

NT 214

2010

## VIABILIDADE DA ANÁLISE DE POLÍTICAS DE BALANCEAMENTO DE ATIVIDADES COM MODELOS DE TRANSPORTES: ESTUDO DE APLICAÇÃO À CIDADE DE SÃO PAULO

Arqtª Denise Lima Lopes

Engº Hugo Pietrantonio

### 1. INTRODUÇÃO E OBJETIVO

Nas grandes cidades, com significativa frequência políticas de melhoria do tráfego e do transporte baseadas na promoção do balanceamento de atividades têm sido consideradas de forma cada vez mais destacada e crescente (Cervero, 1996; Levine, 1998; Malone-Lee et al, 2001; São Paulo, 2002).

Downs (1992) classifica as políticas de gerenciamento de tráfego em políticas que atuam sobre o lado da oferta e as que intervêm sobre a demanda. Ele enfatiza que as políticas de gerenciamento da oferta (que em sua maioria buscam aumentar a eficiência viária) sofrem limitações importantes (destacando-se a escassez de recursos financeiros, o reduzido impacto no longo prazo e o efeito de barreira impostos à circulação) enquanto políticas de gerenciamento da demanda (que de forma geral se concentram na redução do número ou da extensão das viagens) são frequentemente criticadas pela influência bastante limitada na demanda viária e pela restrição à liberdade individual de escolha de transporte.

As políticas de gerenciamento do uso do solo pertencem ao grupo das que agem sobre a demanda de transportes, estando entre as que menos sofrem críticas em termos de restrição à liberdade de escolha individual de transporte.

Neste campo, existe um renovado interesse nas políticas integradas por parte de órgãos governamentais e agências de fomento em diversas partes do mundo (Nowlan, Stewart, 1991; Malone-Lee et al, 2001; São Paulo, 2002). Há vários exemplos de políticas de uso do solo (Lopes, 2003) tais como as que se baseiam no adensamento residencial, na desconcentração de atividades geradoras de emprego e, no gerenciamento do crescimento local. Entre elas destacam-se as que se baseiam no balanceamento de atividades (geralmente de emprego e moradia).

Entretanto, no que se refere à discussão relativa ao potencial do balanceamento de atividades, a questão é bastante delicada e controversa. Segundo Cervero (1996), existe um grande debate não só quanto à viabilidade de implementação, mas também quanto à eficácia das políticas de balanceamento sobre a demanda viária.

Entre os obstáculos à implantação de políticas de balanceamento entre residência e emprego pode-se citar: a distância entre os empregos de indivíduos que residem no mesmo domicílio, a alta taxa de rotatividade de empregos e a quantidade de outras variáveis envolvidas na escolha do local de moradia que não simplesmente a distância do local de emprego. E, por fim, não se pode esquecer que políticas de balanceamento representam apenas um potencial de localização de emprego mais próximo da moradia, mas não

necessariamente os moradores de uma determinada área serão adequados ou estarão dispostos a preencher os empregos disponíveis dentro dessa mesma área.<sup>1</sup>

O caso citado como melhor exemplo do sucesso de políticas de planejamento integrado urbano e de transportes usando o balanceamento de emprego e residência é a experiência de Toronto nos anos 80, onde o adensamento populacional e residencial no distrito comercial central provou ser eficaz na contenção do aumento de viagens pendulares por motivo trabalho (Nowlan, Stewart, 1991).

No caso de São Paulo, políticas de promoção do balanceamento de atividades são usualmente incluídas na agenda de discussão e existe, atualmente, a determinação de conceber e buscar a viabilização de políticas de repovoamento nas áreas centrais, conforme relata a Comissão de Estudos sobre Habitação na Área Central. Em seu relatório final (São Paulo, 2001) comenta-se que a perspectiva segregacionista (zonas social e funcionalmente separadas) resultou em deseconomias, com destaque para a excessiva necessidade de deslocamentos pendulares e afirma que “aproximar moradia e trabalho é um objetivo fundamental”. Assim, aproveitando-se da existência de déficit residencial, do ‘esvaziamento populacional’ ocorrido ao longo dos últimos 20 anos na área central e da existência de fundos alocados para aplicação em habitação, preferencialmente na área central, a cidade pretende investir na recuperação desta área através de convênios objetivando a reforma de prédios ocupados pelo movimento de moradia e de vários outros projetos de reciclagem ou construção de novas unidades, entre outros. E o Plano Diretor do Município, promulgado em setembro de 2002, veio dar suporte legal a esta estratégia de planejamento integrado (São Paulo, 2002).

No presente estudo é feita uma investigação sobre a viabilidade do uso de modelos tradicionais de 4 etapas ou integrados de uso do solo e transportes para o estudo de políticas de melhoria do tráfego urbano baseadas na promoção do balanceamento de atividades. A controvérsia e o interesse por políticas integradas de uso do solo e transportes, em particular as orientadas a promover o balanceamento de atividades, tornam importante uma discussão mais minuciosa das metodologias de investigação a seguir. As metodologias alternativas de investigação são discutidas, destacando a utilização de estudos baseados em modelos de simulação, sejam tradicionais ou integrados e, por fim, o uso de processos sintetizados é então apresentado como alternativa de trabalho.

O procedimento de estudo selecionado é, então, detalhado e são apresentados os resultados das simulações realizadas no intuito de mensurar os efeitos do balanceamento entre residências e emprego sobre o tráfego aplicando-se processo sintetizado à modelagem selecionada.

Por fim, são resumidas as conclusões obtidas e discutidos os pontos levantados para estudo futuro. Note-se que, neste estudo, não se pretende discutir a viabilidade de implementação de políticas de balanceamento (e a seleção dos instrumentos eficazes para sua promoção), mas sim seu efeito potencial sobre o tráfego.

---

<sup>1</sup> A mensuração do balanceamento de atividades é uma questão a ser melhor discutida. A forma usual, relacionada com a razão agregada entre medidas de atividades (por exemplo, entre moradias e empregos) é imperfeita se não for estabelecida a área de influência efetivamente envolvida na interação entre elas. É preciso lembrar que o nível de balanceamento depende sempre do tamanho da região a ser considerada, visto que normalmente, quanto maior a área de estudo, maior o balanceamento “aparente” de uma mesma situação real.

## 2. MODELOS DE SIMULAÇÃO PARA ANÁLISE DE POLÍTICAS DE BALANCEAMENTO DE ATIVIDADES

Os estudos sobre o impacto das políticas de balanceamento de atividades sobre a demanda de transportes e de tráfego estão relacionados com estudos mais amplos que tratam questões relativas às políticas integradas de forma geral ou aos aspectos da estrutura urbana que condicionam a demanda por transporte e tráfego. Nestes campos, existe uma vasta discussão, em especial nos EUA, que trata da influência de fatores relacionados com, por exemplo, a forma urbana.

Estes estudos seguem diferentes métodos de investigação. Por exemplo, segundo Handy (1996), a maioria dos recentes estudos que exploram a relação entre forma urbana e comportamento de viagem usam um dos seguintes métodos: estudos de simulação, análises estatísticas agregadas, análises estatísticas desagregadas, estudos com modelos de escolha (de modo, destino, escolhas combinadas, etc.) e estudos baseados na análise de atividades (estes dois últimos utilizados com menor frequência).

O uso de modelos de simulação é, portanto, uma das alternativas. A avaliação de políticas governamentais no planejamento de transportes normalmente também faz uso de modelos de simulação, sejam eles tradicionais ou integrados com o uso do solo, e embora tenham sido alvo de intensas críticas após os anos 70, são reconhecidos como ferramenta aplicável (quase indispensável) na estimação da demanda.

Na prática, modelos de transporte tradicionais de 4 etapas (geração, distribuição, repartição e alocação de viagens) sempre foram os mais utilizados para calcular a demanda por viagens a partir de padrões de atividades assumidos. Como estes modelos não prevêem uma realimentação automática para estimar as variações de uso do solo resultantes das alterações de transporte inicialmente encontradas, as estimativas de demanda por transporte podem conseqüentemente resultar menos precisas.

Os modelos integrados buscam incorporar a antiga percepção de que o uso do solo também é afetado pela oferta de transportes. Esta realimentação indica que ambos estão mutuamente interligados (os modelos convencionais têm apenas o efeito direto). Neste sentido, os modelos integrados de uso do solo e transportes mostram-se potencialmente superiores, embora sua maior complexidade possa resultar em maiores dificuldades devido à necessidade de dados e à complexidade dos resultados a avaliar.

Apesar de todas as potenciais limitações, os modelos de simulação são ferramentas indispensáveis para a estimação da demanda de tráfego nas vias e, conseqüentemente, para o planejamento de transportes. Entretanto, vários motivos, inclusive o investimento em levantamento de dados e calibração dos modelos de transportes, levaram ao questionamento sobre a viabilidade do uso de modelos já calibrados e sugeriram alternativas do emprego de processos sintetizados, onde a transferência de parâmetros oriundos de outros locais/períodos para estudos de regiões com características socioeconômicas similares representaria uma economia em vários sentidos.<sup>2</sup>

Diversos trabalhos, entre eles o estudo de Akishino (2002) aplicado em uma região de São Paulo, analisam a aplicação de processos sintetizados à modelagem tradicional de transportes e fazem referência a uma série de estudos anteriores usando o mesmo processo, confirmando a viabilidade da sua utilização. Não foram identificados estudos

---

<sup>2</sup> O uso da terminologia “processo sintetizado” utilizada aqui para indicar um processo expedito aplicado à modelagem não é de consenso geral. Outras denominações como “modelo sintetizado” ou “modelo sintético”, “processo simplificado” ou “modelo simplificado” são encontradas na literatura para referir-se a este tipo de processo ou método.

correspondentes sobre processos sintetizados integrados, embora existam notícias sobre seu uso na atividade técnica dos trabalhos profissionais correspondentes.

Considerando estas informações, o presente estudo pesquisou a possibilidade de utilizar modelos tradicionais ou integrados para mensurar o impacto do balanceamento de atividades urbanas sobre a demanda de tráfego, discutindo a necessidade de dados para a implementação dos modelos, inclusive para a opção de uso dos processos sintetizados tradicionais ou integrados, considerando as possibilidades concretas para uma aplicação a São Paulo, conforme resumido a seguir.

### **Modelos Tradicionais de Transporte**

Os modelos de transporte tradicionais são amplamente descritos na literatura técnica sobre planejamento de transportes e largamente utilizados na prática profissional para previsão de demanda de viagem e de alocação do tráfego. Hutchinson (1979) e Ortúzar; Willumsen (1994) apresentam boas descrições deste tipo de modelos.

Os modelos de transporte tradicionais assumem que as relações encontradas entre as características de viagens e determinadas características socioeconômicas de uma área de estudo podem ser consideradas estáveis naquela área, para um certo período de tempo, permitindo estimar as alterações que poderiam ocorrer na demanda de viagens em função de alterações propostas ou esperadas dessas características socioeconômicas e dos transportes (como o crescimento da população ou sua renda e os investimentos em infraestrutura viária).

Os modelos tradicionais baseiam-se na definição de zonas de tráfego, do sistema transportes e de dados socioeconômicos do ano base, que são codificados e usados para calibração e validação dos modelos. A partir de previsões ou políticas para o sistema de transportes e as atividades socioeconômicas futuras, os modelos tradicionais empregam uma estrutura seqüencial de quatro etapas em que é estimado o total de viagens realizadas nas zonas de tráfego, as quais são em seguida distribuídas em intercâmbios de viagens entre as zonas e repartidas entre os modos de transporte disponíveis, para serem por fim alocadas, carregando o sistema viário. Para tanto, os modelos calibrados devem exprimir as relações de geração de viagens e de escolha de destino, modo e rota das viagens. A partir daí procede-se à avaliação/comparação de resultados para os diferentes cenários projetados de acordo com objetivos de planejamento previamente definidos.

Considerando que o planejamento trabalha com o futuro e que previsões de padrões de viagem e de uso do solo constituem um dos principais esforços deste planejamento, falta considerar nesta descrição o impacto que alterações no sistema de transporte têm sobre o uso do solo, como já observado. Alterações no uso do solo em razão da variação de acessibilidade de uma zona pela inclusão ou melhoria da infra-estrutura não são consideradas automaticamente e têm de ser definidas externamente. Da mesma forma, a necessidade de infra-estrutura adicional dada pelo aumento de população ou de atividade nas zonas também não é considerada pelo modelo de transportes tradicional. Nas formas mais usuais, estes modelos podem também ser criticados por assumir que a geração de viagens das atividades é inelástica em relação ao custo ou tempo de viagem ou por não representar restrições decorrentes do encadeamento de viagens. Além disso, as simulações podem ser realizadas de forma estritamente seqüencial ou incorporar algum grau de reiteração (*feedback*) considerando alteração dos custos e tempos de transportes admitidos (que podem ser revisados após a alocação de tráfego).

### **Modelos Integrados de Uso do Solo e Transportes**

O modelo de Lowry, publicado em 1964, foi um marco pioneiro na proposição de modelos integrados de uso do solo e transporte capazes de representar a relação causal entre distribuição espacial de atividades e deslocamento de pessoas levando em conta os efeitos de realimentação sobre as atividades decorrentes de alterações na infra-estrutura ou nos serviços de transportes, efeitos esses verificados através de variações de acessibilidade. Sua descrição completa pode ser encontrada em Lowry (1964) ou de forma mais resumida em Hutchinson (1979) ou Novaes (1981), onde são também apresentados exemplos de aplicações práticas no Brasil e no mundo. Segundo Hutchinson, até hoje, grande parte das aplicações de modelos de uso do solo usaram alguma forma do modelo de Lowry (ou suas variações, como ocorreu em São Paulo).

Em linhas gerais, este modelo parte do conceito de emprego básico, que decorre de atividades determinadas de forma autônoma em relação à interação local (por exemplo, determinados por fatores regionais ou mundiais ou resultantes de processos históricos ou políticos rígidos). Usa então as projeções exógenas de emprego básico para estimar a distribuição da população e, em seguida, do emprego em serviços. A escolha de local de residência e de local de compras é estimada em função da atratividade e acessibilidade, e um processo iterativo determina o equilíbrio da distribuição conjunta de população e emprego. Nas versões dinâmicas, adota-se uma forma incremental e reconhece-se a existência de estoques construídos (que demandam investimentos para modificá-los) e estima-se o crescimento/redução dos estoques de forma específica. Restrições exógenas de planejamento influenciam a competitividade pela melhor localização dentro do mercado imobiliário e os limites para os estoques de edificações que podem ser incorporados ao modelo (cuja existência limita a concentração de população e emprego, através dos mecanismos de mercado que geram a valorização imobiliária pela escassez).

É importante ressaltar não só que o modelo original de Lowry não considera uma série de interações econômicas (como o mercado imobiliário e a influência da acessibilidade no valor dos aluguéis), mas também que se trata de um modelo de equilíbrio instantâneo (ou estático) que não representa o desenvolvimento do sistema urbano em estudo ao longo do tempo como função da configuração passada (ou futura) e supõe que a distribuição espacial das atividades atinge a condição de equilíbrio no ano-horizonte. Apesar de aplicado a diversas cidades e em estudos acadêmicos, inclusive no Brasil, o modelo de Lowry não é normalmente considerado uma ferramenta operacional. Por este motivo, as versões dinâmicas do modelo são consideradas mais adequadas.

As principais versões operacionais de modelos integrados são dinâmicas e podem ser relacionadas com os trabalhos de Putman e Echenique.<sup>3</sup> Em relação aos modelos de transporte tradicionais que geralmente concentram-se em alterações da rede viária, os modelos integrados, além de apresentarem um processo automatizado de realimentação entre o modelo de uso do solo e o de transportes, permitem também testar políticas que envolvam por exemplo a definição das diretrizes da lei de zoneamento para o futuro. Ademais, podem ser desagregados e dinâmicos, representar os estoques de edificações e utilizar mecanismos de mercado com base na teoria econômica e mecanismos de escolha (como o modelo de Echenique) e ainda representar a circularidade na determinação da renda a partir da produção (como o modelo de Anas).

---

<sup>3</sup> Uma descrição sucinta da estrutura geral do modelo ITLUP de Putman e do modelo MEP de Echenique pode ser vista em Lopes (2003). Uma análise teórica dos modelos alternativos com representação do mercado imobiliário pode ser encontrada em Pietrantonio (2001).

No contexto de países em desenvolvimento, não faltam aspectos importantes que mesmo estas versões operacionais ignoram (ou pelo menos não consideram de forma explícita). Por exemplo, a existência de ocupações irregulares (considerando as decisões dos ofertadores e demandadores destes espaços urbanos) não é claramente incorporada. No entanto, a incorporação dos efeitos de indiretos sobre o uso do solo e no mercado imobiliário (pelo menos nas versões mais avançadas) pode ser um aspecto importante.

### ***Necessidade de Dados para Implementação de Modelos***

A previsão da demanda por viagens utilizando modelos requer sempre uma grande quantidade de dados de entrada. Em geral, quanto melhor um modelo procura representar os complexos processos envolvidos nas escolhas de viagem definidas pelo usuário, maior o número de variáveis envolvidas. Por esse motivo, normalmente, os modelos mais complexos exigem maior volume de dados na fase de preparação. No entanto, podem requerer menos dados exógenos para as projeções e simulações, caso tenham capacidade de estimar internamente uma parte das projeções usadas.

De qualquer forma, a decisão sobre o grau de complexidade do modelo depende em grande parte da disponibilidade de dados. Naturalmente a qualidade das estimativas geradas pelo modelo é também um aspecto essencial. Este aspecto deve normalmente combinar a qualidade dos modelos com a dos dados utilizados na calibração e na simulação. A disponibilidade de dados também limita a viabilidade dos estudos, pelas restrições de recursos (tempo e conhecimento técnico, além de dinheiro) e o uso dos processos sintetizados pode oferecer-se como uma alternativa importante, neste aspecto.

Numa comparação entre a necessidade de dados para a implementação de modelos de transporte tradicionais e modelos integrados de uso do solo e transporte, Lopes (2003) concluiu que os modelos integrados são mais exigentes que os modelos tradicionais em termos de dados na fase de preparação e calibração, uma vez que envolvem mais variáveis e submodelos. Requerem ainda algumas informações exógenas que não são necessárias nos modelos tradicionais (relacionadas, por exemplo, a políticas de uso do solo e restrições resultantes delas). No entanto, exigem apenas projeções exógenas agregadas ou restritas às atividades básicas, dado que a previsão da distribuição espacial das atividades induzidas é modelada endogenamente. Também, espera-se que, em contrapartida à complexidade dos modelos, os resultados sejam mais adequados para que os órgãos que os adotem tenham benefícios significativos na sua adoção.

A implementação de modelos com o uso de processos sintetizados é menos intensiva e extensiva no uso de dados, seja para modelos de transporte tradicionais ou para modelos integrados de uso do solo e transportes. No entanto, sua aplicação depende da existência de estudos anteriores que podem ser usados como fonte de informação. Mesmo a aplicação de processos sintetizados a modelos integrados, que requer mais parâmetros do que a aplicação aos modelos tradicionais, embora conte com uma base de informações bem mais restrita, pode ser viável em muitos casos. São Paulo tem um histórico favorável neste aspecto (o SISTRAN e o MUT foram estudos pioneiros, internacionalmente, no uso de modelos integrados). Contudo, ajustes de parâmetros e taxas transferidos entre modelos integrados, que constituem um aspecto potencialmente importante em processos sintetizados, são mais difíceis que nas aplicações de processos sintetizados com modelos convencionais.

### ***Representação de Políticas de Balanceamento de Atividades***

Este é um aspecto em que os pontos fortes e fracos de modelos tradicionais e integrados tornam a opção metodológica difícil.

Vale lembrar que, nos modelos tradicionais, o balanceamento é introduzido como hipótese através de dados exógenos de distribuição de população e emprego (o que permite criar



qualquer cenário, independente da sua plausibilidade) e que a avaliação do efeito de um cenário de balanceamento sobre a demanda de transportes e sobre o tráfego é o resultado fornecido pela própria aplicação dos modelos tradicionais. Portanto, a representação de políticas de balanceamento é simples, embora seja exógena.

Já nos modelos integrados, a distribuição de atividades é endógena e deve ser obtida a partir da concepção de políticas para promoção do balanceamento de atividades que condicionarão os resultados. A validade dos modelos integrados garante que os cenários sejam consistentes e viáveis. Entretanto, observou-se que a representação de políticas de balanceamento de atividades não pode ser feita de forma direta no caso dos modelos integrados, como ocorre no caso dos modelos convencionais. Além disso, o uso de processos sintetizados com modelos integrados é um ponto mais delicado devido à necessidade de transferência de parâmetros.

Para análise das políticas de balanceamento de atividades, com o uso dos modelos integrados seria necessário investigar quais políticas integradas seriam capazes de produzir balanceamento de atividades (ou desbalanceamento). Nenhuma discussão específica sobre este aspecto foi identificada na literatura estudada. Ao contrário, existem indicações surpreendentes de que políticas consideradas saudáveis, como o investimento em transporte público de massa, podem produzir resultados indesejáveis em termos de balanceamento, se comparadas com investimentos viários do mesmo porte (Echenique, 1978). Com o uso dos modelos convencionais seria necessário investigar quais cenários de balanceamento são plausíveis (ou considerá-los como cenários hipotéticos de análise). A análise é bastante complexa (seja para formular cenários realistas ou para analisar a relevância de resultados de cenários hipotéticos).

#### **Análise Comparativa sobre o Uso de Modelos Tradicionais e Integrados**

Em conclusão, pode-se afirmar que:

- a análise do uso de modelos tradicionais na avaliação de políticas integradas de uso do solo e transportes apontou limitações, como adotar cenários exógenos para o uso do solo, assumir a demanda como sendo inelástica para cada cenário (não se alterando em função de variações no tempo e custo do transporte) ou a abrangência limitada do escopo (visto que os modelos são sensíveis a um número reduzido de respostas dos usuários às alterações de transportes);
- os modelos integrados, por outro lado, combinam maior adequação teórica com o fato de requererem menor quantidade de dados exógenos de atividades para cenários futuros e de permitirem que resultados de uso do solo e de transportes sejam estimados consistentemente através de processo iterativo, além de representarem a dinâmica do ajuste no uso do solo (aspectos importantes como a existência de ocupações irregulares podem ser mal representados);
- embora em termos de adequação dos resultados, possa-se esperar que a consistência dos cenários de uso do solo seja maior com o uso de modelos integrados, existe a dificuldade de identificar políticas correspondentes a concepção de diferentes cenários (isto é, políticas eficientes de promoção do balanceamento ou desbalanceamento de atividades); o oposto ocorre no caso dos modelos convencionais (é fácil construir cenários de balanceamento ou desbalanceamento mas é difícil garantir que sejam consistentes); e
- por sua vez, para ambos, pode-se esperar que a avaliação do efeito da distribuição de atividades na demanda de transportes e no tráfego seja similar.

### 3. VIABILIDADE DO USO DE MODELOS PARA ANÁLISE DE POLÍTICAS DE BALANCEAMENTO DE ATIVIDADES EM SÃO PAULO

A cidade de São Paulo encontra-se numa situação peculiar, contando com uma série de pesquisas domiciliares de Origem-Destino decenais, iniciadas em 1967. Estas, além de possibilitar a calibração de modelos de demanda, permitem estimar a população desagregada por faixa de renda e por zona de tráfego bem como a posse de auto por domicílio, e ainda podem ser comparadas com os dados do censo (considerada a disparidade entre as zonas de tráfego e as zonas censitárias). O estudo descrito a seguir será baseado na pesquisa O-D/1997, já amplamente usada em trabalhos anteriores.

Dados referentes às redes viária e de transporte público foram obtidos da Companhia de Engenharia de Tráfego – CET/SP, da São Paulo Transportes – SPTrans e da Companhia do Metropolitano de São Paulo – Metrô/SP, que são condizentes com um zoneamento desagregado em 1158 zonas, exceto para fluxos de carga (que não foram levantados na O-D/1997 mas em pesquisas suplementares, utilizando um zoneamento específico mais agregado). Entretanto, nos dados obtidos, a calibração da rede de transportes públicos é considerada ainda deficiente além de suas dimensões superarem a capacidade de simulação da versão disponível na EPUSP do *software* utilizado (EMME2).

Dados sobre o uso do solo para modelos integrados também poderiam basear-se no TPCL, o cadastro municipal de imóveis, pelo menos para a cidade de São Paulo. Extratos do cadastro foram obtidos, através da Secretaria de Finanças, referentes aos anos de 1997, 2000 e 2002, incluindo informações sobre área construída e área de terreno por face de quadra para o município de São Paulo, previamente dividido em lotes. Ademais, os usos são classificados por tipo e as construções por padrão. No entanto, não foi possível estabelecer a relação entre os dados do TPCL e os referentes à Pesquisa O-D para 1997. É importante também considerar que o TPCL apresenta problemas relacionados (entre outros) a erros de cadastramento, omissões, usos ilegais e irregulares, sendo portanto uma fonte de dados potencial, mas de difícil utilização sem processamentos complementares trabalhosos.

Para a aplicação de processos sintetizados é necessário também que existam fontes de parâmetros e taxas para transferência. Uma extensa revisão desta questão para o uso de modelos tradicionais pode ser vista em Akishino (2002).

Para este trabalho, é preciso analisar os problemas de transferibilidade dos parâmetros calibrados para um estudo correspondente à área e ao período relativo à Pesquisa O-D/1997. O levantamento dos modelos de simulação já utilizados na cidade de São Paulo ou na área metropolitana apontou alternativas potencialmente aplicáveis.

Modelos tradicionais foram calibrados e utilizados em estudos aplicados a São Paulo por diversas ocasiões sendo a primeira aplicação verificada no estudo desenvolvido pelo consórcio HMD relativo à implantação do sistema metroviário em 1968 (Mackel, 1968), quando a estimação da demanda foi baseada nos dados da primeira pesquisa O-D realizada em 1967 e abrangeu a região metropolitana.

Mais recentemente, a Companhia do Metropolitano de São Paulo – Metrô/SP calibrou modelos tradicionais por ocasião da realização das pesquisas O-D de 1987 e 1997 para estudos da definição da rede básica e da expansão da rede metroviária respectivamente. A CET/SP e a SPTrans também utilizam-se de modelos tradicionais em suas atividades de planejamento, contudo o fazem a partir de matrizes de viagens previamente elaboradas, realizando apenas etapas de repartição modal e alocação de viagens (ou apenas esta última etapa, no caso de políticas de menor impacto).



De forma geral, os modelos tradicionais aplicados a São Paulo são simplificados (por exemplo com agregação dos tipos de viagem em base domiciliar por motivo trabalho, base domiciliar por motivo escola e demais viagens por outros motivos, sem distinguir classes de usuários por faixa de renda ou posse de auto, e com agregação de empregos em uma única categoria, além da inclusão de caminhões como demanda exógena).

Modelos integrados foram também propostos e aplicados em estudos para São Paulo em algumas ocasiões. O primeiro, no projeto SISTRAN de 1974, seguiu a linha dos modelos de Echenique mas construiu uma versão bastante simplificada, em parte devido aos dados limitados oriundos principalmente da pesquisa O-D de 1967. Uma descrição completa do modelo encontra-se na ampla bibliografia (São Paulo, 1974) e está feita de forma sucinta em Lopes (2003).

Por ocasião da realização da Pesquisa O/D de 1977, foi realizado um amplo estudo para desenvolvimento, implementação, calibração e implantação do MUT – Modelo de Uso do Solo e Transportes (e de um sistema de informação relacionado). Este modelo, também desenvolvido por Echenique, pretendia suprir as lacunas deixadas pelas simplificações existentes no SISTRAN, tendo produzido um modelo avançado (Companhia de Engenharia de Tráfego, 1980). No entanto, dificuldades institucionais e computacionais além da alta complexidade do modelo tornaram-no pouco operacional.

Apenas mais recentemente foi apresentado um novo estudo baseado em simulações realizadas com utilização de um modelo integrado, o START (desenvolvido pela consultora inglesa MVA, para a Secretaria de Estado dos Transportes Metropolitanos), baseado nos dados da pesquisa O-D/1997 (São Paulo, 1999). Embora mais recente, a documentação disponível não permitiu identificar com segurança as especificações e parâmetros finais usados e este modelo não foi considerado como alternativa viável.

Assim, para modelos tradicionais, a versão utilizada pelo Metrô/SP com base na pesquisa O-D/97 foi tomada como referência. Para modelos integrados, o SISTRAN/74 foi tomado como alternativa viável, face à complexidade do MUT/77. Portanto, existem fontes potenciais de parâmetros específicas em São Paulo, para aplicação de processo sintetizado a modelo de transporte tradicional e integrado respectivamente.

Em vista dos aspectos teóricos previamente discutidos, especialmente a dificuldade de representar políticas de balanceamento de atividades com modelos integrados, e face à maior facilidade de aplicação prática, este estudo optou por examinar o impacto das políticas de balanceamento sobre a demanda de tráfego com o uso de modelos tradicionais. A viabilidade dos cenários de balanceamento permanece uma questão aberta mas a mensuração dos efeitos potenciais pode então ser feita com alguma credibilidade, dado que estes são instrumentos usuais de análise em planejamento.

Diversos aspectos metodológicos complementares precisaram ainda ser definidos, mesmo na opção por modelos tradicionais de transportes.

A idéia inicial de empregar um método incremental, em relação ao cenário atual da pesquisa O-D de 1997, teve de ser abandonada quando se verificou que as viagens observadas distribuíam-se de forma muito esparsa na matriz inicial de viagens, impondo um estudo baseado na comparação diferencial de resultados simulados.

O interesse específico no efeito do balanceamento de atividades sobre a demanda de tráfego justifica também o foco preferencial sobre a simulação do efeito sobre as viagens de automóvel. Em vista da dificuldade em obter dados sobre a rede de transporte público, esta opção também teve de ser adotada.

Alguns pontos não investigados e que tem importância potencial para a análise em questão, serão comentados após a apresentação dos modelos utilizados.

### **O Modelo do Metrô/SP baseado na Pesquisa O/D-1997 em São Paulo**

Optou-se por empregar um processo sintetizado aplicado a um modelo tradicional de transportes, utilizando modelos e parâmetros encontrados nos relatórios do Metrô (Companhia do Metropolitano de São Paulo, 2000; Companhia do Metropolitano de São Paulo, 2001) tanto para a simulação do cenário base como para os cenários de balanceamento propostos. Logo, descreve-se a seguir o modelo selecionado.

Nos modelos do Metrô/SP, a geração de viagens foi calibrada por regressão linear para duas horas de pico em 389 zonas O-D e desagregada para 1158 zonas de carregamento. Foi definida a segmentação de viagens para os motivos residência-trabalho, residência-escola e outros motivos, com estratificação em quatro classes de renda apenas para o primeiro motivo. As equações do modelo são:

$$P_i^p = a_N \cdot N_i^T + a_E \cdot E_i^T + a_I \cdot I_i^T / 100.000 + a_{Auto} \cdot Auto_i^T, e \quad (3-1)$$

$$A_j^p = b_N \cdot N_j^T + b_E \cdot E_j^T + b_I \cdot I_j^T / 100.000 + b_{Auto} \cdot Auto_j^T + b_M \cdot M_j^T, \quad (3-2)$$

onde:

$P_i^p$  representa a produção de viagens para a zona  $i$  por motivo  $p$ ,

$A_j^p$  é a atração de viagens para a zona  $j$  por motivo  $p$ ,

$N_i^T$  e  $N_j^T$  correspondem respectivamente à população residente nas zonas  $i$  e  $j$  (na faixa de renda definida quando aplicável),

$E_i^T$  e  $E_j^T$  são os números totais de empregos das zonas  $i$  e  $j$ ,

$I_i^T / 100.000$  e  $I_j^T / 100.000$  correspondem à renda total para as zonas  $i$  e  $j$  divididas por 100.000 (em R\$ de outubro/97),

$Auto_i^T$  e  $Auto_j^T$  são os números de automóveis das zonas  $i$  e  $j$ , respectivamente,

$M_j^T$  representa o número total de matrículas da zona  $j$ , e

$b_N$ ,  $b_E$ ,  $b_I$ ,  $b_{Auto}$ ,  $b_M$ ,  $a_N$ ,  $a_E$ ,  $a_I$  e  $a_{Auto}$  são parâmetros a serem calibrados.

Para a distribuição de viagens interzonais foram calibrados modelos gravitacionais duplamente restritos para 1158 zonas, na hora pico da manhã (admitindo produções e atrações de viagens como origens e destinos de viagem), utilizando a mesma segmentação por motivos e renda adotada na geração de viagens. Genericamente:

$$T_{ij}^p = a_i^p \cdot O_i^p \cdot b_j^p \cdot D_j^p \cdot f^p [c_{ij}] \text{ com } O_i^p = (1 - f_{li}) \cdot O_i^p, \quad D_j^p = \frac{O_i^p}{D^p} \cdot D_j^p \text{ e} \quad (3-3)$$

$$a_i^p = 1 / \sum_j b_j^p \cdot D_j^p \cdot f^p [c_{ij}], \quad b_j^p = 1 / \sum_i a_i^p \cdot O_i^p \cdot f^p [c_{ij}] \text{ e } T_{ij} \geq 0 \quad (3-4)$$

onde:

$T_{ij}^p$  é o total de viagens entre  $i$  e  $j$  pelo motivo  $p$ ,

$O_i^p$  e  $D_j^p$  corresponde às viagens interzonais originadas na zona  $i$  e viagens destinadas à zona  $j$ , balanceadas pelo total de viagens interzonais originadas, pelo motivo  $p$ ,

$f^p [c_{ij}]$  é função do custo generalizado de viagem onde  $f^p [c_{ij}] = \exp(-\beta^p \cdot c_{ij})$ ,

$f_{ii}$  é o fator de separação de viagens intrazonais específico da zona  $i$ ,

$O_i^p$  e  $D_j^p$  corresponde à previsão das viagens originadas na zona  $i$  e destinadas à zona  $j$  pelo motivo  $p$ , para a hora pico da manhã,

$a_i$  e  $b_j$  são coeficientes de balanceamento a calibrar para as zona  $i$  e  $j$ , e

$\beta^p$  é o parâmetro a calibrar por motivo de viagem.

A Tabela 1, a seguir, apresenta os valores calibrados para os parâmetros.

**Tabela 1: Parâmetros calibrados para a geração e distribuição de viagens por motivo (Metrô-2000)**

Parâmetro	Motivos de viagem						
	Residência/Trabalho					Resid/Escola	Outros motivos
	Todas fxs.	Fx.renda 1	Fx.renda 2	Fx.renda 3	Fx.renda 4		
$a_N$	0,148946	0,081643	0,178622	0,214781	0,212109	-0,005172	0,012956
$a_E$	-0,017630	-	-0,011878	-	-	-	0,018304
$a_I$	-	-	-	-	-	2,868593	-
$a_{Auto}$	0,112213	-	-	-	-	0,273672	0,055241
$b_N$	-0,044213	-	-0,026143	-0,026453	-0,026453	-0,075754	0,013213
$b_E$	0,487453	0,048428	0,227358	0,110869	0,063873	-	0,084050
$b_I$	-	-	-	-	-	14,853274	-
$b_{Auto}$	-	-	-	-	-	-	0,050303
$b_M$	-	-	-	-	-	0,265396	-
$\beta^p$	-	-0,003700	-0,005000	-0,008200	-0,012000	-0,019900	-0,013300

\* Faixas de renda: 1 - até R\$ 600,00 (até 5 SM); 2 - de R\$600,01 a R\$ 1.800, 00 (5 a 15 SM); 3 - de R\$ 1.800, 00 a R\$ 3.600, 00 (15 a 30 SM); e 4 - acima de R\$ 3.600,00 (acima de 30 SM). (Reais de outubro/1997).

O custo generalizado empregado nos modelos foi calculado pela média simples dos custos dos dois modos de transporte (individual e coletivo), conforme segue:

$$c_{ij} = \left( (t_{ij}^{inv} + t_{ij}^{esp} + t_{ij}^{pe} + c_{ij}^c) + (t_{ij}^i + c_{ij}^i) \right) / 2, \text{ com} \quad (3-5)$$

$$c_{ij}^c = \overline{T}_{ij} \cdot 60 / (\overline{I}^F / \overline{P}^F / \overline{h}^m) \quad \text{e} \quad c_{ij}^i = \left( d_{ij} \cdot c^o \cdot \left( 60 / (\overline{I}^F / \overline{P}^F / \overline{h}^m) \right) \right) / t_o \quad (3-6)$$

onde:

$c_{ij}^c$  e  $c_{ij}^i$  são os custos monetários de viagem entre as zonas  $i$  e  $j$  respectivamente para o modo coletivo e individual convertidos em minutos equivalentes,

$t_{ij}^{inv}$  é o tempo gasto dentro do coletivo entre  $i$  e  $j$  (obtido por calibração, em minutos),

$t_{ij}^{esp}$  é o tempo de espera por coletivo entre  $i$  e  $j$  (obtido por calibração, em minutos),

$t_{ij}^{pe}$  corresponde ao tempo a pé entre  $i$  e  $j$  para usuário de coletivo (obtido por calibração das redes, em minutos),

$t_{ij}^i$  é o tempo gasto por modo individual entre  $i$  e  $j$  (obtido por calibração, em minutos),

$\overline{T}_{ij}$  é a tarifa média da viagem no modo coletivo entre  $i$  e  $j$  (em R\$ de outubro/97),

$\overline{I}^F$  corresponde à renda média familiar (em R\$ de outubro/97),

$\overline{P}^F$  é o número médio de pessoas por família,

$\overline{h}^m$  representa o número médio de horas trabalhadas por mês,

$d_{ij}$  é a distância viajada entre a zona  $i$  e a zona  $j$  (em km),

$c^o$  representa o custo operacional para o modo individual (obtido pela calibração das redes, foi estimado em R\$ 0,25/km), e

$t_o$  é a taxa média de ocupação do veículo individual (estimada em 1,5 pessoas/auto).

A escolha modal foi feita utilizando o modelo *logit binomial*, por motivo de viagem mas com viagens trabalho estratificadas para apenas duas faixas de renda, dado por:

$$P^c = \frac{\exp(U^c)}{\exp(U^c) + \exp(U^i)} \quad \text{e} \quad P^i = \frac{\exp(U^i)}{\exp(U^c) + \exp(U^i)} \quad \text{com} \quad (3-7)$$

$$U^c = \alpha_0 + \beta_{tv} \cdot tv^c + \beta_{te} \cdot te^c + \beta_{taux} \cdot taux^c + \beta_{trans} \cdot trans^c + \beta_c \cdot c^c \quad \text{e} \quad (3-8)$$

$$U^i = \beta_{tv} \cdot tv^i + \beta_{ce} \cdot ce^i + \beta_c \cdot c^i + \beta_d \cdot d + \beta_{tm} \cdot tm + \beta_1 \cdot \overline{I}^f \quad (3-9)$$

onde:

$P^c$  e  $P^i$  correspondem às probabilidades de escolha dos modos de transporte coletivo e individual respectivamente, e

$U^c$  e  $U^i$  são as utilidades para os modos coletivo e individual.

$t_v^c$  e  $t_v^i$  são os tempos de viagem por transporte coletivo e individual respectivamente,  
 $t_e^c$  representa o tempo de espera por transporte coletivo  
 $taux^c$  representa o tempo auxiliar de acesso e transferência no terminal para coletivos,  
 $trans^c$  representa o número de transferências para transporte coletivo,  
 $c^c$  e  $c^i$  são os custos de viagem por modo coletivo e individual (em R\$ de outubro/97).  
 $ce^i$  é a variável de estacionamento na zona de destino para modo individual (igual a 0 para dificuldade de estacionamento e/ou predominância de estacionamento pago),  
 $d$  é a distância de viagem por modo individual (em km, obtida por calibração),  
 $tm$  é a taxa de motorização na zona de residência do indivíduo (em autos/ 1.000 hab.), e  
 $\overline{I^F}$  é a renda familiar média da zona de residência do usuário de transporte (em R\$ de outubro/97).

Os parâmetros do modelo de repartição modal estão apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2: Parâmetros calibrados para a divisão modal por motivo (Metrô-2001)**

Parâmetro	Motivos de viagem			
	Residência/Trabalho		Resid/Escola	Outros motivos
	Fxs.renda 1 e 2	Fxs.renda 3 e 4		
$\alpha_0$	-0,288100	+2,158700	+1,111774	-0,335912
$\beta_{t_v}$	-0,007075	-0,007520	-0,009246	-0,013120
$\beta_{t_e}$	-0,014000	-0,014200	-0,078880	-0,026240
$\beta_{taux}$	-	-0,007520	-0,020480	-0,009569
$\beta_{trans}$	-	-0,507200	-	-0,016570
$\beta_c$	-0,363700	-0,234100	-0,062400	-0,428300
$\beta_{t_v}$	-0,007075	-0,007520	-0,018430	-0,034780
$\beta_{ce}$	-1,210086	-1,395000	-	-
$\beta_c$	-0,363700	-0,234100	-	-
$\beta_d$	-	-	-0,054390	-0,027530
$\beta_{tm}$	0,005508	0,004509	0,004268	-
$\beta_I$	-	-	0,003290	-

\* Faixas de renda: 1 e 2 - até R\$ 1.800, 00 (até 15 SM); e 3 e 4 - acima de R\$ 1.800,00 (acima de 15 SM). (Reais de outubro/1997).

### **Especificação da Metodologia do Estudo para São Paulo**

Na construção do cenário base, para a etapa de geração de viagens, manteve-se a representação para 1158 zonas de carregamento.

Os procedimentos de produção e geração de viagens e de distribuição de viagens seguiram os procedimentos da calibração do Metrô/SP. Os dados socioeconômicos considerados foram população residente (desagregada em 4 faixas de renda), total de empregos, renda total, número de automóveis e número de matrículas escolares por zona. Estes dados foram obtidos pela expansão dos dados da pesquisa O-D/1997 e podem ser vistos em Lopes (2003).

Seguindo a metodologia do Metrô/SP, antes da distribuição de viagens, foram eliminadas as viagens intrazonais dos vetores de origens e destinos (com base nas tabulações de dados expandidos a partir da amostra da pesquisa O-D) e procedeu-se à fatoração dos dados para uma hora do pico adotando os fatores de hora pico apresentados no relatório do Metrô.

Entretanto, o custo generalizado de viagem foi calculado apenas com base nos custos de viagem do transporte individual, obtido através de uma alocação inicial usando a matriz de viagens por automóvel (resultante da expansão dos dados da pesquisa O-D). Os volumes de transporte coletivo e de caminhões foram mantidos fixos em veículos equivalentes, a partir dos valores obtidos no cenário base e a demanda por viagens em transporte sobre trilhos não foi incluída, uma vez que utiliza rede independente. Com base no custo generalizado obtido para o cenário base e nos parâmetro calibrados para os modelos do Metrô/SP, foram calculadas as funções de impedância e foi realizada a distribuição de viagens por motivo de viagem, sem reiteração (*feedback*) posterior.

O modelo de escolha entre modos do Metrô não pode ser utilizado em virtude da impossibilidade da simulação direta do transporte coletivo, tendo-se adotado percentuais fixos de viagens por transporte individual para cada par de zonas e motivo de viagens, incluindo a escolha de modo e o fator de ocupação dos veículos.

$$Q_{ij}^{ap} = T_{ij}^p \cdot q_{ij}^{ap} \quad (3-10)$$

onde:

$Q_{ij}^{ap}$  é o total de viagens por automóvel entre as zonas  $i$  e  $j$  por motivo  $p$  (em veículos),

$T_{ij}^p$  representa o total de viagens entre as zonas  $i$  e  $j$  por motivo  $p$  (em pessoas), e

$q_{ij}^{ap}$  é o fator de transformação para viagens veiculares por automóvel entre  $i$  e  $j$  por motivo  $p$  (obtido pela tabulação de dados de condutores de auto da pesquisa O-D/1997).

Por fim, as alocações de viagens por modo individual em número de veículos foram simuladas para cada cenário, mantendo fixos os fluxos de coletivos e caminhões do cenário



base, utilizando-se as matrizes de viagens de automóveis decorrentes da nova distribuição de atividades para a obtenção das variáveis de desempenho de tráfego, subseqüentemente utilizadas na avaliação e comparação dos resultados. Os efeitos decorrentes do impacto sobre o fluxo de coletivos e de caminhões não são avaliados.

Os pontos potencialmente importantes não investigados podem ser resumidos como:

- foi admitido como simplificação prática que se pode prever o impacto do balanceamento de atividades a partir de dados agregados para as categorias de população e de emprego utilizados, a partir da dispersão das viagens prevista nos modelos gravitacionais;
- foram adotadas hipóteses conservadoras de que a proporção de viagens intrazonais na geração de viagens e o coeficiente de dispersão da distribuição de viagens permanecem constantes e não sofrem influência do grau de balanceamento de atividades.

### **Definição dos Cenários de Balanceamento de Atividades**

Conforme mencionado anteriormente, sabe-se que em um modelo tradicional os efeitos do balanceamento sobre a demanda de tráfego podem ser verificados através de simulação a partir dos dados socioeconômicos de entrada do modelo (como população e emprego) para cada cenário de balanceamento. Não se pretende discutir aqui a viabilidade de políticas que permitam a redistribuição de atividades proposta pelo balanceamento mas sim mensurar o efeito potencialmente obtido por este.

Os dados socioeconômicos obtidos por tabulação e expansão de dados da pesquisa O-D/1997 foram usados no desenvolvimento de um cenário base para comparação com os cenários propostos, em que se simulou propostas de balanceamento de atividades.

O primeiro cenário proposto foi construído a partir da redistribuição de população e vagas escolares baseada na relação entre os totais regionais de empregos e de população desagregados por faixa de renda, mantendo inalterada a distribuição de empregos encontrada nas zonas do cenário base. Outras variáveis diretamente relacionadas com a distribuição da população (renda e posse de auto) foram também redistribuídas em função da nova distribuição da população (Lopes, 2003).

Este cenário será indicado por P100 (redistribuição de 100% da população e variáveis relacionadas, proporcional à distribuição de empregos), e foi calculado com base em:

$$N_i^{r1} = E_i^{r0} / e_N^r \quad \text{com} \quad e_N^r = \sum_i E_i^{r0} / \sum_i N_i^{r0} \quad (3-11)$$

onde:

$N_i^{r1}$  é a população da zona  $i$  na faixa de renda  $r$ , redistribuída para o cenário 1,

$E_i^{r0}$  é o total de emprego na zona  $i$  ocupado por população da faixa de renda  $r$  no cenário base, e

$N_i^{r0}$  é a população da zona  $i$  na faixa de renda  $r$  no cenário base.

Um segundo cenário de balanceamento total foi proposto a partir da redistribuição de empregos (excluídos os empregos na área de educação) também com base na relação entre totais regionais de população e emprego por faixa de renda, mantendo a distribuição de população e vagas escolares encontrada no cenário base e com a redistribuição de empregos. Considerou-se que parte dos empregos, vinculada ao setor de ensino, também

foi mantida inalterada neste cenário de forma a manter a distribuição relativa à população. Assim, apenas os empregos não escolares foram redistribuídos.

Este cenário que será referido por E100 (redistribuição de 100% de emprego proporcional à distribuição da população) foi calculado como:

$$E_i^{r1} = E_i^{or1} + E_i^{er0} \quad \text{com} \quad E_i^{or1} = N_i^{r0} \cdot e_E^r \quad \text{e} \quad e_E^r = \frac{\sum_i N_i^{r0}}{\sum_i E_i^{or0}} \quad (3-12)$$

onde:

$E_i^{r1}$  é o total de emprego ocupado por população da faixa de renda  $r$  redistribuído para a zona  $i$ ,

$E_i^{er0}$  é o total de emprego na área de educação ocupado por população da faixa de renda  $r$  na zona  $i$  no cenário base,

$E_i^{or0}$  é o total de emprego na zona  $i$  em outras áreas que não a de educação, ocupado por população da faixa de renda  $r$  no cenário base; e

$E_i^{or1}$  é o total de emprego na zona  $i$  em outras áreas que não a de educação, ocupado por população da faixa de renda  $r$  e redistribuído para o cenário proposto, e

$N_i^{r0}$  é a população da zona  $i$  na faixa de renda  $r$  no cenário base.

No sentido de se verificar a variação dos efeitos produzidos com o grau de balanceamento, foram propostos mais dois cenários, sendo um com distribuição parcial da população e outro com redistribuição parcial de empregos.

O cenário de redistribuição parcial da população (e demais variáveis relacionadas), que será indicado por P50, foi criado a partir da média dos valores encontrados para o cenário base e o cenário P100. Similarmente, o cenário de redistribuição parcial de empregos também foi obtido pela média dos valores do cenário base e do cenário E100, e este será referido como E50. Em ambos, os valores dos dados socioeconômicos relativos às atividades são obtidos pela média entre o cenário base e o cenário de redistribuição total correspondente.

### **Metodologia de Análise dos Efeitos sobre a Demanda de Tráfego**

Para mensurar o impacto resultante do balanceamento sobre a demanda de tráfego escolheu-se comparar variáveis de desempenho da rede viária obtíveis a partir de medidas agregadas de tráfego na rede viária, mais especificamente a extensão total de viagens (em veículo-km) e o tempo total gasto em viagens (em veículo-hora). Ambos os dados podem ser obtidos como resultado da alocação de viagens num modelo tradicional, sendo que uma redução destes valores indicaria um efeito potencialmente benéfico e seu aumento, um efeito prejudicial ao tráfego.

A metodologia proposta baseou-se na comparação entre cenários de balanceamento propostos e um cenário base em termos de:

- extensão média das viagens, que é obtida pela divisão do total de veículos-km pelo total de viagens;
- velocidade média global das viagens, que é obtida pela divisão do total de veículos-km pelo total de veículos-hora das viagens.

O cenário base procurou reproduzir de forma razoavelmente fiel a simulação realizada pelos estudos do Metrô/SP. Entretanto, a análise compara viagens simuladas em relação à simulação do cenário base (e não viagens simuladas com as observadas). Portanto, os resultados devem refletir o efeito diferencial das políticas de balanceamento, a despeito de erros substanciais de calibração.

A variação da extensão média das viagens reflete o efeito de reorientação dos deslocamentos e deve ser capaz de medir a aproximação entre origens e destinos esperada em função do maior balanceamento de atividades.

A variação da velocidade média global complementa a avaliação do efeito total pela ponderação do ganho adicional decorrente da redução esperada no nível de congestionamento das vias.

Outros índices de avaliação foram também considerados e refletem efeitos também mensurados pelos itens selecionados. Por exemplo, o tempo médio de viagem (obtido dividindo-se o total de veículos-hora pelo total de viagens) contém o efeito cumulativo da variação de extensão e velocidade, enquanto o volume médio de tráfego nas vias (obtido pela divisão do total de veículos-hora pela extensão total da rede) é o fator que ocasiona a alteração de congestionamento e velocidade.

#### 4. APLICAÇÃO PARA ANÁLISE DE POLÍTICAS DE BALANCEAMENTO DE ATIVIDADES EM SÃO PAULO

A aplicação iniciou-se com a preparação dos cenários de uso do solo, muitas vezes recorrendo aos dados originais da Pesquisa O/D 1997. Os dados da simulação do cenário base foram comparados com aqueles encontrados nos relatórios de geração de viagens do Metrô/SP (Companhia do Metropolitano de São Paulo, 2000) e de definição da rede básica (Companhia do Metropolitano de São Paulo, 2001) que serão referidos doravante como relatório do Metrô-2000 e relatório do Metrô-2001 respectivamente. Os dados iniciais do cenário base podem ser vistos em Lopes (2003). As diferenças entre dados socioeconômicos agregados expandidos a partir dos registros da Pesquisa O/D 1997 e os do relatório do Metrô-2000 foram desprezíveis (ver Tabela 3).

**Tabela 3: Comparação entre resultado da expansão de dados socioeconômicos para o cenário base e dados do relatório do Metrô-2000**

	População					Número de autos	Renda/100.000	Matrícula	Emprego
	Total	Da fx. de renda 1*	Da fx. de renda 2*	Da fx. de renda 3*	Da fx. de renda 4*				
<b>Cen.base</b>	16.792.428	4.439.119	7.756.988	3.017.132	1.579.204	3.092.241	71.435,77	5.010.700	6.959.392
<b>Relatório</b>	16.792.421	-	-	-	-	3.092.238	71.415,76	5.010.708	6.959.365

\* Faixas de renda: 1 - até R\$ 600,00 (até 5 SM); 2 - de R\$600,01 a R\$ 1.800, 00 (5 a 15 SM); 3 - de R\$ 1.800, 00 a R\$ 3.600, 00 (15 a 30 SM); e 4 - acima de R\$ 3.600,00 (acima de 30 SM). (Reais de outubro/1997).

Os resultados obtidos para o cenário base foram o ponto de partida para a construção dos demais cenários, o que pode ser feito seguindo as fórmulas de cálculo previamente apresentadas. Extratos dos dados socioeconômicos calculados para cada cenário podem ser também encontrados em Lopes (2003).

As variáveis socioeconômicas estimadas foram utilizadas nos modelos de geração de viagem para cada cenário, usando-se os parâmetros calibrados pelo Metrô/SP. Para o cenário base, os resultados de produção e atração de viagens foram satisfatórios e os totais comparados com os dos relatórios Metrô-2000 e Metrô-2001 respectivamente apresentaram variação insignificante. Os totais de produção de viagem dos cenários bem como os do relatório do Metrô-2000 podendo ser vistos na Tabela 4.<sup>4</sup>

**Tabela 4: Comparação entre produções de viagem obtidas para todos os cenários pela aplicação dos modelos de geração e dados do relatório Metrô-2001**

Cenário	Produção de viagens pessoais por motivo (período pico das 6:30 às 8:30 h)**							
	Todos os motivos	Residência/Trabalho					Resid./Escola	Outros
		Todas as fx. renda	Faixa de renda 1*	Faixa de renda 2*	Faixa de renda 3*	Faixa de renda 4*		
<b>Base</b>	4.128.351,65	2.648.313,04	362.423,43	1.302.905,25	648.021,43	334.963,43	964.272,43	515.766,18
<b>Relatório</b>	4.130.491,00	2.650.237,00	-	-	-	-	964.489,00	515.766,00
<b>P50</b>	4.128.631,22	2.648.497,39	362.447,09	1.302.956,62	648.077,00	335.016,68	964.350,18	515.783,65
<b>P100</b>	4.128.300,61	2.648.307,83	362.422,78	1.302.904,75	648.019,12	334.961,18	964.227,75	515.765,03
<b>E50</b>	4.128.353,37	2.648.309,91	362.423,43	1.302.901,62	648.021,43	334.963,43	964.272,43	515.771,03
<b>E100</b>	4.128.351,15	2.648.313,04	362.423,43	1.302.904,75	648.021,43	334.963,43	964.272,43	515.765,68

\* Faixas de renda: 1 - até R\$ 600,00 (até 5 SM); 2 - de R\$600,01 a R\$ 1.800, 00 (5 a 15 SM); 3 - de R\$ 1.800, 00 a R\$ 3.600, 00 (15 a 30 SM); e 4 - acima de R\$ 3.600,00 (acima de 30 SM). (Reais de outubro/1997).

\*\* Inclusive viagens intrazonais para os cenários; inclusão de intrazonais não definida para o relatório do Metrô.

Cabe ressaltar que, como o balanceamento é dado em função da redistribuição dos dados socioeconômicos, as variações em produção e atração só ocorrem para os motivos cujos modelos utilizam variáveis redistribuídas. Como exemplo, nos cenários P100 e P50, há redistribuição de população, renda, autos e matrículas, o que afeta a produção de viagem para todos os motivos, mas não a atração de viagens.

Conforme descrito anteriormente, antes de proceder à distribuição de viagens foram separadas as viagens intrazonais com base nos percentuais de viagens intrazonais desagregados. O percentual médio de viagens intrazonais encontrado para toda a área de estudo foi de 10,4%, próximo dos 10,3% indicados pelo relatório do Metrô-2001. Em seguida as viagens foram fatoradas para uma hora de pico da manhã, com fatores desagregados por motivo obtidos do relatório do Metrô/SP (ver Tabela 5 a seguir). Vale lembrar que na distribuição agregam-se viagens trabalho das faixas de renda 1 e 2, e 3 e 4.

A Tabela 6 traz os valores de produções de viagem agregados por motivo para o cenário base e para os demais cenários propostos após a separação de viagens intrazonais e fatoração para a hora pico. Embora estejam bastante próximos, os valores sofreram alguma variação, em função do impacto do balanceamento das atividades.

<sup>4</sup> Convém comentar que, nos casos em que a aplicação dos modelos de geração resultou em valores negativos de produção ou atração de viagens, procedeu-se à substituição de tais valores por zero, similarmente ao procedimento descrito no relatório do Metrô-2000.

Tabela 5: Fatores de hora pico calculados a partir da tabulação dos dados da O-D/97

	Fator de hora pico por motivo de viagem (excluídas as viagens intrazonais)						
	Residência/Trabalho				Resid./Escola	Outros motivos	Todos os motivos
	Faixa de renda 1*	Faixa de renda 2*	Faixa de renda 3*	Faixa de renda 4*			
<b>Relatório</b>	0,622659	0,630676	0,650735	0,666240	0,658055	0,654030	0,645148

\* Faixas de renda: 1 - até R\$ 600,00 (até 5 SM); 2 - de R\$600,01 a R\$ 1.800, 00 (5 a 15 SM); 3 - de R\$ 1.800, 00 a R\$ 3.600, 00 (15 a 30 SM); e 4 - acima de R\$ 3.600,00 (acima de 30 SM). (Reais de outubro/1997).

Tabela 6: Comparação entre produções de viagens pessoais fatoradas para hora pico sem intrazonais para todos os cenários e dados do relatório Metrô-2001

Cenário	Produção de viagens pessoais por motivo (hora pico das 7:00 às 8:00 h)							
	Todos os motivos	Residência/Trabalho					Resid./Escola	Outros
		Todas as fx. renda	Faixa de renda 1*	Faixa de renda 2*	Faixa de renda 3*	Faixa de renda 4*		
<b>Base</b>	2.401.145,4	1.525.907,8	200.746,5	740.739,9	380.965,9	203.455,5	571.729,5	303.508,1
<b>Relatório</b>	2.294.538,0	1.502.986,0	183.916,0	736.624,0	372.665,0	209.781,0	489.912,0	301.639,0
<b>P50</b>	2.407.525,3	1.527.671,4	201.475,8	738.487,4	382.876,8	204.831,4	575.060,8	304.793,1
<b>P100</b>	2.419.985,1	1.535.504,7	202.205,1	742.304,7	384.787,7	206.207,2	578.402,3	306.078,1
<b>E50</b>	2.397.915,1	1.523.031,2	200.746,4	737.863,1	380.966,1	203.455,6	571.729,2	303.154,7
<b>E100</b>	2.395.475,4	1.520.975,4	200.746,3	735.807,2	380.966,3	203.455,6	571.698,5	302.801,5

\* Faixas de renda: 1 - até R\$ 600,00 (até 5 SM); 2 - de R\$600,01 a R\$ 1.800, 00 (5 a 15 SM); 3 - de R\$ 1.800, 00 a R\$ 3.600, 00 (15 a 30 SM); e 4 - acima de R\$ 3.600,00 (acima de 30 SM). (Reais de outubro/1997).

A alteração maior, entretanto, ocorre na distribuição espacial. As redistribuições de população e empregos propostas para cada cenário de balanceamento são apresentadas em Lopes (2003). A título de exemplo, as Figuras 1 e 2 mostram os resultados comparativos da redistribuição da população para o cenário P100 e de empregos do cenário E100. Na Figura 1, o cinza escuro representa o acréscimo de população (particularmente na área central) e o pontilhado indica sua redução. O oposto ocorreu na Figura 2, onde cinza escuro representa o aumento de empregos e o pontilhado sua redução (em especial na região central) em relação ao existente no cenário base.

Com os vetores de produção e atração (usados como origens e destinos de viagens) e as funções de impedância, calculadas com base no custo generalizado de viagem, foi realizada distribuição de viagens por motivo em cada cenário, resultando nas respectivas matrizes de viagem em passageiros para a hora pico da manhã. Estes passos são imediatos, seguindo a estrutura do modelo utilizado, visto que foi mantida a mesma rede viária em todos os cenários (na ausência de reiteração por *feedback*, isto quer dizer que as impedâncias de viagem são iguais). Relembre-se que o custo generalizado de viagem foi estimado com base exclusivamente no custo das viagens por transporte individual resultante da alocação da matriz de viagens observadas para o período de uma hora de pico (obtida com a tabulação de viagens por automóvel da pesquisa O-D), acrescida dos volumes de transporte coletivo público e de caminhões, adotados como exógenos e convertidos em veículos equivalentes. Portanto, os cenários não alteram as impedâncias.



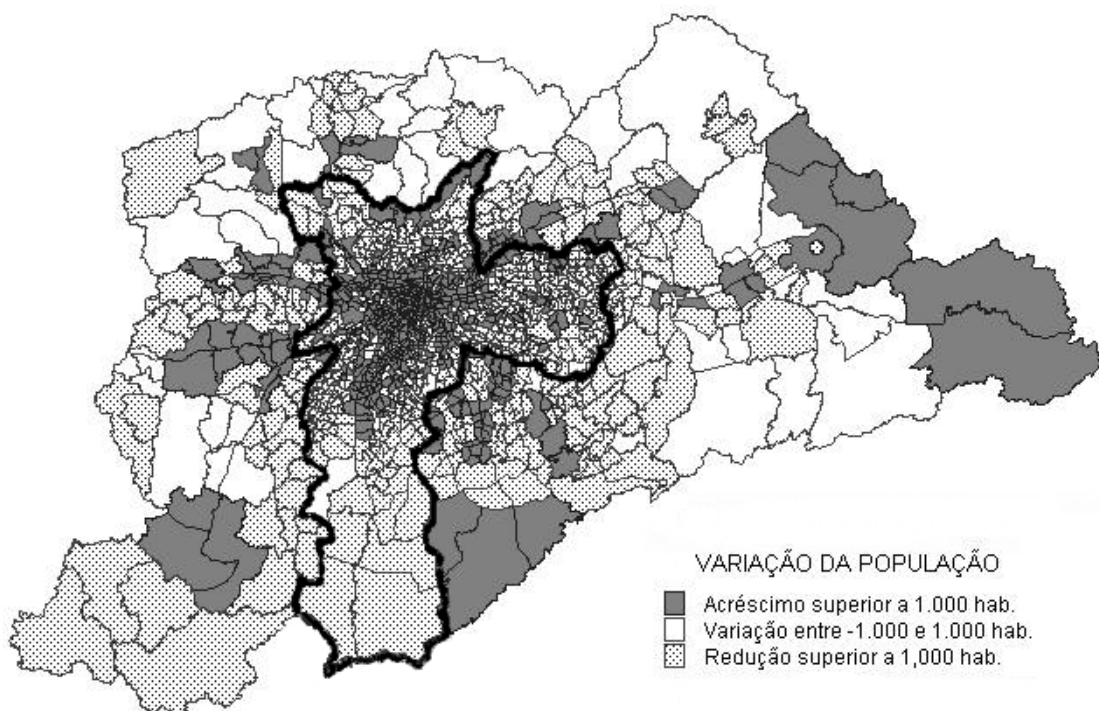


Figura 1: Variação comparativa da distribuição de população entre cenário P100 e cenário base

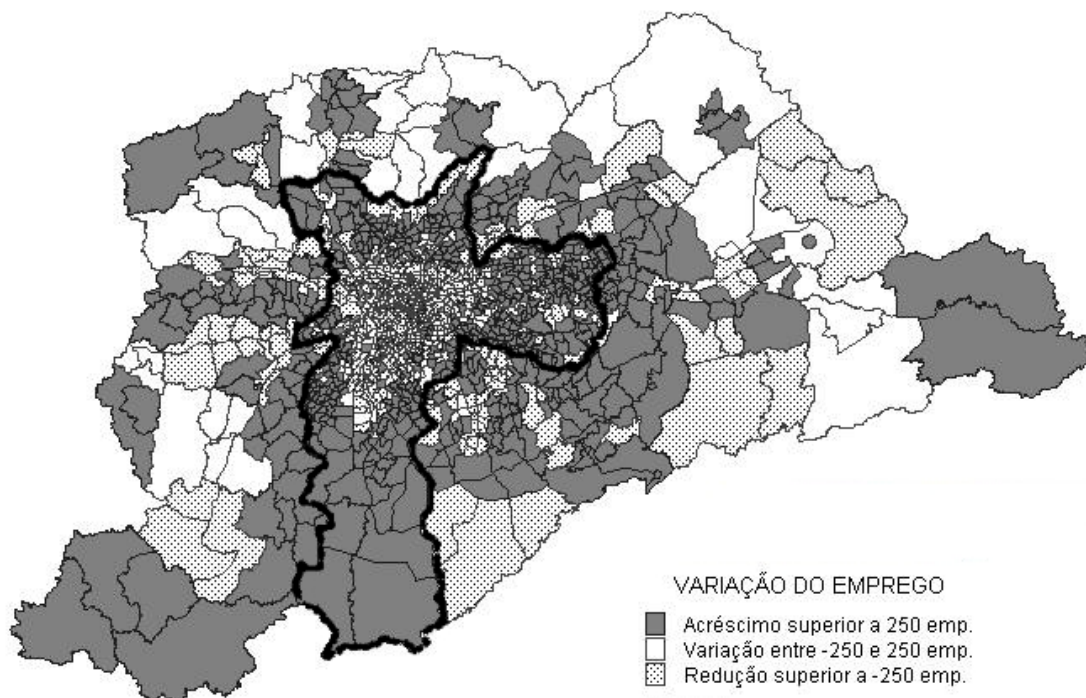


Figura 2: Variação comparativa da distribuição de emprego entre cenário E100 e cenário base



Por fim, a separação das viagens por transporte individual, já convertidas em número de veículos, substituiu a etapa de divisão modal. Optou-se por este procedimento com o intuito de minimizar diferenças advindas do uso de fatores de separação de viagens por transporte individual em número de pessoas seguido da aplicação de taxa de ocupação média de veículos, pois os totais de viagens resultantes diferiram um pouco dos valores do relatório do Metrô-2001. Os fatores efetivamente adotados foram calculados como fatores fixos obtidos a partir dos dados da pesquisa O-D/1997. Os percentuais agregados de viagens por transporte individual correspondentes pode ser visto na Tabela 7.

**Tabela 7: Percentuais de viagens por transporte individual (em veículos) sobre total de viagens motorizadas (pessoais) calculados com base nos dados da pesquisa O-D/97**

Tabulação	Proporção de viagens por transporte individual (em número de veículos)				
	Residência/Trabalho		Resid./Escola	Outros motivos	Todos os motivos
	Faixas de renda 1 e 2*	Faixas de renda 3 e 4*			
	17,68%	50,09%	21,14%	48,43%	30,83%

\* Faixas de renda: 1 e 2 - até R\$ 1.800,00 (15 SM); 3 e 4 - acima de R\$ 1.800,00 (15 SM) (Reais de outubro/1997).

## 5. ANÁLISE DOS RESULTADOS DE POLÍTICAS DE BALANCEAMENTO DE ATIVIDADES EM SÃO PAULO

A análise dos impactos das políticas de balanceamento de atividades sobre a demanda de tráfego utilizou os resultados das alocações de viagens veiculares, por todos os motivos, à rede viária. Os mesmos parâmetros de convergência foram utilizados na simulação de todos os cenários. Os resultados básicos das alocações do cenário base e dos cenários propostos em veículo-km (VKM) e em veículo-hora (VHR) foram tabulados e encontram-se de forma comparativa nas Tabelas 8 e 9.

**Tabela 8: Comparação entre VKM na rede para todos os cenários**

Tipo de Link*	Cenário Base	Cenário P50		Cenário P100		Cenário E50		Cenário E100	
	VKM	VKM	var. %	VKM	var. %	VKM	var. %	VKM	var. %
1	1.950.235	1.839.852	-5,66%	1.741.696	-10,69%	2.028.169	+4,00%	2.129.863	+9,21%
2	1.505.793	1.522.316	+1,10%	1.557.075	+3,41%	1.458.813	-3,12%	1.418.583	-5,79%
3	3.825.867	3.723.964	-2,66%	3.649.071	-4,62%	3.842.835	+0,44%	3.890.176	+1,68%
4	2.354.822	2.148.534	-8,76%	2.014.005	-14,47%	2.409.468	+2,32%	2.542.179	+7,96%
5	1.237.406	1.079.766	-12,74%	967.586	-21,81%	1.344.405	+8,65%	1.496.954	+20,98%
6	1.312.174	1.262.866	-3,76%	1.241.154	-5,41%	1.298.262	-1,06%	1.304.902	-0,55%
7	467.114	413.122	-11,56%	369.094	-20,98%	500.620	+7,17%	547.699	+17,25%
9	1.061.637	1.022.303	-3,71%	984.771	-7,24%	1.094.252	+3,07%	1.134.538	+6,87%
<b>Total</b>	<b>13.715.048</b>	<b>13.012.723</b>	<b>-5,12%</b>	<b>12.524.454</b>	<b>-8,68%</b>	<b>13.976.824</b>	<b>+1,91%</b>	<b>14.464.894</b>	<b>+5,47%</b>

\* Links tipo: 1 - rodovias; 2 - vias de trânsito rápido; 3 - vias arteriais I; 4 - vias arteriais II; 5 - vias arteriais III; 6 - vias coletoras I; 7 - vias coletoras II; e 9 - vias coletoras III.

**Tabela 9: Comparação entre tempos gasto em viagens nos links para todos os cenários**

Tipo de Link*	Cenário Base	Cenário P50		Cenário P100		Cenário E50		Cenário E100	
	VHR	VHR	var. %	VHR	var. %	VHR	var. %	VHR	var. %
1	104.327	73.796	-29,26%	61.153	-41,38%	95.856	-8,12%	110.294	5,72%
2	141.024	127.005	-9,94%	133.308	-5,47%	110.371	-21,74%	97.378	-30,95%
3	468.874	345.353	-26,34%	314.680	-32,89%	384.535	-17,99%	381.307	-18,68%
4	275.561	184.966	-32,88%	154.699	-43,86%	245.478	-10,92%	273.574	-0,72%
5	133.004	87.501	-34,21%	69.457	-47,78%	146.201	9,92%	200.626	50,84%
6	183.490	140.304	-23,54%	133.961	-26,99%	152.285	-17,01%	155.218	-15,41%
7	77.277	47.598	-38,41%	36.200	-53,16%	75.510	-2,29%	93.678	21,22%
9	53.082	51.115	-3,71%	49.239	-7,24%	54.713	3,07%	56.727	6,87%
<b>Total</b>	<b>1.436.639</b>	<b>1.057.638</b>	<b>-26,38%</b>	<b>952.697</b>	<b>-33,69%</b>	<b>1.264.949</b>	<b>-11,95%</b>	<b>1.368.802</b>	<b>-4,72%</b>

\* Links tipo: 1 - rodovias; 2 - vias de trânsito rápido; 3 - vias arteriais I; 4 - vias arteriais II; 5 - vias arteriais III; 6 - vias coletoras I; 7 - vias coletoras II; 9 - vias coletoras III.

O que pode-se perceber é que os cenários de redistribuição de população apresentam benefícios da ordem de 8,7 e 5,1% em termos de redução da extensão total de viagens, e de 33,7 e 26,4% em termos de redução do tempo total de viagem, para P100 e P50 respectivamente. Em termos absolutos, o balanceamento do cenário P100 traz uma economia de perto de 1,2 milhões de quilômetros e de quase 485 mil horas de viagem e o cenário P50, de 700 mil quilômetros e quase 380 mil horas de viagem, em relação ao cenário base na hora de pico da manhã. A Tabela 10 mostra que este benefício decorre da redução nas distâncias percorridas por viagem, em razão da probabilidade de encontrar atividades mais próximas da residência (em especial emprego) proporcionada por uma melhor distribuição destas atividades através do seu balanceamento, e da melhoria da velocidade média de viagem, resultante de fluxos nas vias menos congestionadas.

**Tabela 10: Comparação de variáveis para mensuração do impacto do balanceamento nos diversos cenários propostos**

Variável	Cenário								
	Base	P50	var.%	P100	var.%	E50	var.%	E100	var.%
<b>Total de viagens</b>	739.320	740.460	+0,15%	742.592	+0,44%	737.793	-0,21%	736.273	-0,41%
<b>Total de km de vias</b>	11.573	11.573	-	11.573	-	11.573	-	11.573	-
<b>% de Relocação*</b>	-	18,70%	-	37,40%	-	18,10%	-	36,05%	-
<b>Total de VKM</b>	13.715.048	13.012.723	-5,12%	12.524.454	-8,68%	13.976.824	+1,91%	14.464.894	+5,47%
<b>Extensão/viagem</b>	18,55	17,52	-5,54%	16,87	-9,08%	18,94	+2,12%	19,65	+5,90%
<b>Fluxo médio/via</b>	1.185	1.124	-5,16%	1.082	-8,70%	1.208	+1,93%	1.250	+5,47%
<b>Total de VHR</b>	1.436.639	1.057.638	-26,38%	952.697	-33,69%	1.264.949	-11,95%	1.368.802	-4,72%
<b>Velocidade média</b>	9,55	12,30	+28,88%	13,15	+37,71%	11,05	+15,74%	10,57	+10,69%

\* Relocação dos cenários P50 e P100 relativa ao total de 16.792.443 habitantes; e relocação dos cenários E50 e E100 relativa ao total de 6.959.395 empregos, ambos para a área de estudo como um todo.

De maneira diversa, as redistribuições de empregos resultam em impactos menos consistentes. As extensões totais de viagem 5,5 e 1,9% maiores (ou seja, cerca de 750 e 260 mil quilômetros a mais são percorridos) no E100 e no E50 se comparados ao cenário

base, correspondem a uma maior extensão média percorrida por viagem. No entanto, em termos do tempo gasto nas viagens dentro da área de estudos, estes cenários de balanceamento também produzem resultados positivos, com redução de cerca de 5 e 12% de redução para o E100 e o E50, graças à melhoria de velocidade nas viagens (resultante da transferência da demanda de tráfego para áreas menos congestionadas).

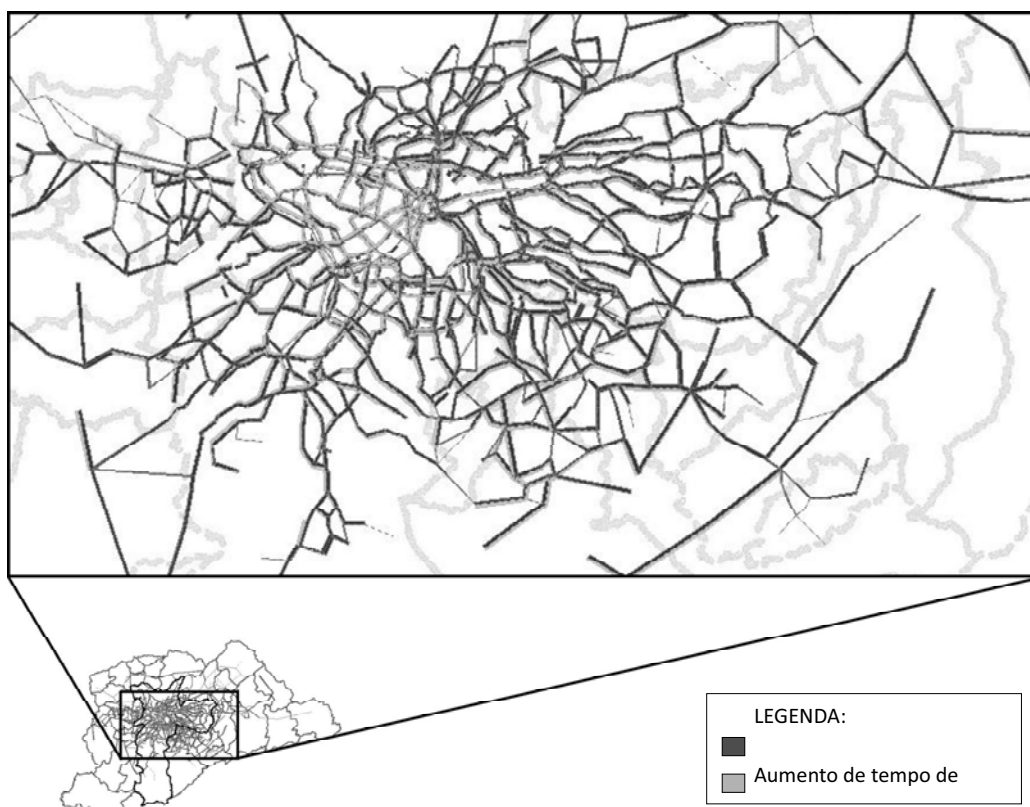
Logo, os resultados para os cenários de redistribuição da população são sensivelmente melhores que os dos cenários de redistribuição de empregos, e quanto maior a proporção de balanceamento deste último tipo, menor o benefício alcançado. Estes resultados aplicam-se para os cenários de redistribuição generalizada (e podem não refletir o impacto de ações específicas de balanceamento em áreas restritas e críticas).

A Figura 3, a seguir, ilustra a distribuição espacial dos ganhos em tempo de viagem numa comparação entre o cenário base e o cenário P100. As linhas cinza claro indicam links onde houve redução do tempo de viagem gasto no cenário P100, em particular na região central da cidade, provavelmente devido à maior eficiência da rede de transporte e viagens mais curtas.

Por sua vez, a Figura 4, onde o cenário E100 é comparado ao cenário base em termos de tempos de viagem, mostra uma situação diversa. A área central apresenta concentração de linhas cinza escuro, representando aumento dos tempos de viagem, enquanto a periferia apresenta redução.

Outro aspecto interessante, mostra que, embora ambos os tipos de balanceamento produzam incremento da velocidade média na rede (dada pela divisão de VKM por VHR), a distribuição da variação de velocidade nos links é diferente. Na comparação entre os cenários de redistribuição de população com o cenário base houve aumento da velocidade para a maioria dos links da periferia e redução de velocidade nos links da área central enquanto que, para os cenários de redistribuição de emprego, a velocidade nos links da área central aumentou e nos links periféricos diminuiu. Em ambos os casos o resultado foi intensificado quanto maior a redistribuição.

Figura 3: Comparação entre tempos de viagem nos cenários base e P100



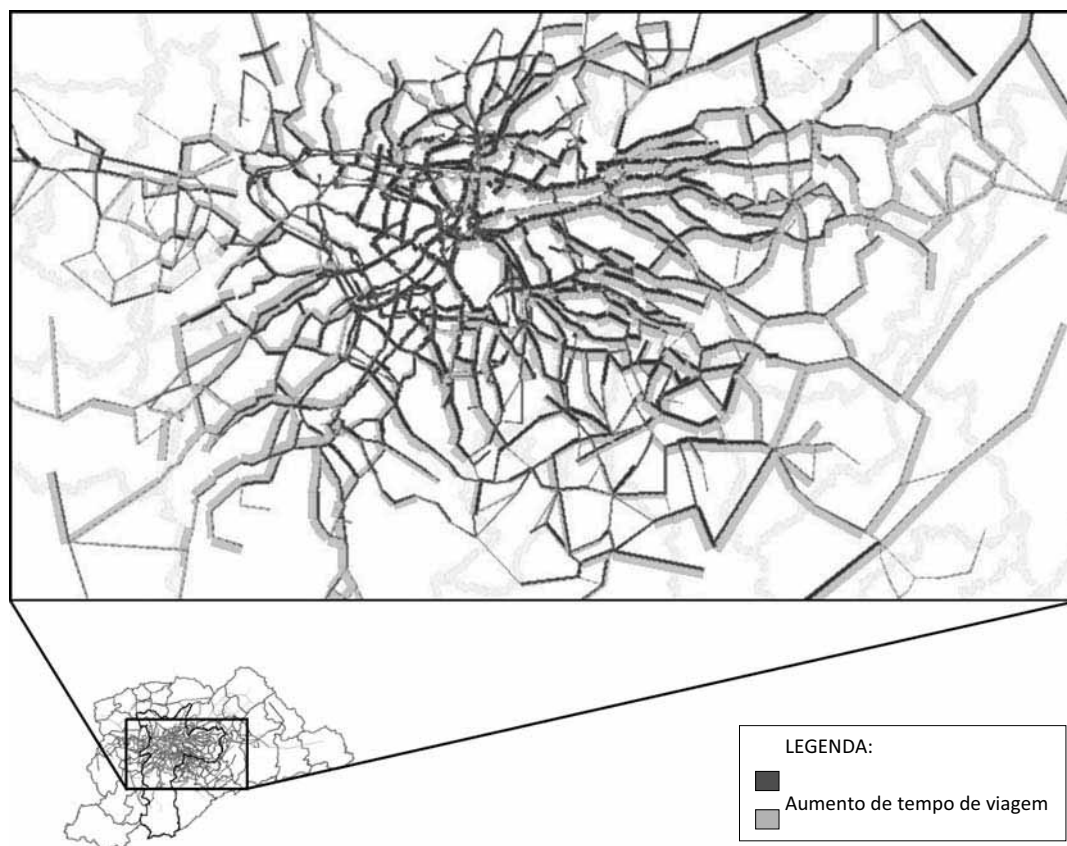


Figura 5: Comparação de tempos de viagem nos cenários base e E100

Naturalmente, cenários radicais de redistribuição de atividades como os simulados são pouco plausíveis como políticas reais. Portanto, os resultados apresentados servem como mensuração dos efeitos potenciais e podem ser representados por curvas de variação, como as apresentadas nas Figuras de 5 a 8, nas quais é possível perceber a sensibilidade dos impactos. Pode-se ver o amortecimento do benefício obtido pela maior redistribuição de população tanto em termos de aumento da velocidade média quanto de redução da extensão de viagens. Também, pode-se ver que o aumento da redistribuição de emprego tem seu benefício amortecido sobre o aumento da velocidade na rede mas tem seu efeito indesejado acelerado sobre a variação da extensão de viagens.

As elasticidades da extensão média das viagens e da velocidade média global estimadas estão na Tabela 11, a seguir. Em se tratando da redistribuição de população, o efeito positivo dos primeiros 50% de balanceamento na redução da extensão de viagens e no aumento da velocidade média é maior que o dos 50% complementares. Já para a redistribuição de empregos, o efeito negativo do balanceamento é menos atenuado com a intensificação do balanceamento. E ainda, o efeito benéfico dos primeiros 50% de balanceamento sobre a velocidade média são revertidos nos 50% complementares.

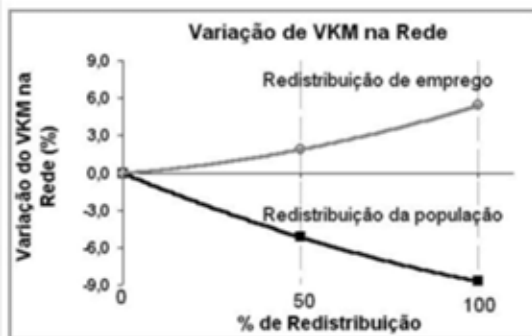


Figura 1: Variação do VKM para cenários de redistribuição de população e empregos

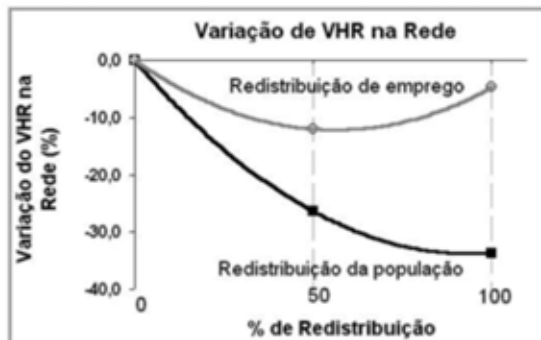


Figura 2: Variação do VHR para cenários de redistribuição de população e empregos



Figura 7: Variação da velocidade média na rede para cenários de redistribuição de população e empregos



Figura 8: Variação da extensão média de viagens para cenários de redistribuição de população e empregos

Portanto, tanto em termos de velocidade como de extensão de viagens os cenários de redistribuição de população produziram resultados mais satisfatórios e mais relevantes que os de redistribuição de emprego, sendo portanto mais recomendados como políticas generalizadas de balanceamento para melhoria do tráfego.

Embora um maior número de cenários fosse recomendado para confirmar esta tendência, há indícios de que os esforços necessários para obter-se melhorias no tráfego a partir de políticas de balanceamento com a redistribuição de população em áreas já relativamente balanceadas podem mostrar-se menos compensadores que os esforços iniciais de balanceamento em uma área muito desbalanceada.

Deve-se também enfatizar as hipóteses de manutenção da composição de viagens intrazonais e do padrão de dispersão da escolha dos destinos de viagens. Por exemplo, uma simulação com fatores de concentração ( $\beta^p$ ) majorados no cálculo da impedância (valores duplicados, o que corresponde a ter-se escolhas de viagens concentradas nos locais mais próximos) mostrou que mesmo a redistribuição radical de empregos traria uma redução 3,3 milhões de quilômetros e 845 mil horas respectivamente na extensão e tempo totais gastos em viagens (valores 24% e 59% menores que os do cenário base), refletindo-se numa redução de quase 24% na extensão média de viagens e de um aumento de 84% na velocidade média na rede. Os resultados do cenário de redistribuição radical de população trariam uma redução de em média 4,43 quilômetros por viagem (de 18,55 para 14,12 km/viagem) e uma acréscimo de 8 km/h na velocidade (de 9,55 para 17,58km/h). No



entanto, não parecem existir estudos suficientes para permitir construir hipóteses minimamente plausíveis sobre alterações desta natureza.

## 6. CONCLUSÕES

Conforme verificado, o estudo revelou que políticas direcionadas ao balanceamento de atividades podem resultar em benefícios significativos para o tráfego tanto em VKM como em VHR, particularmente quando baseadas na redistribuição de população, mesmo sem alteração da distribuição de empregos.

Os cenários de redistribuição de população apresentaram ganho em todos os sentidos avaliados, enquanto os cenários de redistribuição de empregos apresentaram um incremento menor da velocidade média, por terem produzido um aumento na extensão média das viagens (este resultado é bastante sensível à hipótese de manutenção do padrão de dispersão de viagens em relação ao coeficiente calibrado pelo Metrô/SP).

A distinção entre os resultados obtidos pelos dois tipos de balanceamento parece advir da dispersão de viagens pela área periférica nos cenários de redistribuição de empregos e, em contrapartida, da concentração de viagens na área central (considerada mais eficiente em termos de transportes) gerada nos cenários de redistribuição de população.

Os cenários de redistribuição de população, os mais indicados, parecem trazer ganhos decrescentes (o que foi evidenciado por uma elasticidade decrescente). Além disso, não se justifica um balanceamento radical pois a iniciativa implicaria em uma relocação populacional muito grande (o custo-benefício decorrente não o justificaria).

Neste sentido seria interessante verificar em estudo futuro qual percentual de balanceamento seria desejável, especialmente sob o ponto de vista de auxílio na tomada de decisões de onde intervir por parte do poder público.

Um ponto a ser comentado é que as simulações não consideraram o impacto do balanceamento sobre a fração de viagens intrazonais e sobre o coeficiente de dispersão da escolha do destino de viagem, em ambos os casos resultando em um benefício provavelmente ainda maior que aquele estimado pelo procedimento utilizado.

Adicionalmente, a utilização de matrizes fixas de viagens de transporte coletivo bem como de caminhões reduz também a estimativa dos prováveis efeitos do balanceamento. O uso de fatores fixos de separação de viagens na divisão modal, por sua vez, não parece ter um efeito claro no padrão de resultados que viria a ser obtido.

Seria recomendável também que futuros estudos pudessem utilizar um nível de desagregação mais adequado aos dados disponíveis no sentido de evitar problemas resultantes de matrizes com viagens muito dispersas e eventualmente permitir a utilização de processo incremental, para reduzir os erros de previsão.

Reitera-se, entretanto, que os cenários propostos para este estudo **não** se pautam pela plausibilidade e realismo. Procurou-se apenas quantificar os possíveis resultados obtidos em razão do balanceamento. Neste sentido, o uso de modelos integrados poderia ser interessante na produção de cenários mais realistas e razoáveis.

A impossibilidade de implementação de processo sintetizado aplicado a um modelo integrado de uso do solo e transportes não foi decorrente de problemas práticos em obter dados e em obter e converter parâmetros necessários à sua implementação, mas sim em razão da dificuldade em identificar políticas integradas eficazes em promover o



balanceamento de atividades. Contudo, a implementação de um modelo integrado, pelo menos em uma versão simplificada como a do SISTRAN, parece possível.

Neste caso, os estudos sobre identificação de políticas (além da ação direta do poder público em promover empreendimentos) capazes de promover o balanceamento de atividades, em cada uma das formas possíveis, parece um aspecto importante.

### Referências Bibliográficas

AKISHINO, P. **Um processo sintetizado para planejamento de transportes urbanos**. 2002. 176p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2002.

CERVERO, R. Jobs-housing balance revisited. **Journal of the American Planning Association**, Chicago, v.62, n.4, p.492-511, 1996.

COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO. (CET). **Projeto MUT** – modelo de uso do solo e transportes de São Paulo. São Paulo: 1980. (Relatório final, volumes 1 a 19)

COMPANHIA DO METROPOLITANO DE SÃO PAULO. (METRÔ). **Modelo de Geração - 1997**. São Paulo: Metrô, 2000. (GTC – TCP 2000, relatório interno)

COMPANHIA DO METROPOLITANO DE SÃO PAULO. (METRÔ). **Plano de expansão da rede de Metrô e sua articulação com os sistemas de transporte coletivo da rede metropolitana de São Paulo aos padrões de mobilidade detectados pela pesquisa O-D 1997**. São Paulo: Metrô, 2001. (RT-3.2.2 Modelos de Transporte)

DOWNS, A. **Stuck in traffic**: coping with peak-hour traffic congestion. Washington: The Brookings Institution, 1992. 210p.

ECHENIQUE, M. The São Paulo metropolitan study: a case study of the effectiveness of urban analysis. In: NATO ADVANCED RESEARCH INSTITUTE MEETING ON SYSTEM ANALYSIS IN URBAN POLICY-MAKING AND PLANNING, Oxford, 1983. **Proceedings**. Oxford: Plenum, 1983. p.243-270.

HANDY, S. Methodologies for exploring the link between urban form and travel behavior. **Transportation Research D**, Great Britain, v.1, n.2, p.151-165, Dec. 1996.

HUTCHINSON, B.G. **Princípios de planejamento dos sistemas de transporte urbano**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Dois, 1979. 416p.

LEVINE, J. Rethinking accessibility and jobs-housing balance. **Journal of the American Planning Association**, Chicago, v.64, n.2, p.133-149, 1998.

LOPES, D.L. **Viabilidade do uso de modelos sintéticos integrados de uso do solo e transportes: estudo de aplicação à cidade de São Paulo**. 2003. 191p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2003.

LOWRY, I.S. **A model of metropolis**. Santa Monica: The RAND Corporation, 1964. (Memorando técnico RM44035-RC).

MACKEL, C.T.; Hotchief-Montreal-Deconsult. **Metrô de São Paulo**: sistema integrado de transporte rápido coletivo da cidade de São Paulo. São Paulo: Prefeitura do Município de São Paulo, 1968. v.1. 335p. (Estudos socioeconômicos de tráfego e viabilidade econômico-financeira).

MALONE-LEE, L.C.; SIM, L.L.; CHIN, L. Planning for a more balanced home-work relationship: The case study of Singapore. **Cities**, Great Britain, v.18, n.1, p.51-55, 2001.

NOVAES, A.G. **Modelos em planejamento urbano, regional e de transportes**. São Paulo: Edgar Blüncher, 1981. 290p.

NOWLAN, D. M.; STEWART, G. Downtown population growth and commuting trips: Recent experience in Toronto. **Journal of the American Planning Association**, Chicago, v.57, n.2, p.165-182, spring 1991.

ORTÚZAR, J.D.; WILLUMSEN, L.G. **Modelling transport**. 2.ed. New York: John Wiley & Sons, 1994. 439p.

PIETRANTONIO, H. **Land use and transport integrated models** – basic relations and solution approaches. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2001. (Relatório).

SÃO PAULO. Secretaria de Estado dos Negócios Metropolitanos. **SISTRAN**: Estudo do sistema de transportes urbanos de passageiros da Região Metropolitana de São Paulo. São Paulo: PMSP, 1974. 274p. (Relatórios da fase II, vols. II e III).

SÃO PAULO. Secretaria de Estado dos Transportes Metropolitanos. STM. **Pitu 2020**: plano integrado de transportes urbanos para 2020. São Paulo: STM, 1999. 176p.

SÃO PAULO. Comissão de Estudos sobre Habitação na área Central. **Relatório final /Comissão de estudos sobre habitação na área central**. São Paulo : Câmara Municipal de São Paulo, 2001. 151p.

SÃO PAULO. Secretaria Municipal de Planejamento Urbano. (SEMPA). **Plano diretor estratégico 2002 - 2012** :lei 13.430 de 13/09/02 /SEMPA. São Paulo: SEMPA, 2002. 1 CD-ROM.