

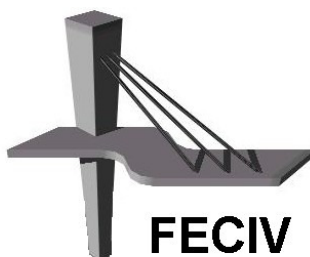
UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

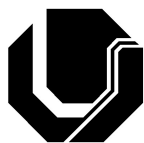
**ANÁLISE DA ESCOLHA MODAL BINOMIAL
COM BASE NO MODELO LOGIT**

THAÍS SILVA

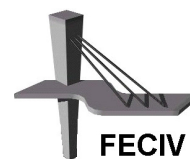
UBERLÂNDIA, 27 DE SETEMBRO DE 2010.



FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL
Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil



Thaís Silva

ANÁLISE DA ESCOLHA MODAL BINOMIAL COM BASE NO MODELO LOGIT

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

Área de Concentração: Engenharia Urbana.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Alberto Faria

UBERLÂNDIA, 27 DE SETEMBRO DE 2010.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU – MG, Brasil

- S586a Silva, Thaís, 1980-
Análise da escolha modal binomial com base no modelo Logit
[manuscrito] / Thaís Silva. - 2010.
115 f. : il.
- Orientador: Carlos Alberto Faria.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil.
Inclui bibliografia.
1. Transporte urbano - Uberlândia - Teses. I. Faria, Carlos Alberto.
II. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. III. Título.

CDU: 656.121(815.1)



ATA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

ATA Nº: 073/2010

CANDIDATA: Thaís Silva

ORIENTADOR: Prof. Dr. Carlos Alberto Faria

TÍTULO: "Análise da escolha modal binomial com base no modelo Logit"

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: Engenharia Urbana

LINHA DE PESQUISA: Planejamento e Operação de Transportes

DATA DA DEFESA: 27 de setembro de 2010

LOCAL: Sala de Reuniões da FECIV

HORÁRIO DE INÍCIO E TÉRMINO DA DEFESA: 08:40 - 11:20

Após avaliação do documento escrito, da exposição oral e das respostas às arguições, os membros da Banca Examinadora decidem que a candidata foi:

☒ APROVADA

☐ REPROVADA

OBS:

Revisão final no texto e identificar na forma de tabela a
análise dos resultados e análise por classe socioeconômica
e por modo de transportes.

Na forma regulamentar, foi lavrada a presente ata que está assinada pelos membros da Banca:

Car. A. F.

Professor Orientador: **Prof. Dr. Carlos Alberto Faria – FECIV/UFU**

Thaís Silva

Membro externo: **Prof. Dr. Gustavo Peixoto Silva – UFOP**

José Ap. Serratini

Membro: **Prof. Dr. José Aparecido Serratini – FECIV/UFU**

Uberlândia, 27 de setembro de 2010.

*Dedico este trabalho à Deus... e
aos meus pais, Eurípedes e
Hiolanda, por todo amor,
educação e exemplo de vida.*

AGRADECIMENTOS

À Jesus Cristo... Mestre Supremo... e dono de toda sabedoria...

Ao professor Carlos Alberto Faria, primeiramente por ter aceitado a tarefa de me orientar, segundo por ter fornecido os dados da pesquisa O/D, sem os quais não seria possível a realização deste trabalho. Agradeço ainda por todas as orientações de grande valor e pela enorme paciência com as minhas dificuldades.

Ao professor Ednaldo Carvalho Guimarães da Faculdade de Matemática da Universidade Federal de Uberlândia, por toda ajuda na execução da modelagem e na interpretação dos resultados. Muito obrigada!

Aos demais professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia, que no decorrer de suas atividades colaboraram para que se pudesse realizar este trabalho.

À Sueli, pela paciência e ajuda com todas as questões burocráticas, desde a matrícula até as viagens dos congressos. Muitíssimo obrigada!

Aos meus pais, pelo apoio financeiro e emocional concedido neste período tão importante da minha vida... Pelo amor incondicional e por todas as possibilidades que vocês me proporcionaram até hoje... Amo vocês!

Aos meus irmãos, sobrinhos e amigos que de alguma forma estiveram presentes nesta etapa da minha vida... Com os quais dividi todas as alegrias desses dias... e também algumas frustrações...

Agradeço de forma especial ao Programa de Pós-Graduação da Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia por todas as oportunidades de aprimoramento, e bem mais que isso... de crescimento pessoal.

SILVA, T. Análise da Escolha Modal Binomial com Base no Modelo Logit. 115 p. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, 2010.

RESUMO

Esta pesquisa trata da calibração do modelo logit binomial para a etapa de divisão modal do modelo clássico de planejamento de transportes. O objetivo é determinar as probabilidades de escolha dos usuários diante das alternativas de transportes disponíveis na área de estudo. A abordagem realizada neste estudo considerou o conceito de utilidade, uma das componentes básicas da teoria do comportamento do consumidor que constituem o fundamento teórico da microeconomia e da teoria de escolha aleatória. O processo de decisão do consumidor na escolha do modo de transporte baseia-se em escolhas discretas e leva em consideração as características dos sistemas de transportes, das viagens e do nível socioeconômico do consumidor. Logo, os usuários de transportes, diante da necessidade de deslocar-se no espaço e no tempo, realizam suas escolhas procurando maximizar a utilidade dos modos de transportes, ou seja, escolhem o modo de transporte cujos atributos lhe proporcionem o maior nível de satisfação. Os dados utilizados nesse estudo foram obtidos na pesquisa origem-destino (Pesquisa O/D), realizada na cidade de Uberlândia (MG) em 2002. Os modelos logit binomiais foram calibrados com o *software Statistical Package for Social Sciences* (SPSS). Os dados obtidos da pesquisa O/D constituem a base dos modelos de escolha discreta e refletem o “juízo de valor” do consumidor sobre as alternativas e atributos dos modos de transportes.

Palavras-chave: Planejamento Urbano - Transporte Urbano - Modelo Logit Binomial - Divisão Modal - Comportamento da Demanda.

SILVA, T. Choice Modal Analysis of Binomial Logit Model Based On. 115 p. MSc Dissertation, College of Civil Engineering, Federal University of Uberlândia, 2010.

ABSTRACT

This research is about the calibration of binomial Logit Model to the modal split phase from the classic model of transportation planning. The goal is to determine what the users might choose towards the transport alternatives available in the studied area. The approached used in this study considered the concept of utility, one of the basic components of the theory of consumer behavior that constitute the theoretical foundation of microeconomics and the random choice theory. The decision process of the consumer's choice of transport mode is based on discrete choices and considers the characteristics of transportation systems, travel and the consumer's socio economic level. Therefore, transport users, given the need to travel in space and time, try to make their choices to increase the utility of transport modes that is to choose the transportation mode which attributes will provide the highest level of satisfaction. The data used in this study were obtained in the origin-destination survey (Survey O/D) held in the city of Uberlandia (MG) in 2002. Binomial logit models were standardized with the software Stastistical Package for Social Sciences (SPSS). The data obtained from the O/D survey form the basis of discrete choice models and reflect "value judgments" of the consumer about the alternatives and attributes of transport modes.

Keywords: Urban Planning - Urban Transport - Logit Model - Modal Split - Demand Behavior

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - MATRIZ DE DISTRIBUIÇÃO DE VIAGENS.	8
FIGURA 2 - PROCESSO DE TOMADA DE DECISÃO.	18
FIGURA 3 - CLASSIFICAÇÃO DOS MODELOS DE REGRESSÃO.	19
FIGURA 4 - ESTRUTURA DE UM MODELO LOGIT MULTINOMIAL.	22
FIGURA 5 - ESTRUTURA DO MODELO LOGIT HIERÁRQUICO.	23
FIGURA 6 - ESTRUTURA MODELO LOGIT BINOMIAL.	23
FIGURA 7 - FUNÇÃO LOGÍSTICA.	24
FIGURA 8 - ETRUTURA DO MODELO CALIBRADO.	35
FIGURA 9 - ZONAS DE TRÁFEGO DA CIDADE DE UBERLÂNDIA (MG).	42
FIGURA 10 - DISTRIBUIÇÃO DAS VIAGENS POR MODO DE TRANSPORTE.	44
FIGURA 11 - PORCENTAGEM DAS VIAGENS PELOS MODOS AGREGADOS.	46
FIGURA 12 - DISTRIBUIÇÃO DAS VIAGENS POR MOTIVO.	47
FIGURA 13 - TEMPO DE VIAGEM.	48
FIGURA 14 - NÚMERO DE VIAGENS REALIZADAS PELOS INDIVÍDUOS/DIA.	49
FIGURA 15 - PORCENTAGEM DOS INDIVÍDUOS POR SEXO.	50
FIGURA 16 - FAIXA ETÁRIA DOS INDIVÍDUOS.	51
FIGURA 17 - NÍVEL DE INSTRUÇÃO DOS INDIVÍDUOS.	52
FIGURA 18 - SITUAÇÃO FAMILIAR.	53
FIGURA 19 - PROPRIEDADE DE AUTO.	54
FIGURA 20 - CLASSE DE ATIVIDADE.	55
FIGURA 21 - RENDA MENSAL.	56
FIGURA 22 - PORCENTAGEM DAS CLASSES SOCIOECONÔMICAS.	57
FIGURA 23 - CLASSES SOCIOECONÔMICAS NO BRASIL.	58

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - CORTES DO CRITÉRIO BRASIL	33
TABELA 2 - CODIFICAÇÃO DA VARIÁVEL DEPENDENTE NOS TRÊS MODELOS	36
TABELA 3 - VALOR DAS VARIÁVEIS EXPLICATIVAS	39
TABELA 4 - POPULAÇÃO E AMOSTRA DAS 65 ZONAS DE TRÁFEGO	43
TABELA 5 - MODOS DE TRANSPORTES	44

TABELA 6 - MODOS DE TRANSPORTES AGREGADOS	45
TABELA 7 - DISTRIBUIÇÃO DAS VIAGENS POR MOTIVO	46
TABELA 8 - DISTRIBUIÇÃO DAS VIAGENS POR TEMPO GASTO NO DESLOCAMENTO	47
TABELA 9 - DISTRIBUIÇÃO DAS VIAGENS POR NÚMERO DE VIAGENS REALIZADAS	48
TABELA 10 - DIVISÃO DA AMOSTRA POR SEXO.....	49
TABELA 11 - FAIXA ETÁRIA DOS INDIVÍDUOS	50
TABELA 12 - NÍVEL DE INSTRUÇÃO.....	51
TABELA 13 - SITUAÇÃO FAMILIAR	52
TABELA 14 - PROPRIEDADE DE AUTO.....	53
TABELA 15 - CLASSE DE ATIVIDADE.....	54
TABELA 16 - RENDA MENSAL	55
TABELA 17 - PERFIL SOCIOECONÔMICO DA AMOSTRA.....	56
TABELA 18 - MODELO LOGIT BINOMIAL.....	59
TABELA 19 - CLASSIFICAÇÃO DOS CASOS PROCESSADOS	60
TABELA 20 - VALORES DO PSEUDO R^2	61
TABELA 21 - CLASSIFICAÇÃO DOS CASOS EM CADA PASSO	61
TABELA 22 - PARÂMETROS DA FUNÇÃO UTILIDADE PARA O MODO AUTO	63
TABELA 23 - CLASSIFICAÇÃO DOS CASOS PROCESSADOS	64
TABELA 24 - VALORES DO PSEUDO R^2	65
TABELA 25 - CLASSIFICAÇÃO DOS CASOS EM CADA PASSO	65
TABELA 26 - PARÂMETROS DA FUNÇÃO UTILIDADE PARA O MODO CAMINHAMENTO.....	66
TABELA 27 - CLASSIFICAÇÃO DOS CASOS PROCESSADOS	67
TABELA 28 - VALORES DO PSEUDO R^2	67
TABELA 29 - CLASSIFICAÇÃO DOS CASOS EM CADA PASSO	68
TABELA 30 - PARÂMETROS DA FUNÇÃO UTILIDADE PARA O MODO ÔNIBUS	68
TABELA 31 - UTILIDADE DOS MODOS DE TRANSPORTES.....	71
TABELA 32 - PROBABILIDADE DE ESCOLHA DO MODO AUTO	71
TABELA 33 - PROBABILIDADE DE ESCOLHA DO MODO CAMINHAMENTO.....	72
TABELA 34 - PROBABILIDADE DE ESCOLHA DO MODO ÔNIBUS	73
TABELA 35 - PROBABILIDADE DE ESCOLHA DOS MODOS	74

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
INTRODUÇÃO	1
1.1 OBJETIVOS	2
1.1.1 Objetivo Geral	2
1.1.2 Objetivos específicos	2
1.2 JUSTIFICATIVA	2
1.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	4
CAPÍTULO 2	5
PLANEJAMENTO DE TRANSPORTE URBANO	5
2.1 O MODELO DE QUATRO ETAPAS	7
2.1.1 Geração de Viagens	7
2.1.2 Distribuição de Viagens	7
2.1.3 Divisão Modal	9
2.1.4 Alocação de Tráfego	9
2.1.5 Modelagem para Previsão de Demanda	10
CAPÍTULO 3	11
MODELOS PARA ANÁLISE DE DEMANDA	11
3.1 FUNDAMENTOS MICROECONÔMICOS	12
3.2 PREFERÊNCIAS REVELADAS (PR) E DECLARADAS (PD)	13
3.2.1 Preferências Reveladas (PR)	13
3.2.2 Preferências Declaradas (PD)	14
3.3 TEORIA DO COMPORTAMENTO DO CONSUMIDOR	16
3.4 TIPOS DE MODELOS DE ESCOLHA DISCRETA	18
3.4.1 Análise Discriminante	20
3.4.2 Análise Probit	20
3.4.3 Análise Logit	21

CAPÍTULO 4	25
MODELO DE REGRESSÃO LOGÍSTICA BINOMIAL	25
4.1 ESTIMATIVA DO MODELO LOGIT BINOMIAL	28
4.1.1 Testes de Significância	28
4.1.2 Pseudo R^2	28
4.1.3 Estatística de Wald (W)	29
4.1.4 Teste de <i>Hosmer e Lemeshow's Goodness of fit test</i>	30
4.1.5 Razão de Chances ou <i>Odds Ratio</i>	30
CAPÍTULO 5	32
CALIBRAÇÃO DO MODELO	32
5.1 CONSIDERAÇÕES SOBRE OS DADOS DE ENTRADA	34
5.2 SOBRE O <i>SOFTWARE</i> SPSS	40
CAPÍTULO 6	41
ESTUDO DE CASO E RESULTADOS	41
6.1 ANÁLISE DESCRITIVA DOS DADOS	42
6.2 CALIBRAÇÃO DO MODELO DE REGRESSÃO LOGÍSTICA BINOMIAL	58
6.3 RESULTADOS	60
6.3.1 Modelo 1 – Escolha do Modo Auto	60
6.3.2 Modelo 2 – Escolha do Modo Caminhamento	64
6.3.3 Modelo 3 – Escolha do Modo Ônibus	66
6.3.4 Cálculo das Utilidades e Probabilidades	69
6.4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	74
6.5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	79
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	81
ANEXO 1 - REGRESSÃO LOGÍSTICA PARA O MODO AUTO	86
ANEXO 2 - REGRESSÃO LOGÍSTICA PARA O MODO CAMINHAMENTO	93
ANEXO 3 - REGRESSÃO LOGÍSTICA PARA O MODO ÔNIBUS	99
ANEXO 4 - TABELA DE CARACTERÍSTICAS DOS INDIVÍDUOS	106
ANEXO 5 - FUNÇÕES UTILIDADES PARA OS INDIVÍDUOS DAS CLASSES SOCIOECONÔMICAS	108

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

O crescimento da demanda por transportes urbanos levou ao desenvolvimento de modelos que pudessem ser aplicados ao planejamento de transportes. O modelo clássico ou de quatro etapas tornou-se, então, instrumento estratégico empregado por pesquisadores da área de transportes na tomada de decisão. Esse modelo considera o planejamento como um processo sequencial em que interagem diferentes submodelos: geração-atração de viagens, distribuição, divisão modal e alocação do tráfego à rede (Ortúzar e Román, 2003).

Esta pesquisa trata da etapa de divisão modal, que é considerada como a terceira etapa do modelo clássico de planejamento de transportes. O objetivo é determinar a probabilidade de escolha dos usuários diante das alternativas de transportes disponíveis na área em estudo. A abordagem dessa etapa será tratada com base no conceito de utilidade da teoria do comportamento do consumidor.

O processo de decisão do consumidor baseia-se em escolhas discretas realizadas com base nas utilidades que os modos de transportes alternativos apresentam e que levam em consideração três fatores: 1. as características dos sistemas de transportes; 2. as características das viagens e 3. o nível socioeconômico do consumidor. Logo, os usuários de transportes, diante da necessidade de deslocar-se no espaço e no tempo, escolhem dentre as alternativas possíveis aquela cujos atributos lhe proporcionem o maior nível de satisfação, ou seja, a alternativa com maior utilidade.

O “juízo de valor” do consumidor sobre as alternativas e atributos dos modos de transportes passa a ser, então, representativo para modelar o comportamento de escolha por transportes. Nesta pesquisa foram utilizados os dados da pesquisa origem-destino (Pesquisa O/D) realizada na cidade de Uberlândia (MG) em 2002 e os modelos de escolha aleatória foram calibrados com o *software Statistical Package for Social Sciences (SPSS)*.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo principal deste trabalho é calibrar modelos de divisão modal baseados na teoria econômica do comportamento do consumidor e na teoria da utilidade, utilizando o *software SPSS (Statistical Package for Social Sciences)* e os dados da pesquisa O/D realizada em 2002 na cidade de Uberlândia (MG).

1.1.2 Objetivos específicos

- Estimar as probabilidades de escolha dos usuários dos modos de transportes considerando como opções disponíveis ao usuário o caminhar, o auto, o ônibus e outros;
- Avaliar o padrão de escolha modal considerando indivíduos das diferentes classes socioeconômicas da amostra da população das 65 zonas de tráfego de Uberlândia (MG);
- Mensurar, através da utilidade, a influência das variáveis sobre o padrão de escolha dos usuários e assim, definir o perfil do usuário de transporte em cidades de porte médio por cada modo considerado.

1.2 JUSTIFICATIVA

O processo de urbanização e crescimento das cidades tem exigido dos órgãos gestores e de planejamento urbano esforços para equilibrar a demanda e a oferta dos serviços de

transportes. A intensidade dessas relações deve ser acompanhada de um planejamento prévio da estrutura urbana (legislação de uso do solo) e dos sistemas de transportes. Caso isto não ocorra, pode-se chegar a uma situação caótica, gerada pelo desequilíbrio entre a oferta e a demanda, resultando em constantes congestionamentos e dificuldades na circulação de pessoas e ou mercadorias.

Ferronato (2002) observou que, o uso do solo não somente tem um impacto direto sobre a demanda, mas ele próprio é afetado por mudanças na oferta de transportes. Dessa forma, a modelagem constitui-se em importante ferramenta para a análise da repartição modal, permitindo a espacialização das novas necessidades e auxiliando de forma mais correta à tomada de decisão no processo de planejamento.

Considerando a aplicação dos modelos com base em dados desagregados, a pesquisa O/D representa a base de dados primária para a calibração dos modelos no enfoque clássico do planejamento de transportes. Apesar da pesquisa O/D ser complexa na fase de implementação e processamento dos dados e demandar recursos para sua aplicação é, ainda, a melhor fonte de informações do padrão de viagens do cotidiano (Faria et al, 2004).

Nesse sentido, modelar a etapa de divisão modal com base em dados da pesquisa O/D significa buscar a aproximação dos modelos de escolha discreta com a real escolha dos usuários de transportes.

Utilizando-se então, os dados da pesquisa O/D, que considera características do sistema de transportes, das viagens e socioeconômicas dos usuários, a proposta deste trabalho de calibrar modelos de repartição modal:

- é viável, uma vez que, o banco de dados da pesquisa O/D disponibiliza informações considerando as zonas de tráfego que compõem o zoneamento da cidade;
- e justifica-se, devido à importância de se tratar a etapa de repartição modal com base em modelos desagregados, comportamentais, probabilísticos e que podem auxiliar o planejamento de longo prazo com a geração de cenários e contribuir com a tomada de decisão.

Portanto, as informações obtidas com o uso de modelos para previsão da escolha modal podem ser usadas para tomar decisões de quando e onde investimentos seriam feitos nos sistemas de transportes, de forma a satisfazer demandas de viagens e promover padrões desejáveis de desenvolvimento da área em estudo. Assim, a possibilidade de previsão de cenários para o transporte urbano com base nas escolhas dos usuários dos modos de transportes pode significar: economia de tempo, de recursos financeiros, menos transtornos e ações mais efetivas no planejamento de transportes urbanos.

1.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Este trabalho está estruturado em seis capítulos, organizados da seguinte forma: o primeiro capítulo mostra a interrelação entre o crescimento da demanda por transportes urbanos em cidades de porte médio e a necessidade da utilização dos modelos de escolha para modelar essa demanda na fase de divisão modal, cita os principais objetivos desta pesquisa e mostra os argumentos que justificam este trabalho; o segundo capítulo apresenta um panorama do planejamento em transportes urbanos e o modelo de quatro etapas; o terceiro faz referência aos principais modelos para análise da demanda empregados em transportes e a teoria microeconômica para as escolhas discretas; o quarto capítulo trata da formulação do modelo logit binomial, os parâmetros e testes estatísticos para a validação deste; o quinto apresenta os recursos que foram usados para desenvolver este trabalho; o sexto descreve o estudo de caso, o banco de dados, análise descritiva dos dados, resultados e considerações.

CAPÍTULO 2

PLANEJAMENTO DE TRANSPORTE URBANO

Devido à intensificação do processo de urbanização e crescimento das cidades brasileiras na década de 1970, buscou-se nos modelos técnico-econômicos o apoio para o planejamento de transportes urbanos. O crescimento dos centros urbanos aumentou significativamente a demanda por transportes, diversificando os motivos de viagens e aumentando as distancias a serem percorridas, dificultando assim, os deslocamentos dos usuários de transportes urbanos.

Além disso, os frequentes congestionamentos, a falta de conservação das vias, os altos índices de acidentes de trânsito, o desrespeito às normas de circulação, a má qualidade do transporte público, são alguns dos fatores que apontaram para a necessidade de ações pautadas no planejamento do transporte urbano. Nesse contexto, um dos grandes desafios para o poder público, pesquisadores, técnicos e para a própria comunidade refere-se ao reordenamento do tráfego em cidades de porte médio e de grande porte.

Para Hutchinson (1979), o planejamento de transportes urbanos é um processo contínuo que envolve interação entre governo e comunidade urbana. Assim, com cerca 81% da população brasileira vivendo nos centros urbanos, (IBGE/Censo2000), as cidades tornaram-se cenários de conflitos e disputas pelo uso e ocupação dos espaços. Em decorrência desse processo de intensa urbanização e do acirramento dos problemas ligados ao uso e ocupação do solo e a qualidade de vida da população urbana, o planejamento passa a ser importante para o bom desempenho dos sistemas de transportes.

Conforme destacado por Saraiva (2000), o transporte decorre da necessidade de ir à escola, ao trabalho, e ao lazer, de se adquirir um produto, ou por outro motivo qualquer. Essas necessidades fazem parte do cotidiano de milhares de pessoas que vivem nos centros urbanos.

Pode-se dizer que os padrões de tráfego urbano resultam do tipo e extensão da infraestrutura de transportes disponíveis na área urbana, do padrão de uso e ocupação do solo, incluindo a localização e intensidade do uso e das características econômicas e sociais da população da área urbana.

Assim, o uso de dados desagregados para fornecer informações quantitativas de demandas de viagens geradas mostra-se importante no processo de planejamento de transporte. A análise de demanda desempenha, então, um papel importante no planejamento de transporte, pois envolve estudos sobre os hábitos de viagens e comportamento dos indivíduos, que implicam em decisões relacionadas à utilização dos sistemas de transportes (Banks, 1998 apud Brito, 2007).

Para Ortúzar e Román (2003), a modelagem da demanda por transportes vem se desenvolvendo progressivamente de forma mais satisfatória nas últimas quatro décadas, consolidando a metodologia conhecida atualmente como enfoque clássico. Assim, para o processo de análise de demanda de transportes, a identificação das zonas de origem e destino, bem como a obtenção de dados desagregados tornam-se parte importante para aplicação do modelo de quatro etapas.

O modelo clássico de planejamento em transporte é sequencial e está dividido em quatro etapas compreendidas como, geração de viagens, distribuição de viagens, divisão modal e alocação de viagens.

Neste trabalho, enfatiza-se a etapa de divisão modal, com o objetivo de modelar as probabilidades de escolha dos usuários dos modos de transportes. A seguir apresenta-se uma breve revisão acerca das etapas envolvidas na modelagem de demanda.

2.1 O MODELO DE QUATRO ETAPAS

2.1.1 Geração de Viagens

A geração de viagens é o primeiro estágio do processo de previsão de demanda de viagens. Para Hutchinson (1979), a principal tarefa dessa fase é relacionar a intensidade de viagens de e para parcelas do solo a medidas do tipo e da intensidade do uso do solo.

Nesta etapa do processo são estabelecidas as zonas geradoras de viagens, estimando-se a ocorrência de viagens geradas (produzidas e atraídas) nas zonas em estudo. As zonas de tráfego constituem a unidade base de análise para viagens realizadas.

A escolha das zonas como centros produtores de viagens é estabelecida enfatizando-se características inerentes a estes centros, tais como particularidades sócioeconômicas ou de uso do solo nessas áreas – predominância residencial ou industrial/comercial.

Relacionam-se a esses fatores variáveis explicativas que são características ligadas ao indivíduo e a zona de tráfego, tais como: renda familiar, tamanho da família, propriedade ou não de automóvel, população, número de domicílios, número de pessoas empregadas por domicílio, renda familiar média, número de veículos particulares e número de empregos, entre outros (Banks, 1998 apud Brito, 2007).

2.1.2 Distribuição de Viagens

A segunda etapa do processo de previsão de demanda é a distribuição de viagens. Nessa etapa estima-se a distribuição das viagens, produzidas e atraídas entre as zonas de tráfego. O propósito da fase de análise de distribuição de viagens é desenvolver um procedimento que sintetize as ligações entre zonas de tráfego tanto para viajantes cativos do transporte coletivo como para viajantes com escolha (Hutchinson, 1979).

Os modelos de distribuição de viagens determinam, a partir do total de viagens geradas em cada zona, a distribuição das mesmas entre as demais zonas de tráfego, chegando a uma matriz de origem e destino das viagens.

A etapa de Geração de viagens fornece os totais de viagens produzidas (P_i) e de viagens atraídas (A_j) por zona de tráfego, supondo-se que a região de estudo seja dividida em n zonas de tráfego, os modelos de distribuição de viagens determinam a parcela destas viagens (T_{ij}) entre as zonas de tráfego, ou seja, define-se uma matriz conforme a Figura 1.

Zona de Origem	Zona de Destino					$\sum_j T_{ij}$
	1	2	3	...	...j	
1	T_{11}	T_{12}	T_{13}	...	... T_{1j}	O_1
2	T_{21}	T_{22}	T_{23}	...	... T_{2j}	O_2
3	T_{31}	T_{32}	T_{33}	...	... T_{3j}	O_3
.	.	.	.	...	.	.
.	.	.	.	...	.	.
i	T_{i1}	T_{i2}	T_{i3}	...	... T_{ij}	O_i
.	.	.	.	...	.	.
.	.	.	.	...	.	.
$\sum_i T_{ij}$	D_1	D_2	D_3	...	D_j	$\sum_{ij} T_{ij}$

FIGURA 1 - Matriz de distribuição de viagens.

De uma forma geral a distribuição é feita com base na potencialidade de cada zona de gerar viagens, na atratividade das zonas de destino e na distância, tempo ou custo de transporte entre cada par de zonas de origem e destino. Dessa forma, os modelos de distribuição de viagens podem ser definidos pela seguinte expressão:

$T_{ij} = f$ (variáveis sócioeconômicas entre i e j ; viagens produzidas em i ; atraídas para j ; separação espacial ou custo entre i e j)

Onde T_{ij} representa o número de viagens entre i e j no intervalo de tempo considerado.

Os modelos de distribuição de viagens podem ser agrupados da seguinte forma:

- Modelos de fator de crescimento e de Fratar;
- Modelos estocásticos de distribuição de viagens (Modelo Gravitacional, Modelo de Oportunidades Intervenientes e o Modelo de Oportunidades Competitivas (Hutchinson, 1979))

2.1.3 Divisão Modal

A terceira etapa do processo de previsão de demanda, a qual destina-se este trabalho, é a etapa de divisão modal. A análise de divisão modal visa determinar as probabilidades de escolha modal entre um par origem-destino (*ij*) qualquer, desagregadas pelos diferentes modos de transportes.

Nesta etapa ocorre a divisão das viagens pelos diversos modos de transportes. Esses modos são normalmente agrupados em várias categorias, dentre as quais pode-se citar o transporte particular e transporte público, ou mesmo transporte motorizado e não motorizado. Podendo-se ainda dividir esses grupos em subgrupos de acordo com diferentes modos de transportes (assim, para o modo público, pode-se considerar ônibus, metrô e embarcações e, para modo particular, automóveis, motocicletas e bicicletas) (Banks, 1998 apud Brito, 2007).

As características dos viajantes, que influenciam suas decisões quanto à escolha do modo de transporte são aquelas que determinam a disponibilidade de automóveis aos viajantes e, conseqüentemente, o “status” cativo ou com escolha (Hutchinson, 1979). Assim, a escolha modal é influenciada pela distância, pelo custo da viagem e pela disponibilidade ou não de determinado modo de transporte e pode ser avaliada de acordo com as condições sócio-econômicas e a acessibilidade dos habitantes a esses modos de transportes.

2.1.4 Alocação de Tráfego

A quarta e última etapa do processo de previsão de demanda é a alocação de tráfego. Os métodos de alocação em rede alocam demandas de viagens entre os pares de origem e destino para o sistema de rotas. Nesta etapa realiza-se a alocação do tráfego à rede de transportes, e devem ser consideradas características quanto ao fluxo, capacidade das vias, sendo importante no que concerne a avaliação, planejamento e busca de soluções viáveis para a utilização do sistema para escoamento de fluxo de tráfego.

A alocação significa atribuir o tráfego entre pares de zonas de origem e de destino da matriz O/D com base nos caminhos mínimos. Uma série de procedimentos de alocação em rede foram desenvolvidos e todas as técnicas contêm os três seguintes componentes: (1)

um critério de seleção de rota, (2) uma técnica que selecione rotas para veículos através de uma rede viária, (3) um método de alocação de intercâmbios de viagens de veículos entre essas rotas (Hutchinson, 1979).

Dentre os principais métodos de alocação de tráfego estão: técnicas de alocação com restrição de capacidade e técnicas de alocação em caminhos múltiplos (Hutchinson, 1979).

2.1.5 Modelagem para Previsão de Demanda

A modelagem do processo de previsão de demanda em transportes apresenta-se como um problema complexo. Segundo Paiva Júnior (2006), a necessidade de modelagem dos deslocamentos urbanos está no problema de dimensionamento dos sistemas de transportes urbanos. Este problema constitui-se na determinação do número de viagens geradas por origem-destino, motivo, rota, modo e horário.

O problema vem sendo resolvido pelo “método das quatro etapas” (Ortúzar e Willumsen, 1990). Assim, neste trabalho será tratado o processo de escolha modal, em que a modelagem da estrutura de decisão dos usuários é normalmente feita tendo por base modelos de escolha discreta. Dessa forma, o próximo capítulo trata dos fundamentos teóricos dos modelos de escolha discreta.

CAPÍTULO 3

MODELOS PARA ANÁLISE DE DEMANDA

A análise da demanda em transportes tem adotado tradicionalmente dois tipos de modelos: os modelos agregados ou de primeira geração e os modelos desagregados ou de segunda geração. Os primeiros foram amplamente utilizados nos estudos de transportes até a década de 1970, mas devido a sua pouca flexibilidade, precisão limitada, elevado custo e sua fraca orientação na tomada de decisões políticas (Ortúzar e Willumsen, 1990), esses modelos perderam força no processo de planejamento.

Então, a partir do final da década de 1970, em função das limitações nas abordagens dos modelos agregados, os pesquisadores passaram a empregar os modelos de segunda geração ou desagregados. Esses, por sua vez, utilizam observações individuais, o que permite uma melhor compreensão dos comportamentos de viagem, posto que baseiam-se em escolhas individuais (Espino, 2003). Os modelos de segunda geração fundamentaram-se nos princípios teóricos da economia clássica, no enfoque comportamental e em técnicas de marketing.

Ortúzar e Willumsen (1990) ressaltam que, as vantagens que estes modelos apresentam em relação aos de primeira geração são muitas. Em primeiro lugar, a possibilidade de utilizar dados individuais faz com que seja mais eficiente o uso das informações do que nos modelos agregados. Em segundo lugar, pode-se utilizar toda a variabilidade de que se dispõem com dados individuais. Em terceiro lugar, os resultados dos modelos em nível individual podem ser usados para qualquer nível de agregação. Em quarto lugar, a

estimativa dos parâmetros para cada uma das variáveis explicativas consideradas no modelo é explícita, o que proporciona certa flexibilidade para representar as variáveis relacionadas a políticas de planejamento; ademais, os parâmetros estimados têm uma interpretação direta em termos da importância de cada variável explicativa considerada na escolha. E finalmente, trata-se de modelos mais estáveis no tempo e no espaço.

Logo, os modelos desagregados que representam as escolhas discretas permitem que sejam estimadas as probabilidades de escolha a partir da abordagem comportamental. A seguir apresentam-se os conceitos sobre a teoria do comportamento do consumidor e da utilidade que são os fundamentos dos modelos de escolha discreta, e dos métodos de obtenção dos dados por Preferência Revelada (PR) e/ou Preferência Declarada (PD) que são a base desses modelos.

3.1 FUNDAMENTOS MICROECONÔMICOS

A teoria econômica clássica propõe um modelo para o comportamento do consumidor onde às preferências que definem esse comportamento podem ser representadas por uma função de utilidade. O indivíduo, diante de uma necessidade ou desejo em adquirir um bem ou serviço, analisa um conjunto de alternativas disponíveis escolhendo aquela (s) cujos atributos propiciam o maior nível de satisfação.

Segundo Ben-Akiva e Lerman (1985), a escolha é resultado de um procedimento realizado pelo usuário de transportes, que compreende os seguintes elementos: o tomador de decisão, as alternativas, os atributos das alternativas e as regras de decisão.

Nestes modelos as escolhas são independentes e baseadas nas respectivas utilidades individuais em relação ao conjunto de escolhas possíveis. Assim, os dados para estimativa dos modelos probabilísticos de escolha discreta são obtidos por técnicas de preferências declaradas e reveladas.

3.2 PREFERÊNCIAS REVELADAS (PR) E DECLARADAS (PD)

Os dados oriundos das técnicas de preferências reveladas e declaradas são as fontes de informação empregadas pelos modelos de escolha discreta. As preferências reveladas baseiam-se nas escolhas efetivamente realizadas pelos indivíduos diante de uma situação existente e contêm informação sobre a importância relativa das diversas variáveis que influenciam a sua decisão (Ortúzar e Román, 2003). Enquanto que as preferências declaradas referem-se às escolhas em relação a um conjunto de opções em que são apresentados cenários hipotéticos ao consumidor para que ele indique a sua escolha.

3.2.1 Preferências Reveladas (PR)

Os dados de preferências reveladas relacionam-se com as escolhas reais das pessoas e são assim chamados por que revelam os gostos e preferências das pessoas (Train, 2002). As técnicas de Preferências Reveladas baseiam-se, portanto, na obtenção de dados que caracterizam decisões reais tomadas por usuários do serviço a ser analisado. A técnica busca identificar as decisões tomadas pelos usuários a partir de entrevistas que investigam sobre os serviços recentemente utilizados. Esta técnica apresenta algumas limitações no que concerne à identificação das decisões de usuários frente à situações inéditas.

Em geral, os dados de preferências reveladas representam um corte transversal e são obtidos a partir de enquetes que tratam de medir os valores dos atributos, tanto da alternativa escolhida como das não escolhidas por cada indivíduo (Ortúzar e Román, 2003). Assim, esses dados permitem estimar, através de técnicas estatísticas apropriadas, a função de utilidade de cada alternativa que representa as preferências de cada indivíduo.

Entretanto, Ortúzar e Román (2003) assinalam que, o emprego destes dados não está isento de problemas e suas principais limitações se devem a:

- Presença de correlação entre algumas variáveis explicativas de interesse. Por exemplo, é frequente encontrar correlação entre o tempo de viagem e o custo. Isso impossibilita estimar os parâmetros que permitem determinar a relação entre ambas as variáveis.

- Pouca variabilidade entre os valores dos atributos da amostra. Isso leva a aparição de problemas na fase de estimação.
- Existência de erros de medida nas variáveis. Quando define-se categorias para os dados de preferência revelada é inevitável a aparição de erros devido basicamente a necessidade de agregar valores, interferindo no nível de precisão.
- Dificuldade de avaliar o impacto de variáveis qualitativas, tais como, comodidade, confiabilidade, segurança, etc.

Apesar dessas restrições de caráter técnico os dados de preferência revelada têm sido empregados para predizer o comportamento dos indivíduos e modelar a demanda em transportes. Já para situações em que se deseja avaliar o comportamento da demanda frente a um novo serviço, produto ou modo de transporte a ser implantado, utiliza-se a técnica de preferência declarada.

3.2.2 Preferências Declaradas (PD)

A definição mais frequente na literatura da última década para o termo técnicas de preferências declaradas é atribuída a Kroes e Sheldon (1988) apud Brito (2007) que definiram estas como sendo uma família de técnicas, que utilizam respostas individuais a respeito da preferência dos entrevistados, em um conjunto de opções hipotéticas, para estimar a função utilidade.

Essas técnicas começaram a ser aplicadas no princípio dos anos 1970 em problemas relacionados com a investigação de mercado, e as primeiras aplicações no campo dos transportes deve-se a Louviere et al. (1973) apud Ortúzar e Roman (2003). Em transportes as técnicas de preferências declaradas são, assim como as preferências reveladas, empregadas na realização das pesquisas de origem e destino, as quais fornecem informações sobre o comportamento do consumidor.

A técnica de preferência declarada é baseada em entrevistas nas quais apresenta-se ao entrevistado um conjunto de opções, que são cenários ou alternativas hipotéticas, construídas pelo pesquisador. O entrevistado, mediante um leque de opções, registra suas

preferências. Os dados coletados são processados por modelos estatísticos que ajustam os parâmetros de forma a definir a função utilidade.

A técnica de preferência declarada pode ser vista como uma interação entre um método de pesquisa e uma teoria comportamental (Novaes, 1986). Os paradigmas usados para a modelagem do comportamento das pessoas não estão preocupados com a teoria comportamental por si só, mas com métodos que possam ser usados para testar aspectos desta teoria.

Um dos principais objetivos de experimentos de preferência declarada é construir um conjunto de opções hipotéticas, porém realistas, denominadas por Ortúzar (1994) apud Ortúzar e Román (2003), de alternativas tecnologicamente possíveis. É preciso que estas alternativas conservem características realistas para que possam ser facilmente imaginadas pelos entrevistados.

As principais características da técnica de preferência declarada são:

- o entrevistado é submetido a uma série de escolhas; o conjunto de alternativas é construído de tal forma que considere os principais fatores que influenciam a escolha relativa ao problema em estudo;
- o conjunto de opções apresentado ao entrevistado consiste em alternativas hipotéticas, que não fazem parte do conjunto atual de alternativas, mas se aproximam o máximo possível da realidade;
- cada alternativa é representada por um conjunto de atributos que identificam o produto ou o serviço; o pesquisador deve incluir no experimento aqueles atributos que mais identificam o produto ou o serviço analisado; a identificação destes atributos pode ser realizada através de uma pesquisa prévia com a população onde será aplicado o conjunto de opções;
- os níveis dos atributos em cada alternativa são especificados pelo pesquisador e apresentados ao entrevistado na forma de opções de escolha; o número de categorias para a variável deve ser o maior possível para que o pesquisador possa distinguir até quanto os indivíduos estariam dispostos a trocar uma opção pela outra; no entanto, um número muito elevado de categorias para a variável pode não

ser adequado, tornando o desenho do experimento muito mais difícil e prejudicando o processo de escolha;

- o conjunto de alternativas é definitivamente especificado baseando-se em um projeto experimental;
- os indivíduos podem informar as suas preferências com relação às alternativas de três formas: colocando-as em ordem de preferência (ranking), submetendo-as a uma escala de avaliação (rating) ou escolhendo a opção preferida do conjunto de alternativas disponíveis (choice).

Assim, as técnicas de preferências reveladas e declaradas permitem aos pesquisadores que estudem e modelem aspectos do comportamento dos usuários relativos à avaliação e comparação para a escolha de produtos e serviços disponíveis que melhor atendam suas necessidades e expectativas.

3.3 TEORIA DO COMPORTAMENTO DO CONSUMIDOR

Segundo Kotler (1976), o comportamento pode ser entendido como um mecanismo que o indivíduo utiliza para dar resposta a um determinado evento na busca de satisfazer seus desejos e necessidades.

Assim, o processo comportamental inicia-se com um estímulo interno que impulsiona o indivíduo a uma ação (Kotler, 1976). No caso do comportamento do usuário dos transportes, o estímulo que impulsiona o indivíduo a uma ação (ou escolha do modo de transporte) é a necessidade de deslocar.

Essa necessidade de deslocamento está orientada por um motivo, que pode ser trabalho, escola, lazer, residência, etc, e está condicionada segundo Ortúzar (1994) apud Ortúzar e Róman (2003) pelas características: socioeconômicas do usuário (como a renda, propriedade ou não de auto, grau de escolaridade, faixa etária e outros), dos modos de transportes (como conforto, confiabilidade, custo, tempo de viagem) e da viagem (motivo de viagem).

O indivíduo escolhe sempre a alternativa mais desejável, dado o conjunto de inclinações (preferências), as condicionantes de ordem econômico-financeira e de oportunidades disponíveis (NOVAES, 1986). Assim, o comportamento do usuário dos modos de transportes obedece a um elenco de fatores que o usuário elege objetiva e subjetivamente como prioridade para sua escolha.

Nota-se que, para a escolha do modo de transporte, o usuário certamente levará em consideração o modo que lhe proporcione mais satisfação, seja pela qualidade, seja pelo custo, ou pela agilidade.

O importante nesse processo é que a probabilidade de escolha do modo de transporte é tanto maior, quanto maior a satisfação do usuário, e investimentos em modos de transportes mais sustentáveis, como transporte coletivo, poderá condicionar ou motivar o usuário a escolher esse em relação ao modo particular (auto).

O comportamento do consumidor é, portanto, marcado pelo processo de decisão dos indivíduos em relação à escolha de um bem ou serviço. Louviere, Hensher e Swait (2000) apud Cavalcante (2002), estruturaram o processo de decisão do consumidor em seis fases, como mostra a Figura 2. Assim, a escolha do consumidor é considerada como um processo sequencial de tomada de decisão, em que o consumidor diante da necessidade ou desejo de adquirir algum produto, coleta informações sobre as alternativas disponíveis e os valores dos atributos, adquirindo então conhecimento sobre as alternativas. De posse dessas informações o consumidor compara as alternativas e seus atributos, formando a sua preferência individual. Depois disso, o consumidor escolhe sua alternativa e faz uma reavaliação da sua escolha através da experiência da utilização dessa alternativa.

No processo de escolha os componentes que interferem no comportamento do consumidor podem ser divididos em elementos externos (características de bem estar, restrições situacionais) ou internos (percepções e preferências) (Lancaster, 1973 apud Ortúzar e Román, 2003). Segundo esse autor, os primeiros servem para promover e restringir o comportamento do mercado, e os últimos refletem a compreensão dos consumidores sobre as opções que influenciam sua decisão em estratégias particulares.

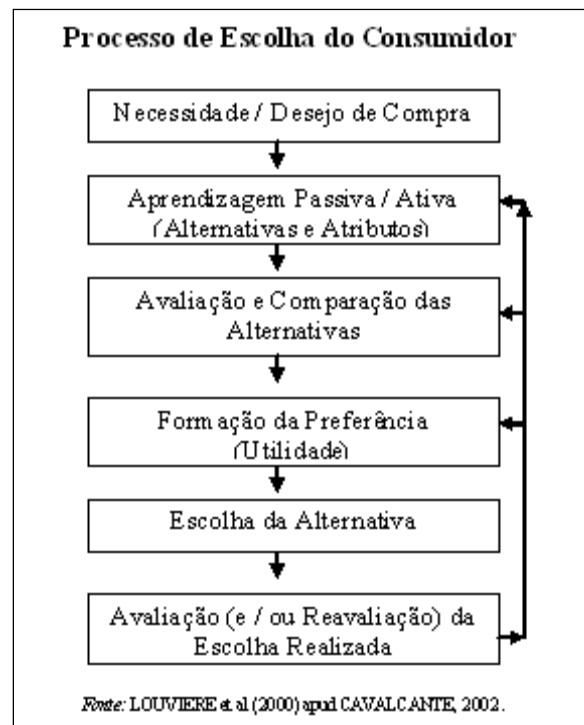


FIGURA 2 - Processo de tomada de decisão.

Os elementos externos são amplamente observáveis por pesquisadores, já os internos são mais difíceis de identificar. Sua existência e sua influência podem ser inferidas mediante a aplicação das técnicas de preferência declarada e revelada, já mencionadas, as quais obtêm dados de preferências e intenções comportamentais. A partir desses dados pode-se obter as utilidades das alternativas para o consumidor.

A próxima seção trata dos modelos de escolha discreta que empregam os dados obtidos por técnicas de preferências reveladas e declaradas para modelar, a partir das utilidades, as intenções comportamentais do consumidor dos serviços de transportes.

3.4 TIPOS DE MODELOS DE ESCOLHA DISCRETA

Na modelagem de transportes os modelos de escolha discreta têm sido adotados para abordar as escolhas modais, com o objetivo de representar o comportamento de um indivíduo que deve realizar uma escolha dentro de um conjunto de alternativas (ônibus,

automóvel ou metrô, por exemplo) para realizar um deslocamento (ARCAY; BENÍTEZ, 2004 apud DEUS, 2008)

A partir dos dados obtidos com as técnicas de preferência revelada e preferência declarada, a modelagem pode ser feita por um tipo de modelo de escolha discreta. Alguns dos modelos de escolhas discretas mais utilizados para a análise de demanda em transportes são obtidos por métodos de regressão.

A análise por regressão tem como interesse realizar previsões sobre os valores da variável dependente (resposta) a partir dos valores das variáveis independentes (preditoras) e tem por objetivo construir um modelo estatisticamente significativo. A Figura 3 mostra a classificação dos modelos de regressão.

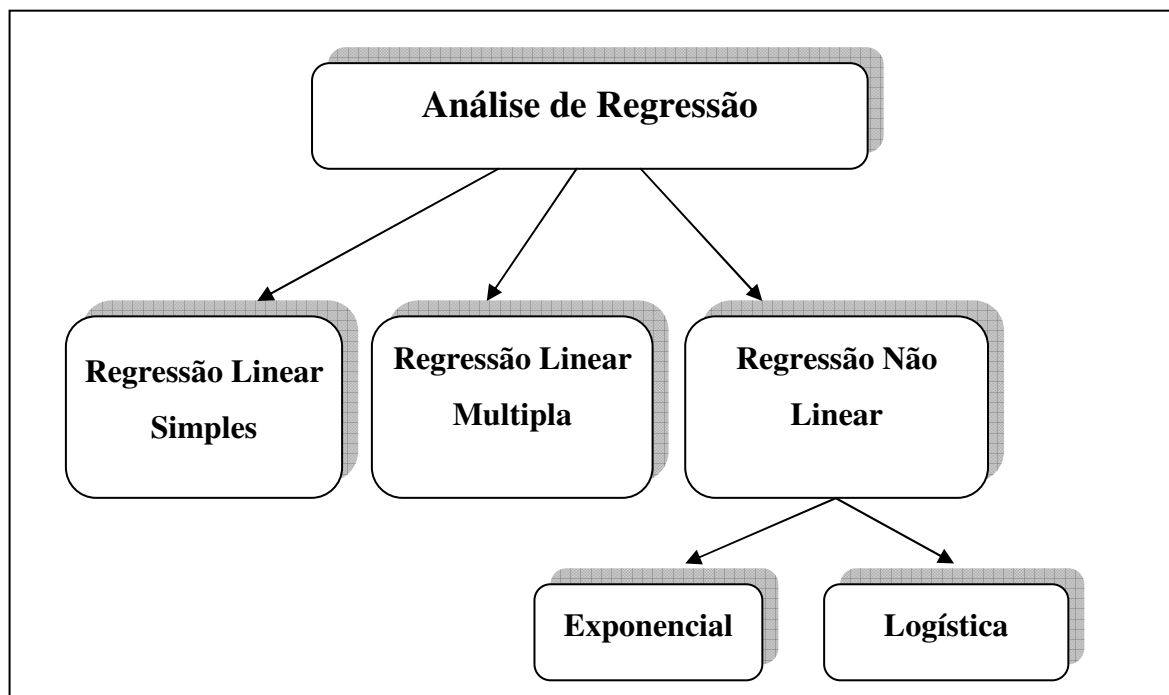


FIGURA 3 - Classificação dos modelos de regressão.

Hutchinson (1979) ressalta que três tipos de modelos matemáticos têm sido usados para construir funções de repartição modal para o comportamento individual, sendo estes: análise discriminante, análise probit e análise logit.

3.4.1 Análise Discriminante

A análise discriminante é útil para construir modelos preditivos em que se deseje prever o grupo de pertinência de um caso a partir das características observadas. O procedimento gera uma função discriminante baseada na combinação linear das variáveis preditoras que proporcione a melhor discriminação possível entre os grupos (Manual SPSS, 2003). O objetivo é encontrar uma combinação linear de variáveis explicativas, a fim de que as distribuições dessas variáveis possuam pouca superposição (Hutchinson, 1979).

A técnica procura então extrair dos dados uma combinação linear das características dos sujeitos (variáveis independentes) que melhor discriminem os grupos (Castro Júnior, 2003). Assim, o objetivo do modelo discriminante é encontrar uma combinação linear de variáveis explicativas.

A técnica usada nos modelos discriminantes consiste em atribuir pesos que separarão tanto quanto possível as médias dos valores para cada grupo e ao mesmo tempo tentará minimizar a distância estatística e a média do próprio grupo (Castro Júnior, 2003). A análise discriminante permite estimar os coeficientes da função discriminante linear que assume a seguinte forma:

$$Z = k_0 + k_1X_1 + k_2X_2 + \dots + k_nX_n \quad (1)$$

Onde:

$k_1, k_2, \dots, k_n$ são os coeficientes de discriminação;

$X_1, X_2, \dots, X_n$ são as variáveis independentes.

Esta função transforma os valores de cada variável em um escore discriminante Z , que então é usado para classificar o objeto de estudo (Castro Júnior, 2003).

3.4.2 Análise Probit

Outra análise empregada nos modelos de escolha discreta é conhecida como análise probit. Nesta classe de modelos, a regressão é não-linear, e a variável dependente (Y), assim como

no logit binomial, só pode assumir dois valores. Assim, a função probit assume a forma de S (sigmóide) e é uma relação funcional usada para representar a probabilidade de escolha no intervalo [0,1]. Segundo Hill (2003) a estimativa do modelo probit é numericamente complicada porque se baseia na distribuição normal.

Segundo Rocha e Dantas (2001), o modelo probit expressa a probabilidade P de y_k tomar o valor 1. Assim, tem-se a função de distribuição cumulativa da distribuição normal padrão:

$$Prob(y_k = 1) = \int_{-\infty}^{\beta'x} \Phi(k) d_k = \Phi(\beta'x) \quad (2)$$

Onde:

$\Phi(\cdot)$ é a função de distribuição normal padrão cumulativa;

β é o vetor de parâmetros das variáveis explicativas.

Com base em (2), pode-se estimar, via máxima verossimilhança, os parâmetros do modelo.

3.4.3 Análise Logit

Arango (2001) argumenta que a regressão logística é uma ferramenta da estatística para situações nas quais se deseja prever a presença ou ausência de uma determinada característica ou resultado, baseado em valores de um conjunto de variáveis independentes. O modelo logístico pode estimar a probabilidade máxima depois de transformar a variável dependente em variável de base logarítmica, calculando a probabilidade de um evento.

Dentre os modelos mais aplicáveis para análise de demanda em transportes pode-se citar: Análise logit multinomial, o logit hierárquico e logit binomial.

O modelo logit multinomial é o modelo de escolha discreta mais popular (Ortúzar e Willumsen, 1990). Nesta forma a escolha do modo de transporte envolve mais de duas opções, sendo representados como alternativas individuais para o viajante, conforme observa-se na Figura 4.

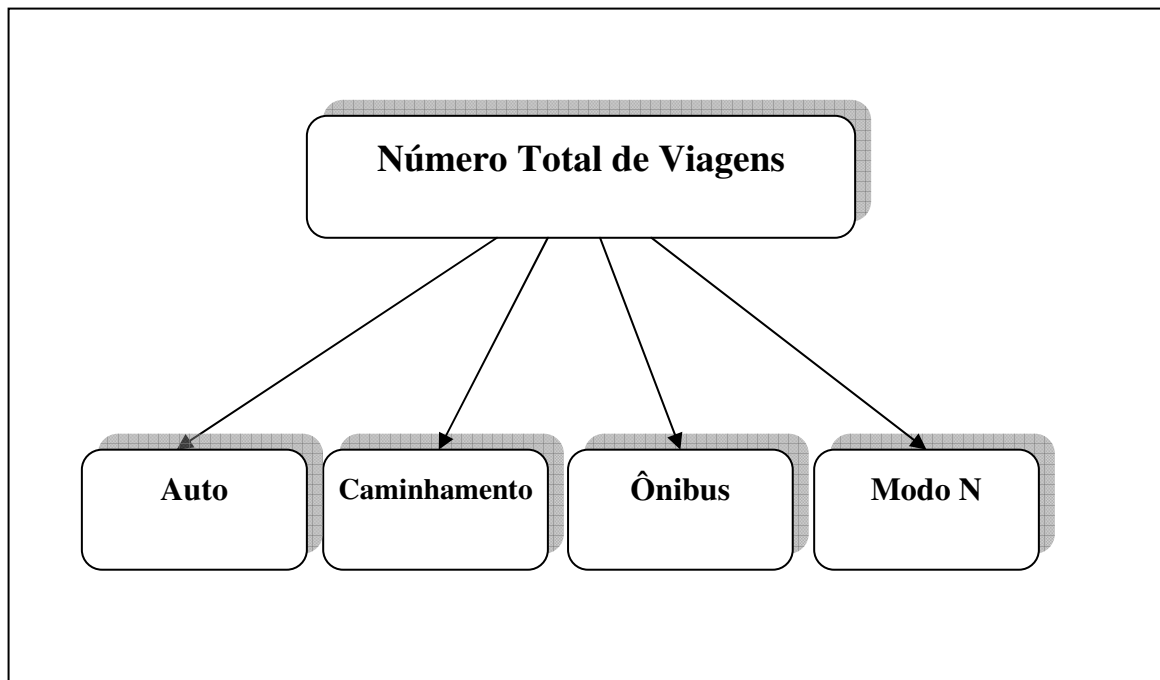


FIGURA 4 - Estrutura de um modelo logit multinomial.

Outra forma de calibração do logit é assumindo-se hierarquias entre os modos. O modelo logit hierárquico, conforme exposto por Bierlaire (1999) apud Deus (2008), é uma extensão do modelo logit multinomial designado a capturar correlações entre as alternativas. Ele difere do modelo logit multinomial pelo fato de ser possível o agrupamento de alternativas que sejam similares em uma mesma hierarquia.

A Figura 5 mostra a estrutura do modelo logit hierárquico. O modelo é então estimado conforme os níveis estabelecidos para as alternativas que se deseja analisar.

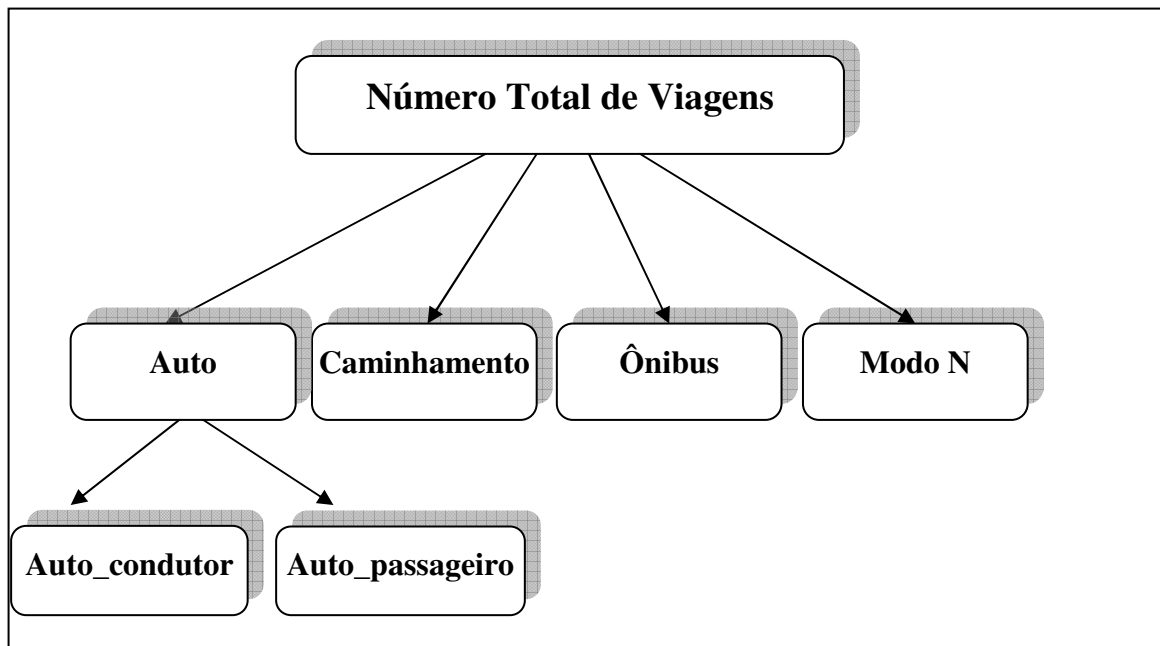


FIGURA 5 - Estrutura do modelo logit hierárquico.

Em muitos estudos, no entanto, a variável resposta qualitativa tem duas possibilidades e, assim, pode ser representada como uma variável *dummy*, recebendo os valores 0 (zero) e 1 (um). Assim, a Figura 6 representa a estrutura do modelo logit binomial.

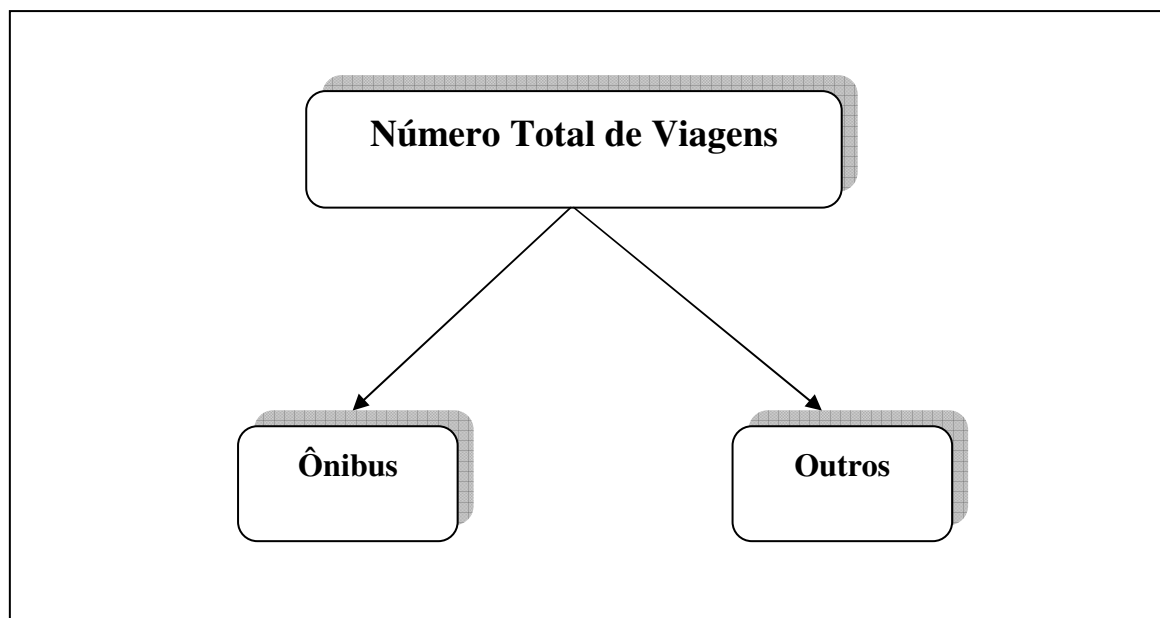


FIGURA 6 - Estrutura modelo logit binomial.

O modelo de regressão logística binomial gera, portanto respostas de procedimentos qualitativos do tipo presença ou ausência de um determinado atributo. Trabalhando com a variável resposta dicotômica a esperança condicional obrigatoriamente deve ficar entre 0 e 1.

Considerações teóricas e práticas sugerem que quando a variável resposta é binária, a forma da função resposta assumirá a forma sigmóide (S) (Hutchinson, 1979). A Figura 7 representa a função logística com assíntotas em zero e um.

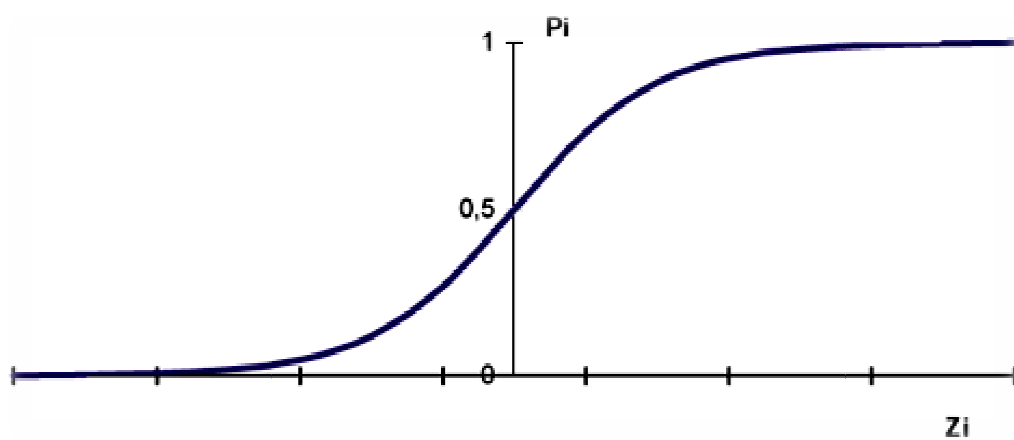


FIGURA 7 - Função logística.

O modelo logístico tem sua importância na medida em que serve para descrever as probabilidades, que no estudo corresponde à escolha individual do modo de transporte. Assim, o capítulo seguinte trata do modelo de regressão logística binomial que será empregado para modelagem dos dados.

CAPÍTULO 4

MODELO DE REGRESSÃO LOGÍSTICA

BINOMIAL

O princípio do modelo é a calibração da função utilidade, ou seja, é o valor que o indivíduo atribui a um produto ou serviço pela combinação de fatores, de forma que esse valor corresponda ao máximo no conjunto de opções que estão à sua disposição (Ben-Akiva e Lerman, 1985). O modelo permite captar a significância das variáveis explicativas e a relação destas com a variável explicada.

Assim, a probabilidade de um indivíduo optar por uma alternativa é função de suas características sócio-econômicas e da atratividade da alternativa em questão em comparação a outras (Ben-Akiva e Lerman, 1985).

Para representar essa atratividade de uma alternativa em comparação com outras, utiliza-se o conceito de utilidade. A utilidade representa então o benefício que um indivíduo percebe quando consome seus recursos em diferentes bens ou serviços (ver Ben-Akiva e Lerman, 1985).

Segundo Manski (1977), historicamente os modelos de utilidade eram considerados um subconjunto dos modelos probabilísticos de escolha, e foram inicialmente desenvolvidos por psicólogos, na tentativa de caracterizar as inconsistências observadas nos padrões de comportamento individual. Mais tarde, economistas, como McFadden (1968) adotaram

esses modelos econométricos como forma de representar a maximização do comportamento do consumidor.

A quantificação da utilidade por meio de expressões matemáticas origina a *função utilidade*. Essa função exprime matematicamente as preferências manifestadas e pode ser usada para representar o nível de satisfação alcançado pelo indivíduo ao utilizar-se de bens e serviços. Os valores desta função utilidade permitem estabelecer uma comparação entre a utilidade proporcionada aos usuários pelos diferentes modos de transportes disponíveis para o seu deslocamento.

Assim, a partir da definição da função que relaciona os atributos de um produto com a sua utilidade resultante pode-se estimar o comportamento do consumidor diante das alternativas disponíveis. A configuração comumente utilizada para a função utilidade segue um modelo linear aditivo (Ben Akiva e Lerman, 1985) cuja forma matemática é dada por:

$$V_{ih} = \beta_0 + \beta_1 X_{i1} + \beta_2 X_{i2} + \dots + \beta_k X_{ik} \quad (3)$$

Onde:

V_{ih} é a utilidade da alternativa i para o indivíduo h ;

β_0 é a constante do modelo;

$\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$ são os parâmetros do modelo, onde k é a quantidade de atributos das alternativas;

X_{i1}, X_{i2}, X_{ik} são os valores dos atributos das alternativas.

Como pode-se ver em Ben-Akiva e Lerman (1985), os coeficientes da função podem ser usados para objetivos distintos, tais como:

1. determinar a importância relativa dos atributos incluídos no experimento;
2. determinar valores de tempo;
3. especificar a função utilidade para modelos de predição;

4. obter o valor da função utilidade;

Este tipo de função é compensatória, à medida que pode-se manter o mesmo nível de utilidade alternando-se dois atributos. A função utilidade assim definida baseia-se em algumas premissas básicas, a saber:

1. consistência – sob condições idênticas a probabilidade de escolher-se uma certa alternativa não deve se alterar;
2. transitividade – comparando-se duas alternativas i e j , através de suas utilidades e, depois comparando-se as alternativas j e k , a seguinte afirmativa deve ser verdadeira: se a alternativa i é melhor que a alternativa j e a alternativa j é melhor que a alternativa k , então a alternativa i é melhor que a alternativa k (Ben-Akiva e Lerman, 1985);

A partir das utilidades das alternativas chega-se a probabilidade de escolha para o modelo logit binomial, dado pela expressão:

$$P_{h(i)} = e^{\beta V_{ih}} / \sum_{j \in C_h} e^{\beta V_{jh}} \quad (4)$$

Onde:

$P_{h(i)}$ é a probabilidade de escolha da alternativa i para o indivíduo h ;

V_{ih} e V_{jh} as utilidades sistemáticas das alternativas i e j para o indivíduo h , respectivamente;

β é o parâmetro;

C_h corresponde ao conjunto de alternativas disponíveis para o indivíduo h .

Para evitar o problema restritivo de que os valores de probabilidade são números no intervalo de 0 e 1, a função logística pode ser linearizada pela transformação logit. Assim, o modelo logístico pode estimar a probabilidade máxima depois de transformar a variável

dependente em variável de base logarítmica, calculando a probabilidade de um evento acontecer.

4.1 ESTIMATIVA DO MODELO LOGIT BINOMIAL

A estimativa do modelo logit binomial é feita com base no algoritmo de máxima verossimilhança, que estima o conjunto de parâmetros relativos ao ajuste do modelo. O ajuste por máxima verossimilhança tem por objetivo obter, a partir de uma amostra, estimativas de parâmetros estatísticos, assegurando consistência, eficiência e ajuste dos parâmetros do modelo (Manual SPSS, 2003). Entretanto, para que o processo de estimação de máxima verossimilhança seja confiável, exigem-se grandes amostras. Segundo Hill (2003), em grandes amostras, o estimador de máxima verossimilhança é distribuído normalmente, consistente, e é o melhor, já que nenhum outro estimador análogo tem menores variâncias.

4.1.1 Testes de Significância

Os testes estatísticos para avaliar a significância dos parâmetros dos modelos calibrados no SPSS foram: o pseudo R^2 (Cox & Snell e de, Nagelkerke), a estatística de Wald (W), o teste de *Hosmer e Lemeshow* e a razão de chances (*odds ratio*). Segue uma descrição dos testes empregados para interpretação e validação dos modelos calibrados.

4.1.2 Pseudo R^2

Os modelos logits não têm uma medida com significado intuitivo como o R^2 na regressão linear. Assim, várias estatísticas pseudo R^2 tem sido sugeridas e o programa SPSS 11.0 calcula duas estatísticas: pseudo R^2 de Cox & Snell (Equação 5) e o pseudo R^2 de Nagelkerke (Equação 6) cujos valores são menores ou iguais a um. Esses valores correspondem a uma fração da variância que é compartilhada entre as variáveis (Doria Filho, 1999) e são calculados com base na função de verossimilhança (Hosmer e Lemeshow, 1989).

Pseudo R^2 de Cox & Snell

$$R^2 = 1 - \left[\frac{-2LL_{null}}{-2LL_k} \right]^{\frac{2}{n}} \quad (5)$$

Pseudo R^2 de Nagelkerke

$$R^2 = \frac{1 - \left[\frac{-2LL_{null}}{-2LL_k} \right]^{\frac{2}{n}}}{1 - (-2LL_{null})^{\frac{2}{n}}} \quad (6)$$

4.1.3 Estatística de Wald (W)

Outra importante estatística para avaliar a significância do logit é o teste de Wald. A estatística W é uma alternativa comumente utilizada para testar a significância individual dos coeficientes de cada variável independente. As hipóteses que são consideradas são as mesmas para o teste da razão de verossimilhança, ou seja, o teste compara a estimativa da máxima verossimilhança do coeficiente da inclinação da reta b_1 com uma estimativa do seu erro padrão. O resultado, sob a hipótese nula que $b_1 = 0$ seguirá uma distribuição normal padronizada.

O teste de Wald é usado para examinar restrições impostas aos coeficientes da regressão e calcula uma estatística que mede a eficiência das estimativas dos coeficientes da regressão original em satisfazer as restrições da hipótese nula. Assim, o teste de Wald é utilizado para testar a significância estatística de cada coeficiente (β_l) no modelo (Figueira, 2006).

O teste de Wald é obtido através da comparação da estimativa de máxima verossimilhança do parâmetro, β_l , com estimativa de seu erro padrão (Hosmer e Lemeshow, 2000).

$$W = \frac{(\hat{\beta}_1)}{SE(\hat{\beta}_1)} \quad (7)$$

Onde:

$(\hat{\beta}_1)$ é o parâmetro da estimativa de máxima verossimilhança;

$\widehat{SE}(\beta_1)$ é o erro padrão da estimativa de máxima verossimilhança.

4.1.4 Teste de *Hosmer e Lemeshow's Goodness of fit test*

No SPSS é realizado o teste de *Hosmer e Lemeshow* para avaliar o ajuste do modelo. Se a estatística do teste for maior que o nível de significância α adotado, rejeita-se a hipótese de que não há diferença entre os valores observados e preditos implicando, assim, que o modelo descreve bem os dados no nível adotado (Figueira, 2006). O teste associa os dados as suas probabilidades estimadas da mais baixa a mais alta, então faz um teste qui-quadrado para determinar se as frequências observadas estão próximas das frequências esperadas (Hosmer e Lemeshow, 1989).

4.1.5 Razão de Chances ou *Odds Ratio*

A razão entre probabilidades é definida como a relação entre as probabilidades para $x = 1$ e a probabilidade para $x = 0$ dada conforme a Equação 8. Hosmer e Lemeshow (2000) demonstram que para a regressão logística binomial as chances de o resultado estar presente entre os indivíduos com $x = 1$ é definido como $\pi(1)/[1 - \pi(1)]$. Da mesma forma, as chances de o resultado estar presente entre os indivíduos com $x = 0$ é definido como $\pi(0)/[1 - \pi(0)]$. O *odds ratio*, denotado por OR, é definida como a razão de chances para $x = 1$ para a razão $x = 0$, e é dada pela Equação 8:

$$OR = \frac{\frac{\pi(1)}{[1 - \pi(1)]}}{\frac{\pi(0)}{[1 - \pi(0)]}} \quad (8)$$

Substituindo a expressão pelo modelo de regressão logístico, tem-se que:

$$OR = \frac{\frac{\left(\frac{e^{\beta_0 + \beta_1}}{1 + e^{\beta_0 + \beta_1}}\right)}{\left(\frac{1}{1 + e^{\beta_0 + \beta_1}}\right)}}{\frac{\left(\frac{e^{\beta_0}}{1 + e^{\beta_0}}\right)}{\left(\frac{1}{1 + e^{\beta_0}}\right)}} = \frac{e^{\beta_0 + \beta_1}}{e^{\beta_0}} = e^{(\beta_0 + \beta_1) - \beta_0} = e^{\beta_1} \quad (9)$$

O *odds ratio* compara a probabilidade de sucesso para $x = 1$ com a probabilidade de sucesso para $x = 0$, em que e^{β_1} é a mudança multiplicativa nas probabilidades de sucesso, correspondendo ao aumento de uma unidade em x (Figueira, 2006).

O próximo capítulo trata dos procedimentos para calibração do modelo, utilizada para alcançar os resultados.

CAPÍTULO 5

CALIBRAÇÃO DO MODELO

A metodologia empregada neste trabalho consta de duas etapas principais. A primeira etapa trata da revisão dos aspectos teóricos sobre o modelo clássico empregado em planejamento de transportes e dos fundamentos teóricos sobre os quais se assentam os modelos de escolha discreta utilizados para modelar o comportamento de escolha na etapa de divisão modal.

A segunda etapa trata dos aspectos práticos do trabalho, em que a partir dos conceitos estudados e de uma amostra do banco de dados da pesquisa O/D da cidade de Uberlândia (MG), realizou-se a calibração de três modelos de regressão logística binomial para a análise da etapa de divisão modal.

A calibração dos modelos de regressão logística para a etapa de divisão modal foi realizada utilizando-se o *software Statistical Package for Social Sciences* (SPSS), que através de métodos estatísticos fornece os coeficientes para a função utilidade, tornando possível estimar as probabilidades de escolhas dos usuários de transportes. Dessa forma, na próxima sessão são apresentados aspectos relativos ao banco de dados empregado na modelagem.

Após determinar o tamanho da amostra o passo seguinte foi definir as variáveis que fariam parte do banco de dados, uma vez que os dados da pesquisa O/D possui variáveis explicativas sobre as características das viagens e dos indivíduos pesquisados.

Optou-se por seleccionar no banco de dados da pesquisa O/D as seguintes variáveis: o tempo de viagem, motivo de viagem, número de viagens realizadas pelo indivíduo, tempo

de residência, tipo de domicílio, condição de moradia, nível de instrução, situação familiar, idade, sexo, classe de atividade e renda.

A variável relacionada ao nível socioeconômico do indivíduo foi calculada com base no critério de classificação ABA/Abipeme (Associação Brasileira dos Anunciantes/Associação Brasileira dos Institutos de Pesquisa de Mercado). Este critério classifica os indivíduos segundo as seguintes classes A1, A2, B1, B2, C1, C2, D e E. A Tabela 1 mostra as classes socioeconômicas, a pontuação de corte e a porcentagem das classes socioeconômicas no Brasil.

Tabela 1 - Cortes do Critério Brasil

Classe	Pontos	Total Brasil (%)
A1	42 - 46	0,9
A2	35 - 41	4,1
B1	29 - 34	8,9
B2	23 - 28	15,7
C1	18 - 22	20,7
C2	14 - 17	21,8
D	8 - 13	25,4
E	0 - 7	2,6

Fonte: ABEP - Associação Brasileira de Empresas de Pesquisa, 2008.

No método ABA/ABIPEME, a renda familiar é um dos principais indicadores de classificação dos indivíduos entre as classes. Os responsáveis pela elaboração do sistema acreditavam que, durante a coleta dos dados, algumas pessoas poderiam se recusar a responder diretamente o valor de sua renda (Associação Brasileira de Empresas de Pesquisa, 2008). Assim, o método de classificação dos consumidores entre as classes devem empregar variáveis que possam garantir uma boa estimativa da renda doméstica.

Com este objetivo, o critério ABA/ABIPEME selecionou oito indicadores discriminantes da renda: número de rádios, TV em cores, automóveis, aspirador de pó, máquina de lavar roupa, geladeira, empregada mensalista, banheiros e nível educacional do chefe de família. Com base na pontuação estabelecida pela ABA/ABIPEME atribui-se pontos à posse destes itens e calculou-se a pontuação para todos os indivíduos do banco de dados. Conforme a pontuação de corte em cada classe, os indivíduos da O/D foram então classificados.

A partir da obtenção do banco de dados faz-se necessário algumas considerações sobre os dados de entrada na calibração do modelo.

5.1 CONSIDERAÇÕES SOBRE OS DADOS DE ENTRADA

Neste trabalho optou-se por calibrar três modelos logits binomiais. A estrutura do modelo apresenta, portanto três níveis hierárquicos que são os três modos de transporte selecionados para análise, conforme mostra a Figura 8.

No primeiro nível hierárquico a variável dependente possui valor “1” para a escolha do “modo auto” e valor “0” para a escolha de “outro modo”. Neste caso o termo “outro” responde pelos modos (caminhamento, ônibus, bicicleta e outros) sendo incluídas na análise 1045 observações.

O segundo nível apresenta valor “1” para o “modo caminhamento” e valor “0” para “outro modo”. No segundo nível 809 observações foram incluídas na calibração do modelo.

Por fim, o terceiro nível refere-se à escolha do “modo ônibus” assumindo-se valor “1” para essa escolha e valor “0” para a escolha de “outro modo”. Neste nível o número de observações incluídas na análise foi de 503.

Os dados de entrada para a calibração do modelo obedeceram aos seguintes critérios:

- A variável dependente é categórica e as variáveis independentes são fatores ou covariáveis. Em geral, os fatores são variáveis categóricas e covariáveis devem ser variáveis contínuas (Manual SPSS, 2003).

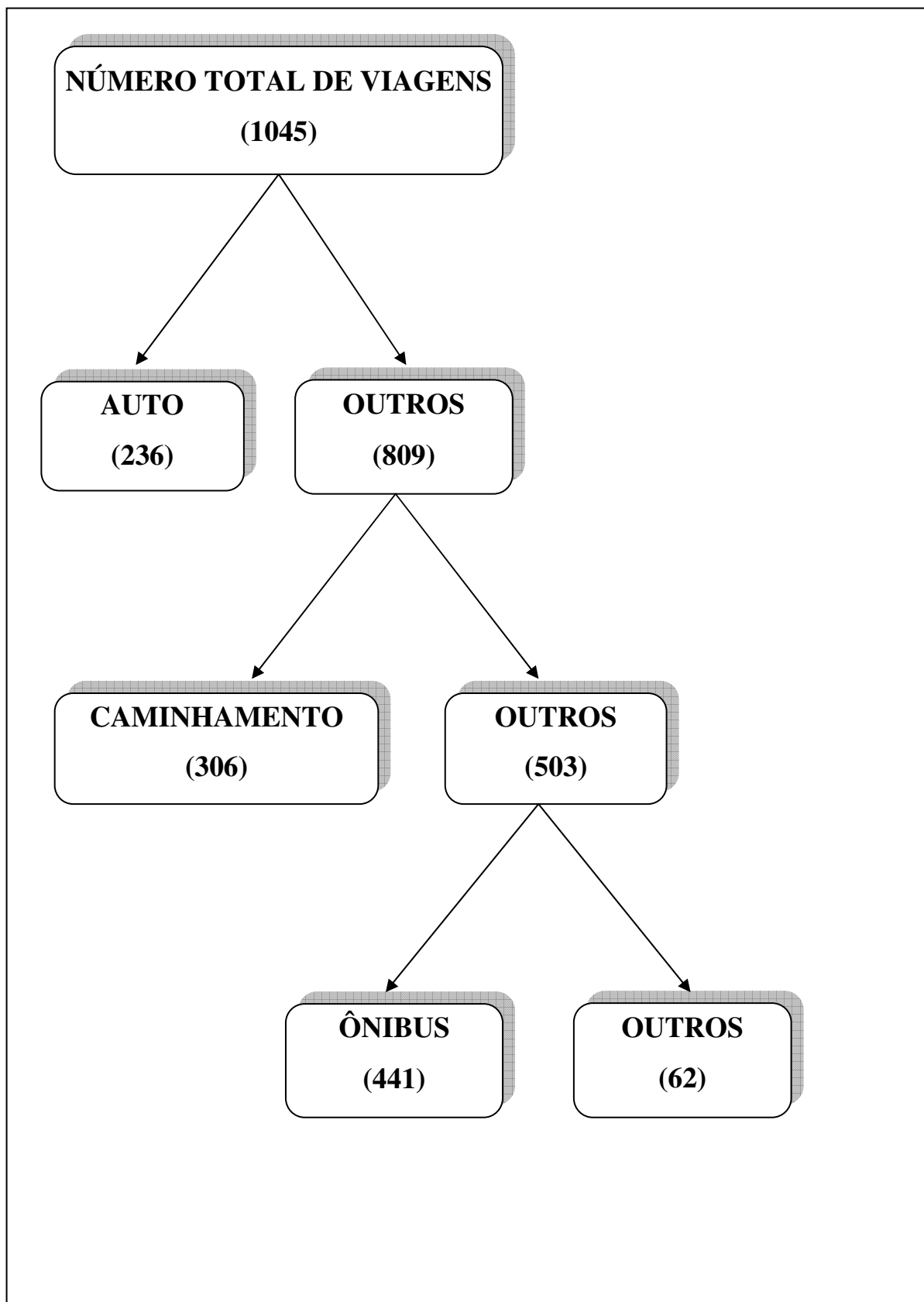


FIGURA 8 - Estrutura do modelo calibrado.

Neste caso a variável dependente ou resposta refere-se à escolha do modo de transporte, enquanto as variáveis independentes referem-se às características relativas à viagem e ao usuário. A Tabela 2 mostra a codificação da variável dependente para os três modelos calibrados.

Tabela 2 - Codificação da Variável Dependente nos Três Modelos

Variável Dependente (Y)	Dicotômica
Modo de Transporte	Opções de Transporte
Nível Hierárquico 1 - Modelo 1	1 = auto 0 = outros
Nível Hierárquico 2 - Modelo 2	1 = caminhada 0 = outros
Nível Hierárquico 3 - Modelo 3	1 = ônibus 0 = outros

É importante ressaltar que a cada modelo calibrado o valor “1” foi atribuído ao modo em análise no modelo. Além disso, em alguns casos os níveis das variáveis foram agregados uma vez que o modelo não responde bem quando se usa muitos níveis para as variáveis explicativas podendo levar a erros nos valores dos parâmetros. Dessa forma, segue-se uma descrição das variáveis explicativas que fazem parte do banco de dados.

Motivo de viagem

A variável, motivo de viagem, refere-se ao motivo que levou o indivíduo a realizar o seu deslocamento. Os principais motivos relacionados na pesquisa foram: trabalho, escola, residência e outros.

As viagens por motivo de trabalho e escola são aquelas em que o indivíduo saiu da sua residência e dirigiu-se ao seu local de trabalho ou à instituições de ensino. No caso das viagens que tiveram como motivo a residência, estas dizem respeito aquelas viagens em que o indivíduo saiu do seu local de origem e o seu destino final foi a sua residência.

Tempo de viagem

Para a variável tempo de viagem foi considerado o tempo total de deslocamento do usuário. Assim, esse tempo total de viagem inclui o tempo de deslocamento na origem e no destino mais o tempo de espera pelo transporte. O tempo tem valor e esses valores de tempo podem ser usados para avaliações de projetos e para avaliações de comportamento

de demandas (Ortúzar e Willunsen, 1990). Assim, o tempo de viagem é um fator chave no cálculo de custos em transportes e permite avaliar o tempo total em cada modo ou rota, sendo, portanto, um parâmetro importante no processo de escolha dos usuários dos modos de transportes.

Número de viagens

Esta variável diz respeito ao número de viagens realizadas pelo indivíduo no dia, e reflete características do comportamento de escolha, pois evidencia o quanto os usuários deslocaram-se em suas viagens diárias.

Propriedade de auto

A variável propriedade de auto refere-se aqueles indivíduos que têm ou não auto. A propriedade ou não de auto reflete a característica de usuários “cativos” ou com “escolha”. Indivíduos com propriedade de auto pode escolher o modo que melhor corresponda as suas necessidades, enquanto que, indivíduos que não tem propriedade de auto tornam-se cativos de outros modos de transportes.

Tipo de domicílio

A variável, tipo de domicílio secciona os domicílios em particulares e coletivos. Os particulares são aqueles que apresentaram apenas uma residência, enquanto os domicílios coletivos referem-se aqueles que apresentam mais de uma residência no domicílio.

Número de pessoas no domicílio e Número de famílias no domicílio

A primeira diz respeito ao número de pessoas residentes no domicílio, enquanto a segunda mostra o número de famílias que residem no domicílio.

Condição de moradia e Tempo de residência

A condição de moradia mostra se o domicílio é próprio ou não próprio (neste caso pode ser alugado ou outra condição).

Já o tempo de residência refere-se ao número de meses que o indivíduo reside no domicílio.

Sexo e Situação familiar

Quanto à variável sexo, os indivíduos foram classificados em masculino e feminino. Já no caso da variável situação familiar refere-se à condição de ser chefe de família ou não.

Classe de atividade

A classe de atividade é outra variável de caracterização socioeconômica do indivíduo. Nesta variável distinguiram-se cinco classes de atividade que são: setor agrícola, construção civil, funcionário público, setor de serviços e autônomos.

Renda mensal

A renda é outra importante variável de caracterização socioeconômica do indivíduo e para análise de comportamento de escolha. Esta variável mostra as faixas salariais em que cada indivíduo insere-se.

Nível de instrução e Idade

A variável, nível de instrução, diz respeito aos aspectos da escolaridade dos indivíduos amostrados. Já a variável idade refere-se à faixa etária em que se encontra o indivíduo.

Classificação ABA/ABIPEME

A variável de classificação ABA/ABIPEME refere-se a classificação socioeconômica do indivíduo, e leva em consideração itens de conforto presentes no domicílio e escolaridade do chefe do domicílio para a classificação.

Na Tabela 3 são apresentadas as variáveis que foram utilizadas na calibração dos modelos e o valor atribuído a cada item de escolha.

Tabela 3 - Valor das Variáveis Explicativas

Variáveis Independentes ($X_1, X_2, \dots, X_n$)	Catégoricas
Motivo de viagem	1 = trabalho 2 = escola 3 = residência 4 = outros
Propriedade de auto	0 = não possui 1 = possui
Sexo	0 = feminino 1 = masculino
Tipo de domicílio	0 = coletivo 1 = particular
Situação familiar	0 = não chefe 1 = chefe de família
Classe de atividade	1 = setor agrícola 2 = construção civil 3 = funcionário público 4 = setor de serviços 5 = autônomos 6 = outros
Renda mensal	1 = 0,0 – 2,0 Salários Mínimos 2 = 2,1 – 4,0 Salários Mínimos 3 = 4,1 – 6,0 Salários Mínimos 4 = 6,1 – 8,0 Salários Mínimos 5 = 8,1 – 10,0 Salários Mínimos 6 = 10,1 – 20,0 Salários Mínimos 7 = $\geq 20,1$ Salários Mínimos
Nível de instrução	1 = analfabeto/primário incompleto 2 = primário completo/ginásio incompleto 3 = ginásio completo/colegial incompleto 4 = colegial completo/superior incompleto 5 = superior completo
Condição de moradia	0 = não própria 1 = própria
Classificação ABA/ABIPEME	1 = E 2 = D 3 = C2 4 = C1 5 = B2 6 = B1 7 = A2 8 = A1
Idade	1 = até 18 anos 2 = 18 a 30 anos 3 = 30 a 40 anos 4 = mais de 40 anos
Variáveis Independentes	Contínuas/Discretas
Tempo de viagem; Número de pessoas no domicílio; Número de viagens realizadas; Tempo de residência; Número de famílias no domicílio.	

Por fim, selecionada a amostra, as variáveis e o conjunto de escolha que foi dado pelos modos de transportes (automóvel, caminhada, ônibus e outros) o próximo passo foi calibrar os modelos utilizando o *software* SPSS.

5.2 SOBRE O SOFTWARE SPSS

O *Statistical Package for Social Sciences* (SPSS) é um sistema computacional para preparação e análise de dados, desenvolvido com o objetivo de assistir às necessidades técnicas e metodológicas de profissionais que utilizam métodos quantitativos como instrumentos de trabalho (Ferreira, 1999). O *software* possui um grande número de técnicas estatísticas que permitem manipular, criar tabelas e gráficos que resumam as informações disponíveis auxiliando a tomada de decisão.

Feita a escolha das variáveis, conforme classificadas em fatores e covariáveis, procedeu-se à especificação do modelo. No SPSS 11.0 foi aplicado o modelo de regressão logística binomial, utilizando o método *forward stepwise Wald* para definir o modelo final que minimiza o número de variáveis e maximiza a precisão do modelo. Utilizando este método as variáveis entram no modelo uma a uma com base na significância estatística (nível adotado $\alpha = 0,050$), sendo eliminadas aquelas que não são estatisticamente significantes. A eliminação ocorre com base na estatística de Wald (Manual SPSS, 2003).

Sendo assim, com base nos conceitos apresentados sobre o comportamento do consumidor no processo de escolha dos modos de transportes, dos fundamentos dos modelos de escolha discreta empregados na análise de demanda e na metodologia proposta para o desenvolvimento do trabalho, o capítulo seguinte trata da aplicação prática dos conceitos estudados. Será apresentado o estudo de caso realizado na cidade de Uberlândia e os resultados alcançados.

CAPÍTULO 6

ESTUDO DE CASO E RESULTADOS

A área de estudo compreende a cidade Uberlândia que é uma cidade de médio porte, e está localizada no Triângulo Mineiro (MG). A cidade conheceu a partir do final da década de 1960 um crescente processo de urbanização, que se intensificou nas décadas seguintes. Hoje com uma população que segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE/2009) ultrapassam os 600.000 habitantes e uma frota de aproximadamente 263.876 veículos (Departamento Nacional de Trânsito/2009), assiste-se ao crescimento dos problemas relacionados aos sistemas de transportes urbanos.

O crescimento contínuo e dinâmico da cidade promoveu uma diversificação das atividades (comerciais, econômicas e sociais) no perímetro urbano passando assim, a exigir da população deslocamentos cada vez mais longos entre a origem e destino das viagens. Além disso, os motivos de viagens tornaram-se cada vez mais variados, contribuindo significativamente para o aumento da demanda por transportes.

Devido às características de ocupação, crescimento e desenvolvimento econômico, a cidade foi dividida em setores. O sistema de setorização da área urbana de Uberlândia, criado pela Lei nº 6022 de 24 de maio de 1994, para fins de orientação e direcionamento, dividiu a cidade em cinco setores: Central, Norte, Sul, Leste e Oeste (Lima, 2000).

Os cinco setores da cidade foram divididos em 65 zonas de tráfego conforme dados sócio-econômicos e das viagens realizadas entre os pontos de origem e destino. Os principais

modos de transportes disponíveis à população foram o ônibus, vans, caminhão, o automóvel, motocicleta, bicicleta, caminhar e outros.

A Figura 9 mostra a divisão da cidade de Uberlândia em sessenta e cinco zonas de tráfego.

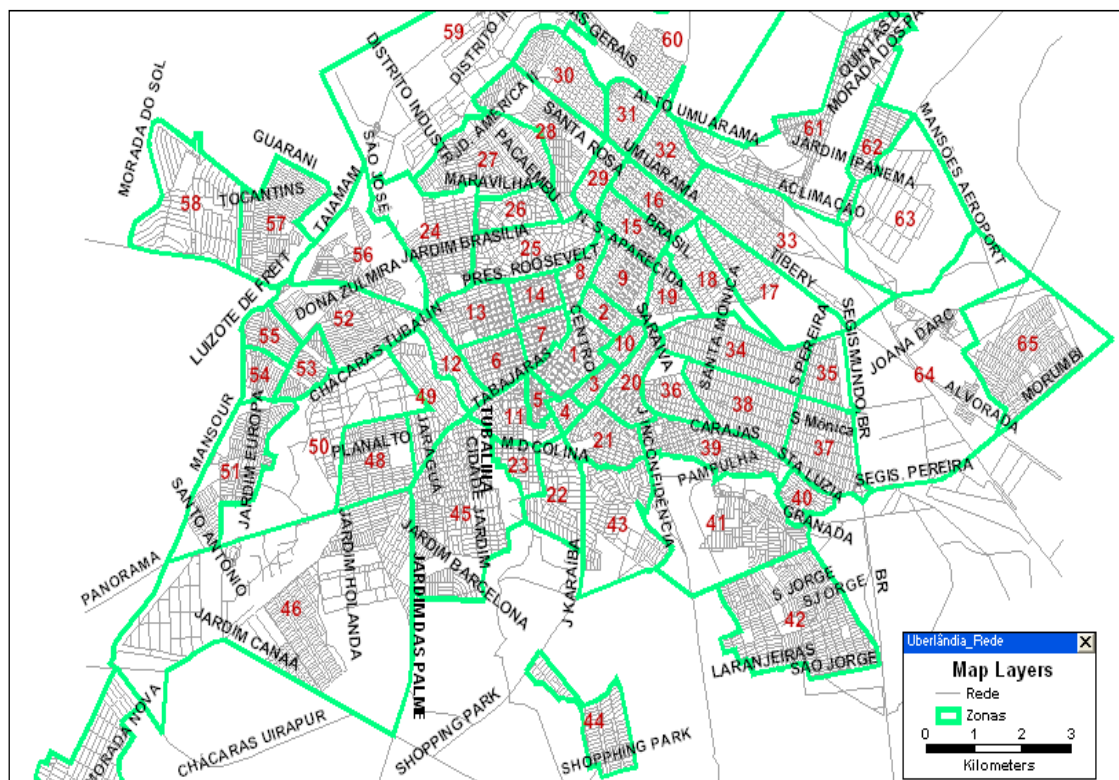


FIGURA 9 - Zonas de tráfego da cidade de Uberlândia (MG).

6.1 ANÁLISE DESCRITIVA DOS DADOS

A pesquisa O/D foi realizada em 2002 pela Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia (FECIV) e a Secretaria Municipal de Trânsito e Transporte (SETTRAN). A amostra representativa foi constituída de 11.901 pessoas entrevistadas em 3.126 domicílios.

O banco de dados que será utilizado na calibração dos modelos é uma parte dos dados da pesquisa O/D e consta de uma amostra por zona de tráfego com margem de erro 3% e nível de confiança de 95%, num total de 1045 observações. Na Tabela 4 consta a amostra selecionada para as 65 zonas de tráfego. Observa-se que em alguns casos um único bairro foi dividido em mais de uma zona de tráfego.

Tabela 4 - População e Amostra das 65 Zonas de Tráfego

ZONA	BAIRRO (S)	POP.	AMOSTRA	ZONA	BAIRRO (S)	POP.	AMOSTRA
1	Centro	8.546	15	34	Sta Mônica	33.773	19
2	Nossa Sª Aparecida	14.916	15	35	Segismundo Pereira	19.380	5
3	Cazeca	3.623	3	36	Sta Mônica	33.773	23
4	Lídice	5.612	10	37	Sta Mônica	33.773	17
5	Fundinho	3.329	6	38	Segismundo Pereira	19.380	27
6	Osvaldo Rezende	24.211	17	39	Lagoinha	12.013	22
7	Martins	11.243	9	40	Sta Luzia	4.681	9
8	Bom Jesus	5.882	11	41	Granada	9.060	16
9	Nossa Sª Aparecida	14.916	12	42	Laranjeiras + São Jorge	43.604	67
10	Cazeca	3.623	4	43	Jardim Karafba	2.211	4
11	Tabajaras	7.637	14	44	Nova Uberlândia		5
12	Daniel Fonseca	5.710	11	45	Tubalina + Cidade Jardim	16.610	30
13	Osvaldo Rezende	24.211	25	46	Jardim das Palmeiras + Jardim Holanda	27.583	49
14	Martins	11.243	11		+ Canãa + Panorama		
15	Brasil	15.303	19	47	Morada Nova*		
16	Brasil	15.303	7	48	Planalto	18.237	32
17	Tibery	22.583	3	49	Jaraguá	10.043	18
18	Tibery	22.583	6	50	Chacáras Tubalina	4.933	9
19	Tibery	22.583	30	51	Mansour	9.087	16
20	Saraiva	10.085	18	52	Jardim Patrícia + Dona Zulmira	10.377	18
21	Vigilato Pereira	5.310	10	53	Luizote de Freitas	22.594	15
22	Morada da Colina	2.034	4	54	Luizote de Freitas	22.594	10
23	Patrimônio	3.956	7	55	Luizote de Freitas	22.594	15
24	São José + Jardim Brasília	15.958	28	56	Taiaman	8.729	16
25	Presidente Roosevelt	25.087	33	57	Tocantins + Guarani	25.697	46
26	Presidente Roosevelt	25.087	9	58	Morada do Sol	480	1
27	Maravilha + Pacaembu	16.057	28	59	Distrito Industrial	2.999	6
28	Residencial Gramado + Esperança	2.892	6	60	Minas Gerais	6.542	12
29	Sta Rosa	20.020	34	61	Buritis	9.677	17
30	Cruzeiro do Sul	7.008	13	62	Jardim Ipanema	7.474	14
31	Marta Helena	11.657	21	63	Mansões Aeroporto	1.468	3
32	Umuarama	3.643	7	64	Dom Almir	4.404	8
33	Custódio Pereira	11.086	20	65	Morumbi + Alvorada	16.799	30
*	não censiado				População (POP./2007)	608.369	1.045

As informações sobre as viagens na cidade de Uberlândia foram obtidas a partir da pesquisa O/D realizada na cidade em 2002. Os dados coletados nessa pesquisa dizem respeito às viagens realizadas e contém informações sobre a origem e o destino de viagem, o tempo de viagem, os modos e motivos de viagem, além de informações socioeconômicas sobre as pessoas que realizaram as viagens.

A amostra selecionada para esta pesquisa contém 1045 observações. A Tabela 5 e a Figura 10 apresentam a distribuição das viagens de acordo com o modo de transporte utilizado.

Tabela 5 - Modos de Transportes

Modos de Transportes	Total	%
Transporte Coletivo	366	35,0
Caminhamento	293	28,0
Auto_Motorista	115	11,0
Auto_Passageiro	105	10,0
Bicicleta	73	7,0
Moto	42	4,0
Van	31	3,0
Outros	16	1,5
Ônibus escolar	5	0,5
Total	1.045	100,0

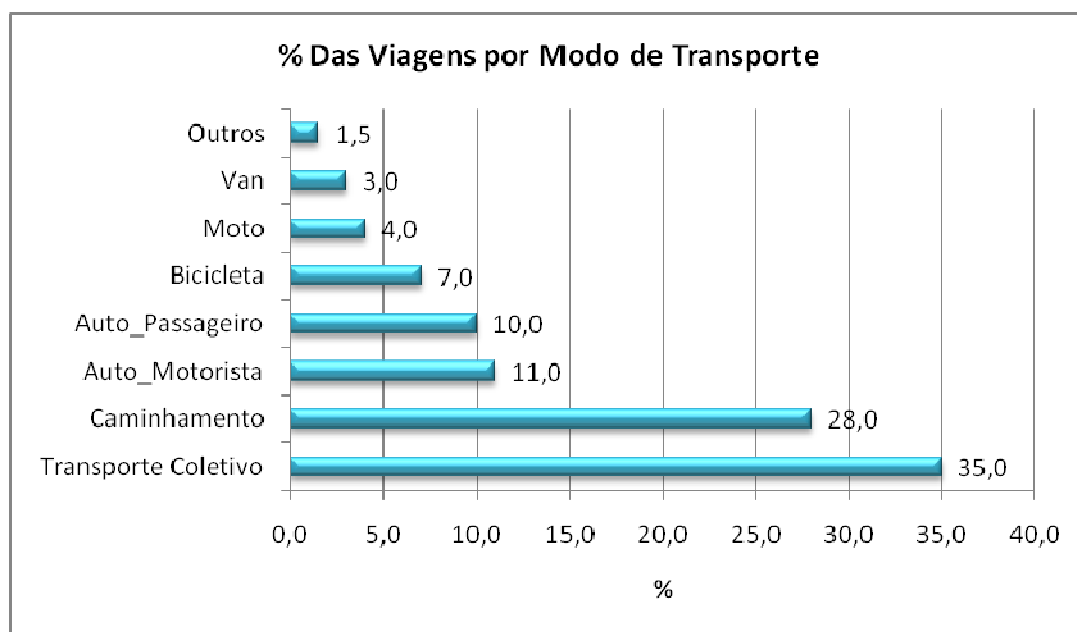


FIGURA 10 - Distribuição das viagens por modo de transporte.

Verifica-se que 73,5% das viagens são realizadas pelos modos não motorizados (caminhamento, bicicleta) e transporte coletivo, considerados importantes para a sustentabilidade do tráfego nas cidades. Apesar de a cidade possuir a segunda frota de veículos do estado, as viagens pelo modo automóvel somam 21% das viagens. Já o modo bicicleta foi utilizado em uma pequena parcela das viagens, apenas 7%, o que pode ser resultado da falta de espaços adequados (ciclovias e bicicletários) para esse modo de transporte já que a topografia da cidade é plana favorecendo os deslocamentos por esse modo.

Devido às características da amostra optou-se por agregar alguns níveis da variável dependente. Dessa forma, para a calibração dos modelos considerou-se os modos com maiores porcentagens de uso pelos indivíduos. Assim, na Tabela 6 e na Figura 11 são apresentados os modos agregados de maior relevância para essa pesquisa, que foram o auto, o caminhamento, o ônibus e outros.

- O modo ônibus inclui o transporte coletivo, transporte escolar e van. Neste caso o modo “Van” refere-se ao serviço oferecido pelo projeto Passe Livre, que funcionava como um complemento ao sistema de transporte coletivo da cidade em 2002;
- O modo auto, considera o automóvel (tanto usuários que são motoristas como aqueles que são passageiros);
- O caminhamento refere-se às viagens realizadas pelo modo à pé;
- E outros, que inclui as viagens realizadas pelos modos bicicleta, moto e outros.

Tabela 6 - Modos de Transportes Agregados

Modos de Transporte Agregados	Total	%
Transporte Coletivo	402	38,5
Caminhamento	293	28,0
Auto	219	21,0
Outros	131	12,5
Total	1.045	100,0

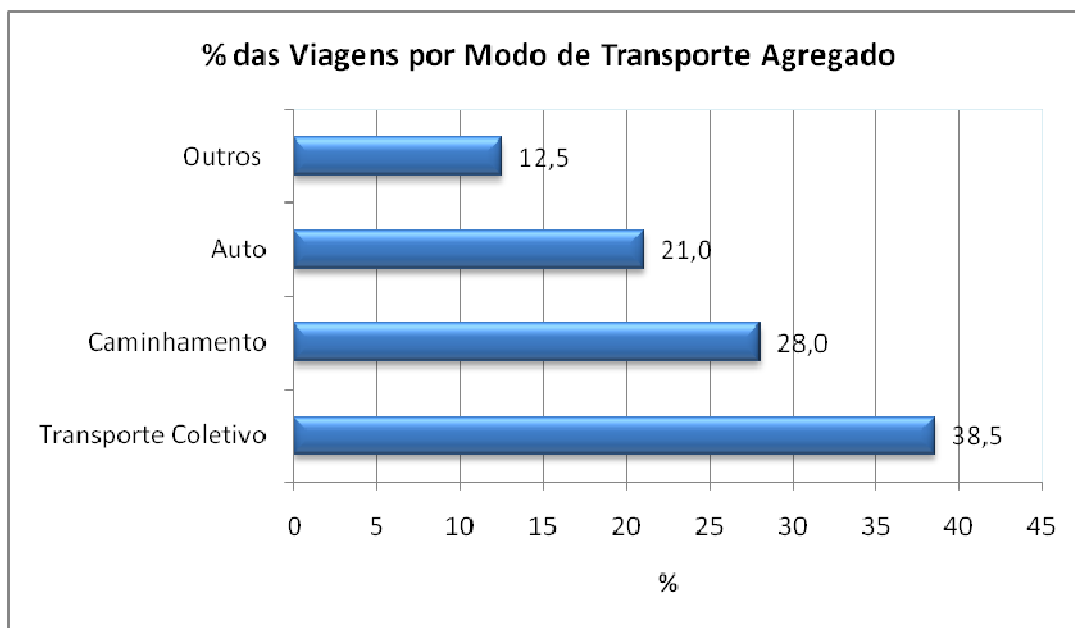


FIGURA 11 - Porcentagem das viagens pelos modos agregados.

Para a caracterização do padrão de escolha das viagens as variáveis selecionadas no banco de dados da pesquisa O/D foram: o motivo de viagem, o tempo total de viagem e o número de viagens realizadas pelos indivíduos. A Tabela 7 apresenta o total das viagens distribuídas pelos motivos de viagem.

Tabela 7 - Distribuição das Viagens por Motivo

Motivo da Viagem	Total	%
Residência	449	43,0
Trabalho	282	27,0
Escola	188	18,0
Outros	84	8,0
Lazer	42	4,0
Total	1.045	100,0

A Figura 12 mostra a porcentagem de viagens realizadas, segmentadas pelo motivo de viagem. Pode-se observar que os motivos escola e trabalho representam a maior parcela das viagens num total de 45%, e o motivo residência refere-se às viagens com retorno para casa e representa 43%.

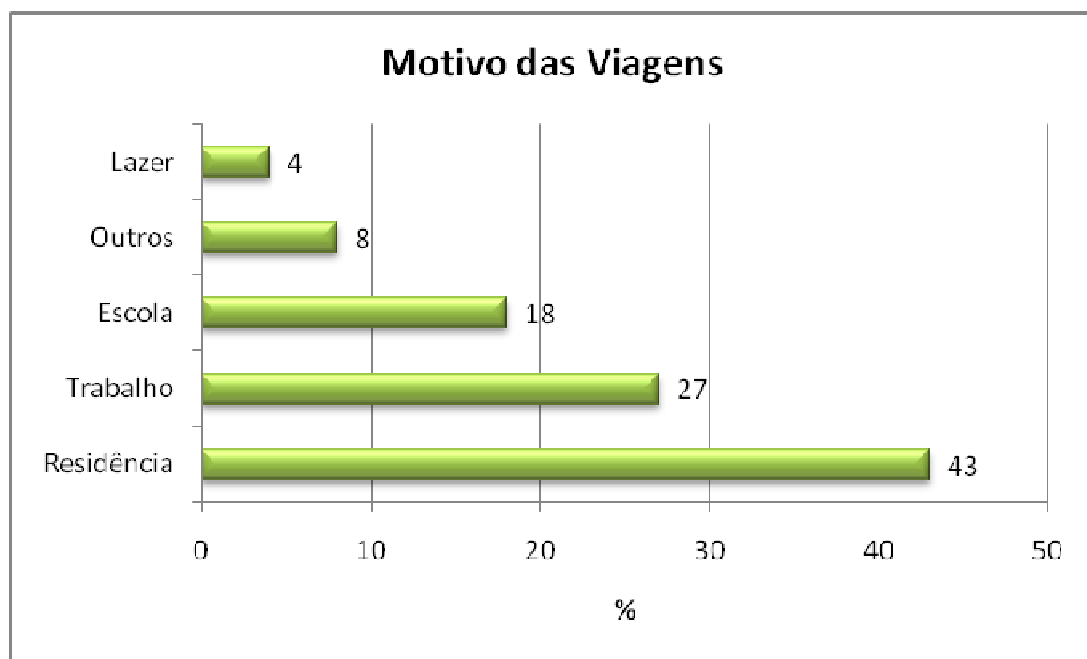


FIGURA 12 - Distribuição das viagens por motivo.

Além disso, na Tabela 8 e na Figura 13 pode-se observar que 50% das viagens são realizadas em até meia hora num total de 523 indivíduos realizando suas viagens nesse intervalo de tempo. Em 33,5% dos casos os usuários gastam entre meia hora a uma hora para realizar a viagem entre a origem e o destino. E somente em 4,5% dos casos o tempo de viagem ultrapassou uma hora e meia de viagem.

Tabela 8 - Distribuição das Viagens por Tempo Gasto no Deslocamento

Tempo de Viagem	Total	%
até 0,5 hrs	523	50,0
de 0,5 a 1 hrs	350	33,5
de 1 a 1,5 hrs	125	12,0
de 1,5 a 2 hrs	31	3,0
de 2 a 2,5 hrs	10	1,0
mais de 2,5 hrs	5	0,5
Total	1.045	100,0

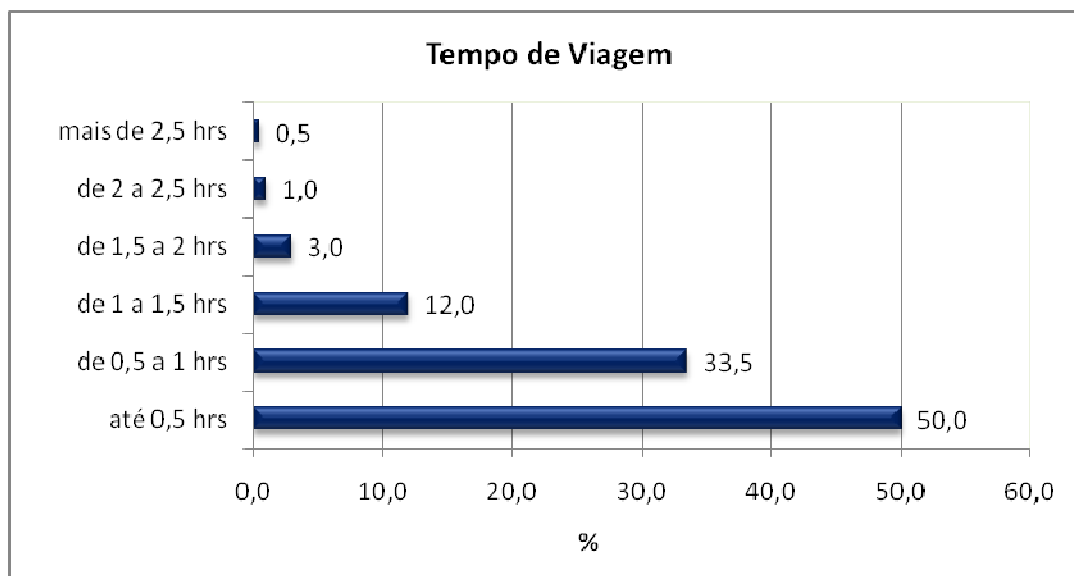


FIGURA 13 - Tempo de viagem.

Quanto ao número de viagens feitas por dia pelo indivíduo, 88% dos usuários realizaram até duas viagens por dia, 11% de três à quatro viagens e apenas 1% realizaram mais de cinco viagens por dia conforme mostra a Tabela 9 e a Figura 14.

Tabela 9 - Distribuição das Viagens por Número de Viagens Realizadas

Número de Viagens Realizadas	Total	%
até 2 viagens	920	88,0
de 3 a 4 viagens	115	11,0
mais de 5 viagens	10	1,0
Total	1.045	100,0

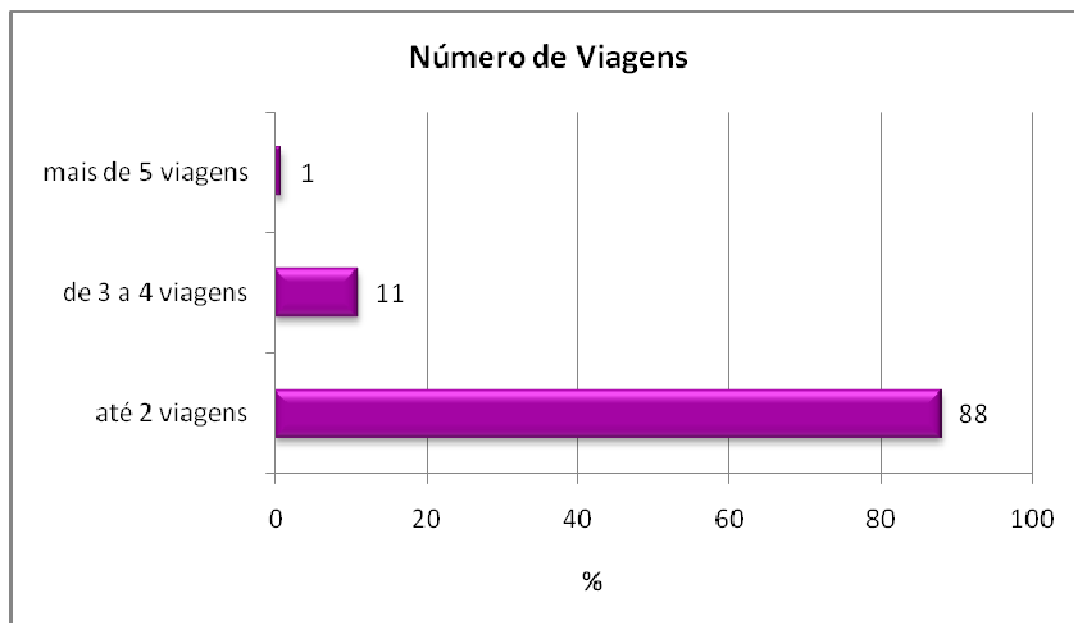


FIGURA 14 - Número de viagens realizadas pelos indivíduos/dia.

Com relação às características dos usuários pode-se observar que 52% da amostra corresponde à indivíduos do sexo feminino e 48% à indivíduos do sexo masculino, como apresentado na Tabela 10 e na Figura 15.

Tabela 10 - Divisão da Amostra por Sexo

Sexo	Total	%
Masculino	502	48,0
Feminino	543	52,0
Total	1.045	100,0

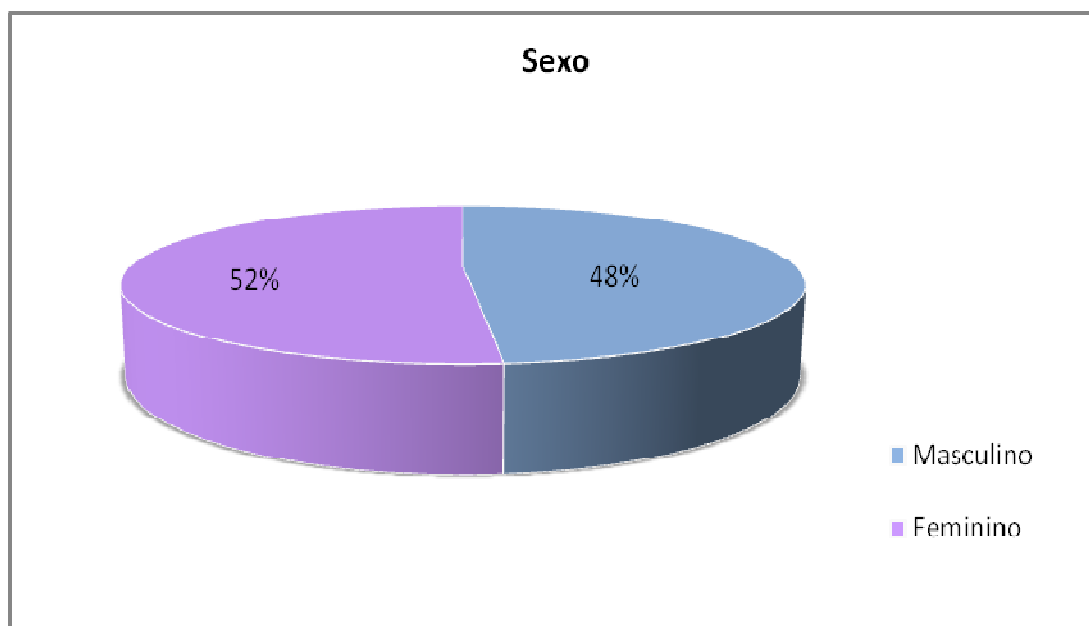


FIGURA 15 - Porcentagem dos indivíduos por sexo.

Conforme mostra a Tabela 11 e a Figura 16, desses indivíduos 26 % estão na faixa etária até dezoito anos, o que pode ser considerado como um fator de limitação ao uso do auto como condutor, uma vez que pela legislação brasileira apenas maiores de dezoito anos podem habilitar-se para conduzir veículos. Observa-se ainda que indivíduos na faixa etária de dezoito à trinta anos e de trinta à quarenta anos somam 40% da amostra e 34% dos indivíduos possuem mais de quarenta anos.

Tabela 11 - Faixa Etária dos Indivíduos

Faixa Etária	Total	%
Até 18 anos	272	26
18 à 30 anos	219	21
30 à 40 anos	199	19
Mais de 40 anos	355	34
Total	1.045	100

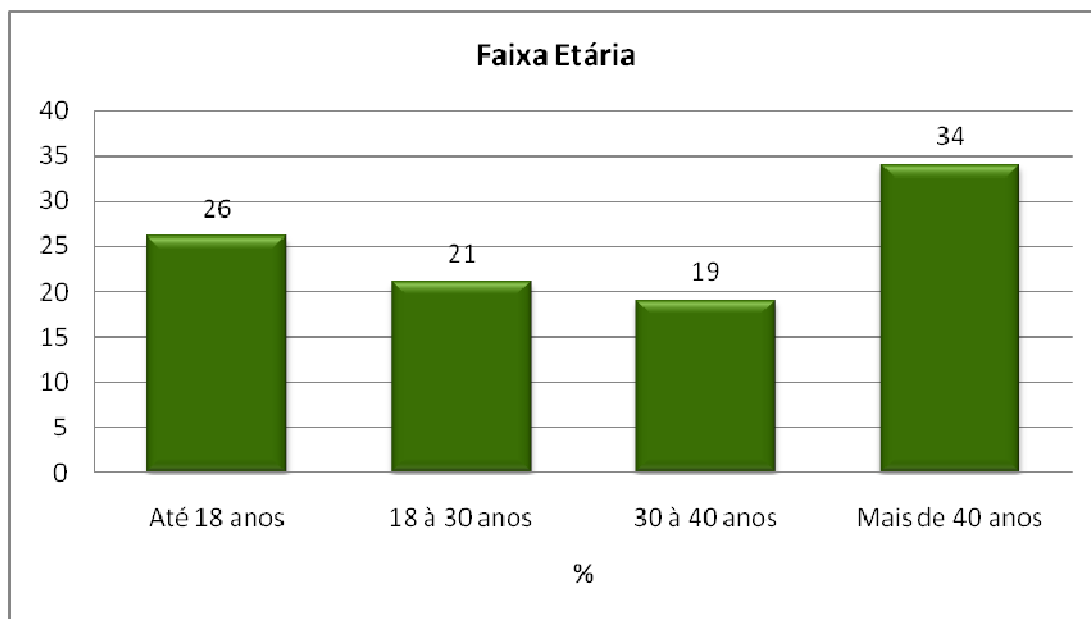


FIGURA 16 - Faixa etária dos indivíduos.

A Tabela 12 e a Figura 17 mostram que, quanto ao nível de instrução 18% dos indivíduos não são alfabetizados ou possuem apenas o primário incompleto, 32% possuem primário completo ou ginásio incompleto, 15% ginásio completo ou colegial incompleto, 23% colegial completo ou superior incompleto e apenas 12% possuem curso superior completo.

Tabela 12 - Nível de Instrução

Nível de Instrução	Total	%
Primário completo/ginásio incompleto	334	32,0
Colegial completo/superior incompleto	240	23,0
Analfabeto/primário incompleto	188	18,0
Ginásio completo/colegial incompleto	157	15,0
Superior completo	125	12,0
Total	1.045	100,0

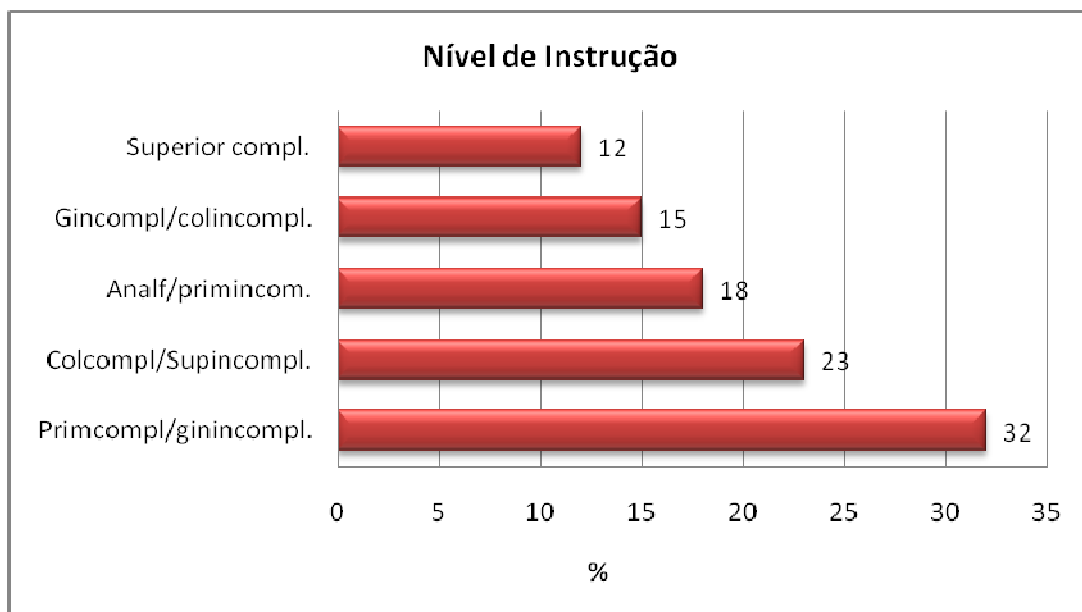


FIGURA 17 - Nível de instrução dos indivíduos.

Quanto à situação familiar a Tabela 13 e a Figura 18 mostram que 40% dos entrevistados no domicílio declararam-se como filhos, 31% ocupam a posição de chefe de família, 18% são cônjuges, 8% são parentes, 2% empregados e 1% outros.

Tabela 13 - Situação Familiar

Situação Familiar	Total	%
Filho	418	40,0
Chefe	324	31,0
Conjugê	188	18,0
Parente	84	8,0
Empregado	20	2,0
Outros	11	1,0
Total	1.045	100,0

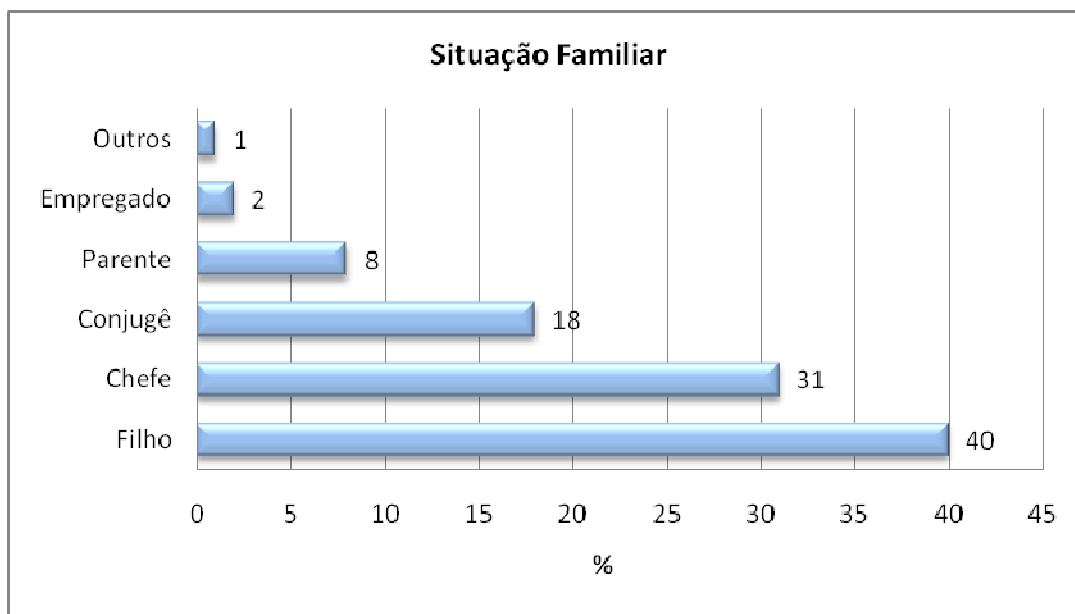


FIGURA 18 - Situação familiar.

Com relação à propriedade de automóvel a Tabela 14 e a Figura 19 mostram que 58% dos indivíduos da amostra possuem auto, enquanto que, 42% não possuem.

Tabela 14 - Propriedade de Auto

Propriedade de Auto	Total	%
Possui	606	58,0
Não possui	439	42,0
Total	1.045	100,0

Essas porcentagens confirmam a estatística do IBGE, que mostra um índice de aproximadamente 2,83 pessoas por veículos na cidade. A propriedade ou não de automóvel significa para os serviços de transportes a subdivisão do mercado em viajantes cativos do transporte coletivo e viajantes com escolha (Hutchinson, 1979). Assim, a propriedade de auto permite ao usuário escolher o modo de transporte que melhor atende suas expectativas e necessidades, enquanto que, a não propriedade de auto torna o usuário “cativo” de outro modo de transporte sem a possibilidade de escolher o modo auto, sendo, portanto, uma característica importante na análise do comportamento de escolha.

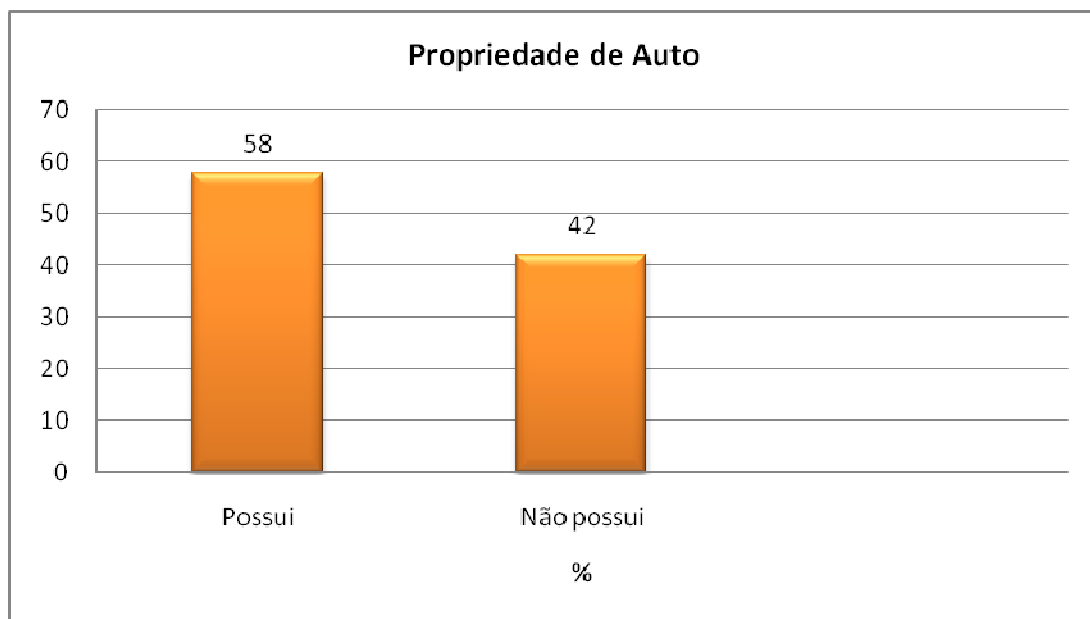


FIGURA 19 - Propriedade de auto.

A Tabela 15 e a Figura 20 refere-se a classe de atividade e diz respeito à ocupação profissional dos entrevistados. Observa-se que 56% dos indivíduos declararam-se autônomos, 29% trabalham no setor de serviços, 9% são funcionários públicos, 4% trabalham na construção civil e 2% no setor agrícola.

Tabela 15 - Classe de Atividade

Classe de Atividade	Total	%
Autônomo	585	56,0
Setor de serviços	303	29,0
Funcionário público	94	9,0
Construção civil	42	4,0
Setor agrícola	21	2,0
Total	1.045	100,0

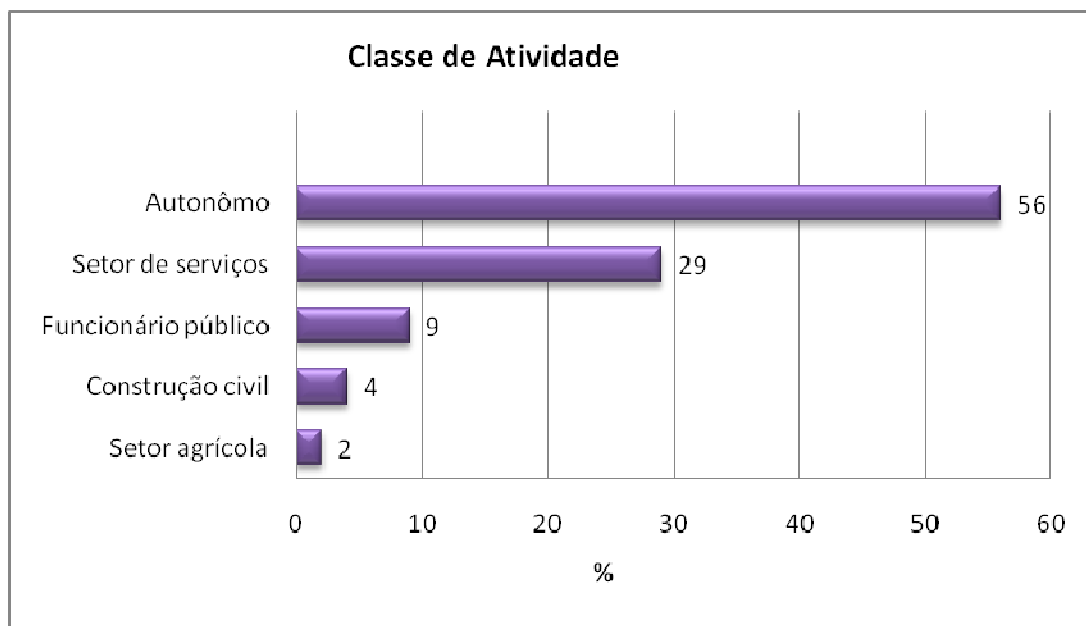


FIGURA 20 - Classe de atividade.

Com relação à renda mensal observa-se que 51% da amostra possui renda mensal até dois salários mínimos, 31% de dois à quatro salários mínimos, 9% possui renda de quatro a seis salários mínimos, 4% de seis a oito salários mínimos, e apenas 5% possuem renda acima de oito salários mínimos, conforme mostra a Tabela 16 e a Figura 21.

Tabela 16 - Renda Mensal

Renda Mensal	Total	%
0,0 - 2,0 SM	533	51,0
2,1 - 4,0 SM	324	31,0
4,1 - 6,0 SM	94	9,0
6,1 - 8,0 SM	42	4,0
8,1 - 10,0 SM	21	2,0
10,1 - 20,0 SM	21	2,0
≥ 20,1 SM	10	1,0
Total	1.045	100,0

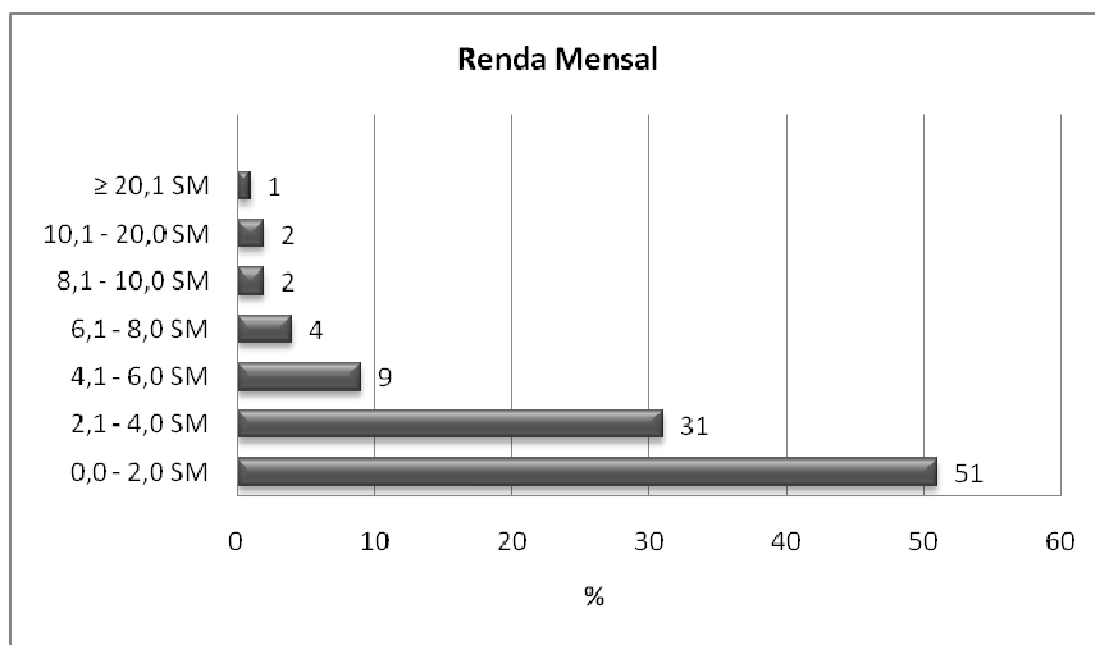


FIGURA 21 - Renda mensal.

Na Tabela 17 e na Figura 22 observa-se o perfil socioeconômico da amostra. Assim, as classes socioeconômicas de maior representatividade são a B2, C2, C1 e D. Nota-se que 27% dos indivíduos pertencem à classe socioeconômica B2, 24% fazem parte da classe C2, 22% pertencem à classe C1, 19% pertencem à classe D e apenas 6% fazem parte da classe B1. A classe A2 que corresponde ao nível socioeconômico mais elevado responde por 0,5% e a classe E que corresponde aos indivíduos de nível socioeconômico mais baixo responde por 1,5%.

Tabela 17 - Perfil Socioeconômico da Amostra

Classe Socioeconômica	Total	%
A2	5	0,5
B1	63	6,0
B2	282	27,0
C1	230	22,0
C2	251	24,0
D	199	19,0
E	16	1,5
Total	1.045	100,0

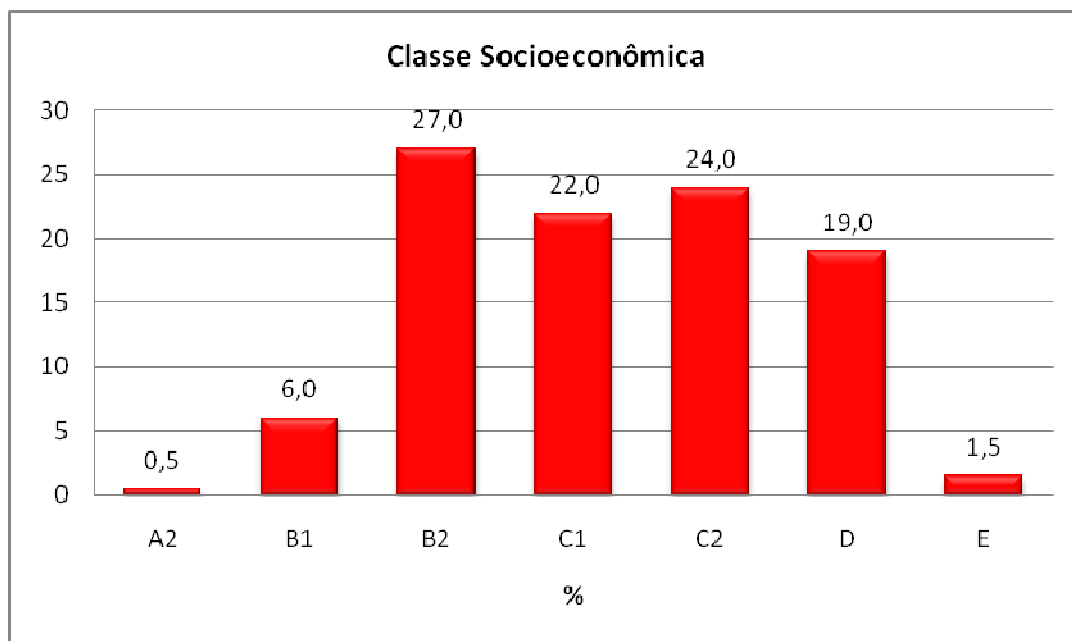


FIGURA 22 - Porcentagem das classes socioeconômicas.

Comparando-se os índices nacionais apresentados pela ABEP (2008) na Figura 23, aos índices apresentados pela amostra da cidade de Uberlândia na Figura 22, mostram que os indivíduos pertencentes às classes C1 (pontuação entre 18 - 22), C2 (pontuação entre 14 - 17) e D (pontuação entre 8 - 13) formam o extrato da população considerada como classe média-baixa e é onde se concentra a maior parcela da população, respondendo por 65%.

Já os indivíduos pertencentes à classe B1 (com pontuação entre 29 - 34) e B2 (com pontuação entre 23 - 28) podem ser considerados como população de classe média e respondem na cidade de Uberlândia por 33% da amostra. Esse índice é superior ao nacional que responde por 24,6% da população.

Com relação as classes alta e média alta, respectivamente classes A1 (pontuação entre 42 - 46) e A2 (pontuação entre 35 - 41), observa-se que a representatividade em porcentagem é pequena tanto no cenário nacional (5%) como na amostra selecionada (0,5%), porém essa parcela possui alto poder aquisitivo e por isso diferencia-se em relação ao restante da população com relação às suas escolhas.

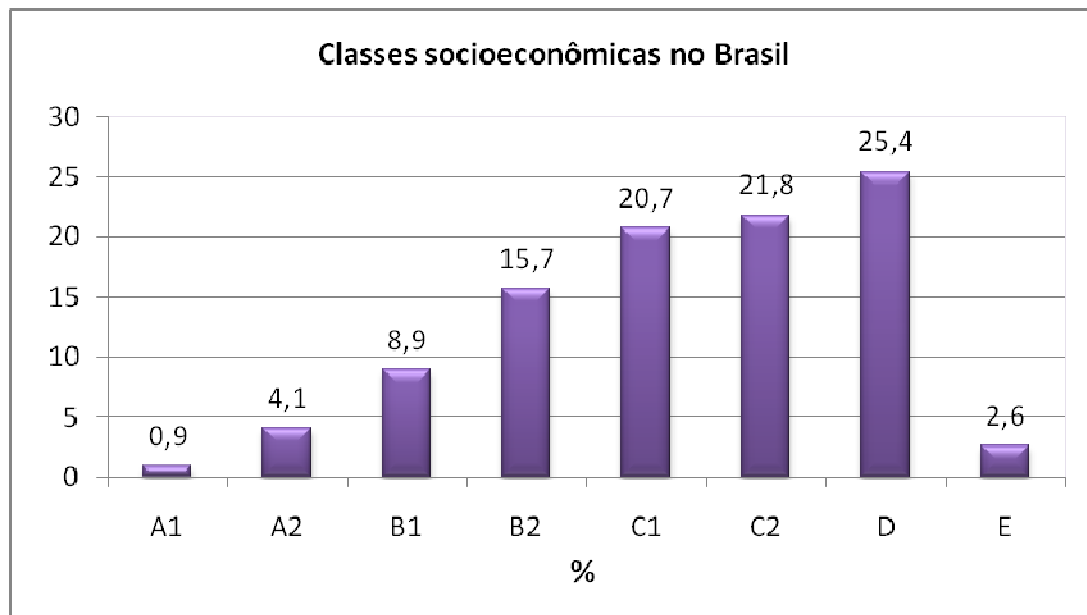


FIGURA 23 - Classes socioeconômicas no Brasil.

Fonte: ABEP - Associação Brasileira de Empresas de Pesquisa, 2008.

A classe socioeconômica E (pontuação entre 0 - 7) corresponde ao extrato da população de baixa renda e também representa uma parcela diferenciada da população na medida em que possuem poder aquisitivo limitado.

Com base nestas análises verificam-se as características socioeconômicas do usuário e as características dos modos de transportes que podem apontar o padrão de escolha dos usuários por um determinado modo de transporte. A seção seguinte trata de algumas considerações sobre a calibração do modelo logit binomial que será empregado para analisar as probabilidades de escolha dos modos de transportes.

6.2 CALIBRAÇÃO DO MODELO DE REGRESSÃO LOGÍSTICA BINOMIAL

Como já exposto anteriormente, ao se trabalhar com modelos de regressão nota-se que em alguns casos as variáveis dependentes são de natureza dicotômica. Em situações como estas a variável resposta poderá apresentar apenas dois valores possíveis, como sim ou não,

alto ou baixo, bom ou ruim, e a decisão por uma delas dependerá de uma série de atributos relacionados ao evento (as variáveis independentes).

A melhor forma de trabalhar estes dados é a partir de um modelo ajustado que permitirá estimar a probabilidade de ocorrência para cada uma das respostas. A abordagem matemática utilizada para se chegar a este modelo é denominada regressão logística binomial. Assim, na Tabela 18 para dois modos de transporte (A e B) tem-se que:

Tabela 18 - Modelo Logit Binomial

Modo A	Modo B
$Prob(A) = \frac{e^{U_a}}{e^{U_a} + e^{U_b}}$	$Prob(B) = \frac{e^{U_b}}{e^{U_a} + e^{U_b}}$
Tem-se que: $Prob(A) + Prob(B) = 1$	
Assim: $Prob(A) = \frac{\frac{e^{U_a}}{e^{U_a}}}{\frac{e^{U_a}}{e^{U_a}} + \frac{e^{U_b}}{e^{U_a}}} \Rightarrow$	Resolvendo: $Prob(A) = \frac{1}{1 + \frac{e^{U_b}}{e^{U_a}}}$
$Prob(A) = \frac{1}{1 + e^{U_b - U_a}} \Rightarrow$	Mas: $U_b - U_a = \Delta U$
Então: $Prob(A) = \frac{1}{1 + e^{\Delta U}} \Rightarrow$	Lembrando que: $U_a = a + b_1.X_{1a} + \dots + b_n.X_{na}$ Onde: U_a é a utilidade associada ao modo A; X_{na} os atributos levados em consideração na análise dos modos.
Isolando a incógnita, teremos: $Prob(A) = \frac{1}{1 + e^{\Delta U}} \Rightarrow$	Assim: $\frac{1}{Prob(A)} = 1 + e^{\Delta U}$
Logo: $\frac{1}{Prob(A)} - 1 = e^{\Delta U} \Rightarrow$	Linearizando a função temos: $\Delta U = \ln\left(\frac{1}{Prob(A)} - 1\right)$

A resposta será então, dada em forma da probabilidade de ocorrência de uma das alternativas.

6.3 RESULTADOS

Ressalta-se que, foram gerados modelos incluindo várias combinações diferentes das variáveis explicativas e também diferentes agrupamentos dos modos de transportes e, portanto, os resultados apresentados incluem os modelos e as variáveis que apresentaram maior significância.

Para calibrar os modelos utilizou-se o método *forward stepwise Wald* e estimativa dos parâmetros por máxima verossimilhança para avaliar a qualidade dos modelos calibrados.

6.3.1 Modelo 1 – Escolha do Modo Auto

O primeiro modelo calibrado refere-se à escolha do auto. Neste caso a escolha do auto como modo de transporte recebeu valor “1” e a escolha de outro modo valor “0”. No Anexo 1 são apresentadas e comentadas, as tabelas geradas no SPSS para o modelo. Assim, nesse primeiro modelo foram incluídas na análise 1045 observações.

O procedimento executado pelo software SPSS mostra na Tabela 19, de classificação dos casos, que sem a inclusão das variáveis explicativas já se alcança um nível de acerto aproximado de 77% na classificação dos casos.

Tabela 19 - Classificação dos Casos Processados

Observado			Previsto		
			Modo 1		Porcentagem
			outros	auto	Correta
Passo 0	Modo 1	outros	809	0	100,0
		auto	236	0	0,0
Porcentagem total					77,4

As iterações do modelo foram feitas em quatro passos pelo método *forward stepwise Wald* sendo a constante incluída no modelo. O valor inicial de máxima verossimilhança do modelo (-2Log Likelihood) foi de 1116,473 e o valor final de 871,01. Este valor final para o log de verossimilhança mostra que após as iterações e a exclusão das variáveis não significantes, ocorreu uma redução no valor -2Log Likelihood.

Os valores obtidos no modelo final para o pseudo R^2 de Cox e Snell acima de 20%, e Nagelkerke acima de 31% são apresentados na Tabela 20.

Tabela 20 - Valores do Pseudo R^2

Passo	-2 Log likelihood	Pseudo R^2 Cox e Snell	Pseudo R^2 Nagelkerke
1	1006,610	,100	,152
2	924,948	,167	,255
3	880,549	,202	,308
4	871,011	,209	,319

A Tabela 21 apresenta a classificação dos casos em corretos e incorretos. Segundo Figueira (2006) as tabelas de classificação são tabelas de ordem dois, para o caso da regressão logística dicotômica.

Tabela 21 - Classificação dos Casos em Cada Passo

Observado			Previsto		
			Modo 1		Porcentagem
			outros	auto	Correta
Passo 1	Modo 1	outros	778	31	96,2
		auto	190	46	19,5
		Porcentagem total			78,9
Passo 2	Modo 1	outros	774	35	95,7
		auto	166	70	29,7
		Porcentagem total			80,8
Passo 3	Modo 1	outros	776	33	95,9
		auto	163	73	30,9
		Porcentagem total			81,2
Passo 4	Modo 1	outros	774	35	95,7
		auto	159	77	32,6
		Porcentagem total			81,4

As colunas apresentam os valores preditos da variável dependente e as linhas os valores observados. Em um modelo perfeito, todos os casos estariam na diagonal principal e a porcentagem de acerto em cada passo seria de 100%. Na Tabela 21 são apresentados os valores de classificação do modelo em cada passo.

Assim, tem-se que:

- No primeiro passo o modelo apresentou uma porcentagem de 78,9% de acerto;
- No segundo passo 80,8% de acerto na classificação dos casos;
- No terceiro 81,2%, e no último passo a porcentagem de acerto foi de 81,4%. Nota-se um aumento na porcentagem de acertos no último passo, indicando assim que, a eliminação das variáveis não significantes a cada passo melhora o ajuste do modelo final.

O modelo apresentou, portanto, uma porcentagem de acerto acima de 80% que pode ser considerado bom. O valor de porcentagem geral é obtido somando-se o total de acertos do modelo e dividindo-se pelo total de observações 1045. Assim, no último passo, por exemplo, a porcentagem geral de acerto foi de 81,4%, esse valor foi obtido somando-se o total de acertos ($774+77 = 851$ acertos) e dividindo-se esse valor pelo total das observações ($851/1045 = 0,8143 \times 100 = 81,4\%$)

Na Tabela 22 são apresentados os resultados dos parâmetros para a função utilidade do modo auto.

Assim, a cada passo as variáveis explicativas vão sendo incluídas no modelo com base na estatística de *Wald* e nas suas respectivas significância (nível adotado $\leq 0,050$) e vão sendo excluídas aquelas que não são significantes.

A partir dos parâmetros obtidos chega-se então a equação (10) para a utilidade do modo auto.

Tabela 22 - Parâmetros da Função Utilidade para o Modo Auto

		B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)	95,0% C.I. para EXP(B)	
								Inferior	Superior
Passo 1	Renda	0,523	0,052	100,179	1	0,000	1,687	1,523	1,869
	Constante	-2,311	0,138	280,131	1	0,000	0,099		
Passo 2	Posse de Auto	1,724	0,216	63,981	1	0,000	5,608	3,675	8,556
	Renda	0,427	0,054	62,421	1	0,000	1,532	1,378	1,703
	Constante	-3,340	0,217	235,85	1	0,000	0,035		
Passo 3	Tempo de Viagem	-0,027	0,005	33,459	1	0,000	0,973	0,964	0,982
	Posse de Auto	1,640	0,218	56,357	1	0,000	5,157	3,36	7,913
	Renda	0,417	0,056	55,298	1	0,000	1,518	1,36	1,694
	Constante	-2,504	0,248	102,302	1	0,000	0,082		
Passo 4	Tempo de Viagem	-0,027	0,005	32,659	1	0,000	0,973	0,964	0,982
	Posse de Auto	1,492	0,224	44,443	1	0,000	4,447	2,868	6,896
	Nível de Instrução	0,219	0,071	9,465	1	0,002	1,245	1,083	1,432
	Renda	0,370	0,058	41,075	1	0,000	1,447	1,293	1,621
	Constante	-2,974	0,297	100,349	1	0,000	0,051		

B = estimativas dos parâmetros das equações; SE = erro padrão; Wald = Estatística de Wald; df = graus de liberdade;

Sig = significância da estatística de Wald; Exp (B) = *odds*; 95% CI= intervalo de confiança de 95% para *odds*.

Segue-se a função linearizada que será utilizada para a obtenção da probabilidade do modo auto.

$$U_{auto} = -2,974 - 0,027(TV) + 1,492(PA) + 0,219(NI) + 0,370(R) \quad (10)$$

Onde:

TV é o Tempo de Viagem;

PA é a Propriedade Auto;

NI é o Nível de Instrução;

R é a Renda

Como o nível de significância das variáveis tempo de viagem, posse de auto, nível de instrução e renda, estão abaixo de 0,050 verifica-se que, essas variáveis possuem relação com a escolha do modo auto.

Analisando o *odds* ($\exp(B)$) apresentados na Tabela 22, tem-se que a propriedade de auto aumenta em 4,447 vezes mais a chance de escolha do modo auto. Quanto ao nível de instrução a cada unidade de acréscimo no nível de instrução espera-se em média 24% de acréscimo na probabilidade de escolha do auto. Para a variável renda, a cada unidade de acréscimo espera-se em média 44% de acréscimo na probabilidade de escolha do auto. Com relação ao tempo de viagem supõe-se que, para tempos de viagens pequenos, a probabilidade de uso do modo auto sofra redução. Os intervalos de confiança revelam a amplitude do *odds* com confiança de 95%.

Portanto para a escolha do auto como modo de transporte as variáveis que apresentaram significância para o modelo final foram: o tempo de viagem, a posse de auto, o nível de instrução e a renda.

6.3.2 Modelo 2 – Escolha do Modo Caminhamento

O segundo modelo calibrado refere-se à escolha do modo caminhada. O valor “1” será atribuído ao modo caminhada e “0” para outro modo de transporte, no Anexo 2 encontram-se tabelas referentes aos testes estatísticos do modelo. Nesse segundo modelo foram incluídas na análise 809 observações.

A Tabela 23 mostra a porcentagem de casos corretamente classificados na análise. Observa-se que sem a inclusão das variáveis explicativas, o nível de acerto foi de aproximado de 62% na classificação dos casos.

Tabela 23 - Classificação dos Casos Processados

Observado			Previsto		
			Modo 2		Porcentagem
			outros	caminhamento	Correta
Passo 0	Modo 2	outros	503	0	100,0
		caminhamento	306	0	0,0
Porcentagem total					62,2

As iterações pelo método *foward stepwise Wald* ocorreram em dois passos com a inclusão da constante no modelo. Os valores pseudo R^2 obtidos para o modelo final mostram que, o

pseudo R^2 de Cox e Snell apresentou valor de 26% e Nagelkerke 36%, conforme a Tabela 24.

Tabela 24 - Valores do Pseudo R^2

Passo	-2 Log likelihood	Pseudo R^2 Cox e Snell	Pseudo R^2 Nagelkerke
1	884,800	,255	,352
2	871,911	,266	,367

Nesse segundo modelo a Tabela 25 de classificação dos casos apresenta as seguintes porcentagens de acerto do modelo:

- No primeiro passo o modelo apresentou uma porcentagem de 66,2% de acerto;
- No segundo passo 67,2% de acerto;

O modelo apresentou, portanto, uma porcentagem de acerto acima de 60% que pode ser considerado razoável.

Tabela 25 - Classificação dos Casos em Cada Passo

Observado			Previsto		
			Modo 2		Porcentagem
			outros	caminhamento	Correta
Passo 1	Modo 2	outros	409	94	81,3
		caminhamento	124	182	59,5
	Porcentagem total				66,2
Passo 2	Modo 2	outros	408	95	81,1
		caminhamento	114	192	62,7
	Porcentagem total				67,2

A Tabela 26 apresenta os parâmetros para a utilidade do modo caminhamento. As variáveis que apresentaram significância para entrada no modelo após as interações foram o tempo de viagem e a renda. Os valores para os parâmetros foram obtidos em dois passos.

Tabela 26 - Parâmetros da Função Utilidade para o Modo Caminhamento

		B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)	95,0% C.I. para EXP(B)	
								Inferior	Superior
Passo 1	Tempo de Viagem	-0,067	0,005	155,34	1	0,000	0,935	0,925	0,945
	Constante	1,297	0,155	70,068	1	0,000	3,658		
Passo 2	Tempo de Viagem	-0,068	0,005	157,871	1	0,000	0,934	0,924	0,944
	Renda	-0,292	0,085	11,932	1	0,001	0,747	0,633	0,881
	Constante	1,765	0,208	71,649	1	0,000	5,84		

B = estimativas dos parâmetros das equações; SE = erro padrão; Wald = Estatística de Wald; df = graus de liberdade;

Sig = significância da estatística de Wald; Exp (B) = *odds*; 95% CI= intervalo de confiança de 95% para *odds*.

A partir dos parâmetros obtidos, chega-se a seguinte função linearizada para a utilidade do modo caminhada:

$$U_{\text{caminhamento}} = 1,765 - 0,068(TV) - 0,292(R) \quad (11)$$

Onde:

TV é o Tempo de Viagem;

R é a Renda.

A significância das variáveis tempo de viagem e renda, estão abaixo de 0,050 indicando que essas variáveis possuem relação com a escolha do modo caminhada. Os valores de *odds* (exp(B)) apresentados na Tabela 26, mostram que a renda e o tempo de viagem reduzem a probabilidade das chances de escolha do modo caminhada (*odds* < 1).

6.3.3 Modelo 3 – Escolha do Modo Ônibus

O terceiro modelo calibrado refere-se ao modo ônibus, e no Anexo 3 são apresentados os testes para esse modelo. A calibração do modelo incluiu na análise 503 observações. A Tabela 27 mostra que sem a inclusão das variáveis independentes, alcançou-se um nível de acerto de aproximadamente 87% na classificação dos casos.

Tabela 27 - Classificação dos Casos Processados

Observado			Previsto		
			Modo 3		Porcentagem
			outros	ônibus	Correta
Passo 0	Modo 3	outros	0	62	0,0
		ônibus	0	441	100,0
Porcentagem total					87,7

As iterações pelo método *forward stepwise Wald* foram feitas em quatro passos sendo a constante incluída no modelo. A Tabela 28 mostra os valores obtidos para o pseudo R^2 de Cox e Snell foi de 19,4%, e Nagelkerke 27,2%.

Tabela 28 - Valores do Pseudo R^2

Passo	-2 Log likelihood	Pseudo R^2 Cox e Snell	Pseudo R^2 Nagelkerke
1	687,483	,153	,215
2	675,723	,168	,236
3	663,330	,184	,259
4	655,737	,194	,272

O modelo apresenta no último passo uma porcentagem de acerto acima de 80%, conforme mostra a Tabela 29. Na diagonal estão os casos corretamente classificados.

- No primeiro passo o modelo apresentou uma porcentagem de 85,5% de acerto;
- No segundo passo 84,5% de acerto;
- No terceiro 85,7%, e no quarto passo a porcentagem de acerto foi de 86,1%.

Tabela 29 - Classificação dos Casos em Cada Passo

Observado			Previsto		
			Modo 3		Porcentagem
			outros	ônibus	Correta
Passo 1	Modo 3	outros	27	35	43,5
		ônibus	38	403	91,4
	Porcentagem total				85,5
Passo 2	Modo 3	outros	29	33	46,7
		ônibus	45	396	89,8
	Porcentagem total				84,5
Passo 3	Modo 3	outros	32	30	51,6
		ônibus	42	399	90,5
	Porcentagem total				85,7
Passo 4	Modo 3	outros	35	27	56,4
		ônibus	43	398	90,2
	Porcentagem total				86,1

Os resultados dos parâmetros para a função utilidade do modo ônibus são apresentados na Tabela 30.

Tabela 30 - Parâmetros da Função Utilidade para o Modo Ônibus

		B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)	95,0% C.I. para EXP(B)	
								Inferior	Superior
Passo 1	Tempo de Viagem	0,042	0,005	75,617	1	0,000	1,043	1,033	1,053
	Constante	-0,828	0,19	18,983	1	0,000	0,437		
Passo 2	Tempo de Viagem	0,043	0,005	77,484	1	0,000	1,044	1,034	1,054
	Situação Familiar	-0,676	0,197	11,73	1	0,001	0,509	0,346	0,749
	Constante	-0,630	0,198	10,112	1	0,001	0,533		
Passo 3	Tempo de Viagem	0,042	0,005	73,011	1	0,000	1,043	1,033	1,053
	Situação Familiar	-1,159	0,248	21,848	1	0,000	0,314	0,193	0,51
	Idade	0,354	0,103	11,819	1	0,001	1,424	1,164	1,742
	Constante	-1,301	0,28	21,64	1	0,000	0,272		
Passo 4	Tempo de Viagem	0,041	0,005	69,407	1	0,000	1,042	1,032	1,052
	Situação Familiar	-1,267	0,254	24,832	1	0,000	0,282	0,171	0,464
	Idade	0,364	0,104	12,343	1	0,000	1,439	1,175	1,763
	Auto	-0,538	0,197	7,49	1	0,006	0,584	0,397	0,858
	Constante	-0,954	0,305	9,785	1	0,002	0,385		

B = estimativas dos parâmetros das equações; SE = erro padrão; Wald = Estatística de Wald; df = graus de liberdade;

Sig = significância da estatística de Wald; Exp (B) = odds; 95% CI= intervalo de confiança de 95% para odds.

Assim, as variáveis relevantes para esse modelo foram: o tempo de viagem, a situação familiar, a idade e a propriedade de auto, com nível de significância abaixo de 0,050. A partir dos parâmetros obtidos a função linearizada para a utilidade do modo ônibus é a seguinte:

$$U_{\text{ônibus}} = -0,954 + 0,041(TV) - 1,267(SF) + 0,364(I) - 0,538(PA) \quad (12)$$

Onde:

TV é o Tempo de Viagem;

SF é a Situação Familiar;

I é a Idade;

PA é a Propriedade de Auto.

Os valores do *odds* ($\exp(B)$) apresentados na Tabela 30, mostra que as variáveis: situação familiar e a posse de auto reduzem a probabilidade de escolha do modo ônibus. Assim, a condição de ser chefe de família e propriedade de auto, diminui a chance do indivíduo usar o modo ônibus.

Quanto ao tempo de viagem a cada unidade de acréscimo espera-se em média 4,2% de acréscimo na probabilidade de escolha do ônibus. Para a variável idade a cada unidade de acréscimo espera-se em média 43% de acréscimo na probabilidade de escolha do ônibus.

6.3.4 Cálculo das Utilidades e Probabilidades

As características dos viajantes que influenciam suas decisões quanto à escolha da modalidade de transporte são aquelas que determinam a disponibilidade de automóveis aos viajantes e, conseqüentemente, o “*estatus*” cativo ou com escolha (Hutchinson, 1979). Assim, para a aplicação dos modelos calibrados optou-se por selecionar no banco de dados dois indivíduos de cada classe socioeconômica (A2, B2, B1, C2, C1, D e E, conforme Anexo 4) em que um dos indivíduos da classe utilizou o auto, ou seja, teve este modo

como possibilidade de escolha, e outro da mesma classe que utilizou outro modo (viajantes “cativos”).

A partir dessa seleção calculou-se a utilidade de cada modo de transporte. As funções linearizadas para o cálculo das utilidades estão no Anexo 5. Assim, para cada modo tem-se que:

1. Função utilidade (10) para o modo auto

$$U_{auto} = -2,974 - 0,027(TV) + 1,492(PA) + 0,219(NI) + 0,370(R)$$

2. Função utilidade (11) para o modo caminhada

$$U_{caminhamento} = 1,765 - 0,068(TV) - 0,292(R)$$

3. Função utilidade (12) para o modo ônibus

$$U_{ônibus} = -0,954 + 0,041(TV) - 1,267(SF) + 0,364(I) - 0,538(PA)$$

Com base nas funções apresentadas no Anexo 5 foram calculadas as probabilidades de escolha para os modo de transporte. Dessa forma, tem-se as equações 13, 14 e 15 para as probabilidades:

4. Probabilidade de Escolha do Auto

$$P_{auto} = \frac{exp_{auto}}{exp_{auto} + exp_{outros}} \quad (13)$$

5. Probabilidade de Escolha do Caminhamento

$$P_{caminhamento} = \frac{exp_{caminhamento}}{exp_{caminhamento} + exp_{outros}} \quad (14)$$

6. Probabilidade de Escolha do Ônibus

$$P_{ônibus} = \frac{exp_{ônibus}}{exp_{ônibus} + exp_{outros}} \quad (15)$$

A Tabela 31 apresenta os valores encontrados para as utilidades de cada modo de transporte para os indivíduos das classes socioeconômicas.

Tabela 31 - Utilidade dos Modos de Transportes

Classe sócio-econômica		Indivíduos	Utilidades Calculadas		
			Auto	Caminhamento	Ônibus
1.	A2	Indivíduo I	0,8070	-2,5710	0,2550
2.	A2	Indivíduo II	1,4280	-1,0070	-0,1490
3.	B1	Indivíduo I	-0,2060	-2,1230	0,8760
4.	B1	Indivíduo II	0,7040	-1,0550	-0,4830
5.	B2	Indivíduo I	-0,6600	-1,4910	1,0350
6.	B2	Indivíduo II	0,5530	-0,7630	0,7840
7.	C1	Indivíduo I	-0,5180	-0,3750	0,5480
8.	C1	Indivíduo II	-0,1580	-0,8990	-0,4010
9.	C2	Indivíduo I	-2,9030	-1,6070	0,9160
10.	C2	Indivíduo II	-2,4170	-0,3830	0,1780
11.	D	Indivíduo I	-2,6550	0,7930	-0,3550
12.	D	Indivíduo II	-4,2750	-3,2870	2,1050
13.	E	Indivíduo I	-4,9500	-4,9870	3,1300
14.	E	Indivíduo II	-2,7900	0,4530	0,3890

A partir das utilidades calculadas para os modos de transportes obteve-se as probabilidades de escolha para cada indivíduo das classes socioeconômicas em cada um dos modelos dos níveis hierárquicos, que são apresentados respectivamente nas Tabelas 32, 33 e 34.

Nível Hierárquico 1_Modelo 1 – Probabilidade de escolha do modo auto.

A probabilidade de escolha do modo auto foi superior a 50% para usuários da classe A2 e B1, conforme mostra a Tabela 32.

Tabela 32 - Probabilidade de Escolha do Modo Auto

Tabela 52 - Probabilidade de Escolha do Modo Auto					
Classe sócio-econômica		Indivíduos	Probabilidade de Escolha		
			Auto	Outros	Total
1.	A2	Indivíduo I	0,6212	0,3788	1,0000
2.	A2	Indivíduo II	0,7726	0,2274	1,0000
3.	B1	Indivíduo I	0,2441	0,7559	1,0000
4.	B1	Indivíduo II	0,6768	0,3232	1,0000
5.	B2	Indivíduo I	0,1453	0,8547	1,0000
6.	B2	Indivíduo II	0,3956	0,6044	1,0000
7.	C1	Indivíduo I	0,1978	0,8022	1,0000
8.	C1	Indivíduo II	0,4423	0,5577	1,0000
9.	C2	Indivíduo I	0,0200	0,9800	1,0000
10.	C2	Indivíduo II	0,0454	0,9546	1,0000
11.	D	Indivíduo I	0,0236	0,9764	1,0000
12.	D	Indivíduo II	0,0016	0,9984	1,0000
13.	E	Indivíduo I	0,0004	0,9996	1,0000
14.	E	Indivíduo II	0,0197	0,9803	1,0000

Nível Hierárquico2_Modelo 2 – Probabilidade de escolha do caminhamento.

A Tabela 33 mostra que a probabilidade de escolha do caminhamento foi de 74,13% para o primeiro indivíduo da classe D e 50,58% para o segundo indivíduo da classe E.

Tabela 33 - Probabilidade de Escolha do Modo Caminhamento

Classe sócio-econômica		Indivíduos	Probabilidade de Escolha		
			Caminhamento	Outros	Total
1.	A2	Indivíduo I	0,0212	0,9788	1,0000
2.	A2	Indivíduo II	0,0677	0,9323	1,0000
3.	B1	Indivíduo I	0,0359	0,9641	1,0000
4.	B1	Indivíduo II	0,1166	0,8834	1,0000
5.	B2	Indivíduo I	0,0633	0,9367	1,0000
6.	B2	Indivíduo II	0,1061	0,8939	1,0000
7.	C1	Indivíduo I	0,2281	0,7719	1,0000
8.	C1	Indivíduo II	0,2108	0,7892	1,0000
9.	C2	Indivíduo I	0,0728	0,9272	1,0000
10.	C2	Indivíduo II	0,3468	0,6532	1,0000
11.	D	Indivíduo I	0,7413	0,2588	1,0000
12.	D	Indivíduo II	0,0045	0,9955	1,00000
13.	E	Indivíduo I	0,0003	0,9997	1,0000
14.	E	Indivíduo II	0.5058	0,4942	1,0000

Nível Hierárquico3_Modelo 3 – Probabilidade de escolha do ônibus.

Já no caso da escolha do modo ônibus a probabilidade foi superior a 50% para pelo menos um dos indivíduos das classes socioeconômicas B1, B2, C1, C2, D e E, conforme resultados da Tabela 34.

Tabela 34 - Probabilidade de Escolha do Modo Ônibus

	Classe sócio-econômica	Indivíduos	Probabilidade de Escolha		
			Ônibus	Outros	Total
1.	A2	Indivíduo I	0,3577	0,6423	1,0000
2.	A2	Indivíduo II	0,1596	0,8404	1,0000
3.	B1	Indivíduo I	0,7201	0,2799	1,0000
4.	B1	Indivíduo II	0,2066	0,7934	1,0000
5.	B2	Indivíduo I	0,7914	0,2086	1,0000
6.	B2	Indivíduo II	0,4984	0,5016	1,0000
7.	C1	Indivíduo I	0,5742	0,4258	1,0000
8.	C1	Indivíduo II	0,3468	0,6532	1,0000
9.	C2	Indivíduo I	0,9073	0,0927	1,0000
10.	C2	Indivíduo II	0,6078	0,3922	1,0000
11.	D	Indivíduo I	0,2352	0,7648	1,0000
12.	D	Indivíduo II	0,9937	0,0063	1,0000
13.	E	Indivíduo I	0,9994	0,0006	1,0000
14.	E	Indivíduo II	0,4744	0,5256	1,0000

Probabilidade Final de Escolha dos Modos.

Na Tabela 35 são apresentados os valores finais para a probabilidade de escolha em cada modo de transporte:

- Auto;
- Caminhamento;
- Ônibus;
- e Outros.

Tabela 35 - Probabilidade de Escolha dos Modos

Classe sócio-econômica		Indivíduos	Probabilidade de Escolha				
			Auto	Caminhamento	Ônibus	Outros	Total
1.	A2	Indivíduo I	0,6212	0,0080	0,1326	0,2381	1,0000
2.	A2	Indivíduo II	0,7726	0,0154	0,0338	0,1782	1,0000
3.	B1	Indivíduo I	0,2441	0,0271	0,5248	0,2040	1,0000
4.	B1	Indivíduo II	0,6768	0,0377	0,0590	0,2265	1,0000
5.	B2	Indivíduo I	0,1453	0,0541	0,6336	0,1670	1,0000
6.	B2	Indivíduo II	0,3956	0,0641	0,2693	0,2710	1,0000
7.	C1	Indivíduo I	0,1978	0,1830	0,3556	0,2637	1,0000
8.	C1	Indivíduo II	0,4423	0,1176	0,1526	0,2875	1,0000
9.	C2	Indivíduo I	0,0200	0,0713	0,8244	0,0842	1,0000
10.	C2	Indivíduo II	0,0454	0,3311	0,3790	0,2446	1,0000
11.	D	Indivíduo I	0,0236	0,7238	0,0594	0,1933	1,0000
12.	D	Indivíduo II	0,0016	0,0045	0,9876	0,0063	1,0000
13.	E	Indivíduo I	0,0004	0,0003	0,9987	0,0006	1,0000
14.	E	Indivíduo II	0,0197	0,4958	0,2298	0,2546	1,0000

6.4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A partir dos modelos calibrados nos três níveis hierárquicos os resultados apresentados na Tabela 31 mostram as utilidades para os modos de transportes, e nas Tabelas 32, 33 e 34 são apresentadas as probabilidades para os modos em cada nível. Assim, tem-se que as utilidades para o auto foram positivas para os dois indivíduos da classe A2, para o indivíduo “4” da classe B1 e o indivíduo “6” da classe B2. Na classe B2 o indivíduo “6” apresentou utilidade positiva tanto para o auto (0,553) quanto para o ônibus, porém, a utilidade do modo ônibus foi superior e mostrou-se mais positiva (0,784).

O Anexo 4 apresenta os valores atribuídos as categorias das variáveis que caracterizam os indivíduos em cada classe socioeconômica. As características da viagem e socioeconômicas do primeiro indivíduo da classe A2 mostram que o tempo de viagem foi de trinta e oito minutos, esse indivíduo possui auto, porém, utilizou o ônibus como modo de transporte para o seu deslocamento. Além disso, possui curso superior completo, renda entre 10,1 à 20,0 salários mínimos, é chefe de família e idade acima de quarenta anos. A probabilidade de escolha desse indivíduo para o modo auto foi de 62,12%.

O segundo indivíduo da classe A2 apresentou tempo de viagem de quinze minutos, possui auto, e fez uso desse modo de transporte para realizar a sua viagem. O nível de instrução desse indivíduo também é de curso superior completo, renda entre 10,1 à 20,0 salários mínimos, não é chefe de família, possui idade entre 18 à 30 anos e probabilidade de escolha para o auto em torno de 77,26%.

O indivíduo “4” da classe B1 também possui utilidade positiva para o modo auto e apresenta as seguintes características: tempo de viagem de vinte minutos, possui auto e utilizou esse modo para realizar sua viagem. O nível de instrução desse indivíduo é colegial completo à superior incompleto, renda entre 8,1 à 10,0 salários mínimos, a sua situação familiar é de chefe de família com mais de quarenta anos de idade e apresentou 67,68% de probabilidade de escolha para o auto.

O indivíduo “8” da classe C1 também apresentou probabilidade para o modo auto (44% para esse modo). Esse indivíduo tem posse de auto, realizou sua viagem em vinte e dois minutos e utilizou este modo de transporte para realizar seu deslocamento. Quanto as suas características socioeconômicas, possui nível de instrução de primário completo a ginásio incompleto, renda de 6,1 a 8,0 salários mínimos, é chefe de família e encontra-se na faixa etária acima de quarenta anos.

Já o modo caminhamento apresentou utilidade positiva apenas para dois indivíduos, um da classe D e outro da classe E. O indivíduo de número “11” da classe D apresentou tempo de viagem de dez minutos, não possui auto e utilizou o caminhamento para realizar seu deslocamento. Esse indivíduo possui nível de instrução de analfabeto a primário incompleto, renda entre 0,0 à 2,0 salários mínimos e é chefe de família com mais de 40 anos de idade. A probabilidade de escolha desse indivíduo foi de 74,13% para o modo caminhamento.

Quanto ao indivíduo “14” da classe E apresentou tempo de viagem de quinze minutos, também não possui auto, porém, utilizou esse modo para realizar sua viagem. Apresenta escolaridade entre analfabeto a primário incompleto, renda entre 0,0 à 2,0 salários mínimos, não é chefe de família, tem idade entre 18 à 30 anos e probabilidade de escolha para o caminhamento de aproximadamente 50,58%. Mesmo sendo o auto o modo utilizado

por esse indivíduo no seu deslocamento, as suas características socioeconômicas e de viagem apontam maior probabilidade para a escolha do caminharmento.

No caso do ônibus com excessão da classe A2, as utilidades foram positivas em pelo menos um dos casos nas classes B1, B2, C1, C2, D e E. Assim, para o indivíduo “3” B1 que apresenta tempo de viagem de quarenta minutos, possui auto, mas utilizou outro modo de transporte, escolaridade entre colegial completo a superior incompleto, renda de 6,1 a 8,0 salários mínimos, idade entre 18 a 30 anos, a probabilidade de escolha do ônibus foi de 72,01%.

Para os dois indivíduos da classe B2 as utilidades foram positivas também para o modo ônibus. Para o primeiro indivíduo o tempo de viagem foi trinta e cinco minutos, tem posse de auto, porém, utilizou o ônibus para realizar o seu deslocamento. A escolaridade desse indivíduo está entre ginásio completo a colegial incompleto, renda entre 4,1 a 6,0 salários mínimos, situação familiar de não chefe de família, idade entre 30 à 40 anos e probabilidade de 79,14% para a escolha do ônibus.

O segundo indivíduo da classe B2 realizou a viagem em 20 minutos, possui auto e utilizou esse modo no seu deslocamento, tem curso superior completo, renda entre 6,1 a 8,0 salários mínimos, não é chefe de família, possui mais de quarenta anos de idade e 49,84% de probabilidade para o modo ônibus.

O indivíduo “7” da classe C1 apresentou probabilidade para o ônibus de 57,42%. Neste caso, apesar de apresentar maior probabilidade para o ônibus, o modo utilizado pelo indivíduo no seu deslocamento foi o caminharmento. Observa-se as seguintes características de viagem e do indivíduo: o tempo de viagem foi de dez minutos, não tem posse auto, o nível de escolaridade é de colegial completo a superior incompleto, renda de 8,1 a 10,0 salários mínimos, com idade entre 30 a 40 anos e não é chefe de família.

A classe C2 também apresentou utilidade positiva para o ônibus nas duas observações selecionadas. Esses indivíduos apresentaram as seguintes características: não possui auto, nível de instrução do primário completo a ginásio incompleto, renda entre 2,1 a 4,0 salários mínimos, chefe de família, com mais de quarenta anos. Estes diferiram quanto ao tempo de viagem e pelo modo utilizado no deslocamento. Assim, para o indivíduo que apresentou tempo de viagem de quarenta e um minutos a probabilidade para o ônibus foi de 90,73% e

esse realmente utilizou o ônibus no seu deslocamento, enquanto que para o indivíduo com tempo de viagem de vinte e três minutos a probabilidade para esse modo foi de 60,78% e apesar de não possuir auto, o modo utilizado para realizar a viagem foi o auto. Observa-se que mesmo para indivíduos com características socioeconômicas e de viagem parecidas, a probabilidade para a escolha do transporte coletivo diminui diante da possibilidade de escolha do auto.

Já para o indivíduo “12” da classe D a probabilidade para o ônibus foi de 99,37%, com tempo de viagem de setenta minutos, esse indivíduo não tem posse de auto, no entanto, o modo utilizado na viagem foi o auto. Com relação a escolaridade está entre analfabeto a primário incompleto, renda de 0,0 a 2,0 salários mínimos e é chefe de família com mais de quarenta anos.

Por fim, o indivíduo “13” da classe socioeconômica E também apresentou utilidade positiva para o modo ônibus com probabilidade de escolha de 99,94% para este modo. O tempo de viagem desse indivíduo foi de 95 minutos, não possui auto, e o modo utilizado no seu deslocamento foi o ônibus, o nível de instrução está entre analfabeto a primário incompleto, renda de 0,0 a 2,0 salários mínimos, condição familiar de chefe de família com mais de quarenta anos. Nestes dois últimos casos, observam-se altas probabilidades para o modo ônibus, uma vez que, os indivíduos possuem características socioeconômicas parecidas e o fato de não possuírem auto aponta para a condição de viajantes “cativos” do transporte coletivo.

A partir das descrições dos indivíduos selecionados nota-se que, no caso do auto a utilidade é mais positiva, quanto maior a renda, o nível de instrução e se o indivíduo possui auto. A posse de auto aumentou a probabilidade de escolha desse modo, e refletiu a característica dos modelos de demanda, que são os usuários com “escolha” e os usuários “cativos” do transporte. Assim, os indivíduos com posse de auto têm a possibilidade de escolher o modo que melhor atende suas necessidades, e apresentaram probabilidades para esse modo acima de 60%.

No caso dos indivíduos da classe A2, nota-se que: para o indivíduo com maior tempo de viagem (41 minutos), chefe de família, com mais de quarenta anos e com posse de auto, a utilidade e a probabilidade foram um pouco menor (62%), e neste caso a sua real escolha

foi pelo modo ônibus. No caso do indivíduo mais jovem (idade de 18 a 30 anos), que não é chefe de família, com tempo de viagem menor (15 minutos) e que tem posse de auto, a utilidade foi mais positiva e a probabilidade encontrada de 77% para escolha do auto, e a sua real escolha foi pelo modo auto. Portanto, o fato de possuírem auto é determinante na utilidade e probabilidade de escolha desse modo de transporte, ressaltando, portanto, as características do viajante com escolha.

Para o modo caminhada o fator tempo de viagem, associado às características socioeconômicas do indivíduo, apresentou maior peso na utilidade desse modo. Assim, para os indivíduos que não possuem auto, com tempo de viagem de até quinze minutos, que são analfabetos ou possuem apenas o primário incompleto, com renda de até dois salários mínimos, a probabilidade para a escolha do caminhada foi superior a 50%. Para estes casos a utilidade mostrou-se tanto mais positiva, quanto menor o tempo de viagem.

No caso do modo ônibus dos oito indivíduos que apresentaram utilidade positiva para esse modo, cinco não possuem auto. O fato de não possuírem auto, aliado as características de escolaridade (de analfabeto a superior incompleto), renda (abaixo de 10,0 salários mínimos) tornaram a utilidade desse modo mais positiva para esses indivíduos. Observa-se também que quanto menor a renda e o nível de escolaridade maior a probabilidade de uso do ônibus.

A posse de auto permite, então, aos indivíduos escolher o modo de transporte a ser utilizado nas viagens, que pode ser pelo próprio auto, pelo caminhada, pelo ônibus ou outro modo de transporte. No entanto, a posse de auto aumenta a probabilidade de uso desse modo, e mesmo nos casos em que os indivíduos possuem as mesmas características socioeconômicas e não tem posse de auto mais tem a possibilidade de utilizá-lo, ocorre redução na probabilidade de escolha dos outros modos.

Portanto, os resultados encontrados refletem aderência e consistência dos modelos calibrados. As variáveis que apresentaram significância para compor cada um dos modelos explicaram bem a escolha do modo de transporte. As utilidades calculadas revelaram a positividade de cada modo conforme as características da viagem e dos usuários, e as

probabilidades calculadas revelaram o quanto cada indivíduo, de cada classe socioeconômica mostra-se propenso a escolher determinado modo de transporte.

6.5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Diante dos problemas relacionados ao transporte urbano em cidades de médio porte, este trabalho teve por objetivo calibrar modelos de escolha discreta para a etapa de divisão modal e assim, estimar as probabilidades de escolha dos usuários dos modos de transportes considerando como principais opções disponíveis ao usuário o auto, o caminharmento, o ônibus e outros.

Modelar a demanda em transportes torna-se de suma importância para garantir desenvolvimento aliado à qualidade de vida nos centros urbanos. Nesse sentido, o transporte urbano desempenha papel fundamental na organização do espaço urbano e no uso e ocupação do solo.

O uso de modelos de escolha discreta no planejamento de transportes permite então, avaliar o comportamento da demanda e assim auxiliar os investimentos em modos de transportes mais sustentáveis como transporte coletivo, caminharmento e bicicleta.

A regressão logística binária apresentou-se como método adequado para determinar a probabilidade de ocorrência dos valores preditos da variável dicotômica. A utilização de um programa estatístico tornou-se imprescindível neste caso, devido à complexidade dos cálculos envolvidos. Assim, a fim de analisar quais as variáveis da pesquisa O/D melhor explicariam o comportamento dos indivíduos na escolha do modo de transporte, o modelo binário empregado mostrou-se consistente nos parâmetros e nos testes estatísticos.

Com base no modelo calibrado foi possível:

- Definir o perfil individual do usuário de transporte na cidade de Uberlândia em cada classe socioeconômica uma vez que, os dados usados nesta pesquisa são desagregados;
- O modelo mostrou-se capaz de mensurar a influência das variáveis sobre o padrão de escolha dos usuários através do cálculo das utilidades.

Diante dos resultados alcançados neste estudo, algumas sugestões podem ser feitas no sentido de que trabalhos futuros abordem o comportamento da demanda em transportes com o uso de modelos de escolha discreta. Assim:

- Outra possibilidade de utilização do modelo calibrado refere-se à análise da demanda por zona de tráfego. Como já foi dito, a cidade de Uberlândia está dividida em sessenta e cinco zonas de tráfego, e a amostra usada para calibrar o modelo possui observações referentes à cada zona. Assim, sugere-se para trabalhos futuros uma análise completa por cada zona de tráfego. Esta análise mais detalhada permitiria conhecer o perfil da demanda por zona.
- Poderia-se pensar ainda na possibilidade de incorporar ao modelo variáveis que pudessem refletir a qualidade do transporte público e a relação custo/benefício para cada modo de transporte.

Por fim, com base nos resultados alcançados espera-se que este trabalho possa servir, em algum momento futuro, de referência para outros trabalhos não só no âmbito acadêmico mais também em aplicações práticas para análise de demanda no planejamento de transportes, de forma a contribuir para a melhoria do uso dos modos mais sustentáveis de transportes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARANGO, H. G. **Bioestatística Teórica e Computacional**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A., 2001, 235 p.

BEN-AKIVA, M. E e LERMAN, S. R. **Discrete Choice Analysis: Theory and Application to Travel Demand**. Cambridge, 1985. 385 p. Disponível em: <<http://www.books.google.com.br>>. Acesso em: 07 de março 2009.

BRITO, A. N. **Aplicação de um Procedimento usando Preferência Declarada para a Estimativa do Valor do Tempo de Viagem de Motoristas em uma Escolha entre Rotas Rodoviárias Pedagiadas e Não Pedagiadas**. Dissertação de mestrado em Engenharia de Transportes. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo; SP, 2007. 185 p.

CASTRO JÚNIOR, F. H. F. de. **Previsão de insolvência de empresas brasileiras usando análise discriminante, regressão logística e redes neurais**. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade (FEA)/USP, São Paulo; SP, 2003. 187 p. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses>>. Acesso em: 16 de julho 2008

CAVALCANTE, R. A. **Estimativa das Penalidades Associadas com os Transbordos em Sistemas Integrados de Transporte Público**. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Transportes. COPPE/Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro; RJ, 2002. 151 p.

DEUS, L. R. de. **A Influência da Forma Urbana no Comportamento de Viagem das Pessoas: Estudo de Caso em Uberlândia, MG.** Dissertação de Mestrado em Engenharia Urbana. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana da Universidade Federal de São Carlos, São Carlos; SP, 2008. 139 p.

DOMENCICH, T. e McFADDEN, D. **Urban travel demand: a behavioural analysis.** Amsterdam: North Holland, 1975, 213 p.

DORIA FILHO, U. **Introdução à Bioestatística: para simples mortais.** 4. ed. São Paulo: Negócio Editora, 1999, 158 p.

ESPINO, R. S. **Análisis y Predicción de La Demanda de Transporte de Pasajeros: Una Aplicación al Estudio de Dos Corredores de Transporte en Gran Canaria.** Tese de Doutorado. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. 2003. 188 p.

FARIA, C. A.; VIEIRA, J. I. M.; SORRATINI, J. A.; MACEDO, M. H. Matriz Origem/Destino – Um Instrumento para a Otimização do Transporte Público Urbano por Ônibus. Métodos Computacionais em Engenharia. *APMTAC*, Lisboa, Portugal, 2004. 8 p.

FERREIRA, A. M. **SPSS - Manual de Utilização.** Escola Superior Agrária – Instituto Politécnico de Castelo Branco, 1999. 151 p. Disponível em:
< <http://www.esef.ufgrs.br/gpat/spss.pdf>>. Acesso em: 14 de janeiro 2009.

FERRONATO, L. G. **Potencial de Medidas de Gerenciamento da Demanda no Transporte Público por Ônibus.** Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre; RGS, 2002.119 p.

FIGUEIRA, C. V. **Modelos de Regressão Logística.** Dissertação de Mestrado em Matemática. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre; RGS, 2006. 149 p.

HILL, R. C.; GRIFFITHS, W. E. e JUDGE, G.G. **Econometria.** Tradução: FARIAS, A. A. de. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2003, 471 p.

HOSMER, D. W. e LEMESHOW, S. Jr. **Applied Logistic Regression**. ed. 2. John Wiley & Sons, Inc. 2000. 375 p.

HOSMER, D. W. e LEMESHOW, S. Jr. **Applied Logistic Regression**. John Wiley & Sons, Inc. 1989. Disponível em: <<http://www.books.google.com.br>>. Acesso em: 04 de maio de 2009.

HUTCHINSON, B. G.. **Princípios de Planejamento dos Sistemas de Transporte Urbano**. Rio de Janeiro: Guanabara Dois S. A., 1979, 416 p.

KOTLER, P. **Marketing Management**. ed. 8. Prentice Hall Ed., 1976. Cap. 7: Analyzing Consumer Markets and Buyer Behavior.

LIMA, E. F. de. **Problemas ambientais urbanos no meio físico do setor norte de Uberlândia, Minas Gerais, Brasil**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Uberlândia/Instituto de Geografia, Uberlândia; MG, 2000. 143 p.

MANUAL *Statistical Package for Social Sciences* (SPSS). Modelos de Regresión. Versão 12.0 Copyright © de SPSS Inc. 2003, 71 p.

MANSKI, C.. The Structure of Random Utility Models. *Theory and Decision*, v. 8, n° 3, p. 229-254, 1977. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com>>. Acesso em: 21 de março 2009

NETO, P. B. C. e FARIA, C. A.. Estudo do Comportamento de Escolha Modal. *Revista Eletrônica*, Uberlândia, Minas Gerais, Brasil, ed. 2, 19 p, 2002.

NOVAES, A. G.. **Sistemas de Transportes: Análise da Demanda**. São Paulo – SP: Edgard Blücher Ltda. Vol. 1, 1986, 151 p.

ORTÚZAR, J. de D. e ROMÁN, C. El Problema de Modelación de Demanda Desde Una Perspectiva Desagregada: el caso del transporte. *Eure*, v. 29, n° 88, p. 149-171, 2003.

ORTÚZAR, J. de D. e WILLUMSEN, L. G.. **Modelling Transport**. Inglaterra: John Wiley e Sons Ltda., 1990, 375 p.

PAIVA JÚNIOR, H. de. **Segmentação e Modelagem Comportamental de Usuários dos Serviços de Transporte Urbano Brasileiro**. Tese de Doutorado em Engenharia de Transportes. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo; SP, 2006.176 p.

ROCHA, F. J. S. e DANTAS, R. A. **Avaliação de Vendas de Imóveis Usando Modelo Probit**. 2001. 1-6 p. Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2001_TR71_0026.pdf. Acesso em: 13 de julho 2008.

SARAIVA, M.. **A Cidade e o Tráfego Uma Abordagem Estratégica**. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2000, 213 p.

SENNA, L. A. dos S. **Técnicas de Preferência Declarada**. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Escola de Engenharia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

TRAIN, K. E. **Discrete Choice Methods With Simulation**. Cambridge: University Press, 2002, 330 p.

VIEIRA, S. **Introdução à Bioestatística**. 4. ed. Rio de Janeiro: Elsevier Editora Ltda, 2008, 345 p.

BRASIL. Associação Brasileira de Empresas de Pesquisa – ABEP. Disponível em: <http://www.abep.org>. Acesso em: 25 de junho 2008.

BRASIL. Departamento Nacional de Trânsito. Disponível em: <http://www.denatran.gov.br>. Acesso em: 12 de janeiro 2009

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao>. Acesso em: 08 de julho 2008.

BRASIL. Critério Padrão de Classificação Econômica Brasil/2008 (ABA/Abipeme). Disponível em: <<http://www.viverbem.fmb.unesp.br/docs/classificacaobrasil.pdf>>. Acesso em: 13 de abril 2008.

Anexo 1

8.1 ANEXO 1 - REGRESSÃO LOGÍSTICA PARA O MODO AUTO

Modelo 1 - Escolha do Modo Auto

No primeiro modelo, que diz respeito ao modo auto, foram incluídas na análise 1045 observações conforme o Tabela 01.

Tabela 01 – Casos Processados

Casos Selecionados	N	Porcentagem
Incluídos na Análise	1.045	72,0
Casos Omissos	406	28,0
Total	1.451	100,0

A Tabela 02 apresenta a codificação da variável dependente com valor “1” para o auto e “0” para outro modo de transporte.

Tabela 02 - Codificação da variável dependente

Original Value	Internal Value
outros	0
auto	1

Block 0: Beginning Block

Iteration History^{a,b,c}

Iteration		-2 Log likelihood	Coefficients
			Constant
Step 1		1119,900	-1,097
0	2	1116,476	-1,227
	3	1116,473	-1,232

- a. Constant is included in the model.
- b. Initial -2 Log Likelihood: 1116,473
- c. Estimation terminated at iteration number 3 because log-likelihood decreased by less than ,010 percent.

A Tabela 03 de classificação dos casos mostra a porcentagem de acerto sem as variáveis explicativas.

Tabela 03 – Classificação dos casos

Observado			Previsto		
			Modo 1		Porcentagem
			outros	auto	Correta
Passo 0	Modo 1	outros	809	0	100,0
		auto	236	0	0,0
Porcentagem total					77,4

Variables in the Equation

	B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Step 0 Constant	-1,232	,074	277,294	1	,000	,292

Variables not in the Equation

		Score	df	Sig.
Step 0	Variables	TTV	49,248	1
		AUTO	109,895	1
		NIVLINST	73,696	1
		SITFAM	12,310	1
		IDADE1	9,652	1
		REND A	126,084	1
		CLASABA	85,768	1
Overall Statistics		229,613	7	,000

Block 1: Method = Forward Stepwise (Wald)

A Tabela 04 apresenta as iterações do modelo pelo método *forward stepwise Wald*. As iterações foram feitas em quatro passos sendo a constante incluída no modelo.

Tabela 04 - Histórico das Iterações

Iteration	-2 Log likelihood	Coefficients				
		Constant	RENTA	AUTO	TTV	NIVLINST
Step 1	1018,123	-1,884	,424			
1	2	1006,694	-2,273	,514		
	3	1006,610	-2,311	,523		
Step 2	1	959,855	-2,241	,347	,860	
	2	927,253	-3,038	,414	1,452	
	3	924,972	-3,309	,426	1,695	
	4	924,948	-3,340	,427	1,724	
Step 3	1	931,634	-1,841	,334	,812	-,011
	2	885,384	-2,325	,400	1,359	-,021
	3	880,638	-2,481	,415	1,602	-,026
	4	880,549	-2,504	,417	1,639	-,027
	5	880,549	-2,504	,417	1,640	-,027
Step 4	1	924,882	-2,088	,305	,725	-,010
	2	876,250	-2,728	,356	1,223	-,021
	3	871,113	-2,943	,368	1,454	-,026
	4	871,011	-2,974	,370	1,491	-,027
	5	871,011	-2,974	,370	1,492	-,027

a. Method: Forward Stepwise (Wald)

b. Constant is included in the model.

c. Initial -2 Log Likelihood: 1116,473

d. Estimation terminated at iteration number 3 because log-likelihood decreased by less than ,010 percent.

e. Estimation terminated at iteration number 4 because log-likelihood decreased by less than ,010 percent.

A Tabela 05 apresenta a significância dos coeficientes no modelo global em cada passo. O nível de significância está abaixo de 0,050 em todos os passos e apresenta os valores para o teste qui-quadrado.

Tabela 05 - Teste de Coeficientes do Modelo Global

		Chi-square	df	Sig.
Step 1	Step	109,862	1	,000
	Block	109,862	1	,000
	Model	109,862	1	,000
Step 2	Step	81,663	1	,000
	Block	191,525	2	,000
	Model	191,525	2	,000
Step 3	Step	44,399	1	,000
	Block	235,924	3	,000
	Model	235,924	3	,000
Step 4	Step	9,537	1	,002
	Block	245,461	4	,000
	Model	245,461	4	,000

Os valores obtidos na Tabela 06 para pseudo R^2 de Cox e Snell foi de 20%, e Nagelkerke 31%. O valor do -2Log likelihood decresce do primeiro passo para o último.

Tabela 06 – Pseudo R^2

Passo	-2 Log likelihood	Pseudo R^2 Cox e Snell	Pseudo R^2 Nagelkerke
1	1006,610	,100	,152
2	924,948	,167	,255
3	880,549	,202	,308
4	871,011	,209	,319

Na Tabela 07 verifica-se o teste qui-quadrado, mais conhecido como, *Hosmer and Lemeshow's goodness of fit test*. Segundo Hosmer e Lemeshow (2000) se a estatística do teste for maior que o nível de significância α adotado, rejeita-se a hipótese de que não há diferença entre os valores observados e preditos implicando, assim, que o modelo descreve bem os dados no nível adotado.

Tabela 07 - Teste *Hosmer and Lemeshow's goodness of fit*

Step	Chi-square	df	Sig.
1	2,785	2	,248
2	9,730	5	,083
3	14,562	8	,068
4	13,134	8	,107

A Tabela 08 apresenta o teste de Hosmer e Lemeshow e avalia o modelo ajustado comparando as frequências observadas e esperadas. O teste associa os dados a sua probabilidade estimada então faz o teste qui-quadrado para determinar se as frequências esperadas estão próximas das frequências observadas (Hosmer & Lemeshow, 1989). Observa-se que os valores encontrados para as frequências observadas e esperadas são próximos.

Tabela 08 - Tabela de Contingencia para o teste de Hosmer e Lemeshow

		Modo 1 = outros		Modo 1 = auto		Total
		Observed	Expected	Observed	Expected	
Step 1	1	518	519,974	89	87,026	607
	2	190	181,697	43	51,303	233
	3	55	58,929	32	28,071	87
	4	46	48,375	72	69,625	118
Step 2	1	281	283,597	18	15,403	299
	2	95	96,010	9	7,990	104
	3	30	26,640	1	4,360	31
	4	237	236,096	71	71,904	308
	5	98	90,699	35	42,301	133
	6	46	56,036	57	46,964	103
	7	22	19,912	45	47,088	67
Step 3	1	102	102,767	3	2,233	105
	2	107	105,148	3	4,852	110
	3	96	102,695	14	7,305	110
	4	98	95,637	7	9,363	105
	5	100	91,685	6	14,315	106
	6	82	81,720	23	23,280	105
	7	74	74,726	31	30,274	105
	8	68	70,343	39	36,657	107
	9	55	58,324	50	46,676	105
	10	27	25,954	60	61,046	87
Step 4	1	104	103,918	2	2,082	106
	2	98	100,582	7	4,418	105
	3	94	99,388	12	6,612	106
	4	102	96,115	3	8,885	105
	5	95	91,669	10	13,331	105
	6	87	82,680	17	21,320	104
	7	77	77,043	29	28,957	106
	8	68	68,684	37	36,316	105
	9	57	59,256	50	47,744	107
	10	27	29,665	69	66,335	96

A Tabela 09 apresenta a classificação dos estimadores em corretos e incorretos. Segundo Figueira (2006) as tabelas de classificação são tabelas de ordem dois, para o caso da regressão logística dicotômica. As colunas apresentam os valores preditos da variável dependente e as linhas os valores observados. Em um modelo perfeito, todos os casos estariam na diagonal principal e a porcentagem de acerto em cada passo seria de 100%.

Tabela 09 – Classificação dos casos em cada passo

Observado			Previsto		
			Modo 1		Porcentagem
			outros	auto	Correta
Passo 1	Modo 1	outros	778	31	96,2
		auto	190	46	19,5
	Porcentagem total				78,9
Passo 2	Modo 1	outros	774	35	95,7
		auto	166	70	29,7
	Porcentagem total				80,8
Passo 3	Modo 1	outros	776	33	95,9
		auto	163	73	30,9
	Porcentagem total				81,2
Passo 4	Modo 1	outros	774	35	95,7
		auto	159	77	32,6
	Porcentagem total				81,4

Na Tabela 10 são apresentados os resultados dos parâmetros para a função utilidade do auto.

Tabela 10 – Parâmetros para a utilidade do modo auto

		B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)	95,0% C.I. para EXP(B)	
								Inferior	Superior
Passo 1	Renda	0,523	0,052	100,179	1	0,000	1,687	1,523	1,869
	Constante	-2,311	0,138	280,131	1	0,000	0,099		
Passo 2	Posse de Auto	1,724	0,216	63,981	1	0,000	5,608	3,675	8,556
	Renda	0,427	0,054	62,421	1	0,000	1,532	1,378	1,703
	Constante	-3,340	0,217	235,85	1	0,000	0,035		
Passo 3	Tempo de Viagem	-0,027	0,005	33,459	1	0,000	0,973	0,964	0,982
	Posse de Auto	1,640	0,218	56,357	1	0,000	5,157	3,36	7,913
	Renda	0,417	0,056	55,298	1	0,000	1,518	1,36	1,694
	Constante	-2,504	0,248	102,302	1	0,000	0,082		
Passo 4	Tempo de Viagem	-0,027	0,005	32,659	1	0,000	0,973	0,964	0,982
	Posse de Auto	1,492	0,224	44,443	1	0,000	4,447	2,868	6,896
	Nível de Instrução	0,219	0,071	9,465	1	0,002	1,245	1,083	1,432
	Renda	0,370	0,058	41,075	1	0,000	1,447	1,293	1,621
	Constante	-2,974	0,297	100,349	1	0,000	0,051		

B = estimativas dos parâmetros das equações; SE = erro padrão; Wald = Estatística de Wald; df = graus de liberdade;

Sig = significância da estatística de Wald; Exp (B) = ODDS; 95% CI= intervalo de confiança de 95% para ODDS.

Anexo 2

8.2 ANEXO 2 - REGRESSÃO LOGÍSTICA PARA O MODO CAMINHAMENTO

Modelo 2 - Escolha do Modo Caminhamento

Nesse segundo modelo foram incluídas na análise 809 observações conforme mostra o Tabela 11.

Tabela 11 - Casos Processados

Casos Processados		
Casos Selecionados	N	Porcentagem
Incluídos na Análise	809	77,5
Casos Omissos	236	22,5
Total	1.045	100,0

A Tabela 12 apresenta a codificação do segundo modelo. Assim, a escolha do caminhamento como modo de transporte recebeu valor “1”, e “0” para a escolha de outro modo.

Tabela 12 - Codificação da variável dependente

Original Value	Internal Value
outros	0
caminhamento	1

Block 0: Beginning Block

Iteration History^{a,b,c}

Iteration		-2 Log likelihood	Coefficients Constant
Step	1	1147,276	-,628
0	2	1147,179	-,650

a. Constant is included in the model.

b. Initial -2 Log Likelihood: 1147,179

c. Estimation terminated at iteration number 2 because log-likelihood decreased by less than ,010 percent.

A Tabela 13 de Classificação mostra que sem a inclusão das variáveis independentes, o nível de acerto é de aproximado de 62% na classificação dos casos.

Tabela 13 – Classificação dos casos

Observado			Previsto		
			Modo 2		Porcentagem
			outros	caminhamento	Correta
Passo 0	Modo 2	outros	503	0	100,0
		caminhamento	306	0	0,0
Porcentagem total					62,2

Variables in the Equation

	B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Step 0 Constant	-,650	,071	84,847	1	,000	,522

Variables not in the Equation

	Score	df	Sig.
Step 0 Variables TTV	169,761	1	,000
SITFAM	12,204	1	,000
IDADE1	16,671	1	,000
REND A	11,528	1	,001
Overall Statistics	182,739	4	,000

Block 1: Method = Forward Stepwise (Wald)

A Tabela 14 mostra que neste caso as iterações do modelo pelo método *forward stepwise Wald* foi realizada em dois passos e cinco iterações, até chegar ao modelo final.

Tabela 14 - Histórico das Iterações

Iteration		-2 Log likelihood	Coefficients		
			Constant	TTV	RENDA
Step 1	1	951,659	,435	-,030	
	2	892,099	1,028	-,054	
	3	884,948	1,261	-,066	
	4	884,800	1,296	-,067	
	5	884,800	1,297	-,067	
Step 2	1	940,640	,757	-,030	-,204
	2	879,550	1,450	-,054	-,269
	3	872,074	1,721	-,066	-,289
	4	871,911	1,764	-,068	-,292
	5	871,911	1,765	-,068	-,292

- a. Method: Forward Stepwise (Wald)
- b. Constant is included in the model.
- c. Initial -2 Log Likelihood: 1147,179
- d. Estimation terminated at iteration number 5 because parameter estimates changed by less than ,001.
- e. Estimation terminated at iteration number 5 because log-likelihood decreased by less than ,010 percent.

A Tabela 15 apresenta a significância dos coeficientes no modelo global a cada passo. O nível de significância está abaixo de 0,050 em todos os passos e apresenta os valores para o teste qui-quadrado.

Tabela 15 - Teste de Coeficientes do Modelo Global

		Chi-square	df	Sig.
Step 1	Step	262,379	1	,000
	Block	262,379	1	,000
	Model	262,379	1	,000
Step 2	Step	12,889	1	,000
	Block	275,268	2	,000
	Model	275,268	2	,000

Os valores obtidos na Tabela 16 para o modelo final de R^2 de Cox e Snell foi de 26%, e Nagelkerke 36%.

Tabela 16 – Pseudo R²

Passo	-2 Log likelihood	Pseudo R ² Cox e Snell	Pseudo R ² Nagelkerke
1	884,800	,255	,352
2	871,911	,266	,367

Verifica-se no Tabela 17 o teste qui-quadrado *Hosmer and Lemeshow's goodness of fit test* e a significância para o nível adotado α .

Quadro 17 - Teste *Hosmer and Lemeshow's goodness of fit*

Step	Chi-square	df	Sig.
1	42,906	8	,000
2	21,599	8	,006

A Tabela 18 apresenta o teste de Hosmer e Lemeshow e avalia o modelo ajustado comparando as frequências observadas e esperadas.

Tabela 18 - Tabela de Contingencia Teste de Hosmer e Lemeshow

		Modo 2 = outros		Modo 2 = caminhamento		Total
		Observed	Expected	Observed	Expected	
Step 1	1	90	92,572	4	1,428	94
	2	82	83,138	6	4,862	88
	3	81	80,431	10	10,569	91
	4	82	71,296	7	17,704	89
	5	47	37,327	4	13,673	51
	6	45	64,034	50	30,966	95
	7	65	59,467	43	48,533	108
	8	36	41,451	60	54,549	96
	9	33	34,396	65	63,604	98
	10	25	21,888	57	60,112	82
Step 2	1	87	86,803	1	1,197	88
	2	85	89,081	9	4,919	94
	3	79	78,662	9	9,338	88
	4	84	77,473	12	18,527	96
	5	72	63,995	17	25,005	89
	6	44	56,489	45	32,511	89
	7	55	49,588	40	45,412	95
	8	32	37,659	62	56,341	94
	9	28	30,021	63	60,979	91
	10	20	16,229	48	51,771	68

A Tabela 19 apresenta a classificação dos estimadores em corretos e incorretos. O modelo apresentou, portanto, uma porcentagem de acerto acima de 60%.

Tabela 19 - Classificação dos casos em cada passo

Observado			Previsto		
			Modo 2		Porcentagem
			outros	caminhamento	Correta
Passo 1	Modo 2	outros	409	94	81,3
		caminhamento	124	182	59,5
Porcentagem total					66,2
Passo 2	Modo 2	outros	408	95	81,1
		caminhamento	114	192	62,7
Porcentagem total					67,2

A Tabela 20 apresenta, portanto os resultados dos parâmetros para a função utilidade do modo caminhamento.

Tabela 20 - Parâmetros para a utilidade do caminhamento

		B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)	95,0% C.I. para EXP(B)	
								Inferior	Superior
Passo 1	Tempo de Viagem	-0,067	0,005	155,34	1	0,000	0,935	0,925	0,945
	Constante	1,297	0,155	70,068	1	0,000	3,658		
Passo 2	Tempo de Viagem	-0,068	0,005	157,871	1	0,000	0,934	0,924	0,944
	Renda	-0,292	0,085	11,932	1	0,001	0,747	0,633	0,881
	Constante	1,765	0,208	71,649	1	0,000	5,84		

B = estimativas dos parâmetros das equações; SE = erro padrão; Wald = Estatística de Wald; df = graus de liberdade;

Sig = significância da estatística de Wald; Exp (B) = ODDS; 95% CI= intervalo de confiança de 95% para ODDS.

Anexo 3

8.3 ANEXO 3 - REGRESSÃO LOGÍSTICA PARA O MODO ÔNIBUS

Modelo 3 - Escolha do Modo Ônibus

No terceiro modelo a calibração foi realizada com 503 observações incluídas na análise conforme Tabela 21.

Tabela 21 – Casos Processados

Casos Selecionados	N	Porcentagem
Incluídos na Análise	503	48,2
Casos Omissos	542	51,8
Total	1.045	100,0

Neste modelo a escolha refere-se ao modo ônibus. A Tabela 22 apresenta a codificação de valor “1” para a escolha do modo ônibus e “0” para outro modo.

Tabela 22 - Codificação da variável dependente

Original Value	Internal Value
outros	0
ônibus	1

Block 0: Beginning Block

Iteration History^{a,b,c}

Iteration		-2 Log likelihood	Coefficients
			Constant
Step 1		793,621	,756
0 2		793,406	,795
3		793,406	,796

- a. Constant is included in the model.
- b. Initial -2 Log Likelihood: 793,406
- c. Estimation terminated at iteration number 3 because parameter estimates changed by less than ,001.

A Tabela 23 mostra que sem a inclusão das variáveis independentes, alcança-se um nível de acerto aproximado de 87% na classificação dos casos.

Tabela 23 – Classificação dos casos

Observado			Previsto		
			Modo 3		Porcentagem
			outros	ônibus	Correta
Passo 0	Modo 3	outros	0	62	0,0
		ônibus	0	441	100,0
Porcentagem total					87,7

Variables in the Equation

	B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Step 0 Constant	,796	,085	86,827	1	,000	2,216

Variables not in the Equation

	Score	df	Sig.
Step 0 Variables TTV	71,399	1	,000
SITFAM	8,157	1	,004
IDADE1	5,391	1	,020
AUTO	8,059	1	,005
CLASABA	6,211	1	,013
Overall Statistics	101,655	5	,000

Block 1: Method = Forward Stepwise (Wald)

A Tabela 24 apresenta as iterações do modelo pelo método *forward stepwise Wald*. As iterações foram feitas em quatro passos sendo a constante incluída no modelo.

Tabela 24 - Histórico das Iterações

Iteration		-2 Log likelihood	Coefficients				
			Constant	TTV	SITFAM	IDADE1	AUTO
Step 1	1	713,688	-,136	,020			
	2	688,995	-,677	,037			
	3	687,491	-,818	,042			
	4	687,483	-,828	,042			
Step 2	1	703,379	,014	,020	-,500		
	2	677,395	-,481	,037	-,643		
	3	675,733	-,619	,043	-,673		
	4	675,723	-,630	,043	-,676		
Step 3	1	692,776	-,466	,019	-,805	,245	
	2	665,198	-1,101	,036	-1,082	,328	
	3	663,343	-1,286	,041	-1,153	,352	
	4	663,330	-1,301	,042	-1,159	,354	
Step 4	1	684,263	-,198	,019	-,880	,248	-,453
	2	657,521	-,762	,035	-1,186	,338	-,533
	3	655,748	-,939	,040	-1,261	,362	-,538
	4	655,737	-,954	,041	-1,267	,364	-,538

a. Method: Forward Stepwise (Wald)

b. Constant is included in the model.

c. Initial -2 Log Likelihood: 793,406

d. Estimation terminated at iteration number 4 because log-likelihood decreased by less than ,010 percent.

Conforme mostra a tabela 25 o nível de significância está abaixo de 0,050 em todos os passos e são apresentados os valores para o teste qui-quadrado.

Tabela 25 - Teste de Coeficientes do Modelo Global

		Chi-square	df	Sig.
Step 1	Step	105,924	1	,000
	Block	105,924	1	,000
	Model	105,924	1	,000
Step 2	Step	11,760	1	,001
	Block	117,684	2	,000
	Model	117,684	2	,000
Step 3	Step	12,393	1	,000
	Block	130,076	3	,000
	Model	130,076	3	,000
Step 4	Step	7,594	1	,006
	Block	137,670	4	,000
	Model	137,670	4	,000

Os valores obtidos na Tabela 26 para o pseudo R^2 de Cox e Snell foi de 19,4%, e Nagelkerke 27,2%.

Tabela 26 – Pseud R²

Passo	-2 Log likelihood	Pseudo R ² Cox e Snell	Pseudo R ² Nagelkerke
1	687,483	,153	,215
2	675,723	,168	,236
3	663,330	,184	,259
4	655,737	,194	,272

Na Tabela 27 verifica-se o teste *Hosmer and Lemeshow's goodness of fit test*. A estatística do teste é maior que o nível de significância α adotado.

Tabela 27 - Teste *Hosmer and Lemeshow's goodness of fit*

Step	Chi-square	df	Sig.
1	64,998	8	,000
2	56,302	8	,000
3	22,763	8	,004
4	11,182	8	,192

O teste de Hosmer e Lemeshow apresentado na Tabela 28 mostra que os valores encontrados para as frequências observadas e esperadas são próximos.

Tabela 28 - Tabela de Contingência Teste de Hosmer e Lemeshow

		Modo 3 = outros		Modo 3 = ônibus		Total
		Observed	Expected	Observed	Expected	
Step 1	1	40	39,978	24	24,022	64
	2	60	40,932	18	37,068	78
	3	18	20,566	28	25,434	46
	4	27	26,358	42	42,642	69
	5	11	26,426	73	57,574	84
	6	10	14,270	45	40,730	55
	7	4	12,850	60	51,150	64
	8	14	8,992	45	50,008	59
	9	8	7,082	60	60,918	68
	10	7	1,547	46	51,453	53
Step 2	1	46	41,978	18	22,022	64
	2	30	30,835	27	26,165	57
	3	42	30,175	22	33,825	64
	4	24	26,273	43	40,727	67
	5	18	21,707	50	46,293	68
	6	4	16,686	61	48,314	65
	7	12	14,535	60	57,465	72
	8	13	9,207	52	55,793	65
	9	2	6,024	62	57,976	64
	10	8	1,583	46	52,417	54
Step 3	1	47	43,060	17	20,940	64
	2	44	38,360	25	30,640	69
	3	31	29,440	33	34,560	64
	4	20	23,868	42	38,132	62
	5	14	20,201	50	43,799	64
	6	13	15,689	51	48,311	64
	7	12	12,233	53	52,767	65
	8	6	8,374	55	52,626	61
	9	5	5,893	60	59,107	65
	10	7	1,886	55	60,114	62
Step 4	1	47	43,632	16	19,368	63
	2	42	36,043	21	26,957	63
	3	30	30,867	35	34,133	65
	4	19	25,053	46	39,947	65
	5	17	19,886	48	45,114	65
	6	13	15,128	49	46,872	62
	7	11	12,271	54	52,729	65
	8	9	8,454	55	55,546	64
	9	6	5,618	59	59,382	65
	10	5	2,052	58	60,948	63

O modelo apresenta no último passo uma porcentagem de acerto acima de 86,1%, conforme mostra a Tabela 29.

Tabela 29 – Classificação dos casos em cada passo

Observado			Previsto		
			Modo 3		Porcentagem
			outros	ônibus	Correta
Passo 1	Modo 3	outros	27	35	43,5
		ônibus	38	403	91,4
	Porcentagem total				85,5
Passo 2	Modo 3	outros	29	33	46,7
		ônibus	45	396	89,8
	Porcentagem total				84,5
Passo 3	Modo 3	outros	32	30	51,6
		ônibus	42	399	90,5
	Porcentagem total				85,7
Passo 4	Modo 3	outros	35	27	56,4
		ônibus	43	398	90,2
	Porcentagem total				86,1

Na Tabela 30 são apresentados os resultados dos parâmetros para a função utilidade do modo ônibus.

Tabela 30 – Parâmetros para a utilidade ônibus

		B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)	95,0% C.I. para EXP(B)	
								Inferior	Superior
Passo 1	Tempo de Viagem	0,042	0,005	75,617	1	0,000	1,043	1,033	1,053
	Constante	-0,828	0,19	18,983	1	0,000	0,437		
Passo 2	Tempo de Viagem	0,043	0,005	77,484	1	0,000	1,044	1,034	1,054
	Situação Familiar	-0,676	0,197	11,73	1	0,001	0,509	0,346	0,749
	Constante	-0,630	0,198	10,112	1	0,001	0,533		
Passo 3	Tempo de Viagem	0,042	0,005	73,011	1	0,000	1,043	1,033	1,053
	Situação Familiar	-1,159	0,248	21,848	1	0,000	0,314	0,193	0,51
	Idade	0,354	0,103	11,819	1	0,001	1,424	1,164	1,742
	Constante	-1,301	0,28	21,64	1	0,000	0,272		
Passo 4	Tempo de Viagem	0,041	0,005	69,407	1	0,000	1,042	1,032	1,052
	Situação Familiar	-1,267	0,254	24,832	1	0,000	0,282	0,171	0,464
	Idade	0,364	0,104	12,343	1	0,000	1,439	1,175	1,763
	Auto	-0,538	0,197	7,49	1	0,006	0,584	0,397	0,858
	Constante	-0,954	0,305	9,785	1	0,002	0,385		

B = estimativas dos parâmetros das equações; SE = erro padrão; Wald = Estatística de Wald; df = graus de liberdade;

Sig = significância da estatística de Wald; Exp (B) = ODDS; 95% CI= intervalo de confiança de 95% para ODDS.

Anexo 4

8.4 ANEXO 4 - TABELA DE CARACTERÍSTICAS DOS INDIVÍDUOS

Tabela 31 – Valores atribuídos as variáveis

	Zona de Origem	Classe Socioeconômica	Auto	Nível Instrução	Situação Familiar	Idade	Renda	Tempo Viagem*	Probabilidade
1.	59	A2	1	5	1	4	6	38	0,6212
2.	60	A2	1	5	0	2	6	15	0,7726
3.	46	B1	1	4	0	2	4	40	0,5248
4.	52	B1	1	4	1	4	5	20	0,6768
5.	7	B2	1	3	0	3	3	35	0,6336
6.	26	B2	1	5	0	4	4	20	0,3956
7.	6	C1	0	4	0	3	5	10	0,3556
8.	1	C1	1	2	1	4	4	22	0,4423
9.	1	C2	0	2	1	4	2	41	0,8244
10.	13	C2	0	2	1	4	2	23	0,3790
11.	11	D	0	1	1	4	1	10	0,7238
12.	40	D	0	1	1	4	1	70	0,9876
13.	22	E	0	1	1	4	1	95	0,9987
14.	24	E	0	1	0	2	1	15	0,4958

1=Tem Propriedade de Auto	1=analf/priminc	1=chefe Família	1= até 18 anos	1=0,0-2,0 SM	* Tempo
0=Não tem Propriedade	2=primcom/gincom	0=não chefe	2=18 a 30 anos	2=2,1-4,0 SM	de viagem
	3=gincom/colincom		3=30 a 40 anos	3=4,1-6,0 SM	em minutos
	4=colcom/supinc		4=mais de 40 anos	4=6,1-8,0 SM	
	5=supcomp			5=8,1-10,0 SM	
				6=10,1-20,0 SM	
				7=≥20,1 SM	

Anexo 5

8.5 ANEXO 5 - FUNÇÕES UTILIDADES PARA OS INDIVÍDUOS DAS CLASSES SOCIOECONÔMICAS

A partir dos parâmetros encontrados em cada modelo, as funções utilidades obtidas considerando as características dos indivíduos das classes socioeconômicas, foram as seguintes:

Utilidades para os indivíduos da Classe “A2”

1. Características do usuário:

Tempo de viagem = 38 minutos

Posse de auto = 1 (Possui auto)

Nível de Instrução = 5 (Superior Completo)

Renda = 6 (10,1 – 20,0 Salários Mínimos)

Situação Familiar = 1 (Chefe de Família)

Idade = 4 (mais de 40 anos)

$$U_{auto} = -2,974 - 0,027(38) + 1,492(1) + 0,219(5) + 0,370(6)$$

$$U_{caminhamento} = 1,765 - 0,068(38) - 0,292(6)$$

$$U_{ônibus} = -0,954 + 0,041(38) - 1,267(1) + 0,364(4) - 0,538(1)$$

2. Características do usuário:

Tempo de viagem = 15 minutos

Posse de auto = 1 (Possui auto)

Nível de Instrução = 5 (Superior Completo)

Renda = 6 (10,1 – 20,0 Salários Mínimos)

Situação Familiar = 0 (Não Chefe de Família)

Idade = 2 (de 18 – 30 anos)

$$U_{auto} = -2,974 - 0,027(15) + 1,492(1) + 0,219(5) + 0,370(6)$$

$$U_{caminhamento} = 1,765 - 0,068(15) - 0,292(6)$$

$$U_{ônibus} = -0,954 + 0,041(15) - 1,267(0) + 0,364(2) - 0,538(1)$$

Utilidades para os indivíduos da Classe “B1”

3. Características do usuário:

Tempo de viagem = 40 minutos

Posse de auto = 1 (Possui auto)

Nível de Instrução = 4 (Colegial Completo/Superior Incompleto)

Renda = 4 (6,1 – 8,0 Salários Mínimos)

Situação Familiar = 0 (Não Chefe de Família)

Idade = 2 (de 18 – 30 anos)

$$U_{auto} = -2,974 - 0,027(40) + 1,492(1) + 0,219(4) + 0,370(4)$$

$$U_{caminhamento} = 1,765 - 0,068(40) - 0,292(4)$$

$$U_{ônibus} = -0,954 + 0,041(40) - 1,267(0) + 0,364(2) - 0,538(1)$$

4. Características do usuário:

Tempo de viagem = 20 minutos

Posse de auto = 1 (Possui auto)

Nível de Instrução = 4 (Colegial Completo/Superior Incompleto)

Renda = 5 (8,1 – 10,0 Salários Mínimos)

Situação Familiar = 1 (Chefe de Família)

Idade = 4 (mais de 40 anos)

$$U_{auto} = -2,974 - 0,027(20) + 1,492(1) + 0,219(4) + 0,370(5)$$

$$U_{caminhamento} = 1,765 - 0,068(20) - 0,292(5)$$

$$U_{ônibus} = -0,954 + 0,041(20) - 1,267(1) + 0,364(4) - 0,538(1)$$

Utilidades para os indivíduos da Classe “B2”

5. Características do usuário:

Tempo de viagem = 35 minutos

Posse de auto = 1 (Possui auto)

Nível de Instrução = 3 (Ginásio Completo/Colegial Incompleto)

Renda = 3 (4,1 - 6,0 Salários Mínimos)

Situação Familiar = 0 (Não Chefe de Família)

Idade = 3 (de 30 – 40 anos)

$$U_{auto} = -2,974 - 0,027(35) + 1,492(1) + 0,219(3) + 0,370(3)$$

$$U_{caminhamento} = 1,765 - 0,068(35) - 0,292(3)$$

$$U_{ônibus} = -0,954 + 0,041(35) - 1,267(0) + 0,364(3) - 0,538(1)$$

6. Características do usuário:

Tempo de viagem = 20 minutos

Possui auto = 1 (Possui auto)

Nível de Instrução = 5 (Superior Completo)

Renda = 4 (6,1 – 8,0 Salários Mínimos)

Situação Familiar = 0 (Não Chefe de Família)

Idade = 4 (mais de 40 anos)

$$U_{auto} = -2,974 - 0,027(20) + 1,492(1) + 0,219(5) + 0,370(4)$$

$$U_{caminhamento} = 1,765 - 0,068(20) - 0,292(4)$$

$$U_{ônibus} = -0,954 + 0,041(20) - 1,267(0) + 0,364(4) - 0,538(1)$$

Utilidades para os indivíduos da Classe “C1”

7. Características do usuário:

Tempo de viagem = 10 minutos

Posse de auto = 0 (não possui)

Nível de Instrução = 4 (Colegial Completo/Superior Incompleto)

Renda = 5 (8,1 – 10,0 Salários Mínimos)

Situação Familiar = 0 (Não Chefe de Família)

Idade = 3 (de 30 – 40 anos)

$$U_{auto} = -2,974 - 0,027(10) + 1,492(0) + 0,219(4) + 0,370(5)$$

$$U_{caminhamento} = 1,765 - 0,068(10) - 0,292(4)$$

$$U_{ônibus} = -0,954 + 0,041(10) - 1,267(0) + 0,364(3) - 0,538(0)$$

8. Características do usuário:

Tempo de viagem = 22 minutos

Posse de auto = 1 (Possui auto)

Nível de Instrução = 2 (Primário Completo/Ginásio Incompleto)

Renda = 4 (6,1-8,0 Salários Mínimos)

Situação Familiar = 1 (Chefe de Família)

Idade = 4 (mais de 40 anos)

$$U_{auto} = -2,974 - 0,027(22) + 1,492(1) + 0,219(2) + 0,370(4)$$

$$U_{caminhamento} = 1,765 - 0,068(22) - 0,292(4)$$

$$U_{ônibus} = -0,954 + 0,041(22) - 1,267(1) + 0,364(4) - 0,538(1)$$

Utilidades para os indivíduos da Classe “C2”

9. Características do usuário:

Tempo de viagem = 41 minutos

Posse de auto = 0 (não possui)

Nível de Instrução = 2 (Primário Completo/Ginásio Incompleto)

Renda = 2 (2,1 – 4,0 Salários Mínimos)

Situação Familiar = 1 (Chefe de Família)

Idade = 4 (mais de 40 anos)

$$U_{auto} = -2,97 - 0,027(41) + 1,492(0) + 0,219(2) + 0,370(2)$$

$$U_{caminhamento} = 1,765 - 0,068(41) - 0,292(2)$$

$$U_{ônibus} = -0,954 + 0,041(41) - 1,267(1) + 0,364(4) - 0,538(0)$$

10. Características do usuário:

Tempo de viagem = 23 minutos

Posse de auto = 0 (não possui)

Nível de Instrução = 2 (Primário Completo/Ginásio Incompleto)

Renda = 2 (2,1 – 4,0 Salários Mínimos)

Situação Familiar = 1 (Chefe de Família)

Idade = 4 (mais de 40 anos)

$$U_{auto} = -2,974 - 0,027(23) + 1,492(0) + 0,219(2) + 0,370(2)$$

$$U_{caminhamento} = 1,765 - 0,068(23) - 0,292(2)$$

$$U_{ônibus} = -0,954 + 0,041(23) - 1,267(1) + 0,364(4) - 0,538(0)$$

Utilidades para os indivíduos da Classe “D”

11. Características do usuário:

Tempo de viagem = 10 minutos

Posse de auto = 0 (não possui)

Nível de Instrução = 1 (Analfabeto/Primário Incompleto)

Renda = 1 (0,0 – 2,0 Salários Mínimos)

Situação Familiar = 1 (Chefe de Família)

Idade = 4 (mais de 40 anos)

$$U_{auto} = -2,974 - 0,027(10) + 1,492(0) + 0,219(1) + 0,370(1)$$

$$U_{caminhamento} = 1,765 - 0,068(10) - 0,292(1)$$

$$U_{ônibus} = -0,954 + 0,041(10) - 1,267(1) + 0,364(4) - 0,538(0)$$

12. Características do usuário:

Tempo de viagem = 70 minutos

Posse de auto = 0 (não possui)

Nível de Instrução = 1 (Analfabeto/Primário Incompleto)

Renda = 1 (0,0 – 2,0 Salários Mínimos)

Situação Familiar = 1 (Chefe de Família)

Idade = 4 (mais de 40 anos)

$$U_{auto} = -2,974 - 0,027(70) + 1,492(0) + 0,219(1) + 0,370(1)$$

$$U_{caminhamento} = 1,765 - 0,068(70) - 0,292(1)$$

$$U_{ônibus} = -0,954 + 0,041(70) - 1,267(1) + 0,364(4) - 0,538(0)$$

Utilidades para os indivíduos da Classe “E”

13. Características do usuário:

Tempo de viagem = 95 minutos

Posse de auto = 0 (não possui)

Nível de Instrução = 1 (Analfabeto/Primário Incompleto)

Renda = 1 (0,0 – 2,0 Salários Mínimos)

Situação Familiar = 1 (Chefe de Família)

Idade = 4 (mais de 40 anos)

$$U_{auto} = -2,974 - 0,027(95) + 1,492(0) + 0,219(1) + 0,370(1)$$

$$U_{caminhamento} = 1,765 - 0,068(95) - 0,292(1)$$

$$U_{ônibus} = -0,954 + 0,041(95) - 1,267(1) + 0,364(4) - 0,538(0)$$

14. Características do usuário:

Tempo de viagem = 15 minutos

Posse de auto = 0 (não possui)

Nível de Instrução = 1 (Analfabeto/Primário Incompleto)

Renda = 1 (0,0 – 2,0 Salários Mínimos)

Situação Familiar = 0 (Não Chefe de Família)

Idade = 2 (de 18 – 30 anos)

$$U_{auto} = -2,974 - 0,027(15) + 1,492(0) + 0,219(1) + 0,370(1)$$

$$U_{caminhamento} = 1,765 - 0,068(15) - 0,292(1)$$

$$U_{ônibus} = -0,954 + 0,041(15) - 1,267(0) + 0,364(2) - 0,538(0)$$