mostra a quantidade de energia e a emissão de poluentes que ocorria na produção de um automóvel na década de 1990. Pode-se observar que é muito grande a quantidade de materiais desperdiçados.

Quadro 4.1

Materiais consumidos e desperdiçados na construção e uso de um automóvel

Item	Consumo e emissões totais na vida útil do veículo
Energia primária consumida	22,9 t de unidades equivalentes de carvão
Emissão de poluentes	CO ₂ : 59,7 t
	CO : 368,1 kg
	SO ₂ : 32,8 kg
	NO _x : 89,5 kg
Material desperdiçado	Ar poluído pelo automóvel: 2 bilhões de m ³ 26,5 toneladas

Os valores de emissão de poluentes são referentes a veículos europeus.

Fonte: Whitelegg, 1997.

- b. Solo urbano:

b1. Infraestrutura e terminais ocupam solo urbano. Elas podem competir com outros usos – como no caso de infraestrutura na superfície ou elevada, ou usarem seu próprio espaço (subterrâneo). No caso dos sistemas metroferroviários de superfície normalmente é ocupada uma área grande, pela necessidade de garantir o espaço de circulação dos veículos e os espaços de segurança e de instalação de equipamentos de controle; quando a estrutura é elevada, ocorre a ocupação de espaço por meio dos elementos de apoio estrutural (pilares);

b2. Estações na superfície ou elevadas: as estações na superfície aumentam o espaço necessário, pois requerem área adicional para acomodar os passageiros que embarcam e desembarcam;

b3. Pátios de manobra e manutenção: os serviços metroferroviários precisam de grandes áreas para guardar os veículos e para realizar a sua manutenção. São normalmente localizados nos extremos das linhas;

c. Espaço dentro das vias

A operação dos veículos ocupa espaço nas vias de circulação, que varia muito conforme o veículo utilizado e a quantidade de pessoas nele acomodadas. No caso dos sistemas metroferroviários, este consumo só deve ser calculado quando os veículos compartilham espaço viário, como no caso dos VLT de superfície.

d. Energia

Todo sistema motorizado de transporte consome energia. Ela pode ser de origem fóssil (petróleo, gás), mineral (carvão), elétrica ou vegetal (etanol).

No caso dos sistemas metroferroviários a maior utilização ocorre com óleo diesel e eletricidade. Neste caso, é sempre importante separar dois tipos de uso de energia:

- energia de tração, necessária para movimentar os veículos;
- energia para iluminar os ambientes necessários à operação: pátios, estações e instalações auxiliares.

e. Recursos financeiros

Sistemas metroferroviários têm elevado custo de construção devido às características da infraestrutura necessária. No entanto, não é correto qualificá-los como investimentos “caros” sem mostrar comparações com investimentos alternativos – principalmente aqueles que seriam necessários para acomodar os passageiros em automóveis, por exemplo. Os principais recursos necessários são para:

- desapropriação das áreas necessárias ao sistema e preparação do terreno;
- construção da infraestrutura, inclusive as instalações físicas necessárias à operação do sistema;
- instalação do sistema de sinalização de tráfego e dos sistemas especiais de operação e segurança;
- aquisição dos veículos.

4.2. Impactos

4.2.1. Impactos positivos do transporte metroferroviário

a. Redução do tempo de percurso dos usuários

Em geral é elevado, pois os usuários do sistema metroferroviário usufruem de velocidades mais altas que os usuários de automóvel e ônibus, pois circulam em leito próprio, sem interrupções externas. No entanto, o acesso ao sistema metroferroviário pode levar mais tempo, dado o espaçamento das estações e o tempo requerido para chegar até o veículo e embarcar.

b. Redução da emissão de poluentes

b1. Viagens atraídas dos ônibus

Os sistemas de transporte de passageiros sobre trilhos têm normalmente uma alta capacidade e tendem a substituir sistemas de menor capacidade como os operados por ônibus. Assim, quando o sistema sobre trilhos é operado com energia elétrica de fonte “limpa” ocorre uma grande redução no consumo de diesel que era realizado pelos ônibus da área de influência. Esta redução raramente é total, pois uma parte dos ônibus pode permanecer operando da mesma forma ou na forma de alimentadores do serviço sobre trilhos.

Neste caso, o impacto na emissão de poluentes locais será muito grande.

O impacto sobre a emissão de gases do efeito estufa também será grande, mas isto dependerá da redução do consumo de diesel trazida pelo novo sistema e da qualidade da origem da energia elétrica utilizada. Dependerá também do nível de redução no uso de automóveis e motos (ver item b2).

b2. Viagens atraídas dos automóveis

As experiências realizadas em todo o mundo mostram que a transferência de viagens dos automóveis para o transporte público não é fácil de realizar de forma voluntária ou por meio de medidas simples de melhoria da qualidade do transporte público. A resistência à mudança é tão maior quanto maior for a diferença de qualidade, de cobertura espacial e de confiabilidade entre o automóvel e o transporte público existente.

O aspecto mais importante a considerar antes de planejar uma proposta de transferência de viagens dos automóveis para o transporte público é entender que o uso cotidiano do automóvel está muito mais ligado à sua conveniência para a realização de atividades necessárias para as pessoas, do que à imagem que ele possa transmitir de riqueza ou status. As pessoas usam intensamente o automóvel porque as opções de transporte público não são adequadas, não são convenientes ou são de baixa qualidade – realizar muitas atividades dispersas no espaço torna-se inviável na prática quando o transporte público é deficiente. O custo do novo transporte público também não constitui uma barreira que afaste os usuários de automóvel pois ele nunca atingirá um valor muito alto.

Assim, para que a transferência ocorra é necessário inicialmente que o novo transporte público ofereça condições que o aproximem do automóvel, principalmente em relação ao tempo de percurso e à cobertura espacial (imaginando que a qualidade dos veículos e a sua lotação sejam adequadas para um uso confortável). Estas limitações fazem com que a introdução de uma linha de metrô em um ambiente urbano muito grande não consiga atrair os usuários de automóvel, pois a acessibilidade ao espaço da cidade fica restrita às áreas do entorno da linha de metrô. A oferta de várias linhas melhora a acessibilidade potencial e, conseqüentemente a atratividade para

os usuários de automóvel mas encontrará uma limitação clara caso os custos de usar o automóvel continuem baixos (custo de operação e de estacionamento). Este é o caso do Brasil, onde o uso do automóvel chega a ter o mesmo custo que andar no transporte público (ANTP, 2011). O fato de nas grandes cidades européias o transporte público ser muito usado está ligado à qualidade da oferta e, ao mesmo tempo, ao fato de que o uso do automóvel é muito caro. Sem este segundo condicionante, o uso do transporte público seria muito menor.

c. Impacto no congestionamento nas vias: função da redução do uso de autos e ônibus

Em função do exposto no item imediatamente anterior a construção de metrô ou trem urbano não tem muito impacto na redução do congestionamento viário. Além da transferência para o transporte público não ser muito vantajosa (em cidades onde usar o automóvel é barato) o espaço viário que eventualmente for aliviado pela oferta do metrô tende a ser rapidamente preenchido por viagens de automóveis que estavam reprimidas pelo congestionamento, e que voltam assim que as condições melhoram.

d. Redução dos custos de manutenção das vias

Como o novo sistema de transporte reduzirá o uso das vias por ônibus e automóveis o custo de manutenção das vias será menor. O impacto da redução do número de ônibus será proporcionalmente maior, devido ao seu peso superior em relação ao peso dos automóveis e motocicletas.

e. Redução do custo de operação dos veículos

No caso dos automóveis que permanecerem circulando sua velocidade pode aumentar no caso das vias da área de impacto servirem fluxos veiculares menores e, assim, haverá uma redução no consumo de combustível e nos custos de manutenção. No entanto, se o novo sistema for implantado em áreas muito congestionadas, quando ele for inaugurado a tendência é que o espaço liberado nas vias seja ocupado por uma demanda reprimida de automóveis, que restabelecerá os níveis de congestionamento pré-existentes.

No caso dos usuários de automóveis que mudarem para o novo sistema não haverá mais gastos com a operação dos veículos. Isto é representado tanto pela eliminação dos gastos operacionais diretos (combustível e estacionamento) quanto pela redução dos gastos de manutenção. No caso do metrô de São Paulo, se imaginarmos que dentre os 2,5 milhões de usuários (indivíduos) diários do sistema 15% têm um automóvel para usar se quiserem, isto implicaria em 375 mil operações de estacionamento por dia no destino da viagem (fora de casa), no caso deles passarem a usar seu automóvel. Se 70% das operações de estacionamento precisar ser paga a um custo médio diário de R\$ 15, o custo total é de R\$ 5,6 milhões por dia, ou R\$ 1,7 bilhões por ano (considerando 310 dias

equivalentes). No caso específico dos EUA, Litman (2011) fez uma estimativa dos impactos nos custos de estacionamento, decorrentes da transferência de viagens de automóveis para o transporte público nos EUA. Ele estimou que se todos os usuários de sistemas metroferroviários dos EUA passassem a usar automóveis, eles teriam uma despesa adicional de USD 20 bilhões com o estacionamento de seus veículos, valor muito superior aos subsídios recebidos pelos trens e metrô.

f. Regularidade e confiabilidade: não monetizável

É evidente que a regularidade e a confiabilidade oferecidas pelo sistema de trilhos de alta qualidade têm um grande valor para os usuários. No caso da Região Metropolitana de São Paulo, as pesquisas sobre a imagem dos sistemas de transporte público vêm mostrando isto de forma inequívoca há mais de vinte anos. No entanto, não há estudos que atribuam valor econômico a estas características. Uma das formas de superar o problema – ou de ao menos jogar um pouco de luz sobre o tema – seria observar quais pessoas dependentes do transporte público aceitam andar cotidianamente mais até o metrô, em relação, por exemplo, a andar até um ponto de ônibus que o levaria ao mesmo destino.

4.2.2. Impactos negativos

a. Prejuízos durante a construção: moradores, comerciantes, trânsito em geral

A construção de sistemas de transporte sobre trilhos leva vários anos, devido às características das obras. Como elas são feitas em ambientes urbanos já consolidados, o impacto sobre as atividades cotidianas das pessoas que vivem ou circulam na área de influência das obras é grande e inevitável. Além disto, as próprias obras envolvem consumo de energia, emissão de poluentes e causam ruído e vibrações nas edificações afetadas, podendo requerer reparos.

b. Ruídos e vibrações

Embora a construção de infraestrutura sobre trilhos seja antecedida de projetos detalhados sobre as condições do subsolo da área de influência, não são raros os casos em que a operação do transporte provoca ruídos ou vibrações indesejáveis nos imóveis da área de influência.

4.2.3. Impactos indiretos ou de longo prazo

a. Valorização econômica das áreas do entorno

Um dos impactos que pode advir da instalação de um grande sistema de transporte de passageiros é a valorização (ou desvalorização) dos imóveis e terrenos vazios do entorno. Isto ocorre porque o novo sistema muda o grau de acessibilidade de/para a área de sua influência, alterando assim o valor dos imóveis. Normalmente, a construção de um bom sistema de transporte de passageiros valoriza os imóveis do entorno, pois eles passam a desfrutar de uma macro-acessibilidade superior depois que o sistema passa a funcionar – as pessoas que ali vivem passam a poder atingir mais rapidamente outras regiões da

cidade e seus equipamentos e serviços, o que representa um grande acréscimo de valor “potencial” à realização das atividades desejadas pelas pessoas. Aumenta, assim, o arco de possibilidades de acesso e de realização de atividades, ampliando a oferta e permitindo uma maior liberdade de escolha, que ficaria restrita se o sistema novo não fosse implantado.

Por outro lado, as características físicas e arquitetônicas do novo sistema podem reduzir o valor dos imóveis, caso o novo sistema traga poluição ou intrusão visual, ruído ou vibrações.

b. Aumento da macroacessibilidade para empresas e comércio

Quando uma nova infraestrutura de transporte é operada, o setor privado que trabalha na região de influência passa a ter um mercado potencial de fornecimento de mão de obra muito maior, pois mais pessoas podem ter acesso às empresas privadas. Da mesma forma, o comércio regional passa a ter uma clientela potencial maior. Do ponto de vista do trabalhador ou cliente passa a existir uma melhor “oferta” de empregos ou de oportunidades de compras na sua área de influência. Estes benefícios, embora fáceis de constatar, são difíceis de quantificar.

c. Geração de empregos e atividades

Uma grande infraestrutura ferroviária de passageiros pode induzir uma grande transformação na estrutura da oferta de empregos – criando mais empregos ou criando empregos de produtividade mais alta, que terão impacto geral na economia. A dificuldade é identificar se o novo sistema de transporte induziu a geração de empregos ou apenas a sua realocação, caso em que outras áreas perderam empregos (o que necessita ser incluído nos cálculos de custos e benefícios).

Algumas das dificuldades estão resumidas a seguir:

- Área de impacto: os impactos podem ocorrer na escala local, regional ou nacional, dependendo da magnitude da intervenção. Uma pequena infraestrutura de transporte de passageiros – como uma faixa exclusiva de ônibus – terá impactos apenas locais, ao passo que uma linha de metrô pode ter um impacto regional (na cidade toda ou até na sua área metropolitana). Uma rede de metrô pode ter um impacto nacional, no caso de um país em que a cidade central tem grande concentração de atividades econômicas.
- Tempo de maturação: os impactos podem não ser perceptíveis no curto prazo, o que requer que se espere muito tempo para poder medi-los. Esta espera pode prejudicar as medições, considerando que ao longo do tempo outros fatores podem interferir na mobilidade das pessoas e na economia local ou regional, tornando mais difícil identificar os impactos que foram causados pelo novo sistema metroferroviário.

Banister (2007), em uma análise detalhada dos efeitos indiretos de sistemas metroferroviários de transporte de passageiros na Inglaterra identificou vários efeitos positivos, principalmente no tocante à geração de empregos em atividades com maior produtividade geral para a economia. Mas ele alertou tanto para a dificuldade de medi-los quanto para a possibilidade de dupla contagem de benefícios. Inicialmente ele alerta para a dificuldade de identificar estes benefícios em várias escalas de espaço (local, regional, nacional) e no seu tempo de maturação. Falando especificamente dos impactos da “rede ampliada” de transporte, ele afirma (pp 15):

Os efeitos de rede identificados podem também ter sido obtidos em parte pelas mudanças na acessibilidade, que são incluídas nas economias de tempo trazidas pelo projeto. O problema aqui é verificar se os efeitos de rede criam novas atividades ou se apenas incentivam a redistribuição de atividades já existentes. Provavelmente ocorrem os dois efeitos, mas mesmo a possibilidade de redistribuição para atividades de maior produtividade sugere que alguns locais podem perder força de trabalho, o que precisa ser considerado. A questão é sobre a *adicionalidade* e até que ponto a análise deveria explorar os aumentos e mudanças nas atividades ou concentrar-se no efeito líquido sobre a economia local.

Finalmente ele sugere que estes benefícios sejam mais bem estudados, pois são necessários para mostrar os eventuais ganhos trazidos pelo novo transporte em áreas que já têm grande oferta física e que, por isto, não terão grandes ganhos do tipo que já é incluído na metodologia tradicional.

d. Economia estratégica de energia: em algumas situações o sistema metroferroviário operando com energia elétrica pode trazer uma economia estratégica de energia para país que não pode gastar muito com a importação de petróleo para mover os ônibus. Assim, além da redução do custo direto de consumo de combustíveis fósseis seria necessário acrescentar como benefício algum valor que representasse esta vantagem estratégica.

Martinés e Viegas (2011) estudaram três formas de cobrança para capturar a valorização causada pelo metrô de Lisboa e estimaram que os recursos seriam suficientes para cobrir parte dos custos regulares de expansão do sistema ou parte dos subsídios anuais (tabela 4.1).

Tabela 4.1

Receita anual adicional do metrô de Lisboa com aplicação de taxas especiais

Mecanismo de captura	Receita anual (milhões euros)	Incrementos (%)		Propriedades afetadas (%)
		Gasto taxas residencial	Gasto taxas comercial	
Taxa especial	17.078	11.08	22.03	46.2
IPTU aumentado	9.542	6.19	12.35	77.05
Impostos já existentes	4.090	0	0	0

Fonte: Martinés e Viegas, 2011.

Os consumos e impactos estão resumidos no quadro 4.2 a seguir.

Quadro 4.2 - Consumos e impactos principais do transporte metroferroviário

	Tipo	Significado	Efeito	Unidade
Consumos	Materiais e metais	Recursos para construir a infraestrutura, os veículos e os equipamentos de sinalização e controle		Ton, unid
	Espaço territorial	Espaço para implantar vias, terminais e estações de parada		Km ²
	Espaço e uso das vias	Espaço usado pelos veículos dentro das vias e manutenção das mesmas		m ²
	Custo de propriedade ou de operação	Custos para comprar e operar os veículos ou pagamento de tarifas		R\$
	Tempo de deslocamento	Tempo consumido no deslocamento		Minutos
	Energia	Energia para operar veículos e instalações necessárias		TEP, gep
Impactos	Descarte de materiais usados	Descarte de óleos, águas servidas, metais	Prejuízo ao solo, aos rios ou à água subterrânea	Ton, unid
	Emissão de poluentes	Emissão de poluentes locais e do efeito estufa	Prejuízos à saúde humana ou a edificações	Ton, kg
	Produção de sons e vibrações	Emissão de ruídos e criação de vibrações nas edificações adjacentes	Prejuízos à saúde humana ou a edificações	Decibéis, força
	Acidentes	Envolvimento em acidentes de trânsito	Ferimentos ou morte de pessoas; danos aos veículos ou à sinalização local	Eventos, vítimas
	Congestionamento	Aumento do tempo de percurso dos demais usuários	Geração de atraso para os demais usuários	Km, tempo excesso
	Efeito barreira	Prejuízo ou interrupção de ligações entre áreas urbanas	Redução das relações humanas e da produtividade da economia local	Área afetada
	Mudança no valor propriedades	Aumento ou decréscimo no valor das propriedades da área de influência	Impacto sobre o patrimônio das pessoas ou do poder público	R\$
	Geração/ relocação de atividades	Criação de novos empregos ou relocação de atividades já existentes	Aumento da produção econômica local ou regional	Número de empregos
	Efeito de "rede"	Aumento da produtividade da economia regional	Aumento da produção econômica local ou regional	R\$ adicionados
	Regularidade	Tempos previsíveis de espera e percurso	Aumento do conforto psicológico de usar o sistema de transporte	Probabilidade de irregularidade
Confiabilidade	Certeza de que o serviço estará disponível	Aumento do conforto psicológico de usar o sistema de transporte	Probabilidade de falha na oferta	

5. Conceituação didática das formas tradicionais de estimativa dos consumos e impactos

5.1. Conceitos gerais

Nas análises dos consumos e impactos dos sistemas de transporte é possível trabalhar em dois níveis – o impacto da operação direta e o impacto total, considerando os efeitos anteriores à operação:

- Operação direta: é feita uma análise do nível de consumos e impactos que ocorre na operação dos veículos. É o caso, por exemplo, de medir as emissões ocasionadas pelo funcionamento de um automóvel que percorre 10 quilômetros: ele emitirá, por exemplo, 100 gramas de monóxido de carbono (CO) e 2 quilos de dióxido de carbono (CO₂). No caso do transporte metroferroviário feito com energia elétrica, a emissão na operação é considerada nula.
- Ciclo total: O cálculo anterior deixa de lado os consumos e impactos que ocorreram no processo de construção do automóvel (e seus componentes) na indústria e de produção da gasolina que o move: a inclusão destes cálculos é o que permitirá avaliar o ciclo completo de consumos e impactos desta operação específica. A este ciclo completo se dá o nome de *well to wheels* (do “poço” às “rodas”), que aqui nomearemos como “ciclo total”. Assim, o impacto geral é obtido quando são computadas, por exemplo, as emissões diretas (operação) e indiretas (produção, estocagem, transporte para os fornecedores finais), ou seja, por representar o ciclo total do petróleo (ou de outras formas de energia), desde sua extração ou obtenção, até seu uso pelos veículos.

Nesse cálculo para o caso do transporte por trilhos há dois casos mais importantes: aquele feito com óleo diesel e aquele feito com energia elétrica.

No caso do uso do óleo diesel a estimativa de consumo de energia e de emissão de poluentes na operação será feita computando quantos litros de diesel foram consumidos para fazer o percurso programado e quantos gramas de poluentes foram emitidos no percurso. Já a estimativa do “ciclo total” precisará incluir duas análises complementares: a primeira se refere a quanta energia foi usada e quantos poluentes foram emitidos no processo de construção da infra-estrutura por onde passam os veículos e da construção dos próprios veículos; a segunda se refere a quanta energia foi usada e quantos poluentes foram emitidos na produção do óleo diesel que movimenta os veículos.

No caso do uso de energia elétrica, o raciocínio será o mesmo, com a diferença de que não haverá emissão de poluentes na operação. Mas neste caso específico é importante lembrar que o uso de energia elétrica nem sempre é favorável do ponto de vista ambiental: a geração da energia elétrica utilizada pode ser altamente poluente, como no caso de usinas movidas a óleo diesel.

Um caso positivo de “ciclo total” muito próximo a nós brasileiros refere-se ao uso do álcool combustível: seu uso direto pelos veículos pode não ter muitas vantagens na comparação com a gasolina de alta qualidade, ou o gás natural; todavia, a análise do ciclo completo de produção da cana de açúcar e uso final do álcool mostra grandes vantagens ambientais na produção e captura de gases de efeito estufa.

A tabela 5.1 mostra a emissão do “ciclo total” de CO₂ para várias formas de energia.

Pode-se observar que, normalizando o potencial de produção de CO₂ pela gasolina no nível 100, o etanol aparece como a energia mais ambientalmente saudável (incide 64 de poluição) no grupo das energias de base mineral ou de biomassa, ao passo que a energia elétrica tem índice 57 e a célula de combustível índice 38.

Tabela 5.1
Emissão de CO₂ por tipo de energia, da produção à utilização

Combustível	Emissão CO ₂ eq ¹	
	g/km	Razão
Gasolina	331	100
GNC	263	79
Diesel	244	74
Etanol	213	64
Elétrico	188	57
Célula combustível	126	38

1. CO₂eq = CO₂ equivalente, quando os demais poluentes do efeito estufa são transformados em quantidades equivalentes de CO₂, e somados às emissões de CO₂, para facilitar as contas.

Fonte: UN (2002).

No caso brasileiro não temos dados adequados sobre os impactos ambientais do “ciclo total” de formas de energia que utilizamos. Isto faz com que importemos dados de outros países, o que certamente introduz imperfeições nos nossos estudos.

5.2. Formas de estimativa dos consumos e impactos tradicionalmente considerados

5.2.1. Tempos de percurso

O tempo que as pessoas gastam nos seus deslocamentos depende do modo que utilizam (que define a velocidade), das condições de circulação no trânsito e das distâncias percorridas.

A forma mais comum de deslocamento é a caminhada. Na maior parte dos casos, os percursos a pé têm perto de um quilômetro e duram 15 minutos. O uso da bicicleta é feito para distâncias um pouco maiores – 4 a seis quilômetros – e dura meia hora. O uso dos modos motorizados está geralmente relacionado a distâncias maiores, de 5 a 20 quilômetros. O tempo é mais curto em viagens feitas em motocicletas e

automóveis – que têm mais liberdade de escolher a rota – e mais longo em viagens feitas por ônibus, porque eles precisam parar nos pontos definidos.

A introdução de um novo modo de transporte que pretenda ser mais rápido - como uma linha de metrô, pode reduzir o tempo de percurso das pessoas que o utilizarem. Este efeito será maior quanto maior for o grau de congestionamento na área afetada. Por exemplo, em um trânsito congestionado, uma viagem de 10 km de ônibus pode levar uma hora, ao passo que levaria 20 minutos no metrô, economizando 40 minutos por passageiro.

5.2.2. Emissão de poluentes

Na escala mundial, o transporte contribui com alta porcentagem das emissões totais, mas com grande diferença em relação à contribuição entre as regiões. O transporte contribuiu com parcelas significativas das emissões globais e os países industrializados têm a maior responsabilidade na poluição da atmosfera. Ao contrário, os países em desenvolvimento contribuem com uma quantidade menor, devido ao seu nível mais baixo de motorização.

Grandes cidades dos países em desenvolvimento já produzem enormes quantidades de poluentes. Em duas mega-cidades, México e São Paulo, a produção anual de poluentes é, respectivamente, 2,3 e 1,6 milhões de toneladas de monóxido de carbono (CO), 555 mil e 368 mil toneladas de hidrocarbonetos (HC) e 18,8 mil e 48,6 mil toneladas de material particulado (MP). A maioria do CO e do HC provém do transporte, enquanto o MP vem também das atividades industriais (Benitez e Roldán, 1999; ANTP/IPEA, 1998)

A primeira conclusão importante em relação à poluição atmosférica é que ela afeta a todos, independente das condições sociais e econômicas. No entanto, a maioria dos poluentes vem dos veículos motorizados e, dentre eles, dos veículos individuais, principalmente o automóvel (Banco Mundial, 1997). Quando a contribuição é analisada por tipo de veículo, diferenças importantes aparecem. Esta poluição pode vir de várias fontes, dependendo da composição do tráfego. Enquanto na América Latina os automóveis desempenham um papel muito importante (tabela 5.2) na Ásia as motocicletas são mais importantes.

Tabela 5.2

Contribuição para a poluição geral por modo de transporte, México e São Paulo

Cidade	Veículo	Contribuição à poluição (%)			
		CO	HC	NO _x	MP
México ¹	Motocicletas	1,3	0,1	2,5	0,3
	Carros	47	29	44	10
	Ônibus/caminhões	51	71	54	90
São Paulo ²	Motocicletas	15	13	0,3	1,1
	Carros	58	63	15	8
	Ônibus/caminhões	25	18	82	31

Fonte: 1. IEA, 2002; 2. Cetesb, 2003.

A concentração de poluentes é maior nos corredores de grande demanda. Em um corredor de tráfego típico de São Paulo – avenidas Rebouças/Consolação – em que os carros, ônibus e caminhões correspondiam, em 2005, a 94%, 5% e 1% do tráfego, os automóveis são responsáveis por 98% das emissões de CO, 96% das de HC e 67% das de NO_x. Os ônibus respondem por 58% das emissões de SO_x e 28% do NO_x. Quando se considera as pessoas que usam cada modo de transporte, torna-se claro que o transporte individual é responsável pela maior parte das emissões. Por exemplo, na área metropolitana do Rio de Janeiro, os ônibus emitem 4.040t de CO₂ por dia. Cada passageiro contribui com 0,338kg por dia. Os carros emitem 7.947t por dia e seus passageiros contribuem com 2,58kg, ou seja, oito vezes a emissão relativa de um passageiro de ônibus (Ribeiro e Balassiano, 1997).

A poluição e a saúde da Terra

Um dos impactos mais importantes da poluição refere-se aos efeitos sobre o meio ambiente global (em complementação ao meio ambiente local). Dentre estes impactos, o efeito estufa é um dos mais relevantes, pelas implicações climáticas de médio e longo prazos.

O maior contribuinte individual para o efeito estufa é o CO₂ (50%), que não sai diretamente do motor, sendo produzido com a utilização do ar que existe na atmosfera. Os demais são o metano (18%), clorofluorcarbonetos (CFCs) (14%), o ozônio (12%) e os óxidos de nitrogênio (6%) (Tolley e Turton, 1995). A contribuição final real de cada gás depende do seu tempo de vida na atmosfera e de sua relação com outros gases, traduzido pelo chamado Potencial de Aquecimento Global (*Global Warming Potential – GWP*) de cada gás por, por exemplo, os próximos 100 anos. Os clorofluorcarbonetos têm um GWP de até sete mil vezes mais do que o do CO₂, explicando porque eles são tão importantes apesar da sua concentração muito menor na atmosfera (Goldemberg, 1998).

A concentração de CO₂ na atmosfera aumentou de cerca de 315 mpv (milhão de partes em volume) nos anos 50 para cerca de 350 mpv nos anos 80. Em respeito ao transporte e ao aquecimento global, os combustíveis contribuem diferentemente para as emissões de CO₂, sendo o óleo diesel o que mais emite por litro (tabela 5.3).

Tabela 5.3
Contribuição de CO₂ por tipo de combustível

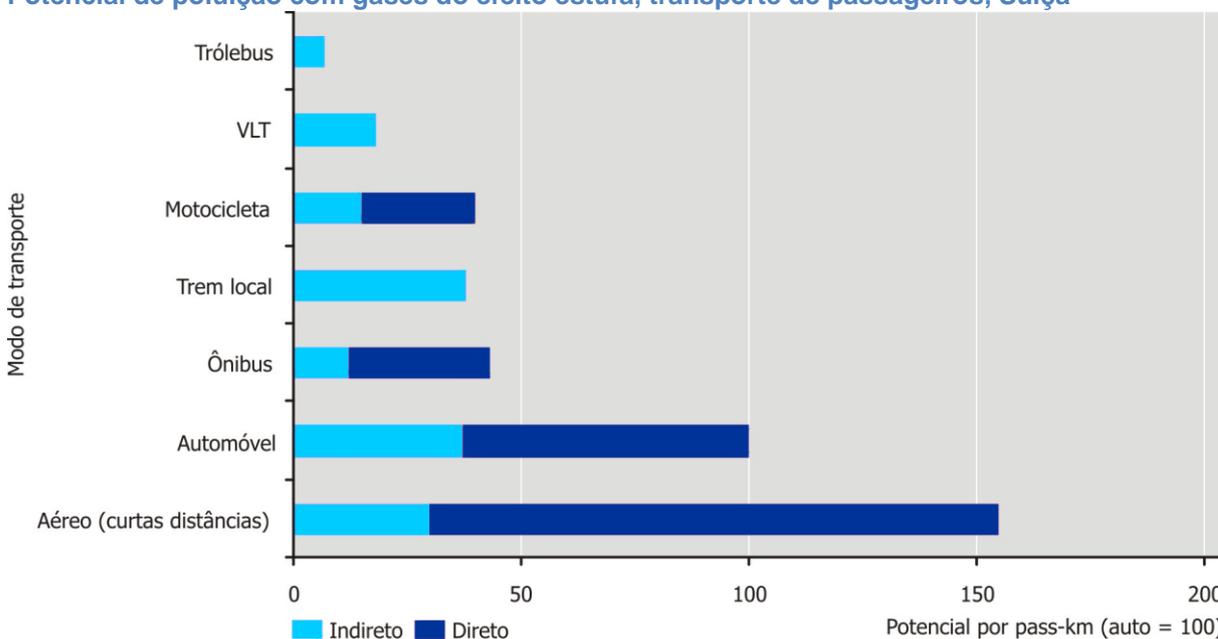
Combustível	CO₂ (kg/l)
Gasolina	2,4
Diesel	2,69
Metanol	1,08
Etanol	1,5

Fonte: Goldemberg, 1998.

Impactos de diferentes formas de energia na produção de CO₂

A figura 5.1 resume o potencial de impacto de gases do efeito estufa para diferentes modos de transporte de passageiros na Suíça. Deve-se lembrar que os valores são diretamente influenciados pela ocupação média dos veículos utilizados, ou seja, os valores finais podem ser muito diferentes nos EUA (onde há pouco transporte público) e nos países em desenvolvimento (onde há muito transporte público). O potencial de emissão “indireta” compreende a produção da energia, sua eventual estocagem, bem como a construção da infraestrutura. O potencial “direto” representa a emissão pelo uso da energia.

Figura 5.1
Potencial de poluição com gases do efeito estufa, transporte de passageiros, Suíça



Fonte: Maibach M. et alii, 1997.

Poluição e saúde humana

A questão da poluição - em todas as suas manifestações - tem gerado um grande número de estudos em todo o mundo. Na área do transporte urbano, os estudos têm se concentrado em dois impactos ambientais: a poluição atmosférica e o ruído provocados pelo tráfego. A validade destes estudos prende-se tanto à avaliação do seu impacto direto para a saúde das pessoas, quanto do seu impacto de médio prazo para o meio ambiente global. Muitos dos poluentes têm efeitos nocivos claramente definidos para a saúde humana. Por exemplo, o monóxido de carbono reage com a hemoglobina do sangue, sendo prejudicial às pessoas com anemia, problemas cardíacos e problemas pulmonares crônicos. Os hidrocarbonetos reagem com o dióxido de nitrogênio e causa problemas respiratórios. O dióxido de enxofre associado ao material particulado pode ser muito grave para pessoas com bronquite crônica (Varma et al, 1992). O Banco Mundial estima que cerca 1,1 bilhão de pessoas estão expostas a níveis excessivos de material particulado e dióxido de

enxofre no mundo (Banco Mundial, 1996). A conscientização sobre o problema vem ocorrendo há muitas décadas, conforme salienta Bovy (1990), tendo passado por várias fases de crescimento de sua importância na sociedade.

Os países europeus, por meio da sua organização OECD, já realizaram vários estudos sobre transporte e meio ambiente. Um dos maiores (OECD, 1988), analisou os impactos ambientais do transporte nestes países, bem como as soluções que vêm sendo adotadas.

O estudo identificou dois impactos principais - poluição atmosférica e ruído - procurando avaliar em quais cidades eles são mais relevantes. No tocante à poluição atmosférica, a cidade de Los Angeles é a principal, pela dimensão de sua frota e da quantidade de viagens diárias feitas por automóvel (39 milhões). Lá, os automóveis são responsáveis por 80% do monóxido de carbono, dois terços do dióxido de nitrogênio e 50% dos hidrocarbonetos. Fenômeno parecido pode ser verificado em Londres, embora em menor escala, na qual os veículos a motor jogam na atmosfera 1,05 milhões de toneladas de poluentes todo ano. Em Atenas, a poluição tornou-se crítica em função da conjugação de fatores climáticos, frota envelhecida e mal mantida, congestionamento de tráfego (a velocidade na área central é cerca de 7 a 8 km/h) e combustível de baixa qualidade (a cidade tem feito rodízio de veículos recentemente).

Os estudos de emissão foram acompanhados de estudos epidemiológicos sobre a consequência da poluição na saúde humana. Os estudos analisaram, para cada poluente, a função “dose-resposta”, ou seja, qual é a consequência para a saúde de uma determinada dose de exposição ao poluente. De posse destas relações é possível prever os resultados de duas situações relevantes para as políticas públicas: o que acontece quando a concentração de um poluente aumenta - como é o caso de muitos países em desenvolvimento - e o que acontece quando ela diminui, o que pode acontecer em função de programas de combate à poluição. Nos dois casos, os benefícios podem ser estimados, por exemplo, em economia nas internações hospitalares ou na redução de dias perdidos de trabalho e, no limite, na redução de mortes. Em alguns estudos, tentou-se a valoração destes benefícios.

O fator mais relevante para a saúde humana não é a quantidade de poluente emitido *per se*, mas a sua concentração na atmosfera da cidade. Para isto, os organismos ambientais definem graus máximos de concentração para os vários poluentes - CO, HC, SO₂, NO_x - que não deveriam ser ultrapassados. A concentração destes poluentes na atmosfera, por sua vez, depende de uma série de fatores, dentre os quais se destaca o regime de vento, a ocorrência de turbulência, a ocorrência de reações químicas e a distância entre receptor e emissor. Assim, grandes quantidades de emissão podem ser pouco nocivas à saúde quando os ventos são muito fortes, por exemplo. Os estudos detalhados sobre a emissão de poluentes acabam fazendo modelagens complexas sobre as condições meteorológicas e de dispersão de poluentes, que são muito sensíveis às variáveis.

Como na maioria dos países em desenvolvimento não há medições adequadas do grau de concentração de poluentes na atmosfera, os estudos são feitos a partir dos volumes emitidos de cada poluente, como uma “aproximação”, para poder avaliar o grau do problema.

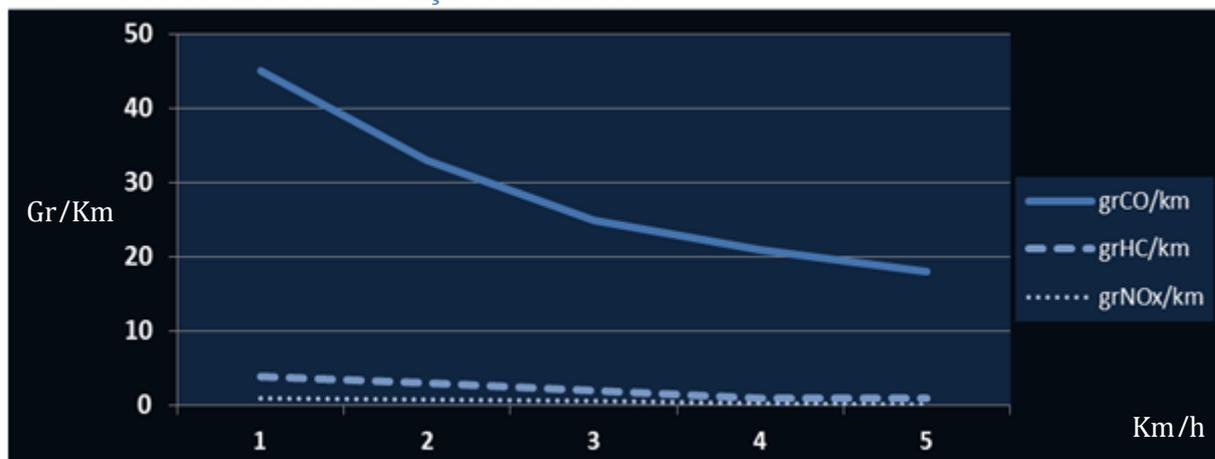
Existe uma preocupação crescente sobre o impacto do material particulado na morte de idosos e de pessoas com problemas respiratórios. Em várias cidades há um risco relativamente alto associado ao aumento do MP₁₀ (partículas muito pequenas): em São Paulo, existe um risco 13% maior para cada aumento de 100 mg/m³ no MP₁₀, para pessoas acima de 65 anos de idade. Um fato muito importante é que não existe uma “fronteira” a partir do qual o fenômeno se manifesta, ou seja, a mortalidade aumenta com qualquer aumento de MP₁₀ (Saldiva, 1998).

Emissão de poluentes e velocidade do veículo

Os vários poluentes resultantes do funcionamento dos motores veiculares são expelidos em taxas que variam de acordo com muitos fatores, destacando-se a velocidade e a aceleração dos veículos. Isto pode introduzir variações muito importantes nos volumes de poluentes, que por sua vez impactarão muito os resultados dos estudos.

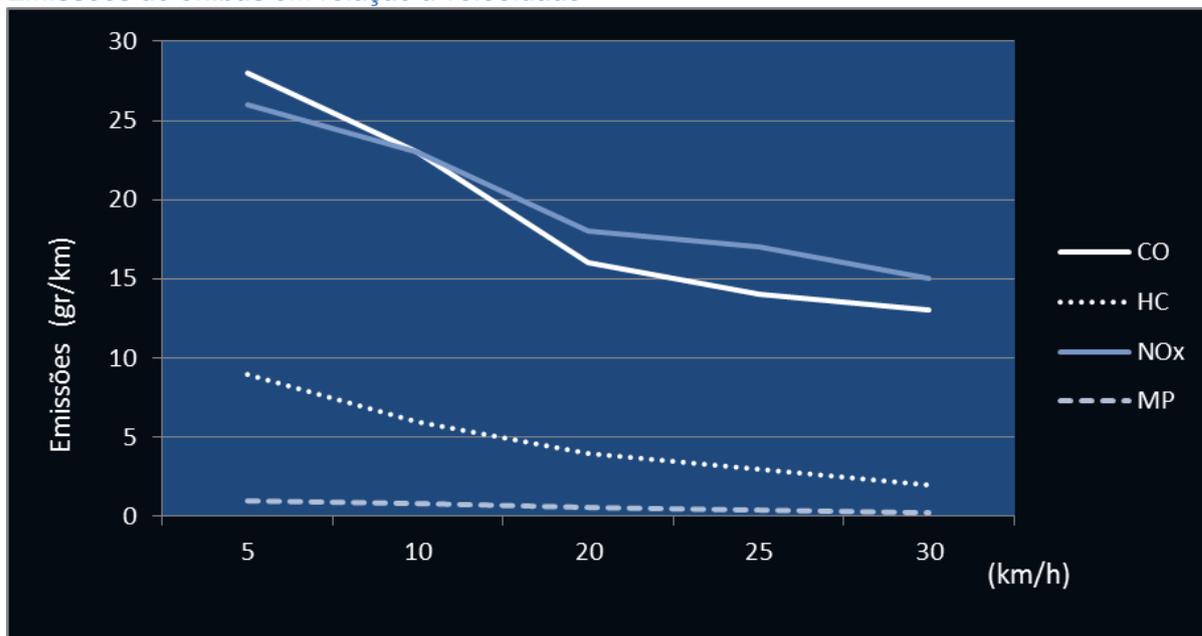
No caso do Brasil, o estudo IPEA/ANTP desenvolveu curvas de relacionamento entre a velocidade dos veículos e a emissão de poluentes. Estas curvas utilizaram dados produzidos pela Cia de Saneamento Ambiental – Cetesb do Estado de São Paulo e os estudos produzidos pelo instituto INRETS, da França (Joumard, 1991). É importante salientar que as curvas estão adaptadas à emissão média dos veículos nacionais à época do estudo (1997) e que precisam ser adaptadas aos novos níveis médios de emissão, que vem caindo frente à obrigação legal de produzir veículos menos poluentes e da entrada destes no trânsito. As figuras 5.2 e 5.2 mostram o padrão de variação das emissões com a velocidade, para automóveis e ônibus.

Figura 5.2
Emissões de automóveis em relação à velocidade



Fonte: IPEA/ANTP, 1998.

Figura 5.3
Emissões de ônibus em relação à velocidade



Fonte: IPEA/ANTP, 1998.

A poluição sonora

O volume de tráfego e sua composição têm um grande impacto no ruído produzido. Veículos pesados como caminhões e ônibus, assim com as motos, são os maiores contribuintes individuais para o ruído. A forma como os veículos são dirigidos e a sua velocidade também têm influência. Nas áreas urbanas, os trens também podem causar grande impacto sonoro. O efeito do ruído na saúde humana depende do nível de exposição. Ele pode ser significativo, afetando a concentração e a produtividade e causando tensões prejudiciais à saúde. Efeitos extremos podem ocorrer na forma de defeitos de audição, stress e insônia (Miller e Moffet, 1993). A tabela 5.4 revela que o nível de ruído em uma via coletora (100 veículos por hora) é 17 vezes maior que o de um via local (6 veículos por hora) e que o nível de ruído de uma via arterial de grande movimento (2000 veículos por hora) é 333 vezes maior.

Tabela 5.4
Efeito do volume de tráfego no ruído

Veic/hora	Nível de ruído - Leq (1 hora) dB(A)	Fluxo diário (veic/dia)	Razão
6	51	90	1
60	61	900	10
100	63	1.500	17
500	70	7.500	83
1.000	73	15.000	167
2.000	76	30.000	333

Fonte: Certu, 1996.

5.2.3. Congestionamento

Os estudos mais detalhados sobre congestionamento são originados dos EUA. Isso decorre do fato deste país deter a maior frota de veículos automotores do mundo, e de gerar a maior quantidade de tráfego urbano, predominantemente por automóvel. Nos países em desenvolvimento, qualquer estudo precisa analisar também os impactos sobre o transporte coletivo e, em muitas situações, sobre o fluxo de pedestres.

A definição de congestionamento

Embora estejamos acostumados a falar sobre congestionamento, a sua definição teórica é complexa, uma vez que existe subjetividade. A idéia popular (e fisicamente evidente) do congestionamento está ligada à noção de “tempo perdido” pelas pessoas. Mas o que é “perdido”, ou melhor, o quê se perde em relação ao quê? A noção mais intuitiva, usada na maioria dos estudos, refere-se a uma comparação entre o tempo real gasto na via e um tempo “ideal” a ser definido. O problema ocorre ao tentar identificar o tempo “ideal”.

A dinâmica dos fluxos de veículos, extensamente analisada na literatura especializada (TRB, 2000), mostra as relações entre velocidade (km/h), fluxo (veic/hora) e densidade (veic/km). Por exemplo, a velocidade média dos veículos diminuiu na medida em que o fluxo aumenta, até um ponto tal no qual o fluxo se aproxima da capacidade física da via e torna-se altamente instável, com grandes variações de velocidade, em torno de valores baixos, que tendem a zero em alguns momentos. Esta situação crítica corresponde à idéia popular de congestionamento, uma vez que a visão da massa de veículos circulando a baixas velocidades é auto-explicativa.

Do ponto de vista técnico, no entanto, o problema é mais complexo. O impacto que um veículo causa a outro ocorre teoricamente quando o segundo veículo entra na via e começa a afetar o desempenho daquele que já está circulando por ela. Este impacto, medido na forma de redução da velocidade, é infinitesimal e vai crescendo na medida em que outros veículos entram na via. Observa-se na prática que este efeito começa a crescer rapidamente quando o fluxo de veículos atinge 70% da capacidade viária, tornando-se mais visível às pessoas que estão na via.

Em termos econômicos, o que ocorre é que um determinado veículo que adentra uma via causa um aumento de velocidade para os que já circulam por ela. A partir destas análises surgiram os estudos a respeito do pedágio viário, ou seja, de quanto se deveria cobrar deste veículo pelo efeito que causa aos demais.

Raciocinando sobre o efeito descrito, podem então ser identificados dois tipos de definição de congestionamento:

- a definição *física*, que diz respeito à diferença entre uma velocidade real e uma “ideal”, que seria definida em função de algum ponto da relação fluxo-capacidade;

esta é uma forma “relativa” de estimar o congestionamento e portanto subjetiva; esta forma de definição leva a estudos que chamaremos “técnicos”;

- a definição *econômica*, que diz respeito à identificação de quanto tempo a mais as pessoas que adentram uma via estão impondo àquelas que nela estão e, conseqüentemente, dos custos que elas causam aos demais; daí decorre a procura de um ponto de “congestionamento ótimo”, no qual haveria um equilíbrio entre benefícios e custos, por meio de um pagamento feito por aqueles que causam o “tempo excessivo” (o “pedágio urbano”); esta é uma definição mais objetiva, embora a definição do valor do tempo (e do custo) tenha um certo grau de subjetividade.

Estudos técnicos

No caso dos EUA, onde é feita a maior parte dos estudos de congestionamento, o Ministério dos Transportes realizou um grande estudo (US Department of Transportation, 1986), que teve o objetivo de estimar o nível de congestionamento presente e futuro na rede de vias expressas urbanas do país. A estimativa do congestionamento implicou na definição de um “limite” a partir do qual se considera o trecho congestionado. Este limite foi adotado como equivalente à passagem entre os níveis de serviço C e D de nível de serviço das vias, conforme metodologia do HCM (TRB, 2000). Neste ponto, a relação entre volume e capacidade é de cerca de 0,77 (com volume de serviço máximo em torno de 1.550 automóveis por hora, por faixa). Foi então calculada a relação V/C para cada trecho, em cada hora, e aqueles que superaram o limite foram considerados “congestionados”. Em seguida, foi calculado o tráfego anual sujeito ao congestionamento, multiplicando o volume anual pela porcentagem de tráfego sob congestionamento, pelo comprimento da seção e pelo fator 260, correspondente aos dias úteis (nos quais ocorre o congestionamento sistemático - recurring delay). Finalmente, foi calculado o atraso anual, comparando os tempos de percurso “real” e “ideal”.

O estudo calculou também os congestionamentos ocasionais, causados por fatores extraordinários (acidentes, quebras de veículos) (*non-reccurent delay*). O resultado da análise para o ano de 1984 mostrou que 11,3% das viagens na rede ocorriam na condição “congestionada”. Mais de um bilhão de horas de atraso foram estimadas. O consumo excessivo de combustível foi estimado em mais de 5 bilhões de litros.

Outro estudo abrangente foi realizado pela Universidade do Texas (TTI, 1995) e por Lomax et all (1996), para o Ministério dos Transportes dos EUA. O estudo faz um resumo do congestionamento nas vias de 50 áreas urbanas dos EUA entre 1982 e 1992, e seguiu três linhas de pesquisa. A primeira - congestionamento geral -, refere-se à medição do *Roadway congestion index -RCI* (índice de congestionamento das vias), que reflete a condição média do sistema viário analisado quanto ao congestionamento. A segunda - impactos do congestionamento -, mediu dois impactos, o atraso e o consumo excessivo de combustível. A terceira - custos do congestionamento - avaliou os custos referentes ao atraso e ao consumo de combustíveis.

O congestionamento geral foi medido por meio de um índice geral de congestionamento (IGC), que faz uma média de todo o sistema viário. Esta média não aponta locais específicos que possam estar mais congestionados. O índice compara o uso atual das vias com o uso característico do limite entre não-congestionado e congestionado. O sistema viário é considerado congestionado quando o IGC é maior do que a unidade. Alguns índices podem ser usados para dar uma visão mais ampla do problema (quadro 5.1)

Quadro 5.1
Indicadores agregados do congestionamento

Indicador	Medidas recomendáveis
Duração	- Tempo durante o dia com congestionamento - Comprimento congestionado x duração
Extensão	Pessoas afetadas
	- pessoas x km sob congestionamento
	- viagens afetadas pelo congestionamento
	- pessoas x km afetadas pelo congestionamento
	Regiões afetadas
Intensidade	- comprimento de vias afetado
	- porcentagem do sistema viário afetado
	Horas de atraso para pessoas ou veículos
Variabilidade	Taxas de atraso
	Atraso por pessoa ou veículo
	Variação média do congestionamento usual

Fonte: Lomax et al, 1996.

Na França, muitos estudos têm sido feitos, principalmente sobre o tráfego de Paris. Um dos estudos pioneiros, de caráter mais econômico, foi feito na década de 70 (Taché, 1980). Nele, o autor começa definindo um coeficiente de congestionamento, que exprime a diferença entre a velocidade real e a velocidade “ideal” (*objectif* no original), como aquela máxima possível de ser alcançada. Assim, uma via com velocidade próxima de zero teria o coeficiente de congestionamento máximo, ao passo que uma via com velocidade próxima da ideal teria o coeficiente de congestionamento próximo de zero. O coeficiente pode ser calculado para vários tipos de veículo com velocidades diferentes (por exemplo, automóveis e ônibus). O tempo de congestionamento é simplesmente a diferença entre o tempo real e o tempo ideal, multiplicado pela quantidade de veículos que circula na via.

Estudo no Brasil

O estudo mais abrangente sobre congestionamento urbano no Brasil foi realizado entre 1997 e 1998 pelo IPEA/ANTP (1998). Ele avaliou as condições de trânsito em dez cidades brasileiras de várias dimensões, analisando o tempo de percurso de ônibus e autos, o consumo de combustível, a emissão de poluentes e o uso do espaço viário.

No que tange ao congestionamento, o estudo adotou a definição “física” apontada acima, comparando tempos reais de percurso com tempos ideais. Para chegar à

definição destes limites de congestionamento, primeiramente as vias foram divididas em quatro tipos, a saber:

- *via expressa*: tráfego sem interrupções, com geometria permitindo velocidades elevadas;
- *via arterial I*: duas pistas e canteiro central, velocidades elevadas, cruzamentos semaforizados, estacionamento proibido e tráfego de ônibus com razoável controle;
- *via arterial II*: difere da anterior pelas velocidades inferiores, pelo estacionamento eventualmente permitido e tráfego de ônibus com baixo nível de controle;
- *via coletora*: via de pista simples, com estacionamento permitido ou proibido e movimento livre de ônibus.

Para cada tipo de via, foram estimados os tempos de percurso e as velocidades que melhor representariam suas condições. A partir das curvas feitas em estudos internacionais, foram desenvolvidas curvas específicas para utilização no Brasil. Estas consideraram os quatro tipos de vias descritos acima, bem como valores e indicadores considerados adequados para a realidade brasileira pelos técnicos participantes da rede de cidades. O congestionamento foi definido em três níveis - *leve, moderado e severo*, correspondendo a níveis crescentes de saturação do sistema viário, expresso pela relação entre volume e capacidade das vias. O nível leve corresponde à situação onde esta relação se situa entre 0,7 e 0,84. A relação no nível moderado se encontra entre 0,85 e 0,99; e a do nível severo é igual a 1,0.

Para cada nível de congestionamento, em cada tipo de via, foram definidos os tempos relativos de percurso (por quilômetro), de acordo com o número de semáforos por quilômetro. O conjunto final de curvas reflete, assim, o comportamento considerado "ideal" para cada tipo de via, nos três níveis de congestionamento definidos.

No caso dos ônibus, considerou-se que seus tempos relativos de percurso são superiores ao dos automóveis devido à necessidade de paradas nos pontos. Da mesma forma, foram consideradas as condições específicas para as vias expressas.

A sugestão de velocidades e tempos de percurso desejáveis estabelece então os limites a partir dos quais se convencionou que existe congestionamento. Para cada rota e sentido, foram comparados os tempos reais de percurso com aqueles considerados máximos, em que a diferença representa a dimensão do congestionamento por veículo. Este tempo de congestionamento, multiplicado pelo número de pessoas que circula no trecho, expressa a quantidade de horas perdidas pelas pessoas, em cada nível de congestionamento.

A expansão dos dados da hora de pico foi feita em duas etapas, primeiro para o total diário e depois para o total anual. Estimou-se um valor para o congestionamento nas vias transversais às vias pesquisadas (por análises de capacidade), obtendo-se os valores anuais totais, para cada cidade.

Resumo dos resultados

a. Desempenho geral do trânsito

A tabela 5.5 mostra a velocidade média ponderada dos períodos de pico da manhã e da tarde nas dez cidades pesquisadas.

Tabela 5.5

Desempenho médio do trânsito, dez cidades brasileiras, 1998

Cidade	Ônibus (km/h)		Autos (km/h)	
	Manhã	Tarde	Manhã	Tarde
Belo Horizonte	16,1	15,9	25,9	22,5
Brasília	28,3	27,1	45	44,3
Campinas	17,2	16,8	24,7	23,3
Curitiba	21,1	19	26,4	22,2
João Pessoa	19,4	17,7	29,3	26,8
Juiz de Fora	22,1	21,5	38,2	30,7
Porto Alegre	21,5	19,9	29,8	28,3
Recife	17,6	13,6	28,2	23,4
Rio de Janeiro	16,7	18,3	23	26,1
São Paulo	16,9	11,7	26,9	16,8

Fonte: IPEA/ANTP, 1998.

Observa-se que os ônibus apresentam velocidades em torno de 20 km/h, à exceção de São Paulo, em que os valores são muito mais baixos e Brasília em que são mais altos devido às características do sistema viário e da frequência de pontos de parada. Quanto aos automóveis, as velocidades giram em torno de 30 km/h, com valores muito mais baixos em São Paulo.

b. Tempos em excesso

Os tempos em excesso nas dez cidades pesquisadas, no caso de congestionamento severo, foram estimados em 256 milhões de horas para os usuários de ônibus e em 250 milhões de horas para os usuários de autos.

c. Impacto sobre o sistema de ônibus

Um efeito particularmente importante no caso brasileiro é o impacto do congestionamento na operação dos ônibus. Este impacto está representado na tabela 5.6.

Tabela 5.6

Impacto do congestionamento severo no sistema de ônibus, dez cidades brasileiras, 1998

Cidade	Frota adicional (%)¹	Custo adicional (%)
Belo Horizonte	11,7	6,2
Brasília	1,5	0,9
Campinas	0,6	6,4
Curitiba	1,6	1,6
João Pessoa	6,9	3,7
Juiz de Fora	2	2,1
Porto Alegre	4,9	2,6
Recife	5,9	3,5
Rio de Janeiro	13,5	9,6
São Paulo	30,3	15,8

1. Pico da tarde; frota adicional que precisa circular para compensar o efeito do congestionamento na operação dos ônibus.

Fonte: IPEA/ANTP, 1998.

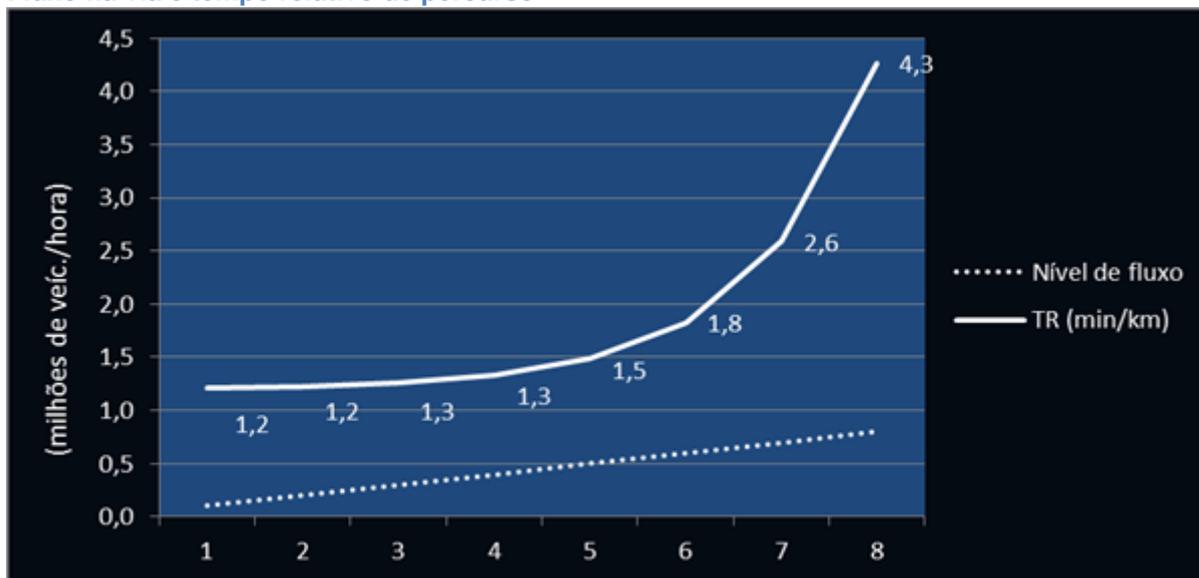
Estudos econômicos

Os estudos econômicos são realizados com o objetivo de estimar quanto se deve cobrar dos usuários para que a via seja utilizada em seu ponto “ótimo” (do ponto de vista econômico). Estes estudos calculam o custo marginal de utilização da via por um usuário que esteja dirigindo um veículo. É importante lembrar que a estimativa do custo marginal é feita a partir de um custo de operação do veículo por quilômetro, mais um custo do tempo do usuário, que varia muito conforme a renda da pessoa e o motivo da viagem (entre outros) e que é objeto de controvérsia entres os especialistas (o chamado “custo do tempo”). Daí decorre que valores diferentes de tempo levam a estimativas diferentes de custos marginais e, conseqüentemente, dos impactos do congestionamento. Dois estudos estão resumidos a seguir.

O estudo realizado em Bruxelas (Mayeres et all, 1996) estimou uma curva de relação entre fluxo total nas vias da cidade e tempo relativo de percurso (minutos por quilômetro).

A figura 5.4 mostra os resultados para a faixa de fluxos entre 0,1 milhão e 1 milhão de veículos por hora. Observa-se que o tempo de percurso por quilômetro cresce exponencialmente com o aumento do fluxo de veículos nas vias, sendo multiplicado por mais de 3 quando o fluxo atinge 800 mil veículos por hora. Isto representa uma redução da velocidade média de 50 km/h para 14 km/h.

Figura 5.4
Fluxo na via e tempo relativo de percurso



Fonte: Elaboração própria.

Outro estudo abrangente foi realizado na Inglaterra (Newberry, 1992) e analisado em Maddison et al (1996). O autor estimou os custos marginais de congestionamento na Inglaterra, para vários tipos de via e de condições de tráfego (tabela 5.7).

Tabela 5.7
Custos externos marginais do congestionamento na Inglaterra, 1990

Tipo de via e período	Custo marginal externo do transporte (centavos de libra esterlina por veic-km)
Auto-estrada	0,26
Vias urbanas	
- centro, hora de pico	36,37
- centro, fora de pico	29,23
- fora do centro, hora de pico	15,86
- fora do centro, fora de pico	8,74
Cidade pequena	
- hora de pico	6,89
- fora de pico	4,2
Média ponderada ¹	3,4

1. Incluindo outras vias urbanas e vias rurais.

Fonte: Maddison et al, 1996.

Observa-se pela tabela que o custo marginal para usar uma auto-estrada é o menor de todos. O maior custo, evidentemente, é o de vias centrais no horário de pico (36 centavos). O menor custo ocorre nas cidades pequenas. Dos dados da tabela decorre a conclusão de que a aplicação de um pedágio urbano seria muito mais

importante nas áreas centrais de cidades de grande porte do que, por exemplo, nas auto-estradas.

Os números da tabela também permitem raciocinar sobre o custo total do uso de uma via e, portanto, quanto se deveria cobrar se fosse implantado o pedágio urbano. Este custo total é obtido multiplicando o custo marginal por veic-km pelo fluxo de veículos que circula em um determinado horário. A estimativa mostrada pelos autores (Maddison et al, 1996) para a Inglaterra no ano de 1993 adotou uma média ponderada de custo por veículo-km de 3,4 centavos (a partir dos dados de Newberry, 1992) corrigida pela inflação e multiplicou-a pela quantidade de veículos-km percorridos no país, chegando à cifra de 19,1 bilhões de libras (cerca de US\$ 28 bilhões).

Sumário

A análise das externalidades ligadas ao transporte demonstra que a atividade resulta em alto consumo de energia e recursos naturais, incluindo o espaço e causa problemas ambientais graves, especialmente os acidentes e a poluição. Estes impactos dependem do veículo utilizado, sendo o automóvel o mais voraz no consumo de espaço e de energia e o mais prejudicial na escala global (para a maioria dos poluentes), ao passo que as emissões de material particulado pelos veículos movidos a diesel aparecem como as mais problemáticas para a saúde humana na escala local. Quando o uso dos veículos é analisado em relação às classes sociais, o uso do espaço mostra-se altamente iníquo: aqueles com alta renda e com acesso ao automóvel consomem muito mais espaço viário que os mais pobres que andam a pé ou usam o transporte público, o que desnuda o mito do sistema viário como democrático.

O transporte motorizado também está relacionado ao “efeito barreira” e à intrusão do tráfego (visual, física), quando as relações sociais são severamente afetadas. Este é um efeito dramático, com grande impacto na vida das comunidades e que provavelmente vai piorar no futuro próximo, frente à crescente motorização nos países em desenvolvimento; sua ocorrência é de certa forma “disfarçada” e baseada em um componente ideológico: depois que mudanças radicais são promovidas na circulação de uma área, as pessoas geralmente não percebem o quanto suas vidas foram afetadas e tendem a aceitar as mudanças como “naturais”.

Uma idéia simplificada da relação entre modos de transporte e externalidades pode ser inferida a partir da análise das características de cada modo:

- Modos não-motorizados (pedestres, bicicletas) produzem poluição zero mas podem causar acidentes e congestionamento; as bicicletas consomem pequenas quantidades de recursos naturais e requerem espaços moderados para circular e estacionar;
- Modos motorizados produzem poluição atmosférica e sonora, assim como acidentes e congestionamento; podem produzir vibração nas estruturas

dependendo do seu tamanho e quantidade no tráfego; também estão relacionadas ao consumo intensivo de recursos naturais e produzem grande quantidade de resíduos; fazem uso intensivo do espaço viário e de estacionamento;

- Modos eletrificados (trens, metrô) produzem poluição quase nula (na operação) e congestionamento nulo ao usar as vias próprias; podem causar acidentes a outros veículos que cruzam seu caminho, quando existem cruzamentos em nível; estão ligados ao uso intensivo de recursos naturais e consomem grandes espaços para sua operação;
- Todos os meios motorizados podem contribuir para o “efeito barreira” quando suas características físicas e sua forma de operação afetam as relações sociais no entorno;
- A infraestrutura viária consome grande quantidade de terra e pode exigir a expulsão de muitas pessoas do seu local de habitação; podem causar o “efeito barreira” quando suas características físicas e a composição do tráfego afetam as relações sociais; podem causar a destruição do tecido urbano; finalmente, podem ter um profundo impacto no uso do solo.

Quando várias características dos modos de transporte são consideradas conjuntamente, seu impacto relativo no espaço e no meio ambiente pode ser facilmente comparado. A tabela 5.8 mostra a enorme diferença entre um extremo – andar a pé – e o outro – usar o automóvel.

Tabela 5.8
Níveis de consumo e emissão de diferentes modos de transporte

Característica	Carro	Trem	Ônibus	Bicicleta	A pé
Uso da terra ¹	120	7	12	9	2
Uso de energia ²	90	31	27	0	0
Emissão de CO ₂ ³	200	60	59	0	0

1. m²/pessoa; 2. gramas de unidades equivalentes de carvão por pass-km; 3. gr/pass-km.

Fonte: Whitelegg, 1997.

Quando a tecnologia mais disseminada é examinada – o automóvel – pode-se verificar que sua produção consome grandes quantidades de materiais e energia – 17.700 kWh. Seu uso implica em grande consumo de espaço e grande impacto no meio ambiente: um carro usado por dez anos na Europa emite 60 toneladas de CO₂ e 89,5 kg de NO_x e produz 26,5 toneladas de resíduos (Whitelegg, 1997). É importante lembrar que os valores para os países em desenvolvimento são muito maiores, em função da idade dos veículos e das características dos combustíveis e dos motores. Estas conclusões são muito importantes para avaliar o problema nos países em desenvolvimento.

6. Custos dos impactos do transporte urbano

6.1. Considerações teóricas – externalidades no transporte urbano

Quando uma pessoa usa um meio de transporte, ela incorre em custos diretos da operação (combustível, tempo pessoal), chamados internos, que são assumidos por ela e considerados quando de sua decisão de deslocar-se. Mas existem custos que não são pagos pelo usuário e nem considerados na sua decisão de deslocar-se, o que lhes dá a característica de “externos”: por exemplo a poluição ou atraso causados aos demais usuários. A estes efeitos externos chama-se “externalidades”. O corolário do raciocínio é que a externalidade, quando compensada - por exemplo por uma taxa paga pela pessoa baseada na poluição por ela causada - causa a “internalização” do custo, eliminando portanto a sua característica de “externa”.

No sentido mais teórico, a externalidade pode ser definida como

Um efeito externo ocorre quando a função-utilidade de um agente ... contém uma variável cujo valor real depende do comportamento de outro agente, o qual não leva em consideração este efeito do seu comportamento no seu processo de decisão (Verhoef, 1994, p. 274)

Como Baumol e Oates assinalaram (1998), esta definição exclui os casos em que alguém deliberadamente faz algo para afetar outrem, ou seja, a externalidade real é aquela que ocorre de forma não intencional. Esta característica é enfatizada mais ainda pela afirmação de que a externalidade existe ocorra ou não a imposição de pagamento pelo causador do efeito. É importante ressaltar que existem externalidades positivas: na área do comércio, um bom exemplo é o de uma loja “âncora” de um shopping center, que atrai um grande público para a frente das lojas pequenas próximas, que obtêm disto uma grande vantagem; na área do transporte, pode-se mencionar a valorização de imóveis decorrente de um investimento em metrô.

O princípio econômico que está por trás do estudo das externalidades é o de que custos não cobertos e não compensados levam a uma utilização não-ótima dos equipamentos públicos, no caso a via de tráfego e algumas formas de transporte, principalmente o automóvel (CCE, 1995; Quinet, 1993). Ao não considerar os custos externos, o motorista de automóvel consome mais transporte e vias do que seria desejável economicamente, reduzindo a eficiência social. Conseqüentemente, segundo a mesma teoria, caso todos os custos sejam cobrados atingir-se-á o equilíbrio ideal, otimizando os recursos da sociedade. O quadro a seguir resume alguns exemplos de custos internos e externos.

Quadro 6.1
Exemplos de custos internos e externos em transportes

Categoria de custos	Internos/privados	Externos
Despesas de transporte	Aquisição, manutenção, operação do veículo	Estacionamento pago por terceiros
	Tarifas de transporte público	
Infra-estrutura	Imposto de circulação	Custos de infra-estrutura não cobertos
	Imposto sobre combustível	
Congestionamento	Tempo do próprio usuário	Tempos dos demais usuários
Ambientais	Poluição sofrida pelo próprio usuário	Poluição sofrida pelos demais usuários e pela sociedade
Acidentes	Seguros pagos pelo usuário	Custos de acidentes pagos pelos demais envolvidos
	Custos de acidentes pagos pelo próprio	

Fonte: CCE, 1995, quadro 2.1 (adaptado).

O estudo das externalidades implica em muitas dificuldades teóricas e práticas. A dificuldade teórica está ligada à complexidade do tema, frente às muitas variáveis envolvidas e às diferentes apreciações que se possa fazer delas. Parte importante do problema diz respeito à valoração das externalidades, uma vez que muitas (poluição, qualidade de vida) não têm expressão monetária corrente, ou por não fazerem parte das transações mercantis (valor do ar limpo, por exemplo) ou por filosoficamente não admitirem valoração (valor da vida, por exemplo). A dificuldade prática está ligada à medição das externalidades, não apenas pela dimensão dos problemas (por exemplo, o congestionamento e a poluição em uma grande cidade), como pelo fato de que muitas delas são intangíveis.

6.2. Medição das externalidades

A identificação das externalidades precisa ser acompanhada de sua mensuração. Alguns efeitos são medidos com certa facilidade, como o excesso de tempo imposto pelo congestionamento em uma via, enquanto outros são difíceis de mensurar, como os efeitos da poluição na saúde das pessoas.

A medição das externalidades é feita geralmente de forma direta. No caso do congestionamento, conforme visto no item 4, o indicador mais simples é o tempo de percurso em excesso em relação ao que seria verificado em uma condição não congestionada, conforme adotado no estudo IPEA/ANTP (1998). No caso dos acidentes, a medida direta mais simples é o número de acidentes, com informações adicionais sobre quem os sofreu e quais foram suas conseqüências. Estas são medidas de obtenção simples apenas quando há um sistema regular e confiável de registro de acidentes.

No caso da poluição, a medida mais simples é a estimativa do excesso de poluentes emitidos pelos veículos na condição congestionada. A dificuldade desta medição reside no fato das emissões variarem muito de veículo para veículo, e conforme as

condições do trânsito, sendo difícil determinar curvas “médias” a serem aplicadas. Adicionalmente, o fator mais relevante para a saúde pública é o nível de concentração de poluentes na atmosfera, o que depende de condições atmosféricas como a velocidade e a direção do vento. Assim, grandes volumes de emissão podem não resultar em problema direto de saúde pública caso haja ventos a altas velocidades no local e pequenas emissões podem causar grandes prejuízos se as condições atmosféricas forem desfavoráveis.

6.3. Valoração das externalidades

6.3.1. Análise geral

A estimativa do custo das externalidades varia de país a país e ainda é objeto de controvérsia (Banco Mundial, 1996). Alguns estudos apontam o custo da poluição como equivalente a 0,4% do PIB dos países e o custo dos acidentes como equivalente a 2% do PIB.

As externalidades podem ser valoradas de forma direta ou indireta, dependendo da sua natureza. Para bens de mercado - como a gasolina - a valoração é direta, pelo preço do produto no mercado local (descontado eventualmente dos impostos e taxas). Assim, o excesso de combustível provocado pelo congestionamento pode ser valorado facilmente.

No entanto, muitas externalidades não têm valor mercantil, ou são muito difíceis de quantificar. Por exemplo, o valor da vida perdida em um acidente de trânsito não tem expressão monetária. Os estudos de acidentes tendem, assim, a obter medidas indiretas, que refletiriam o valor implícito na mente das pessoas: este é o caso de atribuir à vida um valor igual ao prêmio do seguro de vida pagos pelas pessoas, partindo do princípio de que se elas pagam para ter este benefício (mesmo não desejado), este é o valor que elas implicitamente estão dando às suas vidas. Mesmo assim, o raciocínio é limitado, uma vez que nada indica que isto é tudo o que a pessoa gostaria de receber como compensação. No limite, pode-se argumentar que, filosoficamente, a vida tem valor infinito e, portanto, não pode ser objeto de quantificação monetária de mercado. Ainda no campo dos acidentes, existem outros custos que podem ser facilmente estabelecidos: o valor do seguro pago pelas pessoas pelo veículo que utilizam, o valor médio dos reparos em veículos acidentados, o valor médio das internações hospitalares e até o valor do tempo parado, embora este também seja objeto de controvérsia.

No caso do tempo gasto, a polêmica também é intensa. Na tradição do planejamento de transporte, a valoração do tempo é feita de forma indireta, por meio dos salários das pessoas envolvidas. Assume-se que o tempo perdido tem um valor que guarda relação com o salário da pessoa - no sentido de tempo perdido para a produção econômica - e também que as pessoas atribuem valores ao tempo que dependem das suas condições pessoais (nível de renda, idade) e da condição específica de

deslocamento (tempo dentro do ônibus, tempo esperando em pé na via, tempo caminhando). A complexidade destes fatores, aliada à sua grande variação no tempo e no espaço, torna a valoração do tempo uma atividade polêmica: nos estudos de transporte, existem enormes variações entre os valores de tempo utilizados.

Na área da poluição, a atribuição de custos tem sido também difícil. Para a poluição atmosférica, existem os custos relativos ao prejuízo direto à saúde das pessoas (problemas respiratórios) e aqueles relativos ao meio ambiente global (flora, atmosfera), com efeitos de longo prazo. Segundo Quinet (1993), existem quatro formas de valoração da poluição:

- preços hedônicos: como não é possível quantificar diretamente, esta técnica atua indiretamente. Ela verifica, por exemplo, qual é a desvalorização sofrida por um imóvel que esteja sujeito ao efeito da poluição atmosférica ou sonora. Esta desvalorização é considerada o “custo” externo imposto ao proprietário do imóvel; a sua quantificação é difícil considerando as diferenças entre as várias situações possíveis.
- custo da viagem correspondente: é outra forma indireta; assume-se que uma pessoa que viaja por motivo de lazer está aceitando pagar o custo para ter este benefício e que, portanto, o custo da viagem tem relação com o valor que ela atribui ao benefício (no caso, ambiental);
- preferência declarada: é uma forma direta, pela qual se pergunta à pessoa quanto ela está disposta a pagar para ter um certo benefício (ambiental, no caso) ou quanto ela deseja de compensação para conviver com um determinado prejuízo ambiental; apresenta os problemas comuns a estas técnicas de pesquisa, referentes a como perguntar e como interpretar as respostas.
- impactos reais: procura-se quantificar os prejuízos diretos à saúde e, conseqüentemente, atribuir valores às internações hospitalares, à compra de medicamentos e à perda de horas de trabalho; para estes valores de mercado, a estimativa é possível mas para outros impactos - desconforto, mal estar - volta-se ao problema da quantificação. Para a poluição sonora, é possível quantificar os gastos com despesas de saúde, embora seja mais difícil quantificar os danos causados pela perda parcial do poder de audição.

Estas variações causam grande disparidade nas estimativas do custo social da poluição em um determinado país..

6.3.2. Estimativa de custos fora do mercado – preferência revelada e preferência declarada

Dada a dificuldade de representar alguns custos “intangíveis”, eles poderiam ser ignorados, mas esta atitude pode provocar grande distorção nas decisões das políticas públicas, uma vez que eles realmente significam algo para as pessoas, que gostariam de reduzi-los ou até eliminá-los. Assim, foram desenvolvidas técnicas específicas para estimar estes custos que o mercado não mostra diretamente. As

principais técnicas desenvolvidas são as pesquisas de preferência das pessoas, divididas em dois tipos: preferência revelada e preferência declarada.

A pesquisa de preferência revelada (PR) estima o custo que as pessoas atribuem a um determinado fator por meio da verificação, na prática, de qual atitude elas tomam frente a um fato concreto. Um exemplo claro é o da cobrança de pedágio em uma determinada estrada, na qual existe uma possibilidade de desvio por outra via (mais longo e mais demorado). Após o início da cobrança do pedágio, é possível observar quantas pessoas preferem utilizar o desvio, para evitar pagar o pedágio. A partir desta observação, o custo evitado do pagamento do pedágio por um caminhoneiro (por exemplo, R\$ 30) é comparado ao seu custo adicional para fazer um desvio que no caso leva uma hora. Pode-se concluir (dependendo ainda de considerações adicionais) que a pessoa que preferiu desviar “acha” que vale a pena perder uma hora para não pagar R\$ 30 de pedágio. Isto significa que esta pessoa atribui ao seu tempo um valor inferior a R\$ 30 por hora (caso contrário, ela pagaria os R\$ 30 para não desperdiçar o seu tempo). É importante lembrar que esta é uma avaliação simplificada, uma vez que outros motivos podem levar a pessoa a desviar, como o interesse de conhecer algum local diferente.

A pesquisa de preferência declarada (PD) trabalha de forma diferente. Ela aborda diretamente a pessoa, propõe uma situação hipotética – como a futura implantação do pedágio do exemplo anterior – e lhe pergunta, por exemplo, quanto ela aceitaria pagar por ele. As respostas das pessoas são avaliadas frente às suas características sócio-econômicas (idade, gênero, renda) e às características da sua mobilidade (viagens freqüentes ou esporádicas, modo utilizado), deduzindo-se qual é o grau de aceitação da proposta de instalação do pedágio e quais são os valores que podem ser cobrados das pessoas. No caso específico da PD, os estudos realizados em todo o mundo mostram que a preparação do questionário, a forma como a entrevista se dá e a forma como a situação hipotética colocada para as pessoas é formulada, são cruciais para que elas entendam o quê se deseja saber e para a confiabilidade das respostas (DTLR, 2002). Perguntas mal formuladas ou situações hipotéticas mal descritas podem gerar respostas completamente distorcidas, levando a conclusões incorretas por parte dos pesquisadores e decisões erradas por parte dos especialistas. O mundo da propaganda e do marketing, de onde foi retirada a experiência da PD, está repleto de exemplos de fracasso de lançamento de produtos que tinham sido “validados” por pesquisas mal conduzidas.

Na área do transporte, os dois tipos de pesquisa têm sido intensamente utilizados, isoladamente ou em conjunto. Para os estudos de externalidades, as pesquisas mais comuns referem-se à disposição a pagar pela redução dos impactos negativos da poluição atmosférica e dos acidentes de trânsito.

6.4. Sociedade e custo do transporte

Alguns estudos foram feitos sobre o custo geral do transporte para a sociedade. Eles se distinguem dos estudos de externalidades na medida em que avaliam todos os custos, inclusive os internalizados - e não apenas os custos externalizados citados anteriormente. Estes estudos têm o objetivo de fazer análises de “contabilidade” social, no sentido de verificar quem paga e quem se beneficia dos investimentos em transporte. Dependendo do seu tratamento teórico, podem incluir avaliações de equidade ou seja, de que maneira as necessidades das pessoas (independente de sua renda) estão sendo atendidas pelos investimentos em transporte. Há dois estudos gerais que merecem ser aqui resumidos.

O primeiro, de Littman (1996), traz o resultado de uma longa série de estudos sobre custos de transporte na América do Norte, compostos de forma a montar uma metodologia completa sobre o assunto. O estudo desenvolve uma metodologia para estimar os custos de transporte, internos e externos, tangíveis e intangíveis. São cobertos vinte custos, para onze modos de transporte, em condições urbanas e rurais. Os custos são classificados conforme três situações: a pertinência, ou seja, se os custos são internos (suportados pelo usuário) ou externos (suportados pelos outros); o comportamento, no sentido dos custos serem fixos ou variáveis; e a natureza, no sentido de serem ou não valorizados no mercado, como os combustíveis (que têm preço definido) ou a poluição (que não tem preço definido). O resumo dos custos considerados por Litman está no quadro 6.2.

Quadro 6.2
Custos de transporte

Custo	Pertinência	Comportamento	Natureza
1. Propriedade do veículo	Interno	Fixo	De mercado
2. Operação do veículo	Interno	Variável	De mercado
3. Subsídios de operação	Externo	Fixo	De mercado
4. Tempo de viagem	Interno	Variável	Fora de mercado
5. Acidente interno	Interno	Variável	Fora de mercado
6. Acidente externo	Externo	Variável	Fora de mercado
7. Estacionamento, interno	Interno	Fixo	De mercado
8. Estacionamento, externo	Externo	Fixo	De mercado
9. Congestionamento	Externo	Variável	De mercado
10. Equipamento viário	Externo	Variável	De mercado
11. Valor da terra na via	Externo	Variável	Misto
12. Serviços municipais	Externo	Variável	De mercado
13. Valor da oferta de transporte	Externo	Variável	Fora de mercado
14. Poluição atmosférica	Externo	Variável	Fora de mercado
15. Ruído	Externo	Variável	Fora de mercado
16. Consumo de recursos	Externo	Variável	Fora de mercado
17. Efeito-barreira	Externo	Variável	Fora de mercado
18. Impactos no uso do solo	Externo	Variável	Fora de mercado
19. Poluição da água	Externo	Variável	Fora de mercado
20. Disposição de detritos/lixo	Externo	Variável	Fora de mercado

Fonte: Litman, 1996, tabela 1.

O segundo estudo abrangente sobre o assunto é o de Miller e Moffet (1993). Seu objetivo era estimar os custos totais dos deslocamentos por automóveis, ônibus e trens nos EUA, e sistematizá-los de forma integrada. Não foram, portanto, considerados os custos de outros modos, como a bicicleta e a caminhada que, no caso dos EUA, são responsáveis por cerca de 10% do total de deslocamentos. Os custos foram calculados para cerca de 11 itens tangíveis e foram separados em três grupos:

- Custos pessoais, ou seja, cobertos pelo próprio usuário (aquisição e uso do veículo);
- Custos governamentais, na forma de investimentos, operação e subsídios;
- Custos da sociedade, na forma de poluição, acidentes, congestionamento.

O objetivo do trabalho era comparar estes três grupos de custo e verificar qual porcentagem dos custos não é coberta pelo usuário, sendo transferida para a sociedade ou para o governo. Foram também abordados vários custos intangíveis, como o patrimônio histórico, a equidade no transporte, e custos cuja natureza ainda se conhece pouco, como a valorização da propriedade, a perda de terras úteis, o espalhamento da área urbana, mas os autores preferiram não incluí-los na conta final por falta de dados mais precisos. Em termos gerais, os autores estimaram que o usuário do automóvel arca com cerca de 60% dos custos, cabendo 30% à sociedade e 10% ao governo. No caso do transporte público, o governo entra com a maior parte, seguido pelo usuário e pela sociedade.

6.5. Custos das externalidades

6.5.1. Acidentes

Os estudos existentes sobre os custos dos acidentes de trânsito enfrentaram dois problemas relevantes. O primeiro, de ordem filosófica, diz respeito a como atribuir valores monetários a efeitos como a dor, o sofrimento e, nos casos extremos, à morte de uma pessoa; o segundo, de natureza metodológica, refere-se a como separar os custos entre internos (pagos pelo causador do acidente) e externos (impostos às demais pessoas).

Pode-se dizer que os estudos dividem-se em dois tipos:

- O direto, em que são medidos apenas os custos de mercado, como os danos à propriedade, os custos de atendimento médico e a perda de produtividade;
- O método abrangente, em que são estimados também custos fora do mercado, como a dor, o sofrimento, a perda de qualidade de vida; uma das conseqüências deste procedimento é que os custos associados a estes itens tendem a ser mais elevados que aqueles que derivam do uso do método direto. Ocorre grande diferença em função da metodologia estimada: Miller e Moffet (1993) estimaram

o custo total dos acidentes nos EUA em 1998 como de US\$ 358 bilhões, usando o método abrangente, ao passo que o governo federal norte-americano estimou os custos em US\$ 137,5 bilhões em 1990, usando o método direto (US DOT, 1992).

É difícil superar as divergências, devido tanto à falta de dados sobre alguns impactos quanto às diferenças de interpretação sobre a natureza dos custos. Algumas das divergências se referem, por exemplo, a até que ponto o motorista que decide circular está considerando todos os custos eventualmente provenientes de um acidente, ou até que ponto ele é capaz de estimar com precisão quais são os riscos de envolvimento, dado que a maioria das pessoas tende a subestimar este risco em relação a si próprias. Outra dúvida importante no caso brasileiro refere-se ao custo imposto aos usuários mais vulneráveis (pedestres, ciclistas), que precisam adotar medidas de proteção contra o perigo trazido pelos veículos, implicando, por exemplo, em mudanças de rota ou até a supressão de viagens.

Em alguns países europeus estimou-se que os custos externos dos acidentes correspondem a dois terços para os acidentes com automóveis e mais de 90% no caso de caminhões e ônibus (Persson and Odegaard, 1995). Para o conjunto da comunidade europeia, o custo total dos acidentes de trânsito foi estimado em 45 bilhões de euros (considerando perda líquida de produção), correspondendo a 2,5% do PIB; a parte externa destes custos foi estimada em 1,5% do PIB (CCE, 1995).

Outra grande divergência refere-se ao “valor da vida” (ou “valor da vida estatística”). A tentativa de atribuir valor monetário à vida está ligada à intenção de avaliar investimentos na segurança de trânsito, em relação a investimentos alternativos. Os estudos internacionais começaram a estimar o valor da vida como igual à produção perdida pela morte da pessoa (produção bruta, ou líquida, após deduzir o consumo que não será realizado), para depois mudarem para avaliações mais abrangentes, em que se considera a disposição das pessoas a pagar pela sua segurança. Há sempre muita divergência sobre como definir o valor final, uma vez que as avaliações podem ser muito diferentes conforme as condições específicas da sociedade e das pessoas, como a idade, a renda (que tem relação diretamente proporcional com a disposição a pagar), o gênero, a ocupação, a escolaridade. Todos estes problemas levam a grandes diferenças nos valores considerados nos estudos (CCE, 1995): a tabela 6.1 mostra uma amplitude, dentre os países europeus, de cerca de US\$ 20.000 (Portugal) até US\$ 3,1 milhões (Suécia).

Tabela 6.1

Valor da vida em estudos de acidentes de trânsito, vários estudos

País	Ano	Valor (US\$)¹	Método
Alemanha	1988	1.010.700	Produção perdida
Finlândia	1989	2.562.000	Disposição a pagar
Reino Unido	1988	1.422.150	Disposição a pagar
Holanda	1983	759.000	Produção líquida
Noruega	1988	544.200	Produção perdida
Portugal	1976	19.650	Produção perdida
Suécia	1990	3.153.450	Disposição a pagar

1. Os valores em libras esterlinas no original foram transformados em dólares norte-americanos segundo a taxa de 1,5 US\$ por libra.

Fonte: Maddison et all, 1996.

Quanto ao tipo de custos analisados, no Reino Unido, por exemplo, os cálculos oficiais consideram os custos de valor da vida, de perda de produção, de serviços médicos, de custos policiais e administrativos e de custos materiais (tabela 6.2).

Tabela 6.2

Custos dos impactos nas pessoas dos acidentes, Reino Unido, vários níveis de severidade (preços de 1993)¹

Condição	Valor da vida, dor sofrimento	Perda de produção (líquida)	Custos médicos	Total	Proporção
Fatal	1.028.039	77.586	729	1.105.679	117
Grave	108.277	2.751	4.207	115.239	12
Leve	8.971	388	193	9.418	1

1. Os valores em libras esterlinas no original foram transformados em dólares norte-americanos segundo a taxa de 1,5 US\$ por libra.

Fonte: Maddison et all, 1996.

Pode-se ver que no caso do Reino Unido os acidentes fatais são avaliados em cerca de US\$ 1,1 milhão e que os acidentes com vítimas graves e leves são avaliados muito abaixo, devido ao grande impacto do valor da vida no caso dos acidentes fatais. O valor dos acidentes graves é avaliado em doze vezes mais do que os acidentes leves.

Na América Latina, alguns países têm estimado os custos dos seus acidentes de trânsito (tabela 6.3). Pode-se ver que os valores apresentam grande variação em relação à sua proporção do PIB, o que resulta também de metodologias diferentes na estimativa dos custos.

Tabela 6.3
Custos estimados de acidentes de trânsito na América Latina

País	Custo (10 ⁶ US\$)	%do PIB
Argentina	10.000	3,6
Brasil	9.561	2,5
Chile	630	1,3
Costa Rica	82	0,9

Fonte: Gold (1998) para o Brasil e BID (1998) para os demais.

No caso da Suécia, os custos médios dos acidentes de trânsito podem ser vistos na tabela 6.4. Pode-se observar que os custos variam de US\$ 9.900 para ferimentos leves até US\$ 1,2 milhão para os acidentes fatais. O maior componente dos custos, conforme outros estudos internacionais, é o “valor da vida”, neste caso captado pela disposição a pagar por parte das pessoas. Em segundo lugar, está a perda de produção, à exceção dos acidentes com feridos leves, em que a perda material é mais significativa.

Tabela 6.4
Custos médios dos acidentes de trânsito na Suécia, 1993

Tipo de Custo	Custo (US\$ mil) por tipo de acidente		
	Fatal	Severo	Leve
Humanos ¹	1.145,80	187,5	4,7
Perda produção	83,1	23,8	1,3
Médicos	2,6	16,8	0,8
Administrativos	4,8	1,1	0,5
Materiais	24,1	5,2	2,6
Total	1.260,40	234,4	9,9

1. Disposição a pagar para evitar os acidentes.

Fonte: Maddison et al, 1996.

O custo total dos acidentes na Suécia em 1993 foi estimado em 38,5 bilhões de coroas (cerca de US\$ 4 bilhões), dos quais US\$1,2 bilhões são considerados “externos” segundo os critérios locais (sujeitos, portanto, à discussão sobre a cobrança pela externalidade).

Experiência Brasileira

Custos médios

A experiência brasileira em relação aos custos dos acidentes é limitada à utilização de valores estrangeiros aplicados ao total de acidentes do país e à realização de poucos estudos com dados locais.

Custos de acidentes urbanos

No Brasil, o estudo mais completo foi realizado em 2002 pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA, do Governo Federal e pela Associação Nacional de Transportes Públicos - ANTP, com apoio do Denatran, do Ministério da Saúde, do Ministério dos Transportes e do Ministério da Justiça. Os custos médios obtidos nos estudos estão resumidos nas tabelas 6.5 e 6.6, e na figura 6.1. É importante salientar que o estudo não inclui a “disposição a pagar” para evitar acidentes.

Tabela 6.5
Custos unitários de acidentes urbanos de trânsito no Brasil, 2003

Tipo¹	Custo (R\$)
Com mortos	144.478
Com feridos	17.460
Com vítimas	35.163
Sem vítimas	3.262
Média geral	8.783

1. Não estão considerados os custos de dor e sofrimento, que existem em muitos estudos e que atingem valores muito elevados.

Fonte: IPEA/ANTP, 2003.

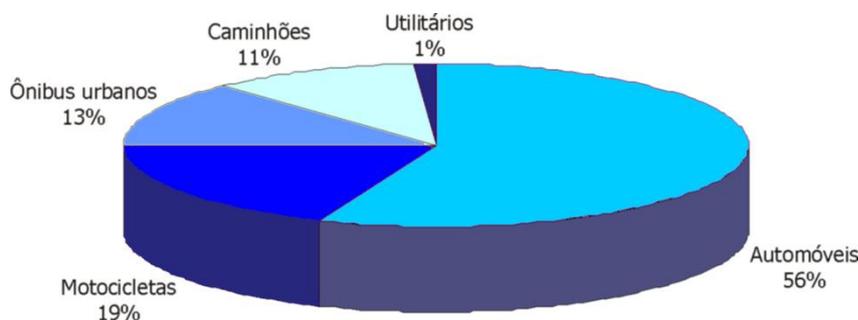
Tabela 6.6
Custos totais estimados de acidentes nas áreas urbanas brasileiras, 2003

Veículos	Custo (milhões R\$/ano)	Parcela (%)
Automóveis	2.859	55,5
Motocicletas	982	19,1
Ônibus urbanos	660	12,8
Caminhões	580	11,3
Utilitários leves	69	1,3
Total	5.150	100

Fonte: IPEA/ANTP, 2003.

Observa-se que o custo total estimado dos acidentes de trânsito nas cidades brasileiras no ano de 2003 era de R\$ 5,1 bilhões (uma estimativa total para o país precisaria incluir também os acidentes rodoviários). Pode-se ver também que os automóveis e utilitários leves são responsáveis por 57% dos custos. As motocicletas, dada sua periculosidade, já correspondem a 19% dos custos totais.

Figura 6.1
Participação dos modos de transporte nos custos de acidentes
nas aglomerações urbanas brasileiras, 2003



Fonte: IPEA/ANTP, 2005.

6.5.2. Congestionamento

Os custos dos congestionamentos podem ser estimados de duas formas. A forma mais comum encontrada nos estudos tem sua base na engenharia de tráfego. Ela estima o tempo perdido pelas pessoas, em relação a um tempo “ideal” definido pelo analista. Por exemplo, o tráfego em uma via expressa de alta qualidade pode ter como velocidade ideal 80 km/h, o que representa um gasto de 0,75 minuto por quilômetro. Caso a velocidade caia para 40 km/h, o tempo de percurso aumenta para 1,5 minuto por quilômetro, incorrendo em uma perda de 0,75 minuto por quilômetro. Esta perda, multiplicada pelo número de pessoas envolvidas no congestionamento, reflete a perda total (de tempo) que o congestionamento está causando aos usuários, em relação à situação “ideal”. O ponto fraco desta metodologia é que a definição do que seja “ideal” é subjetiva, podendo mudar de analista para analista. Mas, por sua facilidade de cálculo, é a mais encontrada na literatura.

Outra forma de estimar as perdas causadas pelo congestionamento é de base econômica. Ela é mais sofisticada do ponto de vista científico, uma vez que se baseia em estudos de disposição a pagar pela economia de tempo por parte dos usuários. No caso da mesma via expressa citada anteriormente, seria inicialmente determinada uma curva de oferta e demanda, que caracteriza o comportamento dos usuários da via. Esta curva relacionaria o custo de circular por ela (representado pelo tempo gasto por quilômetro percorrido) com a quantidade de pessoas que aceitaria circular por ela pagando este custo. Esta curva supõe, por exemplo, que se o custo subir muito (o motorista gasta muito tempo para andar pela via), alguns motoristas vão procurar outras vias para chegar ao seu destino ou vão simplesmente eliminar a viagem ou realizá-la em um horário menos congestionado. A curva pressupõe, também, que para alguns motoristas a via é tão importante que trafegar por ela é sempre melhor que qualquer alternativa, caso em que eles “pagam o preço” que for necessário. A partir desta curva básica, o estudo econômico estima

qual é o impacto que um motorista que entrar na via causa aos que nela já estão . Estimando este impacto, o analista “lê”, na curva inicial de utilização, quanto este impacto afeta a disposição dos motoristas de circular pela via e deduz quem é prejudicado e em qual medida, daí derivando o “custo” econômico causado pelo congestionamento.

Custos estimados pela metodologia da engenharia de tráfego

O maior estudo realizado no mundo com a metodologia da engenharia de tráfego é feito anualmente nos EUA, pela Universidade do Texas, abrangendo uma grande rede de vias expressas e semi-expressas de todo o país. Os custos do congestionamento são calculados para automóveis e caminhões, para os itens de atraso e consumo de combustível.

Para o cálculo do atraso sofrido pelos usuários são considerados o atraso sistemático (*recurring*) e o eventual (*non-recurring*, devido a acidentes, em função de parâmetros de outros estudos). O custo estimado por ano passa de US\$ 8 bilhões no caso de Los Angeles e é acima de um bilhão de dólares para mais uma dezena de cidades. Os custos anuais por veículo variam entre 400 e 1.600 dólares, ao passo que os custos *per capita* variam entre 250 e 820 dólares anuais.

Na França, um estudo de congestionamento em Paris (Taché, 1980) considerou três custos: tempo perdido, custo adicional de operação (caso do transporte público) e custo adicional de combustível. Os custos foram estimados considerando-se três níveis para as variáveis (alto, médio e baixo), estabelecendo-se assim um espectro possível de variação. Assumiu-se também que o congestionamento pode ocorrer entre 7 e 20 horas apenas, o que originou a quantidade aproximada de viagens que ocorrem em Paris (sujeitas ao congestionamento). A estimativa resultou em um valor de quase um bilhão de dólares (valores de 1978), sendo 647 milhões (68%) referentes ao tempo perdido, 252 milhões (26%) referentes ao consumo de combustível e 54 milhões (6%) referentes às despesas operacionais com os ônibus

No caso do Japão, um estudo sobre a condição geral das áreas urbanas apontou que os congestionamentos custam anualmente ao país cerca de 3% do seu PIB (Takada, 1991).

O caso do Brasil

No caso do Brasil, o estudo abrangente realizado pelo IPEA e pela ANTP em 1998 mostrou que os custos referentes à perda de tempo, ao consumo excessivo de combustíveis, à emissão excessiva de poluentes e à área viária adicional necessária devido ao congestionamento chegam, em valores de 2010, a cerca de R\$ um bilhão nas dez cidades pesquisadas (tabela 6.7). Cerca de 70% dos custos concentram-se na cidade de São Paulo.

Tabela 6.7

Custos anuais do congestionamento em dez cidades brasileiras, 2010

Item	Milhões R\$/ano
Tempo de percurso	411
Combustível	311
Poluição	78
Sistema viário	205
Total	1.005

Fonte: IPEA/ANTP, 1998; custos atualizados de 1998 para 2010 pelo IPCA.

Custos estimados pela metodologia econômica

O maior estudo realizado com esta metodologia foi feito pela União Européia (tabela 6.8). Observa-se que o custo anual nos principais países é muito elevado, da ordem de dezenas de bilhões de euros.

Tabela 6.8

Custos de congestionamento na União Européia, 1995

País	Bilhões Euros/ano
Alemanha	75
Inglaterra	48
França	38
Italia	31
Holanda	20

Fonte Maibach et all, 2000.

No caso de cidades específicas, um estudo especial feito em Bruxelas estimou os custos de congestionamento de automóveis, ônibus e caminhões, para os períodos de pico e fora-de-pico (Mayeres et all, 1996). As estimativas foram baseadas em uma curva de relação exponencial entre o fluxo de veículos e o tempo de percurso no sistema viário de Bruxelas, podendo-se assim estimar o tempo necessário para percorrer um quilômetro para cada nível de fluxo de tráfego. A tabela 6.9 resume os custos marginais para os três tipos de veículos.

Tabela 6.9

Custos marginais de congestionamento em Bruxelas, 2005

Veículo e período de uso	US\$/veic-km	US\$/pass-km
Auto a gasolina, pico	1,67	1,67
Auto a gasolina, fora de pico	0,005	0,005
Ônibus, pico	3,339	0,083
Ônibus, fora de pico	0,01	0,001
Caminhão, pico	3,339	(-)
Caminhão, fora de pico	0,01	(-)

Fonte: Mayeres et all, 1996.

Observa-se, conforme esperado, que o custo marginal é muito maior no período de pico, para os três tipos de veículo. Observa-se também que o custo é maior para os veículos grandes como o ônibus e o caminhão, de cerca do dobro do custo do automóvel. Este custo, medido por veículo-km, naturalmente muda muito quando se considera a ocupação dos veículos, que permite estimar o custo por passageiro-km (para autos e ônibus). A tabela 6.9 mostra que o custo marginal por passageiro transportado é muito maior nos automóveis: no horário de pico este custo é 20 vezes superior ao custo do ônibus.

6.5.3. Poluição

O valor econômico da poluição tem sido estudado no mundo inteiro, principalmente nos países mais industrializados. Ele se refere aos custos para a saúde pública e para os indivíduos, de impactos negativos provocados pelos poluentes emitidos pelos veículos. A tabela 6.10 resume alguns custos de estudos internacionais.

Tabela 6.10
Custos em saúde dos poluentes, vários estudos

Poluente	US\$/kg			
	Delucchi, 1996	Miller e Moffet, 1993	Littman, 1996	IPEA ¹ (1998)
CO	0,01 - 0,09	1	-	0,095
HC			-	0,57
NO _x	1,17 - 17,29	0,64 - 8,8	3,97	0,56
SOX	6,9 - 65,22	1 - 4,5	5,15	-
PM	9,75 - 133,78	3,6	4,89	0,455
CO ₂	-	0,06 - 0,13	0,046	-

1. À época do estudo (1998), R\$1,00 era equivalente a US\$ 1.00; os valores foram obtidos dividindo os valores em reais por dois.

Fonte: Vasconcellos, 2008

Observa-se que há grande variação entre os valores propostos pelas fontes. Esta variação é compreensível, dada a complexidade do fenômeno e o fato de haver poucos estudos detalhados a respeito. No estudo do IPEA/ANTP citado anteriormente, foram utilizados valores de pesquisas internacionais, no entanto transferidas para o caso brasileiro assumindo-se a proporção correspondente entre as rendas médias per capita.

Sensibilidade dos cálculos em função dos parâmetros utilizados

Um exemplo ilustrativo da dificuldade de estimar os custos encontra-se em Guillian et all (2004) usando o caso da Cidade do México (tabela 6.9). No exemplo, os benefícios para a morbidade (ocorrência de problemas de saúde) e para a mortalidade, que podem ocorrer se houver uma redução de 10% no MP estão estimado de três formas:

- a. Custos diretos: a morbidade é avaliada pelos custos de internação hospitalar mais os custos da perda de produtividade em função dos problemas de saúde; a mortalidade é avaliada pela perda da produção futura da pessoa que falece;
- b. Custos diretos e disposição a pagar (DP1): neste caso, o custo da morbidade foi acrescentado pela DP1 para não passar pelos sofrimentos associados às doenças
- c. Custos diretos e disposição a pagar total: neste caso, a morbidade foi avaliada da mesma forma imediatamente anterior, ao passo que a mortalidade foi avaliada com a disposição a pagar específica dela (para evitar a mortalidade) (DP2), que é um valor muito superior.

Os resultados da tabela 6.11 mostram grande diferença nas estimativas dos benefícios. A forma mais simples de estimá-los gera um valor de US\$ 96 milhões, ao passo que as demais formas (que incluem disposição a pagar) geram estimativas 7 e 15 vezes superiores. Este exemplo simples mostra a importância crucial de definir qual forma utilizar para estimar benefícios, do contrário as decisões sobre os investimentos públicos para reduzir a poluição podem ser seriamente distorcidas.

Tabela 6.11

Estimativa dos benefícios para a saúde da redução de 10% do material particulado na Cidade do México utilizando três formas de estimativa

Metodologia de cálculo		Benefícios	
Morbidade	Mortalidade	(US\$ milhões)	Índice
Custos diretos	Perda de produtividade	96	1
Custos diretos + DP1	Perda de produtividade	644	6,7
Custos diretos + DP1	DP2	1.451	15,1

Fonte: *Guilliam et al, 2004.*

Custos para o caso do Brasil

No caso do Brasil, há poucos estudos realizados. Uma forma de estimar os custos de poluição para o nosso país é escolher dados de pesquisas de outros países com mais tradição na área e adaptá-los à economia brasileira (por exemplo, nossos níveis salariais). Isto é essencial, para evitar, por exemplo, que os maiores salários dos médicos e das pessoas dos países industrializados produzam custos hospitalares excessivamente altos nos países em desenvolvimento. A forma mais comum de fazer esta adaptação é utilizar os índices de “paridade de compra”, que mostram quanto a renda de uma pessoa de um determinado país vale em relação à renda nos EUA. No caso do Brasil, esta relação é de aproximadamente 1:5, ou seja, o que custa 5 nos EUA custa 1 no Brasil.

A tabela 6.12 mostra os custos da poluição para a saúde das pessoas no Brasil, utilizando o método da paridade de compra, a partir de custos de estudos feitos no exterior.

Tabela 6.12
Custos dos poluentes para a saúde, Brasil, 2004

Poluente	R\$/ton
CO	665
HC	2.946
NO _x	3.410
MP	17.434
Sox	12.973
CO ₂	106

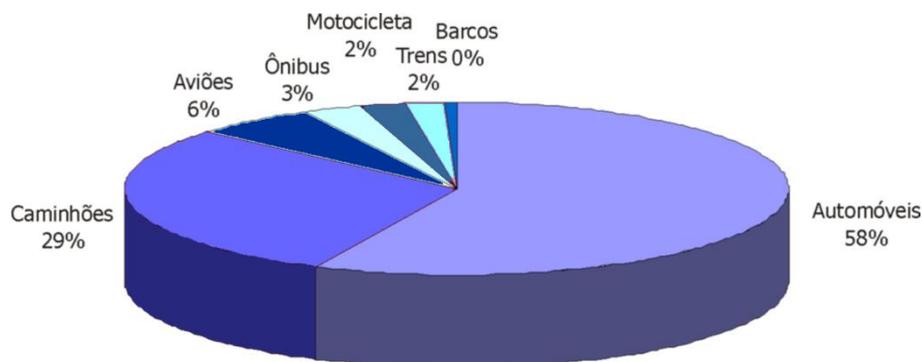
Fonte: Valores de estudos internacionais adaptados pelo autor à realidade brasileira.

Pode-se ver que o custo da poluição atmosférica, adaptado às condições brasileiras, varia de R\$ 600 a tonelada para o monóxido de carbono a R\$ 17.000 a tonelada para o material particulado (MP). Este último poluente tem alto custo devido à relação comprovada com a morte prematura de idosos e pessoas com doenças respiratórias crônicas. No entanto, ele é emitido em pequenas quantidades, quando relacionado aos demais poluentes. Portanto, para chegar-se a uma estimativa final do impacto da poluição de um combustível, é necessário estimar quanto de cada poluente é emitido, por cada tipo de transporte, em cada situação específica, e ao final somar os custos específicos de cada poluente, para gerar o custo final total.

6.6. Custos externos totais do transporte

A Comunidade Européia desenvolveu um grande estudo em 1995 para estimar os custos externos do transporte. Neles estão incluídos os custos de poluição atmosférica e sonora, acidentes de trânsito, impactos urbanos, danos diretos à natureza e custos indiretos, do processo de construção de infra-estrutura (não incluem os custos dos congestionamentos). Estes custos equivaliam, em 1995, a 530 bilhões de euros, correspondentes a 7,8% do Produto Interno Bruto dos países envolvidos (Maibach et alli, 2000). Os maiores custos eram os de acidentes (29%), poluição atmosférica local (25%) e poluição com gases do efeito estufa, levando a mudanças climáticas (23%). Quanto aos modos de transporte, o automóvel estava associado a 58% dos custos, ao passo que os caminhões estavam associados a 29% dois custos (figura 6.2).

Figura 6.2
Custos externos do transporte na Comunidade Européia, 1995



Fonte: Maibach et alli, 2000.

Os custos por mil pass-km eram de 87 euros para os autos, 38 euros para os ônibus e 20 euros para os trens. Na comparação entre os efeitos de cada modo de transporte de passageiros, foram identificadas grandes diferenças entre os modos (tabela 6.13). Observa-se que as motocicletas e aos autos têm custos de acidentes por passageiro-km cerca de, respectivamente, 280 vezes e 40 vezes superiores ao custo dos trens, ao passo que os ônibus têm custo apenas 3 vezes superiores ao dos trens. No tocante à poluição atmosférica local e à poluição ligada ao efeito estufa, os modos motorizados que utilizam petróleo emitem de 2 a 4 vezes mais poluentes por passageiro-km que os trens. Deve-se lembrar que estes dados estão diretamente ligados à ocupação dos veículos, podendo mudar muito no caso de outras regiões ou países.

Tabela 6.13
Custos de acidentes e de poluição no transporte de passageiros, União Européia, 1995

Transporte	Euros/1.00 pass-km		
	Acidentes	Poluição (local)	Poluição (estufa)
Automóvel	40	3,5	3
Motocicleta	278	1,6	2,6
Ônibus	3,4	4,1	1,7
Trem	1	1	1

Fonte: Maibach et alli, 2000.

Custos nos EUA

O estudo de Miller e Moffet (1993) estimou vários custos ambientais ligados ao transporte nos EUA, em 1990 (tabela 6.14).

Tabela 6.14
Custos ambientais dos modos de transporte, EUA, 1990

Item	US\$/pass-km (modo)		
	Auto	Ônibus	Trem
Energia	0,94 a 3,12	0,54 a 1,75	0,24 a 0,81
Congestionamento	0,22	na	na
Acidentes	2,06	0,44	0,38
Poluição	2,5 a 4,37	1 a 2,81	0,9 a 3,12
Total	5,72 a 9,77	1,98 a 5	1,54 a 4,31
Total (médio)	7,7	3,5	2,9

Fonte: Miller e Moffet, 1993.

Observa-se que os automóveis apresentam os maiores custos em todos os itens – energia, congestionamento, acidentes e poluição. O seu custo médio por passageiro-km é mais do que o dobro do custo do ônibus e 2,6 vezes superior ao custo do trem.

6.7. A transferência de valores entre estudos

A realização de pesquisas de preferência revelada ou declarada, para obter valores de disposição a pagar, é trabalhosa e custosa. Em muitos casos, não é possível realizá-las. Uma forma de contornar o problema é utilizar dados obtidos em outros estudos – como os anteriormente resumidos – por meio de uma “transferência” de valores. Esta transferência deve ser feita com cuidado, uma vez que se está assumindo uma certa semelhança entre as condições que basearam o estudo inicial e as condições que estão por trás da situação para a qual se deseja transferir os resultados da pesquisa feita no outro lugar. Como os resultados das pesquisas são expressos em valores monetários – por exemplo, a disposição a pagar (DP) das pessoas para reduzir a poluição atmosférica – a forma mais utilizada de transferência é aquela que adapta o valor da DP da pesquisa realizada à renda do local ou país da situação para a qual se deseja transferir o valor. Para o caso da transferência de um valor obtido na Inglaterra para o Brasil, a forma mais simples é aplicar à DP estimada no estudo inglês um coeficiente que relaciona a renda naquele país com a renda no Brasil. Internacionalmente, ao comparar rendas pessoais entre países, tem sido utilizada a tabela internacional de “paridade de renda”, que compara quanto um dólar norte-americano é capaz de comprar em cada país. Com isto, obtém-se uma comparação verdadeira, que escapa da antiga comparação puramente numérica, entre a renda pura em dólares das pessoas de cada país. Assim, a fórmula de transferência de valores de DP de uma pesquisa feita na Inglaterra para o Brasil é:

$$DP_{br} = DP_{ing} * (R_{br}/R_{ing})^e$$

onde

DP_{br} = disposição a pagar no Brasil (estimada por transferência);

DP_{ing} = disposição a pagar na Inglaterra (medida por pesquisa);

R_{br} = renda per capita média no Brasil, pela tabela de paridade de renda internacional;

R_{ing} = renda per capita média na Inglaterra, pela tabela de paridade de renda internacional;

e = coeficiente de elasticidade de renda da disposição a pagar, que reflete a variação percentual na DP com a variação na renda per capita.

Por esta fórmula, valores de DP para evitar uma morte relacionada à poluição atmosférica, por exemplo, que são da ordem de US\$ 4 milhões na Comunidade Européia, transformam-se em cerca de US\$ 1 milhão para aplicação no Brasil.

7. Estimativa dos impactos básicos da implantação de uma linha de metrô

Ao imaginarmos a implantação de um sistema de transporte sobre trilhos numa cidade será possível entender quais são os impactos que se pode esperar dele e, portanto, compreender qual pode ser a sua abrangência espacial e operacional nas cidades. Como o sistema não pode abranger todo o espaço da cidade a variação nos consumos e nos impactos que ele poderá causar estará contida dentro dos limites dos consumos e impactos hoje verificados na cidade imaginária, ou seja, corresponderá a uma parcela deles.

Se imaginarmos uma cidade hipotética de três milhões de pessoas, que se locomovem usando vários modos de transporte sobre rodas, poderemos estudar quais são os consumos e os impactos desta mobilidade. As estimativas foram feitas apenas para a operação direta dos modos de transporte e não para o ciclo total. As tabelas 7.1 e 7.2 resumem alguns dados.

Tabela 7.1

Consumos e impactos individuais da mobilidade das pessoas de uma cidade de três milhões de habitantes no Brasil

Dado	A pé	Bicicleta	Moto	Ônibus	Auto
Viagens/pessoa/dia	0,7	0,1	0,05	0,7	0,4
Minutos/viagem	15	20	20	40	25
Km/viagem	1	2	4	8	4
Gep ¹ /viagem	0	0	123	136	275
Poluentes locais ² /km	0	0	16,07	27,35	15,5
GEE ³ /km	0	0	81,7	1197	196

1. Gep = gramas equivalentes de petróleo; 2. Poluentes locais (CO, NO_x, HC, SO_x e MP); 3.

Poluentes do efeito estufa (apenas CO₂).

Fonte dos dados de emissão: SMA/CETESB, 2010.

Vemos pela tabela 7.1 que a mobilidade pessoal por modo varia de 0,05 viagem/habitante/dia na motocicleta a 0,7 a pé ou nos ônibus. Vemos também que os tempos médios de percurso por viagem variam de 15 minutos nas viagens a pé até 40 minutos nas viagens de ônibus.

Tabela 7.2

Consumos e impactos totais da mobilidade das pessoas de uma cidade de três milhões de habitantes no Brasil

Dado	A pé	Bicicleta	Moto	Ônibus	Auto	Total
Viagens/dia	2.100.000	300.000	150.000	2.100.000	1.200.000	5.850.000
Horas/dia	525.000	100.000	50.000	1.400.000	500.000	2.575.000
Veículo-km/dia	2.100.000	600.000	600.000	840.000	3.428.571	7.568.571
R\$/dia	0	0	120.000	3.360.000	2.057.143	5.537.143
Tep/dia	0	0	19	285	330	634
Poluentes	0	0	7,9	22	53	83
GEE/dia (ton)	0	0	49	1.005	672	1.727

Fonte: *Elaboração própria.*

A tabela 7.2 mostra que são feitas por dia 5,85 milhões de viagens, sendo a maioria realizada caminhando ou usando ônibus. Estas viagens consomem 2,57 milhões de horas por dia – representando uma média de 26,4 minutos por viagem e de 51,5 minutos por habitante. Os veículos usados percorrem 7,56 milhões de km por dia e o custo total envolvido é de R\$ 5,5 milhões. A energia consumida diariamente é de 634 TEP, sendo emitidas 84 toneladas de poluentes locais e 1.727 toneladas de CO₂. Os automóveis são responsáveis pela maior parte do consumo de energia e da emissão de poluentes locais. Os ônibus são responsáveis pela maior emissão de CO₂.

Imaginemos agora que seja implantada uma linha de metrô, que vai usar energia elétrica. Ela está prevista para atender a 500 mil passageiros por dia (25% da demanda atual de transporte público) e atrairá viagens hoje feitas em todos os modos de transporte, mas principalmente dos ônibus (tabela 7.3). Imaginemos também que a viagem no metrô demorará 20 minutos.

Tabela 7.3

Viagens atraídas para a nova linha de metrô

Informação	A pé	Bicicleta	Moto	Ônibus	Auto	Total
Origem da demanda do metrô (%)	5	5	5	70	15	100
Viagens captadas/dia	25.000	25.000	25.000	350.000	75.000	500.000

Fonte: *Elaboração própria.*

A tabela 7.4 mostra os novos dados da mobilidade após a implantação da linha de metrô. O metrô transportará 500 mil pessoas por dia, que demandarão 166 mil horas de viagens. Usarão 80 TEP de energia, com zero de emissões.

Tabela 7.4

Consumos e impactos totais da mobilidade após a implantação da linha de metrô

Dado	A pé	Bicicleta	Moto	Ônibus	Metrô	Auto	Total
Viagens/dia	2.075.000	275.000	125.000	1.750.000	500.000	1.125.000	5.850.000
Horas/dia	518.750	91.667	41.667	1.166.667	166.667	468.750	2.454.167
Km/dia	2.075.000	550.000	500.000	700.000	78.833	3.214.286	7.118.119
R\$/dia	0	0	100.000	2.800.000	630.667	1.928.571	5.459.238
Tep/dia	0	0	15	237	80	310	643
Poluentes locais/dia (ton)	0	0	7	18	0	50	74
GEE/dia (ton)	0	0	41	838	0	630	1.509

Fonte: *Elaboração própria.*

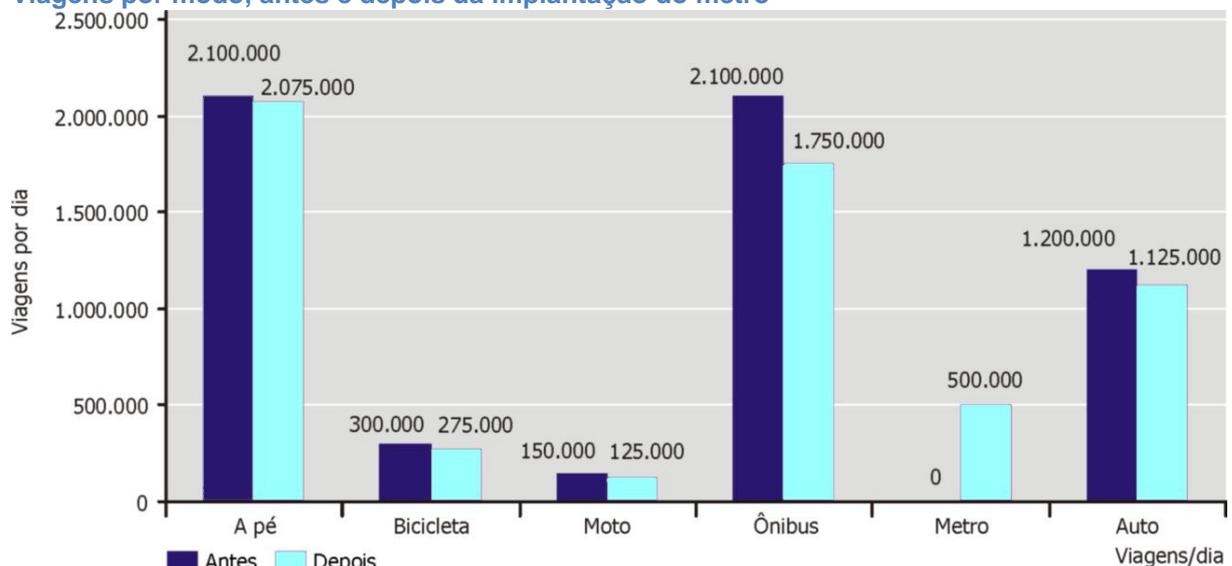
O impacto geral na mobilidade pode ser visto nas figuras 7.1 e 7.2. A figura 7.2 mostra que com a implantação da linha de metrô o consumo total de tempo pelas pessoas cai 5% e o custo geral de operação de todos os modos motorizados cai 1%. No tocante à energia, foram feitas duas estimativas: a primeira, considerando a energia gasta pelo metrô na tração dos veículos e no funcionamento de estações, terminais e instalações, o consumo total aumenta 1%; na segunda estimativa, usando apenas a energia de tração dos veículos (para que a comparação com os ônibus seja mais exata), o consumo geral de energia cai 2%.

Em relação à emissão de poluentes locais ocorre uma redução de 10% e no caso do CO₂, uma redução de 13%.

Estes valores mudariam caso mude algum parâmetro mostrado na tabela 7.1. Por exemplo, se mais usuários de autos mudarem para o metrô, maiores serão as quedas nas emissões e no consumo de energia. Se os veículos que usam gasolina ou diesel forem menos poluentes, as vantagens do metrô serão menores. E se o tempo de percurso no metrô foi ainda menor do que o previsto, o ganho geral de tempo vai ser maior.

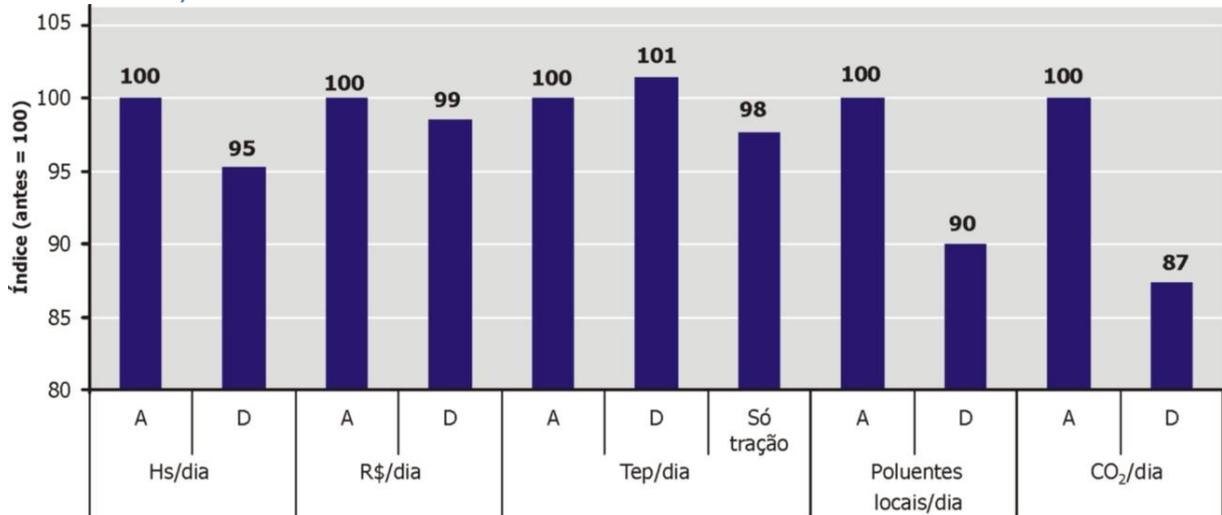
Figura 7.1

Viagens por modo, antes e depois da implantação do metrô



Fonte: *Elaboração própria.*

Figura 7.2
Mudança nos consumos de tempo e energia, no custo e na emissão de poluentes (situação “antes” = 100)



Fonte: *Elaboração própria.*

8. Propostas de políticas públicas referentes aos temas discutidos

8.1. Desenvolver metodologia com parâmetros brasileiros

Precisamos desenvolver no Brasil uma metodologia que utilize parâmetros compatíveis com a nossa realidade. Embora muitos dados importantes existam é necessário continuar a pesquisar.

Os principais dados necessários são:

- a. Valor do tempo de percurso: já existem vários dados a respeito, originados, por exemplo, de estudos feitos em rodovias com pedágio. É importante que haja um esforço de reunir as informações disponíveis e propor valores típicos a serem usados no país;
- b. Custo dos impactos ambientais: estudar melhor o custo hospitalar e outros custos associados ao transporte, nas condições reais do Brasil;
- c. Valor da regularidade e da confiabilidade trazidas pelos sistemas metroferroviários;
- d. Formas de estimar a valorização do solo urbano decorrente da construção de novas infraestruturas metroferroviárias, bem como de revertê-la a favor do financiamento do sistema;
- e. Formas de estimar o efeito de “rede” de transporte na dinamização da economia local ou regional;
- f. Ciclo de produção e uso: estudar os ciclos de consumo de materiais e energia, e de emissões de poluentes dos sistemas de transporte do país, à semelhança do realizado na Europa, EUA e outros países ricos.

8.2. Capacitar os técnicos

Precisamos capacitar os técnicos relacionados ao transporte de passageiros a realizar estudos mais detalhados e abrangentes de custos e benefícios. Esta atividade é nova no país e a maioria dos técnicos que estão na área há mais de 20 anos tem pouca informação ou capacitação a respeito

8.3. Inserir novas formas de estimativas nos procedimentos de avaliação de projetos

A avaliação de projetos de transporte de passageiros precisa incorporar novos parâmetros, que reflitam melhor o conjunto de custos, impactos e benefícios. A partir de novos estudos propostos, será possível montar uma metodologia de avaliação mais abrangente e mais adequada para orientar as decisões de políticas públicas de transporte no Brasil.

Referências

- Banco Mundial (1996) Sustainable transport – priorities for policy action, Washington.
- Banister, D. (2007) Quantification of the nontransport benefits resulting from rail investment, Transport Studies Unit, Working paper N° 1029, October 2007.
- Baumol e Oates (1998) The theory of environmental policy, Cambridge University Press, UK.
- Bovy, P. (1990) Environmental impacts of land-based transport infrastructures, Swiss Federal Institute of Technology, Lausanne.
- CAF – Corporación Andina de Fomento (2010) Observatorio de Movilidad Urbana de América Latina, relatório final, Caracas.
- Câmara de Comércio de Bogotá (2009), *Observatório de movilidad de Bogotá*, Bogotá.
- CCE - Comissão das Comunidades Europeias (1995) Para uma formação correcta e eficiente dos preços dos transportes, Bruxelas.
- CMSP – Metrô de São Paulo (2008) Pesquisa Origem-destino de 2007, São Paulo
- DTLR (2002) Economic Evaluation with stated preference techniques, Londres.
- EMTA - European Metropolitan Transport Authorities (2009) Barometer of Public Transport in European Metropolitan Areas 2006, Madrid.
- Goldemberg, J. (1998) Energia, Meio ambiente e desenvolvimento, Edusp/Cesp, São Paulo.
- Guilliam et all (2004) Reducing Air pollution from urban transport, World Bank, Washington.
- IPEA/ ANTP (1998) Redução das deseconomias urbanas com a melhoria do transporte público, relatório final, Brasília.
- _____. (2003) Custos dos acidentes de trânsito urbano no Brasil, Brasília.
- Joumard, R. (1991) “Caractérisation des émissions unitaires des véhicules légers”, Recherche Transport Sécurité 32, pp 71-80.
- Litman, T. (1996) Transportation cost analysis: techniques, estimates and implications, Victoria Transport Policy Institute, Canada.
- _____. (2011) Rail Transit in America. A Comprehensive Evaluation of Benefits, Victoria Transport Policy Institute, Canada.
- Lomax T.; Turner S. e Shunk G. (1996) Quantifying congestion, TTI, Texas, EUA.
- Maddison, D.; Pearce D.; Olof J.; Calthrop E.; Litman T.; Verhoef E. (1996) The true costs of road transport, Earthscan, UK.
- Maibach M.; Schenkel P.; Peter D. e Gehrig S. (1997) Environmental indicators in transport – measures for ecological comparisons between various transport means, INFRAS, Zurich.

- Martínez L. M. e Viegas J. M. (2011), "The value capture potential of the Lisbon Subway", Instituto Superior Técnico, Lisboa - apresentação em "Power point" no World Symposium on Transport and Land Use Research (WSTLUR), Whistler, British Columbia, July 28-30, 2011.
- Mayeres I.; Ochelen S. e Proost S. (1996) "The marginal external costs of urban transport", Transportation Research D vol1, n.2, pp 111-130.
- Miller, P. e Moffet, J. (1993), The price of mobility - uncovering the hidden costs of transportation, Natural resources Defense Council, EUA.
- Municipalidad de Rosario (2003) "La situación del transporte metropolitano en Rosario y su área metropolitana – diagnostico basado en la encuesta Origen-Destino de 2002", Rosario.
- Newberry D. (1992) "Economic principles relevant to pricing roads", Oxford Review of Economic Policy 6(2).
- OECD (1988) Transport and the environment, Paris.
- Persoon, U. e Odegaard, K. "External costs of road traffic accidents: an international comparison", Journal of Transport economics and Policy, september, pp 291-304.
- Quinet, E. (1993) "Can we value the environment?" In Banister e Button , Transport, the environment and sustainable development, E&FN Spon, Londres, pp 191-204.
- Ribeiro , S. K. e Balassiano, R. (1997) CO2 Emissions From Passenger Transport In Rio de Janeiro. Transport Policy, v. 4, n. 2, p. 135-139.
- Saldiva P. H. (1998) Poluição atmosférica e saúde, uma abordagem experimental, Greenpeace, São Paulo SMA/CETESB (2010), Inventário de emissões do Estado de São Paulo, São Paulo
- SECTRA Chile (2010), *Encuestas de movilidad en Chile*, www.sectra.ch.
- SECTRA-Rio (2005), *Pesquisa origem-destino da RMRJ*, Rio de Janeiro.
- Taché, P. (1978) "Le cout de la congestion", TEC, Novembro-dezembro 1978, 16-21.
- Takada, K. (1991), "Grappling with traffic congestion", The wheel extended, 75, 9-19.
- Tolley, R. e Turton, B. (1995) Transport systems, policy and planning, a geographical approach Longman, UK.
- TRB - Transportation Research Board (2000) Highway Capacity Manual , Washington.
- TTI - Texas Transportation Institute (1995) Urban Roadway Congestion - 1982 to 1992, volume 1: annual report, Texas, EUA.
- US Department of Transportation - DOT (1986) Quantification of urban freeway congestion and analysis of remedial measures, staff report, EUA, Outubro de 1986.
- _____ (1992) Economic costs of motor vehicle crashes 1990, Washington.
- Varma, A.; Souba, J.; Faiz. A. e Sinha, K. C. (1992) "Environmental considerations of land transport in developing countries", Transport Reviews 12 (2) , pp 101-113
- Vasconcellos, E. A. (2008) Transporte e Meio Ambiente – Dados e informações para a análise de impactos, Annablumne, São Pauo.

Verhoef, E. (1994) “External effects and social costs of road transport”, Transportation Research A vol 28 , n4, pp 273-287.

Whitelegg (1997) Critical Mass – transport, environment and society in the twenty-first century, Pluto Press, London.

Índice geral

1. Contexto	2
2. Objetivo	3
3. O uso dos meios de transporte nas grandes cidades	4
3.1. Características da mobilidade urbana na América Latina	4
3.2. Mobilidade urbana em países desenvolvidos	7
4. Estudos da mobilidade e seus efeitos	9
4.1. Consumos	9
4.2. Impactos	10
4.2.1. Impactos positivos	10
4.2.2. Impactos negativos	13
4.2.3. Impactos indiretos ou de longo prazo	13
5. Conceituação didática das formas tradicionais de estimativa dos consumos e impactos	17
5.1. Conceitos gerais	17
5.2. Formas de estimativa dos consumos e impactos tradicionalmente considerados	18
5.2.1. Tempos de percurso	18
5.2.2. Emissão de poluentes	19
A poluição e a saúde da Terra	20
Impactos de diferentes formas de energia na produção de CO ₂	21
Poluição e saúde humana	21
Emissão de poluentes e velocidade do veículo	23
A poluição sonora	24
5.2.3. Congestionamento	25
A definição de congestionamento	25
Estudos técnicos	26
Estudo no Brasil	27
Estudos econômicos	30
Sumário	32
6. Custos dos impactos do transporte urbano	34
6.1. Considerações teóricas – externalidades no transporte urbano	34
6.2. Medição das externalidades	35
6.3. Valoração das externalidades	36
6.3.1. Análise geral	36
6.3.2. Estimativa de custos fora do mercado – preferência revelada e preferência declarada	37
6.4. Sociedade e custo do transporte	39
6.5. Custos das externalidades	40
6.5.1. Acidentes	40
Experiência Brasileira	43

6.5.2. Congestionamento	45
Custos estimados pela metodologia da engenharia de tráfego	46
O caso do Brasil	46
Custos estimados pela metodologia econômica	47
6.5.3. Poluição	48
Sensibilidade dos cálculos em função dos parâmetros utilizados	48
Custos para o caso do Brasil	49
6.6. Custos externos totais do transporte	50
Custos nos EUA	51
6.7. A transferência de valores entre estudos	52
7. Estimativa dos impactos básicos da implantação de uma linha de metrô	54
8. Propostas de políticas públicas referentes aos temas discutidos	58
8.1. Desenvolver metodologia com parâmetros brasileiros	58
8.2. Capacitar os técnicos	59
8.3. Inserir novas formas de estimativas nos procedimentos de avaliação de projetos	59
Referências	60

Índice de figuras, quadros e tabelas

Figuras

Figura 3.1	
Divisão modal de cidades, América Latina, 2007, todos os modos	5
Figura 3.2	
Divisão modal de cidades, América Latina, 2007, modos motorizados	5
Figura 3.3	
Mobilidade pessoal e renda familiar, cidades da América Latina	6
Figura 3.4	
Participação dos modos metroferroviários nas cidades da América Latina, 2007	7
Figura 3.5	
Mobilidade nas áreas metropolitanas da Europa – modos motorizados	8
Figura 5.1	
Potencial de poluição com gases do efeito estufa, transporte de passageiros, Suíça	21
Figura 5.2	
Emissões de automóveis em relação à velocidade	24
Figura 5.3	
Emissões de ônibus em relação à velocidade	24
Figura 5.4	
Fluxo na via e tempo relativo de percurso	31
Figura 6.1	
Participação dos modos de transporte nos custos de acidentes nas aglomerações urbanas brasileiras, 2003	45
Figura 6.2	
Custos externos do transporte na Comunidade Européia, 1995	51
Figura 7.1	
Viagens por modo, antes e depois da implantação do metrô	56
Figura 7.2	
Mudança nos consumos de tempo e energia, no custo e na emissão de poluentes (situação “antes” = 100)	57

Quadros

Quadro 4.1	
Materiais consumidos e desperdiçados na construção e uso de um automóvel	9
Quadro 4.2	
Consumos e impactos principais do transporte metroferroviário	16
Quadro 5.1	
Indicadores agregados do congestionamento	27

Quadro 6.1	
Exemplos de custos internos e externos em transportes	35
Quadro 6.2	
Custos de transporte	39

Tabelas

Tabela 4.1	
Receita anual adicional do metrô de Lisboa com aplicação de taxas especiais	15
Tabela 5.1	
Emissão de CO2 por tipo de energia, da produção à utilização	18
Tabela 5.2	
Contribuição para a poluição geral por modo de transporte, México e São Paulo	19
Tabela 5.3	
Contribuição de CO2 por tipo de combustível	20
Tabela 5.4	
Efeito do volume de tráfego no ruído	25
Tabela 5.5	
Desempenho médio do trânsito, dez cidades brasileiras, 1998	29
Tabela 5.6	
Impacto do congestionamento severo no sistema de ônibus, dez cidades brasileiras, 1998	30
Tabela 5.7	
Custos externos marginais do congestionamento na Inglaterra, 1990	31
Tabela 5.8	
Níveis de consumo e emissão de diferentes modos de transporte	33
Tabela 6.1	
Valor da vida em estudos de acidentes de trânsito, vários estudos	42
Tabela 6.2	
Custos dos impactos nas pessoas dos acidentes, Reino Unido, vários níveis de severidade (preços de 1993) ¹	42
Tabela 6.3	
Custos estimados de acidentes de trânsito na América Latina	43
Tabela 6.4	
Custos médios dos acidentes de trânsito na Suécia, 1993	43
Tabela 6.5	
Custos unitários de acidentes urbanos de trânsito no Brasil, 2003	44
Tabela 6.6	
Custos totais estimados de acidentes nas áreas urbanas brasileiras, 2003	44
Tabela 6.7	
Custos anuais do congestionamento em dez cidades brasileiras, 2010	47
Tabela 6.8	
Custos de congestionamento na União Européia, 1995	47
Tabela 6.9	
Custos marginais de congestionamento em Bruxelas, 2005	48
	66

Tabela 6.10	
Custos em saúde dos poluentes, vários estudos	48
Tabela 6.11	
Estimativa dos benefícios para a saúde da redução de 10% do material particulado na Cidade do México utilizando três formas de estimativa	49
Tabela 6.12	
Custos dos poluentes para a saúde, Brasil, 2004	50
Tabela 6.13	
Custos de acidentes e de poluição no transporte de passageiros, União Européia, 1995	51
Tabela 6.14	
Custos ambientais dos modos de transporte, EUA, 1990	52
Tabela 7.1	
Consumos e impactos individuais da mobilidade das pessoas de uma cidade de três milhões de habitantes no Brasil	54
Tabela 7.2	
Consumos e impactos totais da mobilidade das pessoas de uma cidade de três milhões de habitantes no Brasil	55
Tabela 7.3	
Viagens atraídas para a nova linha de metrô	55
Tabela 7.4	
Consumos e impactos totais da mobilidade após a implantação da linha de metrô	55

Externalidades do Transporte Público de Passageiros sobre Trilhos

Autores

Eduardo Alcântara de Vasconcelos –
Movimento Engenharia

Revisores técnicos

Pedro Armante Carneiro Machado
Antonio Carlos de Moraes

Editoração eletrônica

Ariovaldo Ferraz de Arruda Veiga

Ficha catalográfica

Biblioteca Neli Siqueira – Cia do
Metropolitano de São Paulo - Metrô

Diretoria Executiva

José Geraldo Baião

Presidente

Ayres Rodrigues Gonçalves

Vice-Presidente de Administração e Finanças

Jayme Domingo Filho

Vice-Presidente de Atividades Técnicas

Carlos Augusto Rossi

Vice-Presidente de Assuntos Associativos

Maria Toshiko Yamawaki

1º Diretor Secretário

Pedro Armante Carneiro Machado

2º Diretor Secretário

Arnaldo Pinto Coelho

1º Diretor Tesoureiro

Luiz Eduardo Argenton

2º Diretor Tesoureiro

Conselho Deliberativo

Adriano Oliveira dos Santos

Antonio Luciano Videira Costa

Ariovaldo Ferraz de Arruda Veiga

Bárbara Ramos Coutinho

Christian Becker Bueno de Abreu

Fabio Dos Santos

Fabio Tadeu Alves

Jose Arnaldo Macedo Catuta

Mara Silvana Siqueira

Odecio Braga de Louredo Filho

Rolando Jose Santoro Netto

Valter Belapetravicius

Conselho Fiscal

Antonio Fioravanti

Iria Aparecida Hissnauer Assef

Manoel Santiago Da Silva Leite

Conselho Consultivo

Emiliano Stanislau Affonso Neto

Jose Ricardo Fazzole Ferreira

Laerte C. Mathias de Oliveira

Luiz Carlos de Alcantara

Luiz Felipe Pacheco de Araujo

Manoel da Silva Ferreira Filho

AEAMESP

Estudos Técnicos 2

© Associação dos Engenheiros e Arquitetos de Metrô

Rua do Paraíso, 67 - 2º andar - Paraíso, São Paulo/SP
CEP: 04103-000 Tel/Fax: (11) 3284 0041 /
www.aeamesp.org.br - aeamesp@aeamesp.org.br