



**JORNADA AO TRABALHO E TRANSPORTE METROVIÁRIO: DIFERENÇAS DE SEXO NA REGIÃO METROPOLITANA DE BELO HORIZONTE**

**Autor: Rubens Augusto de Miranda**

## **RESUMO**

O presente trabalho com base em algumas das principais teorias de localização residencial e investiga a hipótese de que há uma diferenciação por sexo na utilização do transporte metroviário no deslocamento domicílio-trabalho dentro da Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH). Para tanto, empregou-se os dados referentes à pesquisa Origem-Destino 2001 da Fundação João Pinheiro da referida região. No que tange as evidências empíricas, entendeu-se que o procedimento metodológico mais adequado é o da abordagem multinível, devido ao argumento de que os dados apresentam alguma estrutura hierarquizada. Assim, modelou-se o tempo gasto no deslocamento domicílio-trabalho como função de uma série de características individuais, domiciliares e regionais. Os resultados corroboram com algumas das teorias acerca da estrutura familiar no processo de escolha residencial e a existência de uma diferença de sexo na utilização do metrô no deslocamento domicílio-trabalho na RMBH.

Palavras-chave: escolhas residenciais, jornada ao trabalho, modelos multiníveis

## SUMÁRIO

- 1. INTRODUÇÃO**
- 2. AS ESCOLHAS RESIDENCIAIS, JORNADAS AO TRABALHO E TRANSPORTE**
  - 2.1. A Nova Economia Urbana
  - 2.2. Teoria e evidências empíricas da Jornada ao trabalho e escolhas residenciais
  - 2.3. O Transporte metroviário em Belo Horizonte
- 3. DADOS E METODOLOGIA**
  - 3.1. Análise exploratória da jornada ao trabalho da Região Metropolitana de Belo Horizonte
  - 3.2. A abordagem multinível
    - 3.2.1. O modelo não condicional
    - 3.2.2. O modelo condicional
  - 3.3. Procedimentos de análise de modelos hierárquicos
  - 3.4. O modelo de localização residencial
- 4. RESULTADOS ECONOMETRÍCOS**
- 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**
- 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

## 1. INTRODUÇÃO

Quando uma família se muda para determinada cidade, e tem que escolher uma residência, ela é confrontada com um complexo conjunto de decisões. Nesta situação, segundo a Nova Economia Urbana, as famílias são postas de frente a um *trade-off* entre os fatores acessibilidade, espaço e amenidades. Acessibilidade inclui tanto custos pecuniários como custos temporais associados a idas ao trabalho, lazer, compras, e outras atividades. No que tange ao espaço, tem-se os aspectos físicos por si só. Finalmente, amenidades ambientais incluem características naturais (a paisagem, por exemplo) assim como características da vizinhança advindas da qualidade das escolas, segurança e mesmo da composição racial dos moradores. Assim, na formulação da escolha residencial, uma família deve pesar todos os três fatores apropriadamente e, além disso, deve confrontar-se com restrições orçamentárias e temporais.

Atualmente, as grandes metrópoles brasileiras se encontram no limiar de um colapso total do direito de ir e vir dos seus habitantes, devido aos incontáveis congestionamentos. Nesse sentido, é consensual a importância do transporte coletivo, em detrimento de outros tipos de transporte, como forma de dirimir muito dos problemas urbanos (tais como poluição, congestionamento, etc.) do mundo contemporâneo. Isso porque, ao priorizar o transporte coletivo, reduz-se a necessidade de construção e manutenção de vias e estacionamentos – permitindo a alocação do solo urbano para outros usos – assim como leva a diminuição na emissão de gases poluentes. Em qualquer parte do mundo, o transporte metroviário é reconhecido pela população como um meio de transporte rápido, eficaz e limpo.

Dessa forma, no presente trabalho pretende-se investigar, à luz das teorias de localização residencial, a diferença de sexo na escolha das opções de transporte público, metrô e ônibus, para se dirigir ao trabalho. A idéia é que as mulheres tem uma preferência pelo transporte de ônibus em detrimento do metroviário. Tal fato é muitas vezes relatado pela mídia, trazendo para o grande público problemas relativos a assédio em vagões de metrô, por exemplo. O resultado destes indícios pode ser observado no fato de que em muitas cidades, por exemplo, ao redor do mundo as mulheres possuem vagões exclusivos na hora do *rush*. Assim, propõe-se tentar captar essas diferenças na escolha da forma de deslocamento para o trabalho através de alguns procedimentos estatísticos.

O trabalho inclui o presente tópico introdutório, um segundo tópico que apresenta algumas teorias e evidências empíricas de localização residencial e deslocamento ao trabalho, um terceiro tópico versando sobre o banco de dados e o método econométrico utilizado, um quarto tópico que apresenta os resultados dos modelos estimados e, por fim, um quinto tópico, onde estão dispostas algumas considerações finais.

## 2. AS ESCOLHAS RESIDENCIAIS, JORNADA AO TRABALHO E TRANSPORTE

### 2.1 A Nova Economia Urbana

A chamada Nova Economia Urbana (NEU) foi fundada nos anos 60 e início dos anos 70 do século XX como representante da síntese neoclássica na economia urbana<sup>1</sup>. A partir do trabalho seminal de Alonso (1964), essa Escola procurou formular uma teoria de localização residencial baseada na conversão dos *insights* de von Thünen<sup>2</sup> para um ambiente urbano. Segundo a NEU, as famílias fazem suas escolhas locais, sob condições de competição perfeita e liberdade de escolha, objetivando maximizar as suas utilidades. Destarte, os custos de deslocamento, os custos de habitação e a renda são unidos numa mesma estrutura para prever a localização das famílias e de diferentes grupos de renda dentro de uma cidade. Se a demanda por espaço de uma família permanece constante enquanto o tempo de lazer passa a ser mais valorizado, esta poderia optar por uma localização mais próxima do centro da cidade, diminuindo o tempo de deslocamento para o trabalho, o que aumentaria o tempo de lazer e, conseqüentemente, o seu bem-estar. Uma outra situação seria a de que a avaliação do tempo permanece constante, mas a quantidade de espaço demandado aumenta. Neste caso, a família vai se dirigir para as regiões mais periféricas da cidade, afim de obter um espaço de habitação mais barato. Em geral, a taxa de substituição entre custos de deslocamento e custos de habitação é determinada pela avaliação da família em relação ao tempo e a preferência por habitar em uma particular densidade habitacional.

Alguns modelos geram resultados em que os ricos se aglomeram em dois locais distintos: um próximo e o outro distante do centro da cidade. O rico localizado próximo ao centro valoriza mais o tempo, enquanto que o rico da periferia valoriza mais o espaço. Essa variação das preferências pode ser atribuída a diferenças no estágio do ciclo de vida: famílias em estágios iniciais do ciclo de vida tendem a valorizar mais o tempo, enquanto que famílias já nos estágios mais avançados valorizam mais o espaço.

### 2.2 Teoria e evidências empíricas da Jornada ao trabalho e escolhas residenciais

Segundo Cadwallader (1992), a mobilidade residencial urbana pode ser interpretada como sendo um fenômeno do mercado residencial, com as famílias mudando o seu estoque de moradias, à medida que experimentam mudanças, tanto no *status* familiar, quanto no *status* socioeconômico. Assim, a decisão de mudar de residência é uma função do nível de satisfação que se espera atingir morando em outros locais, dado que as preferências das famílias foram “mudadas”.

As características das pessoas que formam a vizinhança, em termos de *status* socioeconômico, raça e outros valores, fornecem uma medida da importância relativa do meio social. Assim, como a família se enxerga em relação àquele ambiente pode ser tão significativo para a tomada de decisão quanto a mudança de endereço residencial. Conforme foi sugerida por Simmons (1968), a

---

<sup>1</sup> Esta surgiu, principalmente, das contribuições de Alonso (1964), Mills (1967), Beckmann (1969), Muth (1969), Solow & Vicky (1971), Solow (1972). De forma paralela, e não menos importante, temos as contribuições de Wingo (1961a, 1961b).

<sup>2</sup> Von Thünen (1826) desenvolve o seu modelo clássico de determinação do uso e aluguel da terra para agricultura na hinterlândia ao redor de uma cidade isolada. Ele procura responder como o uso da terra é alocado e se há uma competição não planejada entre fazendeiros e os donos da terra, onde cada indivíduo age por interesse próprio.

Mobilidade residencial torna-se, às vezes, a expressão espacial da mobilidade social. O influxo de uma diferente classe socioeconômica para uma vizinhança pode ser particularmente decisivo na indução dos antigos moradores a se mudarem.

Lee *et al* (1994) e Bolan (1997) criticam diversas pesquisas sobre localização e mobilidade residencial por concentrarem suas atenções nas carências de moradia específicas de cada estágio do ciclo de vida, enfatizando “tipos” de pessoas, e ignorando aspectos contextuais da localidade dessa moradia. Dentre estes aspectos contextuais pode-se destacar: a qualidade física, o *status* sócio-econômico do ambiente, amenidades diversas e apego à vizinhança. Por exemplo, quando uma família entra no estágio da vida correspondente à criação de filhos, os aspectos de vizinhança e da unidade de moradia normalmente são julgados por novos padrões, considerados desejáveis.

Os trabalhos empíricos de localização residencial teoricamente vinculados a NEU se centraram na análise da distância e/ou do tempo de deslocamento da *commuting* (deslocamentos diário para o trabalho). Alguns estudos rejeitam a localização do emprego como sendo uma variável importante na decisão de mudar de residência (Simmons, 1968), porém indicam que a duração do trajeto domicílio-trabalho constitui um fator significativo na localização de grupos familiares como se observa nos estudos realizados por autores como Clark & Burt (1980), Madden (1981), Bem-Akiva & Bowman (1998), Magalhães (2002).

Ben-Akiva & Bowman (1998) argumentam que uma família geralmente considera a acessibilidade de cada um dos seus membros em certa hierarquia de prioridades, na escolha do local de residência. Por exemplo, a acessibilidade para o chefe do domicílio pode ter um maior peso do que aquela proporcionada aos demais membros da família.

Modelos multiníveis são utilizados por Magalhães (2002), que procura investigar a importância relativa de características socioeconômicas e demográficas de domicílios, bem como de aspectos ambientais e de vizinhança, sobre os processos de mobilidade e de localização residencial em áreas urbanas. Para tanto, ele empregou dados da Pesquisa Domiciliar de Origem Destino da Região Metropolitana de Belo Horizonte desenvolvida em 1992 pela NUCLETRANS, em convênio com a TRANSMETRO e o extinto órgão de planejamento PLAMBEL. Em seu estudo, Magalhães utiliza um modelo de regressão logística multinível para verificar como os fatores domiciliares e contextuais afetam a probabilidade da moradia estar próxima do local de trabalho (tempo de *commuting* inferior a 20 minutos). Entre seus resultados temos que se o trabalhador é cônjuge, em grande parte mulheres, a probabilidade desse trabalhar próximo ao domicílio aumenta 60 %. A proximidade do local de emprego também é característica dos detentores de maiores renda, independente do sexo, o que nos remete a idéia do modelo de tempo-estendido, no qual o aumento do poder aquisitivo do indivíduo torna mais valorizado o tempo.

A mesma abordagem também é utilizada por Bottai *et al* (2006) para modelar a distância coberta e o número de viagens diárias, focando nos efeitos do sexo e da idade dos residentes da cidade de Pisa na Itália. Eles utilizaram um modelo hierárquico de 3 níveis para captar a influência da correlação intra-familiar e intra-regional sobre o comportamento da mobilidade individual. O estudo não especificou o propósito da viagem, assim, a variável resposta é a distância percorrida dos deslocamentos por qualquer motivo. Dentre os principais resultados tem-se que as características domiciliares explicam 37% da variância do tempo de *commuting* e as características da região apenas 6% da variância. Outro resultado importante é referente à diferença por sexo, pois as distâncias percorridas pelas mulheres são, na média, 46% menores.

A diferença entre sexos, no deslocamento diário, encontrada por Bottai *et al* (2006) corrobora, em parte, os argumentos de Madden (1981). Segundo esse autor, as mulheres procuram empregos perto de suas residências por dois motivos: 1) menores taxas salariais e horas trabalhadas diminuem a taxa de retorno da *commuting* e; 2) as responsabilidades domésticas aumentam o custo de longos deslocamentos. Entretanto, conforme a taxa salarial e as horas trabalhadas aumentam, o diferencial entre os sexos no tempo de *commuting* diminui. Em outras palavras, com menores diferenciais salariais e de horas trabalhadas as mulheres passam a ter deslocamentos semelhantes ao observado para os homens.

A literatura discutida até o momento trata somente das peculiaridades inerentes aos indivíduos e famílias. Assim sendo, as especificidades e preferências em relação aos meios de transporte estão ausentes nesta literatura. Como o presente trabalho objetiva investigar o transporte metroviário na jornada ao trabalho na RMBH, a próxima seção apresentará um pequeno histórico deste modo transporte em Belo Horizonte.

### **2.3. O transporte metroviário em Belo Horizonte**

O impulso para a construção de sistemas metroviários nas grandes cidades brasileiras ocorreu a partir da crise do petróleo. Dado o problema energético a nível mundial, o Governo Federal, objetivando diminuir a dependência do petróleo, passou a investir em modos de transportes que apresentassem maior eficiência energética. Foi nesse contexto que se desenvolveu o Pró-Álcool e os projetos de trens urbanos.

O desenvolvimento do projeto do trem metropolitano de Belo Horizonte tinha a intenção de buscar uma solução que coadunasse com os interesses do transporte de carga e de passageiros. Assim, idealizou-se uma malha ferroviária/metroviária totalmente vedada (o tráfego de veículos e pedestres não interfere no movimento dos trens), cujo leito era o mesmo originalmente utilizado pela linha de carga – o que diminuiria os custos de implantação.

O plano, inicialmente ambicioso, na década de 1980 teve que se ajustar a realidade nacional, caracterizada por uma profunda crise econômica. Isso levou a uma redução dos recursos e, conseqüentemente, sucessivas prorrogações dos cronogramas. O contrato de financiamento assinado com o Banco Mundial em 1995, no valor de US\$ 197 milhões, deu uma nova impulsão para a finalização da Linha Eldorado/Vilarinho (Linha 1). Em 2004, tendo como base as propostas do Plano Diretor de Transporte sobre Trilhos na RMBH, a Companhia Brasileira de Trens Urbanos (CBTU), responsável pela operação do metrô, começou a planejar a expansão do sistema metroviário mediante a construção da Linha 2 e 3, que ligariam, respectivamente, o Barreiro a Santa Tereza e a Pampulha a Savassi.

No escopo da Lei 8.693/93, que objetiva transferir os sistemas ferroviários urbanos operados pela União a empresas locais para a exploração do transporte metroviário de passageiros nos Estados e Municípios onde os serviços são prestados, a CBTU vem preparando a transferência das responsabilidades de operação e planejamento do metrô da União para aos poderes locais (o Governo do Estado e às Prefeituras de Belo Horizonte e Contagem). Para viabilizar tal transferência, foi constituída a empresa Transportes Metropolitanos de Belo Horizonte S. A., cujos acionistas são o Estado e as duas Prefeituras.

### 3. DADOS E METODOLOGIA

A idéia de que os indivíduos interagem com os contextos sociais em que estão inseridos procura elucidar que os mesmos são influenciados pelos grupos aos quais eles pertencem. As propriedades destes grupos, por outro lado, são influenciadas pelos indivíduos que os compõem. Os indivíduos e os grupos podem ser entendidos como unidades pertencentes a alguma estrutura hierárquica. Em tais sistemas poderíamos observar diferentes níveis hierárquicos, onde as variáveis individuais e de grupos seriam definidas em níveis distintos (indivíduos em um primeiro e mais baixo nível hierárquico e os grupos em níveis superiores).

Deparando-se com dados que apresentam certa estrutura hierárquica, pode-se notar que as observações pertencentes ao mesmo grupo são, geralmente, mais similares do que aquelas pertencentes a outros grupos, o que viola a hipótese de independência entre as observações. Outro problema corriqueiro com dados aninhados é de heterocedasticidade, pois o termo de erro costuma estar ligado às variáveis explicativas, enquanto que os modelos usuais de regressão múltipla supõem homocedasticidade. Quando estas hipóteses são violadas, a regressão de mínimos quadrados ordinários (MQO) pode se tornar inapropriada. Assim, mediante tais peculiaridades de dados hierarquizados, faz-se necessário o uso de uma abordagem alternativa. Um tipo de metodologia que procura captar as relações entre as variáveis de nível individual e as variáveis pertencentes a determinados grupos é a chamada abordagem multinível, hierárquica ou de coeficientes aleatórios. O nome de coeficientes aleatórios se deve ao fato de que o intercepto e os coeficientes de inclinação variam entre as famílias e regiões, que são, respectivamente, os grupos de segundo e terceiro níveis.

A investigação sobre os determinantes da localização e da mobilidade residencial urbana, à luz das principais abordagens teóricas, envolve, claramente, alguns níveis hierárquicos de análise. A princípio, pode-se definir, pelo menos, 3 níveis: o primeiro, relativo as características individuais, tais como: idade, sexo, condição no domicílio e meio de deslocamento; o segundo, relativo a características inerentes aos domicílios, envolvendo, dentre outros aspectos: renda, composição do domicílio; e o terceiro, relativo às características ambientais da região urbana onde se localiza o domicílio, tais como: características da vizinhança, acessibilidade a serviços e comércio, etc.

Com relação a base de dados, o presente trabalho utilizou a Pesquisa Origem Destino (OD) de 2001, realizada pela Fundação João Pinheiro. Objetivando compreender o processo de mobilidade intra-urbana na região metropolitana de Belo Horizonte<sup>3</sup>, foram entrevistados 121.296 moradores de domicílios particulares permanentes<sup>4</sup>, correspondendo a 2,68 % dos domicílios da RMBH. A pesquisa OD elaborou um banco de dados cujos setores censitários do IBGE foram agregados em unidades espaciais caracterizadas por uma “semelhança urbanística dos assentamentos (residências, instituições, comércio, indústria) de densidade de ocupação, do ambiente declividade, área de

---

<sup>3</sup> A pesquisa também objetivou compreender as estruturas de uso do solo, mercado do solo urbano, as correntes migratórias externas e o crescimento demográfico metropolitano: Delinear o quadro sócio-econômico dos habitantes da RMBH, tendo em vista, a relação estreita que essas variáveis mantêm com as demais (renda/ ocupação/ mudança; renda/ ocupação/ deslocamentos diários): Suprir de informações de padrões de deslocamentos da população (viagens) no espaço metropolitano, visando à estimativa de demandas futuras de transporte: Fornecer subsídios para estudos de informações demográficas (vegetativo e migratório) em diferentes níveis de agregação (setores censitários do IBGE) distritos e municípios com unidades político administrativas e zonas OD, desenvolvidas pelo PLAMBEL / Planejamento da região Metropolitana de Belo Horizonte, nas três pesquisas anteriores – 1972, 1981/1982 e 1991/1992 (FJP, 2004a p. 1).

<sup>4</sup> Com exceção daqueles situados na zona rural.

convergência topográfica, barreiras físicas e rede viária de articulação interna e externa”<sup>5</sup> que apresentam uma certa homogeneidade. Deste modo, tais unidades especiais foram chamadas de áreas homogêneas (AH). Seguindo este critério, foram determinadas 1003 áreas homogêneas. Entretanto, como nem todas as AHs caracterizam-se como aglomerações urbanas, ou de espaço residencial, foram excluídas as áreas que contavam com um número de domicílios inferior a 100. Assim sendo, a OD foi realizada em apenas 795 AHs. Em comparação com os setores censitários, no que tange ao número de domicílios, temos que:

Os setores censitários dos censos demográficos são unidades administrativas para coleta de informações, agregando em média entre 300 e 400 domicílios. Desse modo, uma área homogênea típica comporta entre 900 e 1600 domicílios. (FJP, 2004a, p. 4).

A pesquisa compreendeu quatro grandes etapas. A primeira etapa consistiu em uma pesquisa domiciliar, na qual foram entrevistados indivíduos em 31.416 domicílios, como observado na tabela 3.1. Nestas entrevistas utilizaram-se quatro questionários: um abordando uma série de características dos domicílios e das famílias; um abordando aspectos sócio-econômicos dos indivíduos; outro contendo as viagens e deslocamentos realizados por todos os moradores no dia anterior e, por fim, um contendo as avaliações feitas pelos moradores sobre os meios de transporte; a acessibilidade ao sistema de ônibus; e o número de veículos no domicílio. Na segunda etapa as entrevistas foram realizadas na chamada “Linha de Contorno”, que se refere aos limites da RMBH, através de entrevistas dos ocupantes de veículos e contagem volumétrica de veículos em 14 postos de pesquisa situados nas principais rodovias, federais e estaduais, que dão acesso à região. O propósito desta etapa foi de quantificar os deslocamentos de fora para dentro da região. A terceira etapa da pesquisa foi realizada no Terminal Rodoviário Governador Israel Pinheiro (TERGIP) e objetivou complementar as informações coletadas nos postos da pesquisa na Linha de Contorno, contemplando todos os ônibus externos a RMBH. Assim, realizaram-se entrevistas com uma amostra de passageiros de cada linha, por horário de chegada ou de partida. Na última etapa, foi realizada a pesquisa da “Linha de Travessia”, que consiste na linha férrea que divide a RMBH. Nessa etapa foram realizadas contagens volumétricas de veículos e de ocupação de veículos através de postos de pesquisas localizados na travessia desta linha.

### **3.1. Análise exploratória da jornada ao trabalho da região metropolitana de Belo Horizonte**

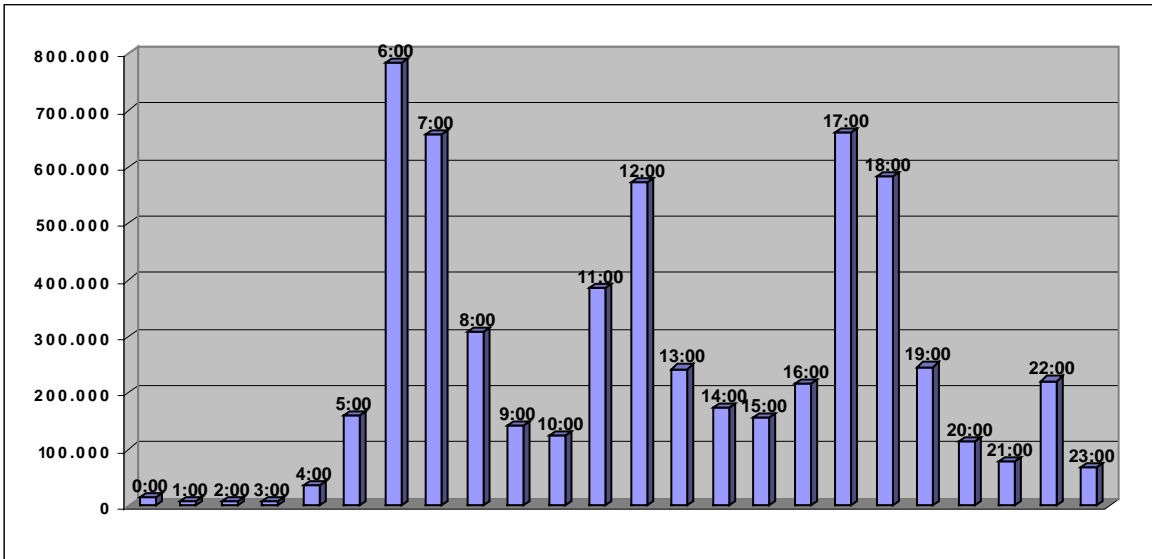
No Gráfico 3.1, vemos que grande parte dos deslocamentos diários se concentra nos horários que antecedem e sucedem ao expediente mais convencional de trabalho. As Tabelas 3.1 e 3.2 apresentam a distribuição dos modos de deslocamento, nas quais vemos que o transporte público é crucial na questão do planejamento urbano, visto que abarca quase metade dos deslocamentos diários. Apesar da importância, apenas 40,79% dos entrevistados estavam satisfeitos com o serviço de ônibus e 84,42 % dos entrevistados não estariam dispostos a pagar algum valor para a melhoria de tal serviço. Outro fato importante dos modos de deslocamento é a porcentagem de indivíduos que fizeram as suas viagens a pé, que constitui mais de 30% do total.

Gráfico 3.1: Distribuição Horária de Viagens – todos os modais - 2001

---

<sup>5</sup> Fundação João Pinheiro, 2004a, p.9.

3º Concurso de Monografia CBTU 2007 – A Cidade nos Trilhos



Fonte: Pesquisa OD 2001 - Fundação João Pinheiro

Tabela 3.1: Divisão modal de deslocamentos de passageiros em um dia típico - 2001

<b>Divisão Modal – Deslocamentos por Passageiros</b>		
<b>Meio de Transporte</b>	<b>Passageiros / dia</b>	<b>%</b>
ônibus	3.022.177	42,4%
rodoviário	23.513	0,3%
metrô	84.161	1,2%
transporte especial	94.213	1,3%
transporte escolar	157.709	2,2%
perua	28.085	0,4%
auto	1.270.138	17,8%
táxi	32.347	0,5%
moto	63.324	0,9%
bicicleta	67.717	0,9%
caminhões	40.466	0,6%
a pé	2.233.972	31,3%
outros	10.530	0,1%
<b>total</b>	<b>7.128.352</b>	<b>100,0%</b>

Fonte: Pesquisa OD 2001 - Fundação João Pinheiro

A Tabela 3.2 indica a importância do transporte público como importante instrumento de política urbana. Pode-se ver que o transporte público corresponde a quase 65% dos transportes motorizados, tendo destaque a participação dos ônibus, que correspondem a 62,61% do total.

Tabela 3.2: Divisão modal de deslocamentos de passageiros por modos motorizados em um dia típico de 2001

<b>Divisão Modal – Usuários por Modos Motorizados</b>		
<b>Modo de Transporte</b>	<b>Passageiros / dia</b>	<b>%</b>
ônibus	3.022.177	62,61%
metrô	84.161	1,74%
auto	1.302.485	26,99%
outros modais	417.839	8,66%
<b>total</b>	<b>4.826.662</b>	<b>100%</b>

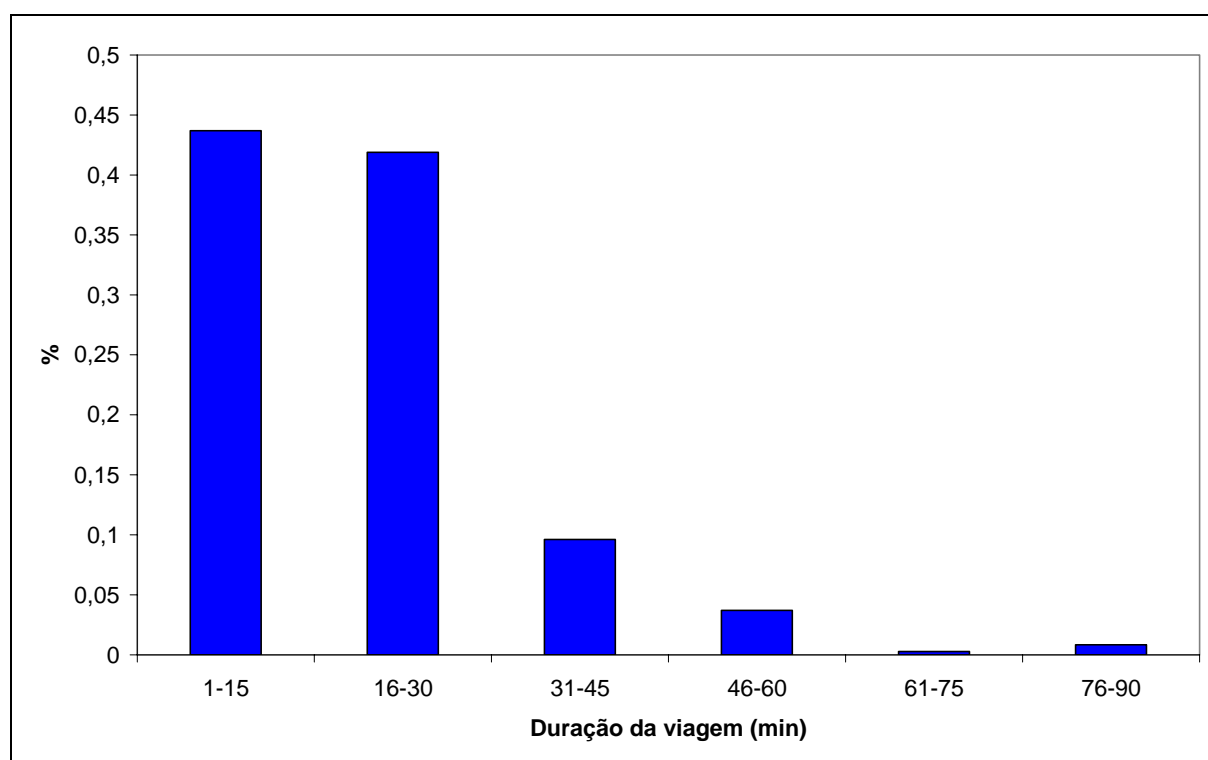
Fonte: Pesquisa OD 2001 - Fundação João Pinheiro

Obs.\_1:auto - inclui condutor de automóvel, passageiro/carona, passageiro/táxi.

Obs.\_2:outros modais - inclui usuários de ônibus rodoviário, de transporte especial, de transporte escolar, de perua, de moto, de caminhões e outros

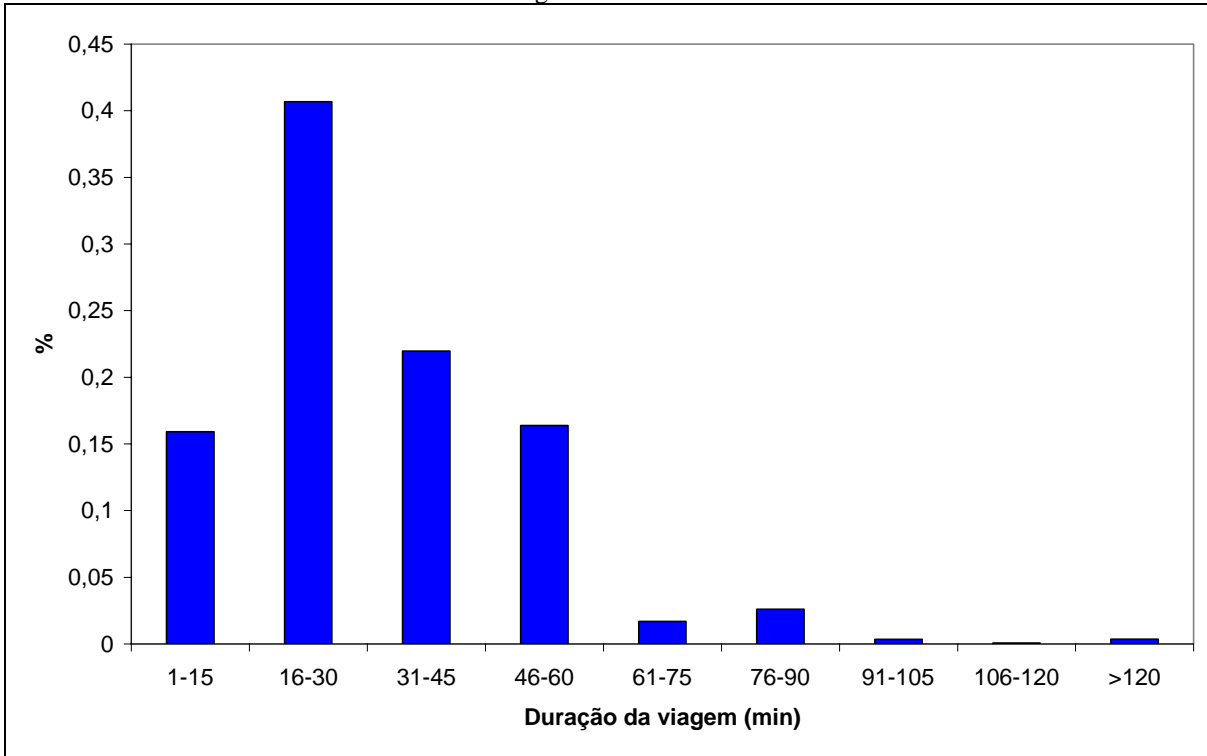
Os Gráficos 3.2 a 3.7 apresentam uma série de aspectos importantes dos deslocamentos para o trabalho na RMBH. Apenas 38,47% das famílias possuem automóvel, o que evidencia uma dependência alta da população em relação ao transporte público. No Gráfico 3.2 pode-se observar que apenas 14,4% dos indivíduos gastaram mais de 30 minutos para se deslocar do domicílio ao trabalho usando o metrô. Já no Gráfico 3.3 percebeu-se que esse percentual sobe para 43,4% quando o deslocamento é feito de ônibus. Os Gráficos 3.4 a 3.7 desagregam essas distribuições de tempos de deslocamento por classes de renda, sendo verificada uma pequena variação. O tempo gasto no deslocamento por meio do metrô para famílias de até 5 salários mínimos (SM) e acima de 15 salários mínimos é observado, respectivamente, nos gráficos 3.4 e 3.5. Para famílias com até 5 SM, o percentual de indivíduos que gastam mais de 30 minutos de deslocamento é de 11,9%, subindo para 15,5% quando os indivíduos pertencem a famílias com renda superior a 15 SM. Quando esse mesmo exercício é feito para indivíduos que se utilizam do ônibus, os percentuais inerentes aqueles que pertencem a famílias com renda até 5 SM e superior a 15 SM passam, respectivamente, para 44,4 % e 39,7 %. Esses resultados mostram que independente da renda os indivíduos gastam menos tempo de deslocamento ao utilizar o metrô.

Gráfico 3.2 : Duração das viagens na cidade de Belo Horizonte por motivo trabalho, usando metrô



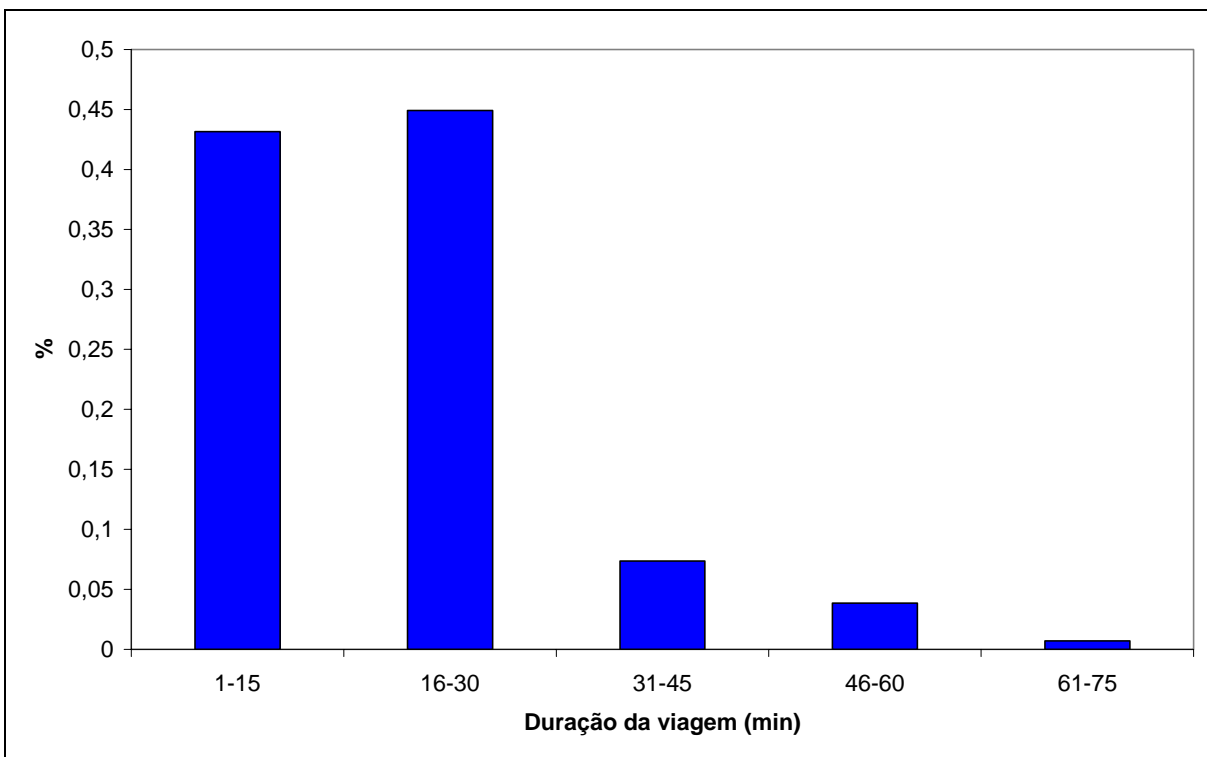
Fonte: Elaboração própria com dados da Pesquisa OD 2001 - Fundação João Pinheiro

Gráfico 3.3: Duração das viagens na cidade de Belo Horizonte por motivo trabalho, usando ônibus



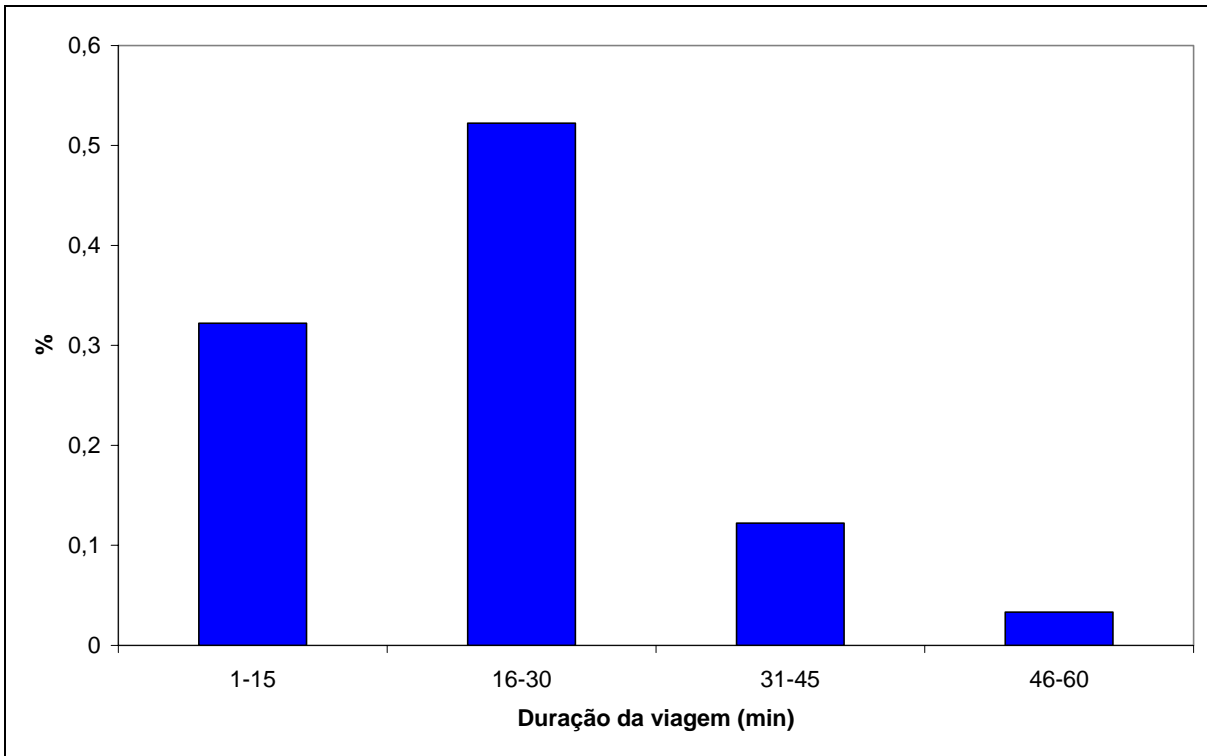
Fonte: Elaboração própria com dados da Pesquisa OD 2001 - Fundação João Pinheiro

Gráfico 3.4: Duração das viagens na cidade de Belo Horizonte por motivo trabalho, usando metrô para famílias com renda familiar de até 5 Salários Mínimos



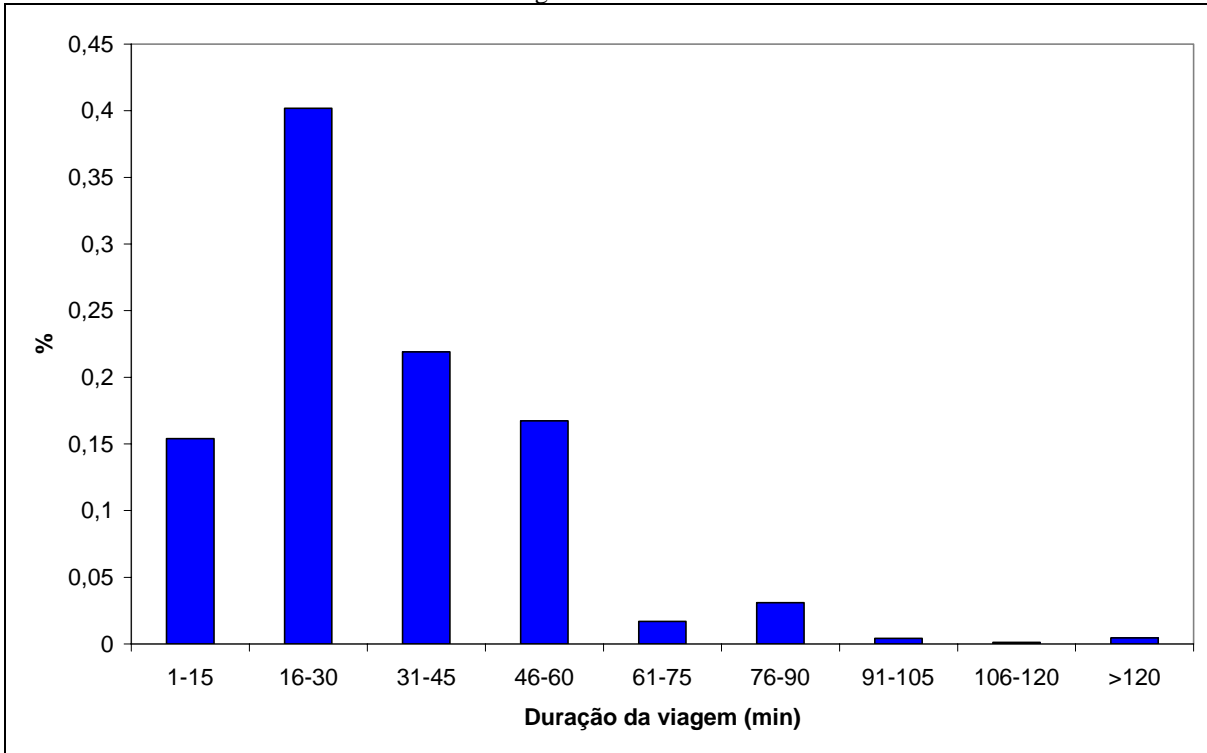
Fonte: Elaboração própria com dados da Pesquisa OD 2001 - Fundação João Pinheiro

Gráfico 3.5: Duração das viagens na cidade de Belo Horizonte por motivo trabalho, usando metrô para famílias com renda familiar maior do que 15 Salários Mínimos



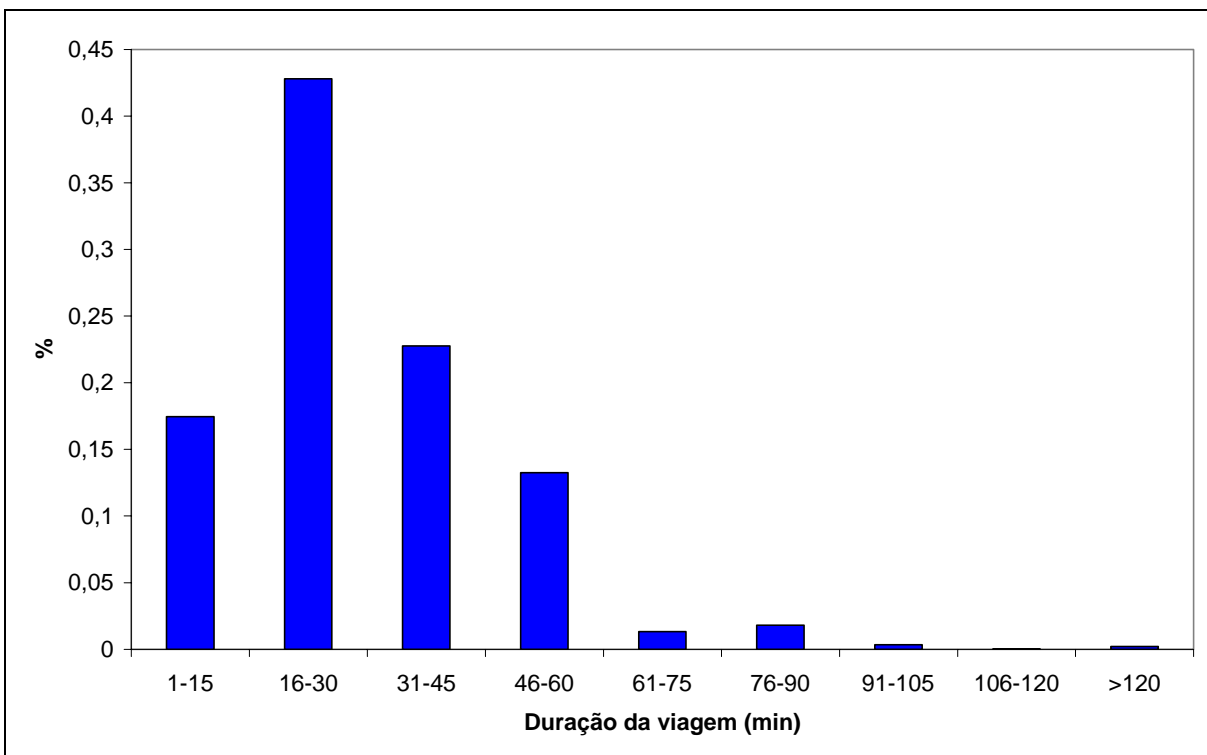
Fonte: Elaboração própria com dados da Pesquisa OD 2001 - Fundação João Pinheiro

Gráfico 3.6: Duração das viagens na cidade de Belo Horizonte por motivo trabalho, usando ônibus para famílias com renda familiar de até 5 Salários Mínimos



Fonte: Elaboração própria com dados da Pesquisa OD 2001 - Fundação João Pinheiro

Gráfico 3.7: Duração das viagens na cidade de Belo Horizonte por motivo trabalho, usando metrô para famílias com renda familiar maior do que 15 Salários Mínimos



Fonte: Elaboração própria com dados da Pesquisa OD 2001 - Fundação João Pinheiro

Tabela 3.3: Percentuais de homens e mulheres nos modais metrô e ônibus

	masculino	feminino
Metrô	61,68	38,32
Ônibus	53,43	46,54

Fonte: Elaboração própria com dados da Pesquisa OD 2001 - Fundação João Pinheiro

A tabela 3.3 apresenta os percentuais de homens e mulheres que utilizaram o transporte de metrô e ônibus. Os dados sinalizam uma preferência das mulheres pela utilização de ônibus, em detrimento do metrô, para se deslocar ao trabalho. Tal resultado vai de encontro com a hipótese do presente trabalho, que há uma diferenciação por sexo na utilização do transporte metroviário no deslocamento domicílio-trabalho dentro da Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH). O tópico a seguir desenvolve um método econométrico para nos auxiliar na investigação dessa questão.

### 3.2. A abordagem multinível

Como discutido anteriormente, na abordagem multinível, entende-se que a estrutura dos dados apresenta uma hierarquização, assim, em cada nível hierárquico são definidas determinadas variáveis. Entretanto, pode-se deslocar as variáveis de um nível para o outro por agregação ou desagregação. Na agregação, as variáveis de um determinado nível são deslocadas para um nível mais alto, enquanto que na desagregação ocorre o contrário, variáveis de um nível mais alto são deslocadas para um nível mais baixo.

Ao optar, então, por uma abordagem multinível, um dos objetivos que os pesquisadores têm em mente é o de investigar hipóteses entre níveis hierárquicos, chamadas de problemas multiníveis. Segundo Hox (1995, p. 5), “*a multilevel problem is a problem that concerns the relationships between variables that are measured at a number of different hierarchical levels*”. Uma questão que ilustra bem este problema é, simplesmente, como variáveis individuais e de grupos influenciam a variável explicada, individual. Neste sentido, procura-se determinar se as variáveis explicativas do nível de grupo servem como moderadores das relações a nível individual. Em outras palavras, queremos entender como as variáveis do nível individual se padronizam entre os diferentes grupos.

As equações abaixo, descrevem a construção de um modelo de intercepto e coeficientes aleatórios de 3 níveis. Supõe-se a existência de três níveis aninhados: individual, domicílio e região. Os subscritos  $i$ ,  $j$ ,  $k$  são usados para descrever a posição de cada indivíduo na estrutura hierárquica dos dados,  $n_j$  é o número de indivíduos pertencentes ao  $j$ -ésimo domicílio e  $m_k$  é número de domicílios dentro da  $k$ -ésima região. Assim temos

$i = 1, 2, \dots, n_{jk}$  indivíduos na família  $j$  da região  $k$ ;

$j = 1, 2, \dots, m_k$  domicílios na região  $k$  e;

$k = 1, 2, \dots, K$  regiões.

Segundo Raudenbush & Bryk (2002) um modelo multinível hierárquico linear generalizado (MHLG) consiste em 3 partes: um modelo amostral, uma função *link*, e um modelo estrutural. O modelo multinível hierárquico linear (MHL) que será utilizado neste trabalho é um caso especial do

MHLG, no qual o modelo amostral é normal, a função *link* é a identidade de ligação e o modelo estrutural é linear. Antes de se desenvolver o modelo de três níveis, cabe analisar essas três partes em um modelo único.

### 3.2.1. O modelo não condicional

Antes de desenvolver um modelo completo, é importante analisar o mais simples modelo de três níveis, o modelo não condicional<sup>6</sup>. Neste modelo não são incorporadas variáveis explicativas em cada nível de análise. A idéia desse modelo é apresentar como a variação da variável explicativa aloca-se entre os diferentes níveis. No presente trabalho, permite estimar a variabilidade associada com os três níveis de análise: indivíduos, famílias e regiões.

No modelo de nível individual, modelamos o tempo gasto na *commuting* por cada indivíduo como uma função da média dentro de sua família e região e um termo de erro.

$$Y_{ijk} = \beta_{0jk} + e_{ijk} \quad (3.1)$$

na qual

$Y_{ijk}$  é o tempo de *commuting* do indivíduo  $i$ , no domicílio  $j$ , na região  $k$ ;

$\beta_{0jk}$  é a média de tempo de *commuting* do domicílio  $j$  na região  $k$  e;

$e_{ijk}$  é um efeito aleatório individual, ou seja, os desvios do tempo de *commuting* do indivíduo  $ijk$  da média domiciliar. Considera-se que esses efeitos são normalmente distribuídos com média zero e variância  $\sigma_e^2$ .

No modelo de nível familiar, temos o  $\beta_{0jk}$  variando aleatoriamente em torno da média de alguma região:

$$\beta_{0jk} = \gamma_{00k} + u_{0jk} \quad (3.2)$$

na qual

$\gamma_{00k}$  é a média de tempo de *commuting* na região  $k$ ;

$u_{0jk}$  é o efeito aleatório domiciliar, que é o desvio da média do tempo de *commuting* do domicílio  $jk$  em relação à média da região. Novamente considera-se que esses são normalmente distribuídos, com média zero e variância  $\sigma_\beta^2$ . Dentro de cada uma das  $k$  regiões, a variabilidade entre os domicílios é considerada como sendo a mesma.

Por fim, tem-se o modelo de nível regional. Esse modelo de três níveis apresenta a variabilidade entre as regiões. Aqui, considera-se que a média regional,  $\gamma_{00k}$ , varia aleatoriamente em torno de uma média geral:

$$\gamma_{00k} = \phi_{000} + \omega_{00k} \quad (3.3)$$

<sup>6</sup> Também conhecido como modelo nulo ou modelo de intercepto somente. Podemos observar que ele equivalente ao modelo ANOVA com efeitos aleatórios.

na qual,

$\gamma_{000}$  é a média geral;

$\omega_{00k}$  é o efeito aleatório regional, que é o desvio da média de tempo de *commuting* da região  $k$  em relação à média geral. Como antes, considera-se que esses efeitos são normalmente distribuídos, com média zero e variância  $\sigma_\gamma^2$ .

Pode-se obter um modelo com uma única equação substituindo as Equações (3.3) e (3.2) na Equação (3.1):

$$Y_{ijk} = \gamma_{000} + \omega_{00k} + u_{0jk} + e_{ijk} \quad (3.4)$$

Este modelo simples de três níveis particiona a variância da variável resposta,  $Y_{ijk}$ , em três componentes independentes:  $\sigma_e^2$ , variância no nível individual;  $\sigma_\beta^2$ , variância no nível domiciliar e;  $\sigma_\gamma^2$ , que é a variância no nível regional. Os resíduos dos três níveis são considerados independentes entre si, assim não há elementos de covariância nessa partição. Desse modo, a variância da variável explicada pode ser expressa como:

$$Var(Y_{ijk}) = Var(\omega_{00k} + u_{0jk} + e_{ijk}) = \sigma_\gamma^2 + \sigma_\beta^2 + \sigma_e^2 \quad (3.5)$$

Que é a soma da variância do nível individual, da variância do nível domiciliar e da variância do nível regional. A covariância entre dois indivíduos de um mesmo domicílio (denominados por  $i_1$  e  $i_2$ ) é dada por:

$$cov(u_{0jk} + e_{i_1jk}, u_{0jk} + e_{i_2jk}) = cov(u_{0jk}, u_{0jk}) = \sigma_\beta^2$$

Já a covariância entre dois domicílios de uma mesma região (denominados por  $j_1$  e  $j_2$ ) é dada por

$$cov(\omega_{00k} + u_{0j_1k} + e_{ij_1k}, \omega_{00k} + u_{0j_2k} + e_{ij_2k}) = cov(\omega_{00k}, \omega_{00k}) = \sigma_\gamma^2$$

Estes resultados nos permitem estimar a proporção da variância presente dentro dos domicílios, entre domicílios, dentro de regiões, e entre regiões. Assim, temos que:

$$\rho_2 = \sigma_\beta^2 / (\sigma_e^2 + \sigma_\beta^2 + \sigma_\gamma^2) \quad (3.6)$$

$$\rho_3 = \sigma_\gamma^2 / (\sigma_e^2 + \sigma_\beta^2 + \sigma_\gamma^2) \quad (3.7)$$

O parâmetro  $\rho_2$  indica a proporção da variância na variável dependente que ocorre dentro dos domicílios em relação à variância total. Já o parâmetro  $\rho_{2,3}$  indica a proporção da variância na variável dependente ocorrida entre as famílias dentro das regiões, em relação à variância total. Por fim,  $\rho_3$  representa a proporção da variância na variável dependente que ocorre entre as regiões em relação à variância total. Os parâmetros  $\rho_2$  e  $\rho_3$  são conhecidos como coeficientes de correlação intra-classes<sup>7</sup>, e elas podem ser interpretadas como uma mensuração do grau de dependência das observações pertencentes a um mesmo grupo.

<sup>7</sup> Segundo Raudenbush & Bryk (2002) esses coeficientes podem ser chamados de efeito *cluster*.

A existência de correlações intra-classes diferentes de zero, resultados da presença de mais de um termo de resíduo no modelo, indica porque procedimentos de estimação como os Mínimos Quadrados Ordinários (MQO) são inaplicáveis, pois as covariâncias são diferentes de zero.

O objetivo de desenvolver um modelo não condicional, ou seja, completamente aleatório, é o de obter esses coeficientes de correlação intra-classes. Entretanto, espera-se explicar parte dessa variância introduzindo variáveis explicativas nos três níveis do modelo. O modelo condicional a seguir faz justamente isso, considerando a existência de variáveis explicativas nos três níveis.

### 3.2.2. O modelo condicional

O modelo não condicional apresentado no tópico anterior permite estimar a variância relacionada aos três níveis de análise. Entretanto, parte da variância de cada nível pode ser explicada, ou quantificada, através da inclusão de variáveis em cada nível de análise. Em outras palavras, as características individuais, domiciliares e regionais podem ser usadas como preditores.

Dentro de cada domicílio, o tempo de *commuting* é modelado como função de preditores a nível individual e um termo de erro:

$$Y_{ijk} = \beta_{0jk} + \beta_{pjk} X_{pijk} + e_{ijk} \quad (3.8)$$

Quando incluímos um segundo nível de análise, estamos aceitando que o intercepto e/ou as inclinações dos coeficientes variam de acordo com os domicílios, ou seja, os parâmetros estimados tornam-se variáveis aleatórias, chamados de efeito domicílio. Assim, para cada efeito domicílio,  $\beta_{0jk}$  e  $\beta_{pjk}$ , temos:

$$\beta_{0jk} = \gamma_{00k} + \gamma_{0qk} Z_{qjk} + u_{0jk} \quad (3.9)$$

$$\beta_{pjk} = \gamma_{p0k} + \gamma_{pqk} Z_{qjk} + u_{pjk} \quad (3.10)$$

cujos,

$Z_{qjk}$  são as  $q = 1, \dots, Q$  características domiciliares usadas como preditor do efeito domicílio;

A covariância entre os resíduos  $u_{0jk}$  e  $u_{pjk}$  é geralmente diferente de zero, assim  $\text{cov}(u_{0jk}, u_{pjk}) = \sigma_{\beta_{0p}}$ . Podemos observar que o modelo de nível domiciliar possui  $P + 1$  equações, ou seja, uma para cada coeficiente de nível individual. Considera-se que os efeitos aleatórios nessas equações são correlacionados. Assim sendo, o conjunto de  $u_{pjk}$  são multivariados normalmente distribuídos com média 0 e variância  $\sigma_{\beta_{pp}}^2$ , e alguma covariância entre os elementos  $u_{pjk}$  e  $u_{p'jk}$  da  $\sigma_{\beta_{pp'}}^2$ . A dimensão da matriz de variância e covariância,  $T_{\beta}$ , dependerá do número de coeficientes de nível individual especificados como aleatórios. Afim de exemplificar, pode-se pegar um caso no qual o efeito domicílio,  $\beta_{pjk}$ , é considerado fixo. Com isso, nenhum preditor do nível domiciliar será incluso na Equação (3.11) para que o efeito do correspondente  $u_{pjk}$  seja zero.

Substituindo as Equações (3.9) e (3.10) na Equação (3.8), obtemos:

$$Y_{pjk} = \gamma_{00k} + \gamma_{0qk} Z_{qjk} + \gamma_{p0k} X_{pijk} + \gamma_{pqk} Z_{qjk} X_{pijk} + u_{pjk} X_{pijk} + u_{0jk} + e_{ijk} \quad (3.11)$$

O segmento  $\gamma_{00k} + \gamma_{0qk}Z_{qjk} + \gamma_{p0k}X_{pijk} + \gamma_{pqk}Z_{qjk}X_{pijk}$  é a parte determinística, pois contém todos os coeficientes fixos. A parte estocástica contém todos os segmentos de erro  $u_{pij}X_{pijk} + u_{0jk} + e_{ijk}$ , sendo que os componentes  $u_{pij}$  e  $u_{0jk}$  se referem aos indivíduos do mesmo domicílio. A partir da parte estocástica, pode-se observar como o método de MQO é inadequado ao lidar com dados aninhados, pois observa-se explicitamente um problema de heterocedasticidade, dado que o termo  $u_{pij}X_{pijk} + u_{0jk}$  varia em função das unidades domiciliares e em função dos atributos individuais (devido ao termo  $X_{pijk}$ ). O termo de interação  $Z_{qjk}X_{pijk}$  aparece no modelo como consequência de se modelar as variações dos coeficientes das variáveis de nível individual como função das variáveis de nível domiciliar. Para Hox (1995, p. 13), “*the moderator effect of Z on the relationship between the dependent variable Y and X is expressed as a cross-level interaction*”.

Um processo de modelagem similar ao realizado para incluir as variações dos coeficientes do nível individual pode ser realizado para o caso no qual o intercepto e os coeficientes do nível domiciliar variam de acordo com a região. Com isso, os parâmetros estimados do nível domiciliar também se tornam variáveis aleatórias. Assim, temos os seguintes efeitos de região:

$$\gamma_{00k} = \phi_{000} + \phi_{00l}W_{lk} + \omega_{00k} \quad (3.12)$$

$$\gamma_{0qk} = \phi_{0q0} + \phi_{0ql}W_{lk} + \omega_{0qk} \quad (3.13)$$

$$\gamma_{p0k} = \phi_{p00} + \phi_{p0l}W_{lk} + \omega_{p0k} \quad (3.14)$$

$$\gamma_{pqk} = \phi_{pq0} + \phi_{pql}W_{lk} + \omega_{pqk} \quad (3.15)$$

cujos

$W_{lk}$  são as  $l = 1, \dots, L$  características regionais usadas como preditor do efeito região.

Procedendo como antes, substituindo as Equações (3.12) a (3.15) obtemos a complexa equação abaixo:

$$Y_{ijk} = \phi_{000} + \phi_{00l}W_{lk} + \phi_{0q0}Z_{qjk} + \phi_{0ql}W_{lk}Z_{qjk} + \phi_{p00}X_{pijk} + \phi_{p0l}W_{lk}X_{pijk} + \\ \phi_{pq0}Z_{qjk}X_{pijk} + \phi_{pql}W_{lk}Z_{qjk}X_{pijk} + \omega_{0qk}Z_{qjk} + \omega_{p0k}X_{pijk} + \omega_{pqk}Z_{qjk}X_{pijk} \\ + u_{pij}X_{pijk} + \omega_{00k} + u_{0jk} + e_{ijk} \quad (3.16)$$

A parte determinística agora é representada pelo seguimento  $\phi_{000} + \phi_{00l}W_{lk} + \phi_{0q0}Z_{qjk} + \phi_{0ql}W_{lk}Z_{qjk} + \phi_{p00}X_{pijk} + \phi_{p0l}W_{lk}X_{pijk} + \phi_{pq0}Z_{qjk}X_{pijk} + \phi_{pql}W_{lk}Z_{qjk}X_{pijk}$  e a parte estocástica, além de incorporar componentes domiciliares passa a incorporar também componentes regionais como  $\omega_{00k}$ ,  $\omega_{0qk}$ ,  $\omega_{p0k}$ ,  $\omega_{pqk}$ , formando assim o seguimento  $\omega_{0qk}Z_{qjk} + \omega_{p0k}X_{pijk} + \omega_{pqk}Z_{qjk}X_{pijk} + u_{pij}X_{pijk} + \omega_{00k} + u_{0jk} + e_{ijk}$ . O número de termos de interação também aumentou significativamente, passando a estar presente até na parte estocástica.

### 3.3. Procedimentos de análise de modelos hierárquicos

Quando há uma ausência de teorias para se formular um modelo a ser estimado, normalmente utiliza-se um procedimento exploratório. Com isso, na análise multinível, convencionalmente

inicia-se com o modelo não condicional e a inclusão de algumas variáveis vai ocorrendo passo a passo, observando-se a significância das mesmas. Os modelos estimados neste trabalho não são carentes de teorias, entretanto, os mesmos não são derivados de forma explícita. As especificações dos modelos econométricos aqui estimados se basearam em argumentos a partir dos *insights* das teorias expostas na seção 2.

O primeiro ponto importante na análise hierárquica é que os *p*-valores produzidos por distintos programas de análise multinível podem ser diferentes. A maioria desses programas produzem estimativas dos parâmetros e erros padrão assintóticos para essas estimativas, como dito antes, obtidas do procedimento de estimação de máxima verossimilhança. Nesse tipo procedimento, o teste de significância usual é o teste de *Wald*<sup>8</sup>. Entretanto, Bryk & Raudenbush (2002, p.58) argumentam que em uma análise com efeitos fixos, exemplo a partir de um modelo com dois níveis de análise, um teste *t* será uma referência mais adequada para testar os efeitos das variáveis explicativas de segundo nível. O programa utilizado no presente trabalho, o HLM5<sup>9</sup>, produz *p*-valores baseados nesses testes, em vez dos testes usuais de *Wald*. A diferença entre esses dois procedimentos é sentida principalmente quando o número de grupos é pequeno. Eles também argumentam que o teste *Z* não é apropriado para variâncias, pelo fato de que a distribuição amostral das variâncias é assimétrica. Deste modo, os mesmos propõem um teste Qui-quadrado para os resíduos (*ibidem*, p. 55 e p. 64).

O HLM, por utilizar um procedimento de estimação por máxima verossimilhança, produz uma estimativa indicadora do ajuste do modelo aos dados, chama de *deviance*. Em outras palavras, a *deviance* é um índice da falta de ajuste do modelo. Normalmente, modelos com menores estatísticas de *deviance* possuem um melhor ajuste, mas isso não é sempre válido. Dado que, ao comparar dois modelos, a diferença das *deviances* tem uma distribuição Qui-quadrado cujos graus de liberdade são iguais à diferença no número de parâmetros estimados dos referidos modelos. Um método mais adequado para se testar se um determinado modelo que utiliza alguma variável adicional possui um melhor ajuste é o de dividir a diferença das *deviances* pelo número de graus de liberdade. Se o resultado for menor que -2 ou maior que 2, segundo a regra de bolso proposta por Snijers & Bosker (1999), o modelo expandido possui um melhor ajuste. Ou seja, testa-se se um modelo mais geral se ajusta significativamente melhor do que um modelo mais simples. Além disso, esse teste também pode ser usado para se comparar modelos que incluem efeitos aleatórios com aqueles que consideram efeitos fixos.

Como dito antes, uma das grandes vantagens da modelagem multinível é a partição da variância que é produzida e que se pode utilizar para gerar índices de correlação intra-classe que nos dizem o quanto da variância total é explicada por cada nível. Entretanto, conforme consideramos a aleatoriedade entre grupos de certos coeficientes, os modelos se tornam bem mais complexos e o conceito de variância explicada se torna passível de outras definições. Para dirimir esse problema, normalmente propõe-se examinar a proporção da variância explicada através da análise da variância dos erros em modelos seqüenciais (modelos que progressivamente incorpora-se algo mais). A idéia é interpretar as diferenças na variância explicada com a incorporação de novas variáveis.

---

<sup>8</sup> Um teste *Z* na forma  $Z=(estimativa)/(erro\ padrão\ da\ estimativa)$ , onde *Z* se refere a distribuição normal padrão.

<sup>9</sup> O HLM (Raudenbush, Bryk & Congdon, 2000) é um conjunto de programas para análise de dados hierarquizados em 2 e 3 níveis, chamados respectivamente de HLM2 e HLM3, e um programa especial chamado VKHLM utilizado para meta-análise.

### 3.4. O modelo de localização residencial

A partir da abordagem hierárquica desenvolvida nos tópicos anteriores, propõe-se um modelo multinível. Como variável resposta (dependente) utilizar-se-á o logaritmo natural do tempo de deslocamento da residência para o local de trabalho de todos os indivíduos, ou seja, o tempo de *commuting*. A opção pela variável tempo de deslocamento, em vez da tradicional distância do CBD<sup>10</sup>, possui a vantagem de não se prender a idéia de uma estrutura urbana monocêntrica na qual todos os empregos se encontram no centro da cidade.

No primeiro nível hierárquico são incluídas as seguintes variáveis explicativas (covariáveis): uma *dummy* de Sexo é incluída para controlar as diferenças entre homens e mulheres na *commuting* dos indivíduos; no que tange a idade dos indivíduos, são incluídas *dummies* de faixas etárias objetivando captar o ciclo de vida dos mesmos; como é fundamental considerar o modo de transporte utilizado na *commuting*, em face das características operacionais inerentes a cada modalidade de transporte, incluí-se *dummies* para captar tais efeitos – trem/metrô, ônibus, automóvel, a pé,; o peso da situação familiar do indivíduo dentro do domicílio é captado por *dummies* de situação familiar.

No modelo, pretende-se, também, avaliar em que medida a renda familiar dos trabalhadores afeta a maior proximidade da moradia em relação ao local de trabalho. Essa renda será tratada no modelo como uma covariável do segundo nível hierárquico (domiciliar). Assim, incluiu-se o logaritmo natural da renda *per capita* domiciliar e também da renda elevada ao quadrado. A idéia é captar uma relação não linear da renda relativa ao tempo de *commuting*. Além da renda, e de acordo com as teorias econômicas, o espaço da unidade domiciliar também deve ser considerado. Entretanto, como não se dispõe dessa informação, será utilizada, como variável *proxy*, a presença de filhos dependentes (com idade inferior a 18 anos), tendo em vista que famílias com crianças podem preferir tipos e locais de moradia diferentes daquelas sem crianças. A presença ou não de crianças pode exercer uma maior influência na localização domiciliar, do que meramente o tamanho da família. Portanto, a presença de crianças também pode sinalizar um diferencial no estilo de vida das famílias. Assim, a presença de crianças será tratada no modelo como uma variável *dummy* no segundo nível hierárquico.

No terceiro nível hierárquico (regional), optou-se por incluir três covariáveis: variáveis de acessibilidade da região representadas pelo logaritmo do tempo médio de deslocamento dos indivíduos na região com fins de utilização de serviços, comércio e lazer. O argumento para inclusão dessas variáveis é o de que quando a região possui muitos serviços e pontos de comércio e lazer, a família estaria disposta a localizar-se mais distante de seus postos de trabalho.

A Tabela 3.5 apresenta uma descrição das covariáveis utilizadas no modelo. No que se refere à situação domiciliar do indivíduo, a *dummy* de parente/outros se refere a indivíduos de algum grupo convivente com os membros da família, compreendendo o pai ou mãe do chefe, parentes do chefe ou hóspedes domiciliares. As *dummies* de idade são chamadas, respectivamente, de Idade2, Idade3, Idade4 e Idade5.

---

<sup>10</sup> O *Central Business District* é o termo usado pela NEU para se referir ao lugar, no centro da cidade, que concentra todos os empregos.

Tabela 3.5: Descrição e codificação das covariáveis utilizadas no modelo de localização residencial

Nível	Descrição covariável	da Tipo de variável	Categoria	Código/Valor
1 – Indivíduo	sexo	dicotômica	homem	base
			mulher	1 = sim; 0 = não
	idade	dicotômica	1-29 anos	base
			30-44 anos	1 = sim; 0 = não
			45-59 anos	1 = sim; 0 = não
			60-74 anos	1 = sim; 0 = não
			> 74 anos	1 = sim; 0 = não
	modo de transporte	dicotômica	outros	base
			trem/metrô	1 = sim; 0 = não
			ônibus	1 = sim; 0 = não
			automóvel	1 = sim; 0 = não
	situação familiar do indivíduo	dicotômica	a pé	1 = sim; 0 = não
			chefe	base
cônjuge			1 = sim; 0 = não	
filho			1 = sim; 0 = não	
2 - Domicílio	parente/outros	1 = sim; 0 = não		
	renda familiar	quantitativa	R \$	contínua
	renda familiar elevada ao quadrado	quantitativa	R \$	contínua
3 - Região	filhos com menos de 18 anos	dicotômica	possui	1 = sim; 0 = não
	acessibilidade serviços	a quantitativa	minutos	contínua
	acessibilidade comércio	a quantitativa	minutos	contínua
	acessibilidade a lazer	quantitativa	minutos	contínua

Fonte: Elaboração própria

#### 4. RESULTADOS ECONÔMETRICOS

O modelo geral apresentado no capítulo anterior utiliza o logaritmo do tempo de deslocamento domicílio-trabalho, em minutos, como variável dependente. Entretanto, na estimação, considerou-se apenas aqueles indivíduos que realizaram pelo menos uma viagem por motivo trabalho com duração máxima de duas horas, pois os deslocamentos superiores podem ser considerados *outliers*. A Tabela 4.1 apresenta o número de observações após a consideração desses dois filtros. Verifica-se que o número de indivíduos caiu para 65.589 e que estes estão divididos em 21.558 domicílios. Das 795 AH's iniciais passou-se a considerar 784.

Tabela 4.1: Número de observações nas bases de dados segundo nível de análise

Nível de análise	N <sup>o</sup> total de observações
Individual	65589
Domiciliar	21558
Regional	784

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da Pesquisa OD 2001

O passo inicial foi o de proceder na estimação de modelos (Modelos 1 a 4) com apenas o intercepto variando aleatoriamente (os interceptos variam entre os grupos). Esses resultados estão presentes na tabela 4.2. Em um segundo passo estimou-se um modelo no qual as inclinações de algumas variáveis variam aleatoriamente entre os grupos (Modelo 5). Assim sendo, o primeiro modelo estimado (Modelo 1) foi o não condicional, que tem apenas o intercepto como preditor linear. Como dito antes, o objetivo da estimação desse modelo é o de calcular os coeficientes de correlação intra-classe, que mensuram o quanto da variação total é decorrente das variações entre os grupos, domicílios,  $\rho_2$ , e regiões,  $\rho_3$ . Os resultados nos dizem que 48,6% das variações no tempo de *commuting* são explicadas pelas diferenças domiciliares, e que apenas 6,9% são explicadas pelas diferenças regionais. Cabe lembrar que Bottai *et al* (2006) chegaram a resultados, respectivamente, iguais a 37% e 6%.

No modelo 2 adicionou-se variáveis explicativas a nível individual para tentar explicar parte da variância. O resultado foi que a inclusão dessas variáveis explicou 16,44% da variância a nível individual, 18,81% da variância a nível domiciliar, e 54,40% da variância a nível regional. As variáveis Idade2, Idade5 e Pareout não apresentaram significância. Pode-se supor que grande parte dos indivíduos que fazem o trajeto domicílio-trabalho a pé geralmente moram relativamente perto de seus locais de trabalho. Portanto, quando incluirmos variáveis de controle para aqueles indivíduos que utilizam meios de deslocamento motorizados, o tempo de deslocamento deve aumentar em relação aos que vão a pé, pois estes devem cobrir maiores distâncias do domicílio ao local de trabalho. Cabe ressaltar a relação positiva do deslocamento via ônibus e o tempo de deslocamento, ou seja, os indivíduos que utilizam tal meio de transporte gastam mais tempo na média do que os que utilizam os outros meios. Indo de encontro aos argumentos de Madden (1981), a relação entre a *dummy* de sexo e o tempo é negativa, ou seja, as mulheres moram mais perto do seu local de trabalho do que os homens.

A seguir, no modelo 3, incluíram-se variáveis explicativas a nível domiciliar. As variáveis de Pareout e Idade2 se tornam significantes, enquanto que as variáveis Idade3 e Idade4 tornam-se

estatisticamente insignificantes. As duas variáveis de renda ao nível domiciliar são significantes e possuem sinais contrários. Tal resultado é compatível com o observado na literatura da NEU em que podem haver duas aglomerações distintas de famílias ricas, uma próxima e outra distante do local de trabalho. Outro resultado importante é que famílias com filhos menores de idade costumam residir mais próximas aos locais de trabalho. Embora seja praticamente nula a quantidade de variância explicada entre os domicílios com as inclusões destas variáveis, sabendo que é difícil achar boas informações que a expliquem, as inclusões das variáveis Filhomenor e de renda são importantes na tentativa de compreender as preferências das famílias em questão.

Variáveis explicativas a nível regional são incluídas no modelo 4. A significância das variáveis de acessibilidade indica que as famílias estão dispostas a morar mais distantes dos seus locais de trabalho, desde que os seus domicílios estejam próximos a uma diversidade de serviços, comércio e possibilidades de lazer. As inclusões destas variáveis contribuíram para explicar 22% da variância do nível regional.

Tabela 4.2: Resultados das equações de tempo de *commuting* para modelos com efeitos fixos

variáveis	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4	Modelo 5
Intercepto	3,0715 *	3,1231 *	3,1049 *	3,1133 *	3,1134 *
<b>Indivíduo</b>					
Idade2		0,0110 <i>ns</i>	0,0147 **	0,0159 **	0,0157 **
Idade3		- 0,0222 *	- 0,0022 <i>ns</i>	- 0,0011 <i>ns</i>	- 0,0013 <i>ns</i>
Idade4		- 0,0377 **	- 0,0138 <i>ns</i>	- 0,0115 <i>ns</i>	- 0,0117 <i>ns</i>
Idade5		- 0,0736 <i>ns</i>	- 0,0510 <i>ns</i>	- 0,0448 <i>ns</i>	- 0,0440 <i>ns</i>
trem/metrô		- 0,1552 *	- 0,1546 *	- 0,1675 *	- 0,1653 *
ônibus		0,3009 *	0,2996 *	0,2854 *	0,2854 *
automóvel		- 0,2137 *	- 0,1759 *	- 0,1869 *	- 0,1862 *
a pé		- 0,4919 *	- 0,4996 *	- 0,5043 *	- 0,5045 *
Cônjuge		- 0,0601 *	- 0,0441 *	- 0,0446 *	- 0,0446 *
Filho		- 0,0198 *	- 0,0147 ***	0,0140 ***	0,0139 ***
Pareout		-0,0059 <i>ns</i>	- 0,0333 *	0,0371 *	0,0369 *
Sexo		- 0,0217 *	- 0,0208 *	- 0,0205 *	- 0,0203 *
<b>Domicílio</b>					
Renda			- 0,1120 *	- 0,1393 *	- 0,1404 *
Renda <sup>2</sup>			0,0046 **	0,0065 *	0,0065 *
Filhomenor			- 0,1489 *	- 0,1475 *	- 0,1469 *
trem/metrôxRenda					- 0,0225 <i>ns</i>
trem/metrôxRenda <sup>2</sup>					-0,2918 <i>ns</i>

trem/metrôxFilhomenor					0,0254 <i>ns</i>
<b>Região</b>					
Acesserv				0,2018 *	0,2018 *
Acesscom				0,0611 *	0,6110 *
Acesslazer				0,0361 *	0,0362 *
<b>Partição da variância</b>					
Indivíduo	0,2457 *	0,2053 *	0,2054 *	0,2054 *	
Domicílio	0,2690 *	0,2184 *	0,2179 *	0,2179 *	
Região	0,0386 *	0,0176 *	0,0171 *	0,0133 *	
<b>Coef Corr Intraclasse</b>					
$\rho_2$	0,4861				
$\rho_3$	0,0697				
<b>Deviance</b>	125371,33	112790,56	112756,04	112649,85	112510,74
Nº de parâmet. estim.	4	16	19	22	27

Fonte: Elaboração própria a partir das estimativas dos modelos

Nota: \* significativa ao nível de 1%; \*\* significativa ao nível de 5%; \*\*\* significativa ao nível de 10%; *ns* não significativa.

Estendendo-se os efeitos aleatórios para as inclinações, além do intercepto, procurou-se captar a idéia de que certas características tem impactos diferenciados em diferentes grupos. As variáveis de faixa etária e de modos de deslocamento apresentam uma alta correlação, principalmente em relação a variável automóvel. A multicolinearidade advinda da inclusão dessa variável como efeitos aleatórios resultaria em correlações estimadas muito próximas de 1, o que impossibilita a estimação de componentes de covariância, assim como computar valores iniciais no processo de maximização de verossimilhança. Há duas possibilidades para solução desse problema: excluir as variáveis problemáticas do modelo ou tratá-las como tendo inclinações fixas. Neste trabalho, optou-se pelo segundo caminho.

No modelo estimado com essa proposta, incluíram-se variáveis explicativas dos três níveis e considerou-se que a variável de deslocamento por metrô varia aleatoriamente entre as variáveis de nível domiciliar. Assim, este último modelo apresenta três termos de interação, mas que não apresentam significância estatística.

Através das *deviances* realizamos alguns testes qui-quadrado para inferir sobre quais modelos se ajustam melhor aos dados. Os testes nos indicaram que conforme foi-se incluindo mais variáveis, assim como efeitos aleatórios, o ajuste dos modelos foi aumentando gradualmente. Assim, entre os modelos de efeitos fixos, o modelo 3 é o de melhor ajuste. Enquanto que entre os modelos com coeficientes aleatórios o modelo 5 apresentou o melhor ajuste. Considerando todos os modelos, o último também foi o que apresentou o melhor ajuste.

Por fim, pode-se sintetizar algumas das principais conclusões dos modelos estimados:

- O diferencial por sexo entre os deslocamentos domicílio-trabalho encontrados neste trabalho, corroboram os achados da literatura. As mulheres costumam trabalhar mais próximas de suas residências;
- Entre os indivíduos que utilizam meios de transporte motorizados, o acréscimo no tempo de *commuting* é significativamente maior para os usuários de ônibus;
- Os usuários de metrô gastam menos tempo, na média, no deslocamento domicílio-trabalho que os usuários de ônibus.
- A renda familiar é estatisticamente significativa na determinação do tempo de *commuting*;
- As variáveis de faixas etárias e existência de filho menor de idade foram capazes de captar, parcialmente, a idéia de ciclo da vida;
- As diferenças domiciliares são muito importantes para explicar o comportamento diferenciado de *commuting*.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho procurou oferecer uma revisão teórica e uma aplicação empírica das principais teorias de escolhas residências existentes, afim de se analisar a utilização do transporte metroviário. O desenho amostral exigiu uma atenção especial na escolha do método estatístico apropriado para análise. A partir do entendimento de que os dados apresentam certa estrutura hierarquizada, optou-se pela abordagem multinível, objetivando captar alguma correlação dentro de níveis distintos.

É comum, que grandes cidades, como Belo Horizonte, sejam caracterizadas por uma população com diversidade de preferências em relação à localização muito grande. Isso ajuda a explicar porque a configuração populacional de tais cidades possui um padrão no qual há famílias de baixa e alta renda morando próximas e distantes do centro<sup>11</sup>. Contudo, tal distribuição das famílias no espaço não é totalmente heterogênea, pois apresenta um padrão de segregação, observado na existência de bairros valorizados e desvalorizados situados lado a lado. Segundo Lee *et al.* (1994), uma das suposições mais difundidas nas ciências sociais é que as atitudes das pessoas são condicionadas pelas comunidades dentro das quais elas vivem. Portanto, pode haver uma maior similaridade nas decisões, relativas aos critérios de localização e de mobilidade residencial, entre famílias residentes em uma mesma localidade, do que entre famílias residentes em campos distintos.

Apesar da importância teórica das diferenças locais, um dos principais resultados observados é o de que as diferenças domiciliares são mais importantes para explicar o comportamento diferenciado de *commuting*, ou seja, o tipo de estrutura domiciliar explica mais fortemente as preferências das famílias. Portanto, na aplicação da referida metodologia para os dados da pesquisa OD da RMBH (2001), conclui-se que o comportamento de *commuting* é mais parecido entre indivíduos de uma mesma família do que entre indivíduos de diferentes famílias, assim como um diferencial entre os sexos no tempo de deslocamento. As variáveis de Idade, de sexo e de renda tiveram o resultado esperado, parcialmente no que tange as faixas etárias. Assim, a diferenciação por sexo, observada na literatura, também foi verificada na Região Metropolitana de Belo Horizonte. A variável renda vai de encontro com as teorias mais recentes de localização residencial, que consideram famílias com preferências distintas, ao verificar uma relação não linear entre a renda e o tempo de *commuting*. Também se pode averiguar a importância da estrutura familiar, pois famílias com filhos menores de idade acabam fixando residência em locais mais próximos ao trabalho.

Os dados revelam dois fatos cruciais: as mulheres procuram trabalhar em locais mais próximos de suas residências do que os homens e o tempo médio de deslocamento domicílio-trabalho via metrô é menor do que via ônibus. Mediante tais resultados, seria factível supor que as mulheres preferem utilizar metrô a ônibus, mas isso não é observado. Essas evidências corroboram a hipótese de que as mulheres preferem usar ônibus a metrô. Supõe-se que uma explicação para isso é uma maior procura por conforto e segurança com relação a problemas como assédio. Assim, dada a transferência de responsabilidades CBTU para a Transportes Metropolitanos de Belo Horizonte S. A., cabe a esta última o desafio de mudar a provável imagem negativa que o público feminino tem em relação ao metrô, mediante campanhas publicitárias e disposição de vagões exclusivamente femininos em horários de pico.

Este trabalho proporciona um subsídio para melhorar o conhecimento da dinâmica habitacional, das jornadas ao trabalho diárias e dos meios de deslocamento motorizado públicos dispostos na da

---

<sup>11</sup> Supondo que boa parte dos empregos se localizam na região central da cidade.

Região Metropolitana de Belo Horizonte. Entretanto, a complexidade de um tema como a estruturação intra-urbana torna indispensável à continuidade de investigação na área. Como sugestão de pesquisa futura, indica-se a aplicação desta metodologia, assim como das teorias, para outras cidades ou regiões metropolitanas brasileiras, a fim de elucidar as peculiaridades de cada centro urbano, no que se refere às particularidades de sua estrutura intra-urbana.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAMO, P., **Mercado e ordem urbana: do caos à teoria da localização residencial**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001.
- ALONSO, W., **Location and Land Use**. Cambridge: Harvard University Press, 1964.
- BECKMANN, M., On the distribution of urban rent and residential density. **Journal of Economic Theory**, v.1, p. 60-67, 1969.
- BEN-AKIVA, M.; BOWMAN, J. L., Integration of an activity-based model system and a residential location model. **Urban Studies**, v. 35, n. 7, p. 1131-1153, 1998.
- BOLAN, M., The mobility experience and neighborhood attachment. **Demography**, v. 34, n. 2, p. 225-237, 1997.
- BOTTAI, M.; SALVATI, N.; ORSINI, N., Multilevel models for analysing's people's daily movement behavior. **Journal of Geographic System**, v. 8, p. 97-108, 2006.
- CADWALLADER, M. T., **Migration and residential mobility**. Wisconsin: The University of Wisconsin, 1992.
- CLARK., W. A.; BURT, J. E., The impact of workplace on residential relocation. **Annals of the Association of American Geographers**, v. 70, p. 59-67, 1980.
- FJP. Fundação João Pinheiro. Escola de Governo. **Pesquisa de Origem e Destino 2000-2001: relatório consolidado**. Belo Horizonte: Fundação João Pinheiro, v. 2., 2004a.
- FJP. Fundação João Pinheiro. Escola de Governo. **Pesquisa de Origem e Destino 2000-2001: relatório das atividades complementares**. Belo Horizonte: Fundação João Pinheiro, 2004b.
- FUJITA, M., **Urban Economic Theory: land use and city size**. Cambridge University Press, 1989.
- LEE, B. A.; OROPESA, R. S.; KANAN, J. W., Neighborhood context and residential mobility. **Demography**, v. 31, n. 2, p. 249-270, 1994.
- MADDEN, J. F., A spatial theory of sex discrimination. **Journal of Regional Science**, v. 17, p. 369-380, 1977.
- \_\_\_\_\_.; WHITE, M., Spatial implications of increases in the female labour force. **Land Economics**, v. 56, p. 432-446, 1980.
- \_\_\_\_\_. Why women work closer to home. **Urban Studies**, v. 18, n. 2, p. 181-194, 1981.
- MAGALHÃES, D. J. A. V., **Uma abordagem multinível sobre localização e mobilidade residencial na região metropolitana de Belo Horizonte**. 2002. Tese (Doutorado em Demografia) – CEDEPLAR, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2002.
- MILLS, E. S., An aggregative model of resource allocation in a metropolitan area. **American Economic Review**, v. 57, p. 197-211, 1967.
- MIRANDA, R. A., **Jornada ao trabalho e escolhas residenciais: teoria e evidência para a região metropolitana de Belo Horizonte**. 2007. 107 f. Dissertação (Mestrado em Economia) – Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.
- MUTH, R. F., **Cities and housing**. University of Chicago Press, 1969.

RAUDENBUSCH, S. W.; BRYK, A. S., **Hierarchical linear models**. London: Sage, 2002.

RAUDENBUSCH, S. W.; BRYK, A. S.; CHEONG, Y. F.; CONGDON Jr, R. T. **HLM 5 hierarchical linear and nonlinear modeling**. Lincolnwood, IL: Scientific Software International, 2000.

SIMMONS, J. W., Changing residence in the city: a review of intra-urban mobility. **Geographical Review**, v. 58, n. 4, p. 622-651, 1968.

SOLOW, R., Congestion, density and the use of land in transportation, **Swedish Journal of Economics**, v. 74, p. 161-173, 1972.

SOLOW, R.; VICREY, W., Land use in a long narrow city. **Journal of Economic Theory**, v. 3, p. 430-447, 1971.

THÜNEN, J. H. VON. **Der isolierte staat in beziehung auf landschaft und nationalökonomie**. Hamburgo, 1826. (tradução para a lingual inglesa de C. M. Waterberg. *Isolated State*. Oxford: Pergamon Press, 1966).

WINGO, L., **Transportation and urban land**. Washington, DC: Resources for the Future, 1961a.

\_\_\_\_\_, An economic model of the utilization of urban land for residential purposes. **Papers and Proceedings of the Regional Science Association**, v. 7, p. 191-205, 1961b.