

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E SISTEMAS

**MODELO DE DETERMINAÇÃO DO HORÁRIO ECONÔMICO
NO TRANSPORTE PÚBLICO DE PASSAGEIROS**

**TESE SUBMETIDA À UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR EM ENGENHARIA**

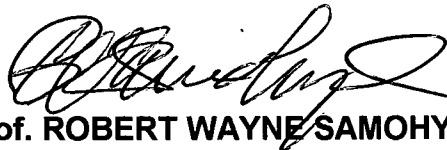
JORGE ALCIDES CRUZ

**FLORIANÓPOLIS
SANTA CATARINA - BRASIL**

**MODELO DE DETERMINAÇÃO DO HORÁRIO ECONÔMICO NO
TRANSPORTE PÚBLICO DE PASSAGEIROS**

JORGE ALCIDES CRUZ

**ESTA TESE FOI JULGADA ADEQUADA PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE
DOUTOR EM ENGENHARIA
E APROVADA EM SUA FORMA ORIGINAL PELO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO**



Prof. ROBERT WAYNE SAMOBYL, PhD - Orientador



Prof. RICARDO MIRANDA BARCIA, PhD - Coordenador do Curso

BANCA EXAMINADORA:



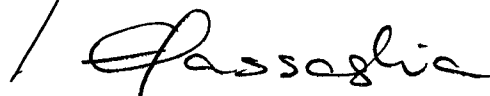
Prof. ROBERT WAYNE SAMOBYL, PhD - Orientador



Prof. AMIR MATTAR VALENTE, Dr.



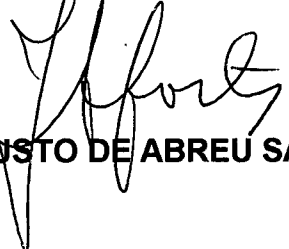
Prof. ANTONIO GALVÃO NOVAES, Dr.



Prof. EUNICE PASSAGLIA, Dr.



Prof. GUTTEMBERG ESPANHA BRASIL, Dr.



Prof. JOSÉ AUGUSTO DE ABREU SA FORTES, Dr.

Dedico esta tese à
Eng. **MARIETA VIEIRA DOS SANTOS**,
por quem nutro grande admiração

AGRADECIMENTOS

Prof. Robert Wayne Samohyl

Amir Mattar Valente	João Carlos Souza
Antônio Galvão Novaes	Joceli Marinho Nilson
Clara Rejane Bertoluci	José Augusto de Abreu Sá Fortes
Conceição Aparecida Soares	Natália Martins Gonçalves
Dárcio Gustavo Correia Filho	Névio Antônio Carvalho
Eunice Passágia	Oneida Barros Bezerra
Fátima Sobral Fernandes	Ricardo de Bem
Gildo Formento	Sérgio Granemann
Guttemberg Espanha Brasil	Sérgio Mayerle

Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção - PPGE

Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES

Núcleo de Transportes da Prefeitura Municipal de Florianópolis - NT/PMF

Transportes Coletivos Estrela Ltda.

Motoristas, Cobradores e Fiscais da Linha Abraão

Usuários da linha Abraão

São Judas Tadeu

RESUMO

A elevada concentração da demanda do transporte público de passageiros nos horários de *pico*, observada em muitas cidades, exige da operadora uma oferta correspondente de frota, que define os custos fixos do serviço, e de viagens. Nos demais períodos do dia, os *vales*, a demanda é menor e, conseqüentemente, apenas uma parte da frota permanece em operação. Desta maneira, uma parcela expressiva do custo por passageiro e da tarifa da linha destina-se à cobertura do excedente de oferta nos picos, o que leva os passageiros dos vales a subsidiar os demais.

Um dos modelos existentes destinados a reduzir a concentração da demanda nos picos é o chamado *Horário Econômico*, em que se estabelece como política tarifária um valor variável ao longo do dia, uma tarifa maior nos picos e outra menor nos vales, de maneira a induzir uma certa quantidade de passageiros a viajar antes ou depois dos horários mais congestionados. Com isto, pode-se obter uma distribuição da demanda mais uniforme ao longo da jornada, reduzindo os custos e aumentando a produtividade. Embora existam aplicações deste modelo, ele carece de uma investigação científica mais aprofundada, com o objetivo de evitar que estas aplicações sejam feitas por tentativas, o que sempre implica desperdício de recursos humanos e financeiros e desgaste político.

Neste trabalho, é apresentado um modelo de determinação dos parâmetros do Horário Econômico, que são as tarifas nos picos e nos vales e os horários em que cada uma delas deve vigorar. Para tanto, são utilizadas técnicas de *Preferência Declarada* e o modelo *Logit Multinomial* na determinação do comportamento dos passageiros.

Para a validação do modelo, foi feita uma aplicação para o pico da manhã de uma linha de ônibus de uma cidade brasileira de porte médio, Florianópolis/SC, consideradas como típicas, demonstrando a eficiência e a eficácia do processo desenvolvido.

ABSTRACT

The high peak demand concentration in public transport, that can be seen in a great number of cities, claims for a corresponding supply in terms of vehicles, which defines the fixed costs, and trips. In the rest of the day, the out-of-peak periods, the demand is smaller and in consequence only a portion of vehicles remains on operation. Therefore, an expressive portion of passenger cost and fare is reserved to cover the excess of peak supply and in consequence out-of-peak passengers subsidize the peak ones.

One of the existing models to reduce peak demand concentration is the *Economic Schedule*, in which is established as fare policy a variable value by along the day's journey, a higher fare during peak periods and a smaller one during out-of peak periods, in order to induce some of peak passengers to travel before or after the congested hours. In this situation, it can be obtained a demand daily distribution more uniform, reducing costs and increasing productivity. Although there are existing practical uses of this model, it needs a deeper scientific investigation in order to avoid implementation by tentatives, which is always responsible for waste of human and financial resources and for political wear.

This work presents a model for the determination of the *Economic Schedule* parameters, which are the peak and the out-of-peak fares and fare schedule. For this, is made use of *Stated Preference* techniques and the *Multinomial Logit Model* for modelling passengers behavior.

For model validation, was made an application for the morning peak of a bus line of a Brazilian middle sized city, Florianópolis/SC, both considered as typical, showing the efficiency and the efficacy of the developed process.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	XIII
LISTA DE QUADROS	XVI
CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO	1
1.1 - ORIGEM DO TRABALHO	1
1.2 - OBJETIVO DO TRABALHO	1
1.3 - IMPORTÂNCIA DO TRABALHO	2
1.4 - METODOLOGIA DO TRABALHO.....	2
1.5 - ESTRUTURA DO TRABALHO.....	2
CAPÍTULO 2 - ANÁLISE DA DEMANDA DE PASSAGEIROS	5
2.1 - INTRODUÇÃO.....	5
2.2 - FLUTUAÇÃO TEMPORAL DA DEMANDA.....	5
2.2.1 - Princípios Básicos	5
2.2.2 - Distribuição da Demanda Diária	7
2.2.3 - Ajustamento da Distribuição da Demanda Diária	9
2.3 - FLUTUAÇÃO ESPACIAL DA DEMANDA	10
2.4 - LEVANTAMENTO DAS INFORMAÇÕES	13
CAPÍTULO 3 - ANÁLISE DA OFERTA DE TRANSPORTES	15
3.1 - INTRODUÇÃO	15
3.2 - VEÍCULO-PADRÃO	15
3.3 - NÍVEL DE SERVIÇO	16
3.4 - PROGRAMAÇÃO OPERACIONAL	19

3.4.1 - Determinação dos Horário Mínimos	20
3.4.1.1 - Determinação dos Horários Mínimos pelo MPTDC	20
3.4.1.2 - Determinação dos Horários Mínimos pelo MDV	21
3.4.2 - Determinação dos Horários Efetivos	22
3.4.3 - Determinação da Frota Efetiva	23
3.4.4 - Determinação dos Custos	24
CAPÍTULO 4 - ANÁLISE DOS CUSTOS DO TRANSPORTE COLETIVO	25
4.1 - INTRODUÇÃO	25
4.2 - ESTRUTURA DOS CUSTOS	25
4.3 - CUSTOS VARIÁVEIS	26
4.3.1 - Combustível	27
4.3.2 - Lubrificantes	27
4.3.3 - Rodagem	28
4.3.4 - Peças e Acessórios	29
4.3.5 - Custo Variável Total	30
4.4 - CUSTOS FIXOS	30
4.4.1 - Depreciação do Capital Investido	31
4.4.2 - Remuneração do Capital Investido	32
4.4.3 - Despesas com Pessoal	33
4.4.4 - Despesas Administrativas	35
4.4.5 - Custo Fixo Total	35
4.5 - CUSTO TOTAL POR QUILOMETRO	36
4.6 - CUSTO MÉDIO POR PASSAGEIRO	36

CAPÍTULO 5 - POLÍTICA TARIFÁRIA	38
5.1 - INTRODUÇÃO	38
5.2 - RECEITAS EXTRA-TARIFÁRIAS	39
5.3 - RECEITA TARIFÁRIA	40
5.4 - MODELOS DE TARIFAÇÃO	40
5.4.1 - Tarifa por Quilômetro ou Quilométrica	41
5.4.2 - Tarifa Única	42
5.4.3 - Tarifa Social	42
5.4.4 - Tarifa por Deslocamento	43
5.4.5 - Tarifa Econômica ou Temporal	43
CAPÍTULO 6 - MODIFICAÇÃO INDUZIDA DA DISTRIBUIÇÃO DA DEMANDA	45
6.1 - INTRODUÇÃO	45
6.2 - HORÁRIO ESCALONADO DE TRABALHO	48
6.3 - HORÁRIO ECONÔMICO NO TRANSPORTE PÚBLICO	50
CAPÍTULO 7 - MÉTODOS DE PREFERÊNCIA DECLARADA	53
7.1 - INTRODUÇÃO	53
7.2 - METODOLOGIA	54
CAPÍTULO 8 - MODELOS DE ANÁLISE DE ESCOLHA DISCRETA	58
8.1 - INTRODUÇÃO	58
8.2 - TEORIA DE ESCOLHA DISCRETA	58
8.3 - TEORIA DE ESCOLHA PROBABILÍSTICA	59
8.4 - ESCOLHA BINÁRIA	60
8.4.1 - Modelo Probit Binário	61

8.4.2 - Modelo Logit Binário	61
8.4.3 - Determinação dos Parâmetros da Função Utilidade	62
8.4.3.1 - Estimação de Máxima Verossimilhança	62
8.4.3.2 - Estimação de Mínimos Quadrados	64
8.5 - MODELOS DE ESCOLHA MULTINOMIAL	64
8.5.1 - O Modelo Logit Multinomial	65
8.5.2- Propriedade do Modelo Logit Multinomial de Independência de Alternativas Irrelevantes	66
8.5.3 - Estimação do Modelo Logit Multinomial	66
CAPÍTULO 9 - MODELO DE DETERMINAÇÃO DO HORÁRIO ECONÔMICO	68
9.1 - INTRODUÇÃO	68
9.2 - FORMULAÇÃO DO PROBLEMA	69
9.3 - DESCRIÇÃO DO MODELO	70
9.3.1 - Análise da Demanda	73
9.3.1.1 - Modelo de Distribuição	73
9.3.1.2 - Determinação dos Cenários do Horário Econômico	75
9.3.1.3 - Modelo Comportamental	77
9.3.1.3.1 - Análise de Escolha Multinomial	79
9.3.1.3.2 - Especificação do Modelo	80
9.3.1.4 - Levantamento de Informações	81
9.3.1.4.1 - Levantamentos de Preferência Revelada	82
9.3.1.4.2 - Levantamentos de Preferência Declarada	82
9.3.2 - Determinação da Oferta	84
9.3.2.1 - Determinação do Custo	86

9.3.2.2 - Determinação da Frota Efetiva	86
9.3.2.3 - Determinação do Tempo de Ciclo	87
9.3.2.4 - Determinação do Número de Viagens	88
CAPÍTULO 10 - APLICAÇÃO DO MODELO DE DETERMINAÇÃO DO HORÁRIO ECONÔMICO	89
10.1 - INTRODUÇÃO	89
10.2 - CARACTERÍSTICAS DA LINHA ABRAÃO	89
10.3 - ANÁLISE DA DEMANDA	90
10.3.1 - Levantamento da Demanda e Determinação do Cenário 0	90
10.3.2 - Participação do Tipo de Passageiro	97
10.3.3 - Validação do Modelo Comportamental	103
10.3.3.1 - Especificação da Função Utilidade	103
10.3.3.2 - Levantamento das Informações	104
10.3.3.2.1 - Levantamento das Informações Sobre a Viagem	105
10.3.3.2.2 - Levantamento das Informações Sócio-Econômicas	105
10.3.3.3 - Determinação dos Atributos e Escolha da Melhor Alternativa	106
10.3.3.4 - Calibração do Modelo	110
10.3.3.4.1 - Modelo Agregado	110
10.3.3.4.2 - Modelos Desagregados	112
10.3.4 - Determinação da Demanda por Cenário	115
10.3.5 - Análise de Custos e Receitas	121
10.3.6 - Análise dos Resultados	130
CAPÍTULO 11 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	147
ANEXO I - LEVANTAMENTOS DE PREFERÊNCIA DECLARADA	149

ANEXO II - LEVANTAMENTO DO VEÍCULO-PADRÃO	172
ANEXO III - RESULTADOS	174
BIBLIOGRAFIA	184

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2.1 - CONCEITO DE FLUXO DE PASSAGEIROS.....	6
FIGURA 2.2 - DISTRIBUIÇÕES TÍPICAS DO FLUXO DE PASSAGEIROS	8
FIGURA 2.3 - AJUSTAMENTO DA DISTRIBUIÇÃO DA DEMANDA DIÁRIA PELO MODELO DOS PERÍODOS TÍPICOS DE DEMANDA CONSTANTE	11
FIGURA 2.4 - AJUSTAMENTO DA DISTRIBUIÇÃO DA DEMANDA DIÁRIA PELO MODELO DE DEMANDA VARIÁVEL	11
FIGURA 2.5 - CONCEITO DA FLUTUAÇÃO ESPACIAL DA DEMANDA	12
FIGURA 3.1 - OCUPAÇÃO DO VEÍCULO-PADRÃO CONFORME O NÍVEL DE SERVIÇO	18
FIGURA 3.2 - LOTAÇÃO X FLUXO DE PASSAGEIROS	22
FIGURA 4.1 - CUSTOS DE TRANSPORTE	26
FIGURA 6.1 - ESQUEMA DA MODIFICAÇÃO INDUZIDA DA DISTRIBUIÇÃO DA DEMANDA DIÁRIA	46
FIGURA 6.2 - MODIFICAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DA DEMANDA COM O HORÁRIO ECONÔMICO	51
FIGURA 9.1 - DISTRIBUIÇÃO DA DEMANDA NO PICO DA MANHÃ - EXEMPLO	71
FIGURA 9.2 - DIVISÃO DA JORNADA EM PERÍODOS DE PICO - EXEMPLO	76
FIGURA 9.3 - MODELO DE FORMULÁRIO DE ENTREVISTA	83
FIGURA 9.4 - MODELO DE CARTÃO	85
FIGURA 10.1 - LINHA ABRAÃO - PICO DA MANHÃ (out/1997) - DISTRIBUIÇÃO DA DEMANDA NO CENÁRIO 0	94
FIGURA 10.2 - LINHA ABRAÃO - PICO DA MANHÃ (out/1997) - DETERMINAÇÃO DO PICO HORÁRIO DA MANHÃ	95

FIGURA 10.3 - LINHA ABRAÃO - PICO DA MANHÃ (out/1997) - TENDÊNCIA DO PICO HORÁRIO DA MANHÃ	95
FIGURA 10.4 - LINHA ABRAÃO - PICO DA MANHÃ (out/1997) - ALISAMENTO DA DISTRIBUIÇÃO DA DEMANDA DO CENÁRIO 0	96
FIGURA 10.5 - LINHA ABRAÃO - PICO DA MANHÃ (out/1997) - DISTRIBUIÇÃO DA DEMANDA - PAGAMENTO EM ESPÉCIE (PE)	99
FIGURA 10.6 - LINHA ABRAÃO - PICO DA MANHÃ (out/1997) - DISTRIBUIÇÃO PERCENTUAL DA DEMANDA - PAGAMENTO EM ESPÉCIE (PE)	99
FIGURA 10.7 - LINHA ABRAÃO - PICO DA MANHÃ (out/1997) - DISTRIBUIÇÃO DA DEMANDA - VALE-TRANSPORTE (VT)	100
FIGURA 10.8 - LINHA ABRAÃO - PICO DA MANHÃ (out/1997) - DISTRIBUIÇÃO PERCENTUAL DA DEMANDA - VALE- TRANSPORTE (VT)	100
FIGURA 10.9 - LINHA ABRAÃO - PICO DA MANHÃ (out/1997) -DISTRIBUIÇÃO DA DEMANDA - PASSE ESTUDANTE (ET)	101
FIGURA 10.10 - LINHA ABRAÃO - PICO DA MANHÃ (out/1997) - DISTRIBUIÇÃO PERCENTUAL DA DEMANDA - PASSE ESTUDANTE (ET)	101
FIGURA 10.11 - LINHA ABRAÃO - PICO DA MANHÃ (out/1997) - DISTRIBUIÇÃO DA DEMANDA - DESLOCAMENTO EVENTUAL (EV)	102
FIGURA 10.12 - LINHA ABRAÃO - PICO DA MANHÃ (out/1997) - DISTRIBUIÇÃO PERCENTUAL DA DEMANDA - DESLOCAMENTO EVENTUAL (EV)	102
FIGURA 10.13 - PROBABILIDADE DE ANTECIPAÇÃO (tec = 0,50; tne = 0,60)	118
FIGURA 10.14 - PROBABILIDADE DE ADIAMENTO (tec = 0,50; tne = 0,60)	119
FIGURA 10.15 - PROBABILIDADE DE PERMANÊNCIA (tec = 0,50; tne = 0,60)	120
FIGURA 10.16 - DISTRIBUIÇÃO DA DEMANDA NO CENÁRIO 1 (tec = 0,50; tne = 0,60)	124
FIGURA 10.17 - DISTRIBUIÇÃO DA DEMANDA NO CENÁRIO 2 (tec = 0,50; tne = 0,60)	124
FIGURA 10.18 - DISTRIBUIÇÃO DA DEMANDA NO CENÁRIO 3 (tec = 0,50; tne = 0,60)	125

FIGURA 10.19 - DISTRIBUIÇÃO DA DEMANDA NO CENÁRIO 4	
(tec = 0,50; tne = 0,60)	125
FIGURA 10.20 - DISTRIBUIÇÃO DA DEMANDA NO CENÁRIO 5	
(tec = 0,50; tne = 0,60)	126
FIGURA 10.21 - DISTRIBUIÇÃO DA DEMANDA NO CENÁRIO 6	
(tec = 0,50; tne = 0,60)	126
FIGURA 10.22 - DISTRIBUIÇÃO DA DEMANDA NO CENÁRIO 7	
(tec = 0,50; tne = 0,60)	127
FIGURA 10.23 - DISTRIBUIÇÃO DA DEMANDA NO CENÁRIO 8	
(tec = 0,50; tne = 0,60)	127
FIGURA 10.24 - DISTRIBUIÇÃO DA DEMANDA DA SOLUÇÃO 1	
(tec = 0,50; tne = 0,80)	143
FIGURA 10.25 - DISTRIBUIÇÃO DA DEMANDA DA SOLUÇÃO 2	
(tec = 0,50; tne = 0,70)	143
FIGURA 10.26 - DISTRIBUIÇÃO DA DEMANDA DA SOLUÇÃO 3	
(tec = 0,50; tne = 0,75)	144
FIGURA 10.27 - DISTRIBUIÇÃO DA DEMANDA DA SOLUÇÃO 4	
(tec = 0,45; tne = 0,80)	144
FIGURA 10.28 - DISTRIBUIÇÃO DA DEMANDA DA SOLUÇÃO 5	
(tec = 0,50; tne = 0,80)	145

LISTA DE QUADROS

QUADRO 3.1 - OCUPAÇÃO DO VEÍCULO-PADRÃO CONFORME O NÍVEL DE SERVIÇO	19
QUADRO 6.1 - SIMULAÇÃO DA MODIFICAÇÃO INDUZIDA DA DEMANDA	47
QUADRO 9.1 - DETERMINAÇÃO DOS CENÁRIOS DE HORÁRIO ECONÔMICO	78
QUADRO 10.1 - LINHA ABRAÃO - LEVANTAMENTO DA DEMANDA DO PICO DA MANHÃ - DIAS ÚTEIS (out/1997)	91
QUADRO 10.2 - LIMITES DOS PERÍODOS TÍPICOS	93
QUADRO 10.3 - LINHA ABRÃO - PICO DA MANHÃ (OUT/1997) - DETERMINAÇÃO DOS CENÁRIOS DO HORÁRIO ECONÔMICO	97
QUADRO 10.4 - LINHA ABRÃO - PICO DA MANHÃ (OUT/1997) - LEVANTAMENTO DA PARTICIPAÇÃO DO TIPO DE PASSAGEIRO	98
QUADRO 10.5 - CLASSES DE RENDA FAMILIAR	106
QUADRO 10.6 - FAIXAS DE VARIAÇÃO DA DEFASAGEM DE TEMPO	107
QUADRO 10.7 - ESPECIFICAÇÃO DOS CARTÕES - NÃO ESTUDANTES	108
QUADRO 10.8 - ESPECIFICAÇÃO DOS CARTÕES - ESTUDANTES	109
QUADRO 10.9 - FUNÇÕES UTILIDADE POR PERÍODO TÍPICO	113
QUADRO 10.10 - FUNÇÕES UTILIDADE POR TIPO DE PASSAGEIRO	114
QUADRO 10.11 - CÁLCULO DA FUNÇÃO UTILIDADE (tec = 0,50; tne = 0,60)	116
QUADRO 10.12 - PARTICIPAÇÃO COMPORTAMENTAL - MODELO LOGIT MULTINOMIAL (tec = 0,50; tne = 0,60)	117
QUADRO 10.13 - DISTRIBUIÇÃO DA DEMANDA POR CENÁRIO - TODA A POPULAÇÃO (tec = 0,50; tne = 0,60)	122
QUADRO 10.14 - DISTRIBUIÇÕES DA DEMANDA POR CENÁRIO - ESTUDANTES (tec = 0,50; tne = 0,60)	123

QUADRO 10.15 - PARÂMETROS OPERACIONAIS DO CENÁRIO 0	128
QUADRO 10.16 - DISTRIBUIÇÃO DA LOTAÇÃO DO VEÍCULO- PADRÃO POR CENÁRIO	131
QUADRO 10.17 - DETERMINAÇÃO DA RECEITA E DO CUSTO - TODOS OS CENÁRIOS (tec = 0,50; tne = 0,60)	132
QUADRO 10.18 - DETERMINAÇÃO DA RECEITA E DO CUSTO - CENÁRIO 1 (tec = 0,50; tne = 0,60)	133
QUADRO 10.19 - DETERMINAÇÃO DA RECEITA E DO CUSTO - CENÁRIO 2 (tec = 0,50; tne = 0,60)	134
QUADRO 10.20 - DETERMINAÇÃO DA RECEITA E DO CUSTO - CENÁRIO 3 (tec = 0,50; tne = 0,60)	135
QUADRO 10.21 - DETERMINAÇÃO DA RECEITA E DO CUSTO - CENÁRIO 4 (tec = 0,50; tne = 0,60)	136
QUADRO 10.22 - DETERMINAÇÃO DA RECEITA E DO CUSTO - CENÁRIO 5 (tec = 0,50; tne = 0,60)	137
QUADRO 10.23 - DETERMINAÇÃO DA RECEITA E DO CUSTO - CENÁRIO 6 (tec = 0,50; tne = 0,60)	138
QUADRO 10.24 - DETERMINAÇÃO DA RECEITA E DO CUSTO - CENÁRIO 7 (tec = 0,50; tne = 0,60)	139
QUADRO 10.25 - DETERMINAÇÃO DA RECEITA E DO CUSTO - CENÁRIO 8 (tec = 0,50; tne = 0,60)	140
QUADRO 10.26 - DETERMINAÇÃO DA RECEITA E DO CUSTO	141
QUADRO 10.27 - DISTRIBUIÇÃO DA DEMANDA DOS CENÁRIOS SELECIONADOS ...	142
QUADRO I.1 - RESULTADOS DO LEVANTAMENTO DE PREFERÊNCIA DECLARADA - PAGAMENTO EM ESPÉCIE	149
QUADRO I.2 - RESULTADOS DO LEVANTAMENTO DE PREFERÊNCIA DECLARADA - VALE-TRANSPORTE	155
QUADRO I.3 - RESULTADOS DO LEVANTAMENTO DE PREFERÊNCIA DECLARADA - ESTUDANTE	161

QUADRO I.4 - RESULTADOS DO LEVANTAMENTO DE PREFERÊNCIA DECLARADA - DESLOCAMENTO EVENTUAL	167
QUADRO II.1 - DETERMINAÇÃO DO VEÍCULO-PADRÃO	172
QUADRO II.2 - DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE DO VEÍCULO-PADRÃO	173
QUADRO III.1 - DETERMINAÇÃO DA RECEITA E DO CUSTO (tec = 0,30; tne = 0,60)	174
QUADRO III.2 - DETERMINAÇÃO DA RECEITA E DO CUSTO (tec = 0,35; tne = 0,60)	174
QUADRO III.3 - DETERMINAÇÃO DA RECEITA E DO CUSTO (tec = 0,40; tne = 0,60)	175
QUADRO III.4 - DETERMINAÇÃO DA RECEITA E DO CUSTO (tec = 0,45; tne = 0,60)	175
QUADRO III.5 - DETERMINAÇÃO DA RECEITA E DO CUSTO (tec = 0,50; tne = 0,60)	176
QUADRO III.6 - DETERMINAÇÃO DA RECEITA E DO CUSTO (tec = 0,35; tne = 0,65)	176
QUADRO III.7 - DETERMINAÇÃO DA RECEITA E DO CUSTO (tec = 0,40; tne = 0,65)	177
QUADRO III.8 - DETERMINAÇÃO DA RECEITA E DO CUSTO (tec = 0,45; tne = 0,65)	177
QUADRO III.9 - DETERMINAÇÃO DA RECEITA E DO CUSTO (tec = 0,50; tne = 0,65)	178
QUADRO III.10 - DETERMINAÇÃO DA RECEITA E DO CUSTO (tec = 0,35; tne = 0,70)	178
QUADRO III.11 - DETERMINAÇÃO DA RECEITA E DO CUSTO (tec = 0,40; tne = 0,70)	179
QUADRO III.12 - DETERMINAÇÃO DA RECEITA E DO CUSTO (tec = 0,45; tne = 0,70)	179

QUADRO III.13 - DETERMINAÇÃO DA RECEITA E DO CUSTO	
(tec = 0,50; tne = 0,70)	180
QUADRO III.14 - DETERMINAÇÃO DA RECEITA E DO CUSTO	
(tec = 0,40; tne = 0,75)	180
QUADRO III.15 - DETERMINAÇÃO DA RECEITA E DO CUSTO	
(tec = 0,45; tne = 0,75)	181
QUADRO III.16 - DETERMINAÇÃO DA RECEITA E DO CUSTO	
(tec = 0,50; tne = 0,75)	181
QUADRO III.17 - DETERMINAÇÃO DA RECEITA E DO CUSTO	
(tec = 0,40; tne = 0,80)	182
QUADRO III.18 - DETERMINAÇÃO DA RECEITA E DO CUSTO	
(tec = 0,45; tne = 0,80)	182
QUADRO III.19 - DETERMINAÇÃO DA RECEITA E DO CUSTO	
(tec = 0,50; tne = 0,80)	183

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

1.1 - ORIGEM DO TRABALHO

É grande hoje no Brasil a preocupação com a melhoria dos serviços de transporte público de passageiros das cidades, especialmente no tocante ao aumento da qualidade e da produtividade destes sistemas. Esta questão se tornou imperativa após a implantação do Plano Real, cuja consequência no Transporte Urbano tem sido o aumento dos níveis de congestionamento de veículos de maneira generalizada no país e, em particular, nas grandes cidades, onde a ampliação da infra-estrutura viária não tem acompanhado o crescimento acelerado da demanda. Esta situação é agravada nos horários de pico, nos quais a demanda é na maioria dos casos altamente concentrada, em contraste com o que ocorre no restante do dia. A elevada demanda de pico, por sua vez, exige uma oferta de transporte proporcional, em termos de frequência de viagens e frota, na tentativa, muitas vezes frustrada, de assegurar um transporte de boa qualidade ao usuário do serviço. Desta maneira, uma parcela expressiva do custo total de transporte destina-se a pagar o excedente de oferta nos horários do pico. Considerando que a tarifa é determinada com base no custo médio por passageiro e que é constante ao longo da jornada, os passageiros do pico, responsáveis pelo custo excedente, recebem um subsídio cruzado daquele outros que se deslocam fora dos picos.

Para contornar o problema da concentração da demanda nos picos, muitas cidades adotaram o chamado *escalonamento de horários*, em que os horários de início de todas atividades urbanas são defasados por imposição legal, modelo nem sempre bem aceito pela comunidade. Uma alternativa pouco estudada e que está restrita ao Sistema de Transporte Público de Passageiros é o modelo do Horário Econômico, no qual se estabelece como política tarifária um valor variável ao longo do dia, maior nos picos e menor nos demais períodos, de maneira a induzir uma certa quantidade de usuários a viajar antes ou depois dos horários mais congestionados, reduzindo assim a concentração da demanda e os custos. A vantagem adicional deste modelo é possibilitar um melhor ajustamento entre tarifas e custos. Existe ainda uma vantagem marginal, que é atenuar os níveis de congestionamento de veículos no pico.

1.2 - OBJETIVO DO TRABALHO

O objetivo deste trabalho é estabelecer um modelo de determinação do **Horário Econômico**, ou seja, dos horários inicial e final de cada **Período Econômico** e dos valores

tarifários nos horários de pico e de vale. Além da modelagem matemática propriamente dita, também é objeto o desenvolvimento de uma metodologia de levantamento das informações pertinentes.

1.3 - IMPORTÂNCIA DO TRABALHO

Com o estabelecimento do modelo de determinação do Horário Econômico, os técnicos em Planejamento de Transportes Urbanos passam a contar com uma ferramenta eficaz e eficiente para possibilitar o aumento da produtividade do setor, através da redução dos custos de operação do Sistema de Transporte Público de Passageiros. Além disso, a nova técnica permitirá evitar o estabelecimento dos parâmetros do Horário Econômico por *tentativa e erro*, o que sempre implica desperdício de recursos financeiros e humanos e desgaste político.

1.4 - METODOLOGIA DO TRABALHO

O trabalho engloba cinco grandes etapas:

- Definição da sub-área do Sistema de Transporte Público de Passageiros a ser estudada, que é a Política Tarifária;
- Levantamento bibliográfico relacionado com o tema;
- Desenvolvimento do modelo de acordo com o objetivo pretendido;
- Levantamento das informações de entrada do modelo desenvolvido, a partir de uma pesquisa em uma linha típica do Sistema de Transporte Público de Passageiros de uma cidade de porte médio;
- Conclusões e recomendações.

1.5 - ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho é constituído de onze capítulos e três anexos, em que são abordados os aspectos descritos sucintamente a seguir:

- **Capítulo 1:** introdução do trabalho, destacando os motivos que levaram a sua elaboração e seu objetivo, a sua importância para a sociedade, a metodologia adotada e sua estrutura ;

- **Capítulo 2:** análise das características da demanda de passageiros do Sistema de Transporte Público de Passageiros, onde são descritos o princípio básico de sua obtenção e os modelos de estimação atualmente em utilização no país, o dos Períodos Típicos de Demanda Constante e o de Demanda Variável;
- **Capítulo 3:** análise das características da oferta de transporte, que são o veículo-padrão, o nível de serviço e a programação operacional, e dos modelos de determinação atualmente em utilização no país, o dos Períodos Típicos de Demanda Constante e o de Demanda Variável;
- **Capítulo 4:** análise da estrutura dos custos incorridos na operação do Sistema de Transporte Público de Passageiros, conforme são calculados no Brasil, e em particular, dos custos por quilômetro e por passageiro;
- **Capítulo 5:** descrição das diversas formas de Política Tarifária utilizadas no país, considerando as receitas extra-tarifárias do Sistema e os modelos de tarifação - Tarifa por Quilômetro, Tarifa Única, Tarifa Social, Tarifa por Deslocamento e Tarifa Econômica;
- **Capítulo 6:** conceito de modificação induzida da distribuição da demanda e descrição dos modelos existentes, o Horário Escalonado de Trabalho e o Horário Econômico no Transporte Coletivo;
- **Capítulo 7:** descrição dos métodos de Preferência Declarada, utilizados para o levantamento das informações de entrada;
- **Capítulo 8:** descrição dos modelos de Análise Discreta, utilizados na formulação do modelo, com ênfase no modelo Logit Multinomial;
- **Capítulo 9:** descrição do modelo proposto de determinação do Horário Econômico, que inclui a formulação do problema, a descrição dos modelos de distribuição da demanda e de seu comportamento, a determinação dos cenários alternativos para análise, a metodologia do levantamento de informações (*preferências declarada e revelada*) e a determinação da oferta;
- **Capítulo 10:** aplicação do modelo proposto no pico da manhã de uma linha de transporte coletivo por ônibus, considerada como típica, de uma cidade de porte médio, onde são analisadas as principais características da linha escolhida e detalhadas a calibração do modelo comportamental, a determinação da demanda de cada cenário, o cálculo da oferta correspondente e a escolha da melhor alternativa;
- **Capítulo 11:** conclusões do trabalho e recomendações para o aperfeiçoamento do modelo proposto;

- **Anexo I:** transcrição das informações de preferência declarada levantadas em campo;
- **Anexo II:** transcrição das informações sobre a frota utilizada na linha estudada;
- **Anexo III:** detalhamento dos parâmetros operacionais e financeiros de todas as alternativas consideradas.

CAPÍTULO 2 - ANÁLISE DA DEMANDA DE PASSAGEIROS

2.1 - INTRODUÇÃO

A demanda de um modo de transporte de passageiros é definida, neste trabalho, como a quantidade de pessoas que dele se utilizam durante um período (anual, mensal, semanal ou diário) ou ao longo de uma distância (por quilômetro ou até mesmo no espaço entre dois pontos de parada consecutivos).

As características da demanda são estudadas pela análise de sua variação ao longo do tempo e do espaço, o que pode ser chamado, respectivamente, de *flutuação temporal da demanda* e *flutuação espacial da demanda*. Neste trabalho, serão consideradas as distribuições da demanda durante a jornada de um dia útil (temporal) e ao longo do itinerário de uma linha de ônibus (espacial).

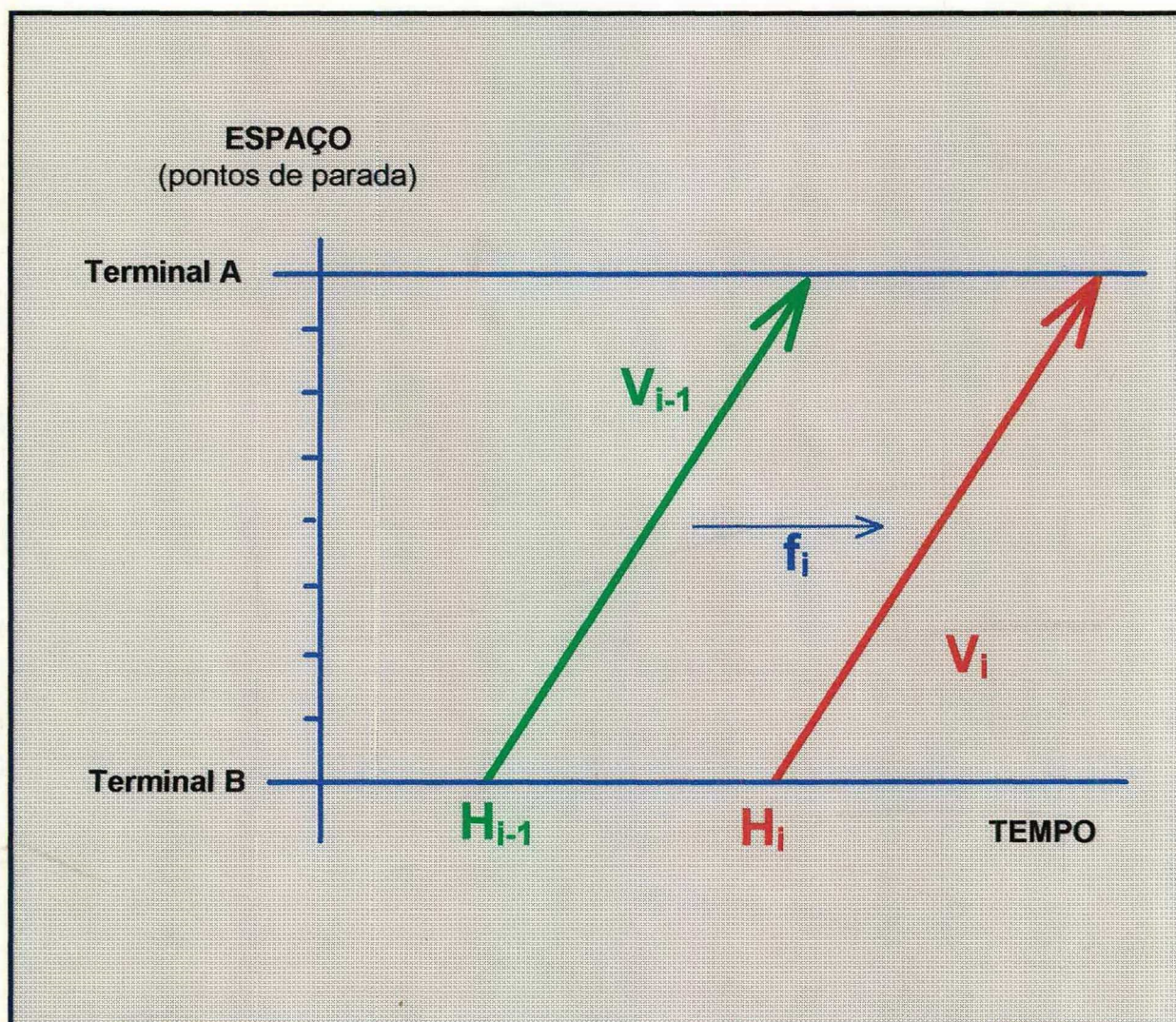
2.2 - FLUTUAÇÃO TEMPORAL DA DEMANDA

2.2.1 - Princípios Básicos

A determinação dessa distribuição é feita a partir da quantidade de passageiros transportados em cada viagem e do intervalo de tempo entre os horários de partida de todos os conjuntos de duas viagens consecutivas de um dia útil típico. Para efeitos deste trabalho, considera-se a demanda de um dia útil típico a quantidade média de passageiros transportados por viagem ao longo de um determinado mês. Isto se justifica pela sazonalidade da demanda ao longo dos meses do ano.

De acordo com a metodologia descrita por **FREITAS** (1985, p.13), considere-se a i -ésima viagem de uma linha de transporte coletivo em um dia útil típico. Admitindo-se que a viagem anterior, de ordem $i-1$, tenha coletado todos os usuários que se encontravam no terminal de origem e em todos os pontos de parada ao longo do itinerário da linha e ainda que os veículos deslocam-se com velocidade constante, então os passageiros transportados na viagem i foram acumulando-se no intervalo de tempo ΔH_i , (min), entre ambas, conforme mostrado na Figura 2.1.

Como ΔH_i é constante durante a viagem i , seu valor pode ser obtido por diferenças, considerando os horários de início da viagem i - H_i (min) e da viagem anterior, H_{i-1} (min), ou seja:



FONTE: FREITAS, 1985

FIGURA 2.1
CONCEITO DE FLUXO DE PASSAGEIROS

$$\Delta H_i = H_i - H_{i-1} \quad (i > 1) \quad (2.1)$$

Admitindo-se que os usuários cheguem aos pontos de parada de maneira regular, pode-se então definir o **fluxo de passageiros** - F_i (passageiros/min) entre duas viagens consecutivas como sendo a relação entre o total de passageiros transportados na viagem i - PT_i e o intervalo entre os horários de partida das viagens i e $i-1$ (FREITAS, 1985, p. 13), ou seja:

$$F_i = \frac{PT_i}{\Delta H_i} \quad (\Delta H_i > 0) \quad (2.2)$$

Ocorrendo a saída simultânea de dois ou mais veículos, a expressão 2.2 não pode ser utilizada devido à restrição. Considera-se então que o total de passageiros das duas ou mais viagens originais são transportados em apenas uma viagem hipotética. Assim, tem-se, para n intervalos nulos consecutivos:

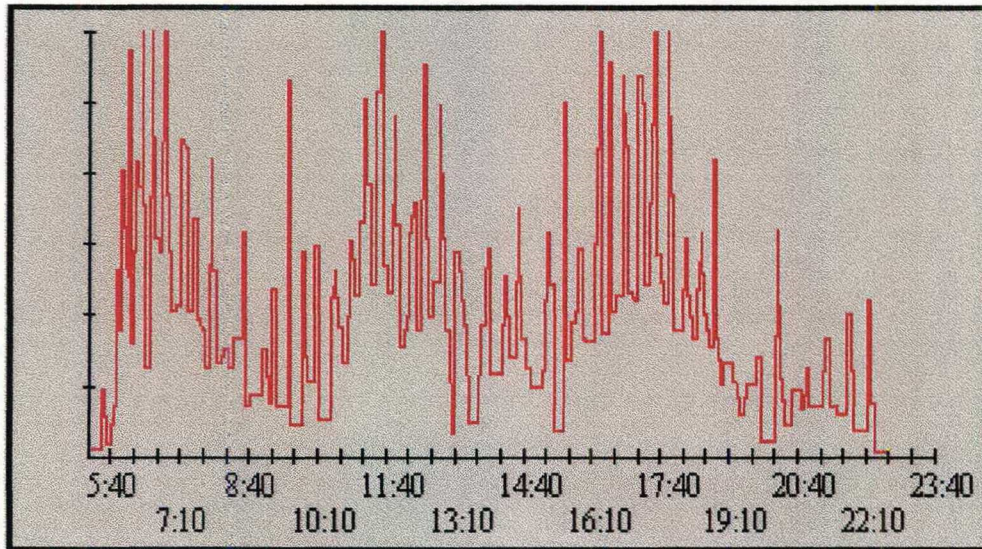
$$F_i = \frac{\sum_{k=i}^{i+n} PT_k}{\Delta H_i} \quad (\Delta H_{i+1} = \dots = \Delta H_{i+n} = 0) \quad (2.3)$$

A distribuição do fluxo de passageiros ao longo de um dia útil típico corresponde à **distribuição da demanda diária**, que é típica no curto prazo (em muitos casos, também no médio prazo), ou seja, apresenta uma forma aproximadamente constante.

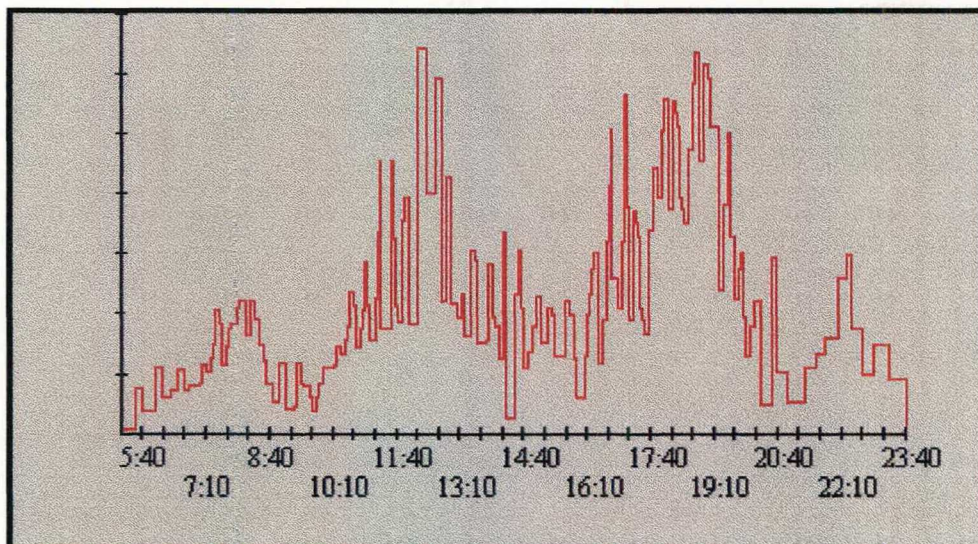
2.2.2 - Distribuição da Demanda Diária

A Figura 2.2 mostra as distribuições da demanda diária típicas nos dois sentidos de uma linha radial de uma cidade de porte médio, ao longo de um dia útil. Observe-se primeiramente a grande irregularidade das distribuições, o que se deve ao fato de a oferta não estar ajustada à demanda observada, à aleatoriedade da chegada dos passageiros aos pontos de parada (contrariamente à hipótese formulada de regularidade) e ainda à variabilidade do tempo de viagem (igualmente contrário à premissa inicial).

Apesar disto, pode-se distinguir nitidamente a existência de intervalos em que a demanda de passageiros é mais expressiva e outros em que ela é bastante reduzida. Aqueles em que o fluxo é maior são chamados de **períodos de pico**, enquanto os de demanda reduzida, **períodos de vale**. Estes últimos são também conhecidos como **entrepicos**, quando ocorrem entre dois picos, ou **fora-de-pico**, antes do pico da manhã ou depois do pico da tarde.



(a) SENTIDO BAIRRO-CENTRO



(b) SENTIDO CENTRO-BAIRRO

FONTE: CRUZ e CANCIAN, 1996

FIGURA 2.2
DISTRIBUIÇÕES TÍPICAS DO FLUXO DE PASSAGEIROS

No exemplo considerado, os picos são bem pronunciados, o que evidencia a rigidez dos horários de início das principais atividades da cidade. Observe-se na Figura 2.2 (a), em que o fluxo de passageiros representa a demanda no sentido bairro-centro, que o pico da manhã ocorre por volta das 7h, refletindo a movimentação de trabalhadores (e estudantes) que provavelmente iniciarão seu serviço (ou estudo) às 8h. Muitos voltam para casa ao meio-dia para o almoço - Figura 2.2 (b), retornando ao trabalho (ou estudo) às 13h - Figura 2.2 (a). Finalmente, voltam novamente para casa, ao final do expediente, às 18h - Figura 2.2 (b). Pode-se também notar um movimento menor no sentido inverso (pela manhã e à tarde), o que evidencia a existência de uma oferta de empregos ou vagas para estudo no bairro. Por fim, observa-se o deslocamento de pessoas por volta das 22h, no sentido centro-bairro, referente ao retorno de atividades de estudo e lazer noturnos.

Entretanto, a distribuição da demanda diária altera-se de acordo com a linha, com o uso do solo, com o porte da cidade e com o dia da semana. Linhas de longa distância costumam apresentar demanda menores, o que se reflete na magnitude dos picos, além de raramente existir pico no horário do almoço; bairros com uso misto (residencial e industrial, por exemplo) geralmente apresentam picos nos dois sentidos; na maioria das cidades de pequeno e médio portes os picos são bem pronunciados, enquanto nas maiores é menor a relação entre os fluxos de passageiros nos picos e nos vales; aos sábados, o pico da manhã é mais pronunciado do que o da tarde; aos domingos, dificilmente os picos são evidentes, o que mostra a elevada correlação entre o motivo da viagem e a existência de picos.

2.2.3 - Ajustamento da Distribuição da Demanda Diária

A oferta para atender as necessidades de deslocamento da população deve ser calculada considerando todas as peculiaridades da linha e, portanto, de acordo com a distribuição da demanda. Para tanto, deve-se gerar uma estimativa que reflita a tendência geral do fluxo de passageiros, reduzindo-se os erros aleatórios e aqueles decorrentes da inadequação dos horários. Existem dois modelos de ajustamento da distribuição da demanda diária em uso no Brasil: dos **períodos típicos de demanda constante** e de **demanda variável**.

O primeiro modelo é baseado na determinação dos limites dos chamados **períodos típicos**, nos quais a demanda é admitida como constante e igual à média do fluxo de passageiros. Os períodos podem ter duração constante (geralmente de uma hora) ou variável, com limites definidos pela visualização da distribuição da demanda diária observada. No primeiro caso pode ocorrer, dependendo dos horários em que estão contidos, a divisão dos picos em períodos diferentes, resultando médias menores e, portanto, a projeção de uma oferta inferior à demanda. Em caso de duração variável, o simples fato de a divisão dos

períodos ser feita pela observação do gráfico já assegura uma precisão maior. Porém, se o número de períodos ao longo do dia for pequeno (e, conseqüentemente, de longa duração), a média do fluxo pode não representar adequadamente as necessidades de deslocamento da população. Por outro lado, se os períodos forem de curta duração (e em grande quantidade), este efeito fica reduzido. Alternativamente, pode-se definir a demanda de cada período típico como a soma dos passageiros transportados em todas as viagens com horário de início dentro deste intervalo.

No modelo de demanda variável, a curva original é submetida a um alisamento de dez minutos, o que corresponde à divisão da distribuição em períodos típicos de 10 min, e posteriormente à aplicação do método de médias móveis centradas de sete pontos (CRUZ, 1991, p. 40 a 48). O resultado é uma distribuição contínua que reflete com grande precisão a tendência da distribuição da demanda diária.

Nas Figuras 2.3 e 2.4 são mostrados exemplos das estimativas obtidas com a utilização dos dois modelos.

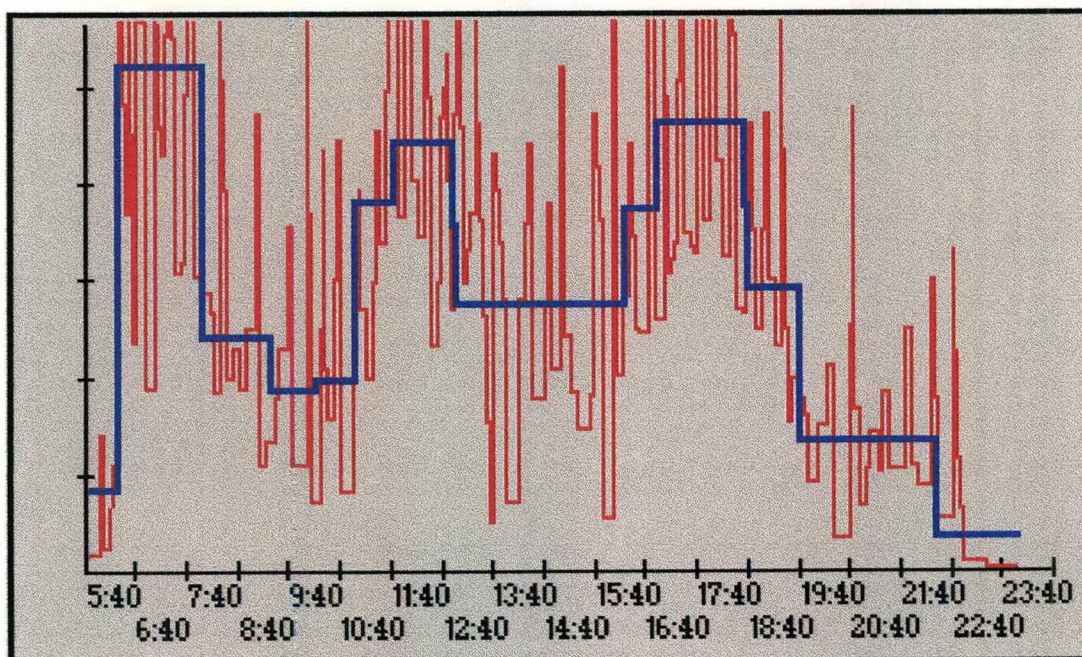
2.3 - FLUTUAÇÃO ESPACIAL DA DEMANDA

A flutuação espacial da demanda mostra a variação da quantidade de passageiros, a **ocupação**, nos trechos compreendidos entre dois pontos de parada consecutivos. As informações correspondentes podem ser obtidas pela observação dos embarques e desembarques de passageiros em cada ponto de parada, inclusive nos terminais, chegando-se às ocupações por diferenças (saldo).

A Figura 2.5 mostra o princípio básico desta formulação. O gráfico representa os valores acumulados de embarque e desembarque de passageiros em cada ponto de parada. O trecho hachurado corresponde à ocupação máxima e é denominado **trecho crítico**. Geralmente a **ocupação crítica** - OC_i (passageiros) de uma viagem i é menor do que o total de passageiros nela transportados, o que significa que nem todos eles estavam no interior do veículo ao mesmo tempo. Isto sugere que se dimensione a linha pela ocupação ao invés da quantidade total de passageiros transportados - PT_i , evitando-se assim o seu superdimensionamento, o que representa economia de recursos. Essa rotatividade de passageiros é medida pelo **índice de renovação** - IR_i , dado por:

$$IR_i = \frac{PT_i}{OC_i} \quad (IR_i \geq 1) \quad (2.4)$$

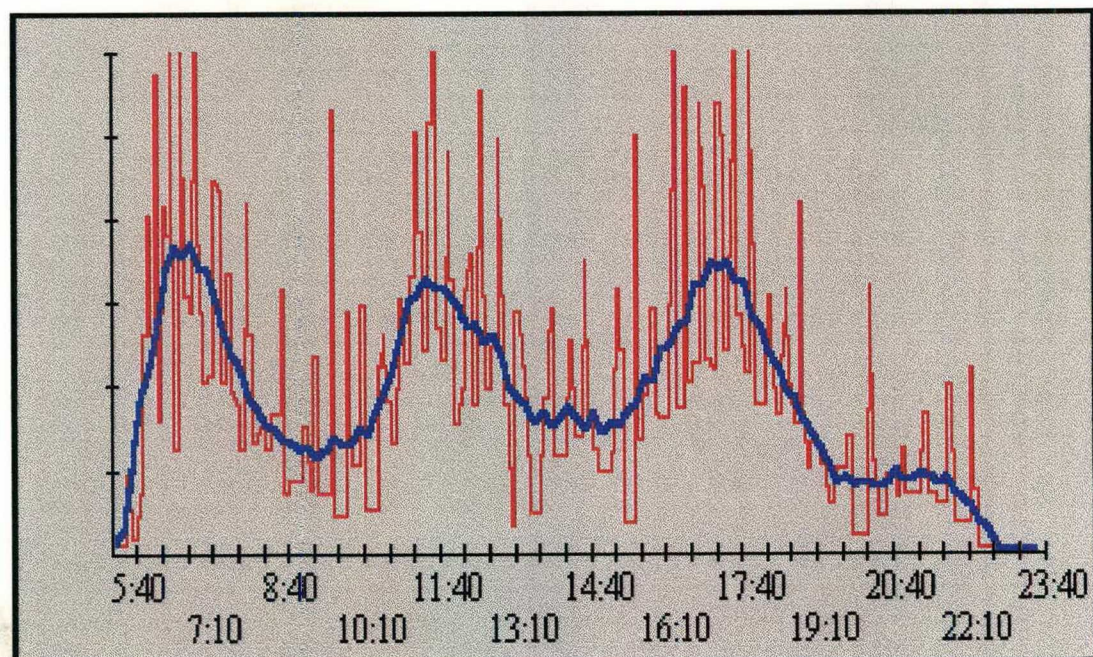
Desta maneira, pode-se definir o **fluxo de ocupação** no instante k - F'_k (pass/min), que é a distribuição da demanda diária - F_k (pass/min) corrigida pelo índice de renovação, ou seja:



FONTE: CRUZ e CANCIAN, 1996

FIGURA 2.3

**AJUSTAMENTO DA DISTRIBUIÇÃO DA DEMANDA DIÁRIA PELO
MODELO DOS PERÍODOS TÍPICOS DE DEMANDA CONSTANTE**



FONTE: CRUZ e CANCIAN, 1996

FIGURA 2.4

**AJUSTAMENTO DA DISTRIBUIÇÃO DA DEMANDA DIÁRIA
PELO MODELO DE DEMANDA VARIÁVEL**

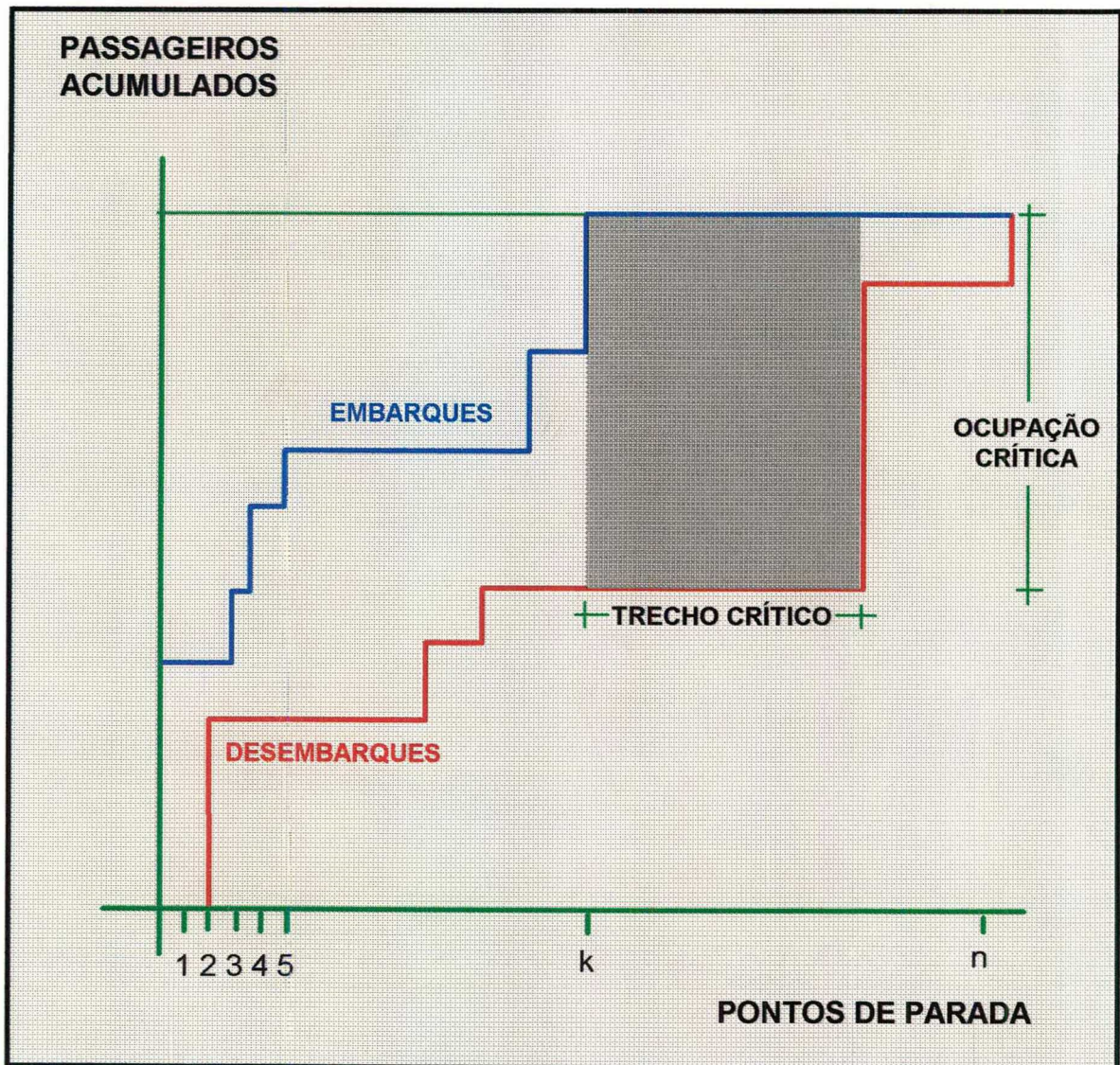


FIGURA 2.5
CONCEITO DA FLUTUAÇÃO ESPACIAL DA DEMANDA

$$F'_k = \frac{F_k}{IR_k} \quad (IR_i \geq 1) \quad (2.5)$$

O índice de renovação depende das características da linha, como o tipo de operação e as condições de ocupação do solo ao longo do itinerário, conforme testes realizados em linhas de diversas cidades do Brasil (CRUZ, 1991, p. 49 a 53), podendo ser utilizado o índice de renovação médio de todas as viagens - **IRM**, dado por:

$$IRM = \frac{\sum PT_i}{\sum OC_i} \quad (IRM \geq 1) \quad (2.6)$$

Em operações expressas (sem pontos de parada intermediários), o **IRM** assume seu valor mínimo, igual à unidade, o que significa que as quantidades de passageiros transportados no trecho crítico e em toda a viagem são sempre iguais, não havendo renovação. Nas linhas com dois terminais de ponta (radiais, diametrais e periféricas), o **IRM** tende a situar-se entre 1,0 e 1,2 (renovação de 20%), enquanto nas linhas com apenas um terminal de controle (circulares, radiais-circulares, diametrais-circulares e periféricas-circulares) costuma apresentar valores mais elevados, acima de 2,0. A implantação de geradores de tráfego como empresas, colégios e conjuntos habitacionais e/ou comerciais ao longo do itinerário tende a elevar o **IRM**.

2.4 - LEVANTAMENTO DAS INFORMAÇÕES

Para que a metodologia de análise da demanda descrita nos itens anteriores tenha consistência e reflita a realidade, é necessário que os levantamentos das informações básicas sejam precisos e confiáveis.

A flutuação temporal da demanda (diária) é obtida através da **pesquisa de catracas** ou do **levantamento de encerrantes**. O primeiro caso consiste em levantar, para cada viagem de um dia típico de operação de uma linha, os horários de partida e de chegada dos veículos e os registros de catracas inicial e final, com pesquisadores postados nos terminais. Pelo alto custo, geralmente tem característica eventual e irregular. O levantamento de encerrantes baseia-se num documento que na maioria dos sistemas é exigido do operador e que leva este nome (muitas vezes é conhecido como boletim de controle da operação, além de inúmeras variações regionais). Ali são registradas, entre outras, as mesmas informações da pesquisa de catracas, com menos precisão a depender do grau de fiscalização, mas de frequência diária, o que permite maior confiabilidade estatística. Como se pode observar, estes levantamentos são extremamente simples e fornecem todas as informações necessárias para a determinação da flutuação temporal da demanda diária.

Obtém-se a flutuação espacial da demanda através da **pesquisa de embarque e desembarque** (ou **sobe/desce**). É realizada por pelo menos dois pesquisadores em cada viagem, um postado junto à porta de embarque e o(s) outro(s) na(s) de desembarque, que anotam a quantidade de passageiros que embarcam (+) ou desembarcam (-) em cada ponto de parada, inclusive nos terminais; o maior saldo verificado de todos os trechos do percurso corresponde à quantidade de passageiros no trecho crítico, necessário para a determinação do índice de renovação. Como este depende da ocupação do solo da área de abrangência da linha, este levantamento tem um caráter muito eventual, podendo ser realizado uma vez por ano ou quando for implantado algum equipamento gerador de tráfego expressivo na região ou alterado o tipo de operação.

CAPÍTULO 3 - ANÁLISE DA OFERTA DE TRANSPORTE

3.1 - INTRODUÇÃO

A oferta de transporte público de passageiros por ônibus é constituída de um conjunto de especificações que definem a qualidade do serviço posto à disposição do público usuário de uma linha. Estas especificações podem ser reunidas em três grupos, quais sejam:

- **Veículo-Padrão**, que corresponde às características tecnológicas do veículo adotado, principalmente em relação à sua capacidade de transporte de passageiros;
- **Nível de serviço**, que se refere ao grau de conforto que se pretende oferecer aos passageiros;
- **Programação Operacional**, que compreende o quadro de horários das viagens de um dia típico, a frota necessária para a operação da linha e a programação de cada veículo para este dia típico.

3.2 - VEÍCULO-PADRÃO

O veículo-padrão ou veículo de projeto é um agente limitador da quantidade de passageiros que podem ser transportados em cada viagem. Existem em utilização no Brasil diversos tipos de ônibus e um grande número de marcas e modelos. Os tipos mais frequentes (e a respectiva capacidade média aproximada) são os seguintes:

- **Microônibus** (25 ou 40 passageiros)¹;
- **Ônibus Leve** (75 passageiros);
- **Ônibus Pesado** (105 passageiros);
- **Ônibus Articulado** (150 passageiros);
- **Ônibus Bi-Articulado** (250 passageiros).

Para um mesmo volume de passageiros, quanto maior for a capacidade do veículo-padrão adotado, tanto menor é a quantidade de viagens necessárias, considerando o mesmo período. Na realidade, a escolha da tecnologia pode ser determinada pelo intervalo mínimo resultante do cálculo da programação com a utilização de um ou outro tipo de ônibus: intervalos inferiores a três minutos podem trazer problemas de congestionamento de veículos

¹ Depende do tipo de serviço: no primeiro caso, para o transporte executivo ou seletivo (apenas passageiros sentados); no segundo, para o transporte convencional (com passageiros em pé).

nos terminais e devem ser evitados, o que implica a utilização de um veículo de maior capacidade, mantido o nível de serviço (TTC, 1988, v.6, p. 34 e 37).

A capacidade de cada tipo de veículo varia conforme a disposição e a quantidade de assentos e por esta razão os valores acima são aproximados. Linhas de longo percurso (e com tempos de viagem elevados) exigem um espaço menor para passageiros em pé e um maior número de assentos; nas linhas curtas, não existe tanta necessidade de lugares sentados e muitas vezes é importante um grande espaço para passageiros em pé, a fim de aumentar sua capacidade nominal nos períodos de pico e, conseqüentemente, evitar a troca de tecnologia (por veículos maiores).

3.3 - NÍVEL DE SERVIÇO

Entende-se por nível de serviço o grau de conforto que se deseja oferecer ao usuário durante a viagem, o que corresponde à quantidade máxima de passageiros que podem ser transportados de cada vez pelo veículo-padrão, chamada de *lotação*. A lotação não implica apenas questões de conforto (qualidade), mas influencia diretamente os valores da quantidade de viagens e da frota necessárias para a operação da linha e, conseqüentemente, os custos de operação (produtividade).

Os níveis de serviço (NS) são expressos através de letras, de **A** até **F**, podendo ser considerados também, teoricamente, os níveis F_1 a F_4 . De acordo com esta escala, o **NS A** corresponde ao transporte de passageiros somente sentados, como ocorre no chamado *transporte seletivo* ou *executivo* ou em linhas que exigem um elevado tempo de percurso. No outro extremo, pode-se admitir um certo grau de superlotação em linhas de pequena extensão durante os períodos de pico, desde que de curta duração, devido por exemplo a limitações de frota a curto prazo (TTC, 1988, v.6 p. 40 a 43).

Como a lotação do veículo-padrão é no mínimo igual à quantidade de assentos, o grau de conforto dos demais níveis de serviço pode ser expresso em função da quantidade máxima de passageiros que viajam em pé. Assim, chamando de **AST** a lotação mínima, correspondente à quantidade de assentos do veículo-padrão (passageiros), e de **pp** a quantidade máxima admitida de passageiros em pé, a lotação do veículo-padrão - **It** para um determinado nível de serviço (passageiros) é dada por:

$$It = AST + pp \quad (3.1)$$

Entretanto, não se pode atribuir para a quantidade de passageiros em pé apenas um valor constante para cada nível de serviço, uma vez que, conforme já mencionado,

existe uma variedade grande de tipos e modelos de ônibus. Por esta razão, prefere-se correlacionar a lotação com a área (*útil*) disponível para os passageiros em pé - A (m^2), que é uma característica do veículo-padrão, e com a ***densidade de passageiros em pé*** - δ (passageiros/ m^2), indicador do nível de serviço. Assim, a expressão (3.1) passa a ser a seguinte:

$$It = AST + \delta.A \quad (3.2)$$

A densidade de passageiros em pé, por sua vez, como varia de acordo com o nível de serviço, pode ser determinada pela seguinte expressão, em que n é o valor numérico indicador do nível de serviço, conforme a escala abaixo (CRUZ, 1991, p.55 a 58):

$$\delta = 1,5 n \quad (3.3)$$

NS	A	B	C	D	E	F
n	0	1	2	3	4	5

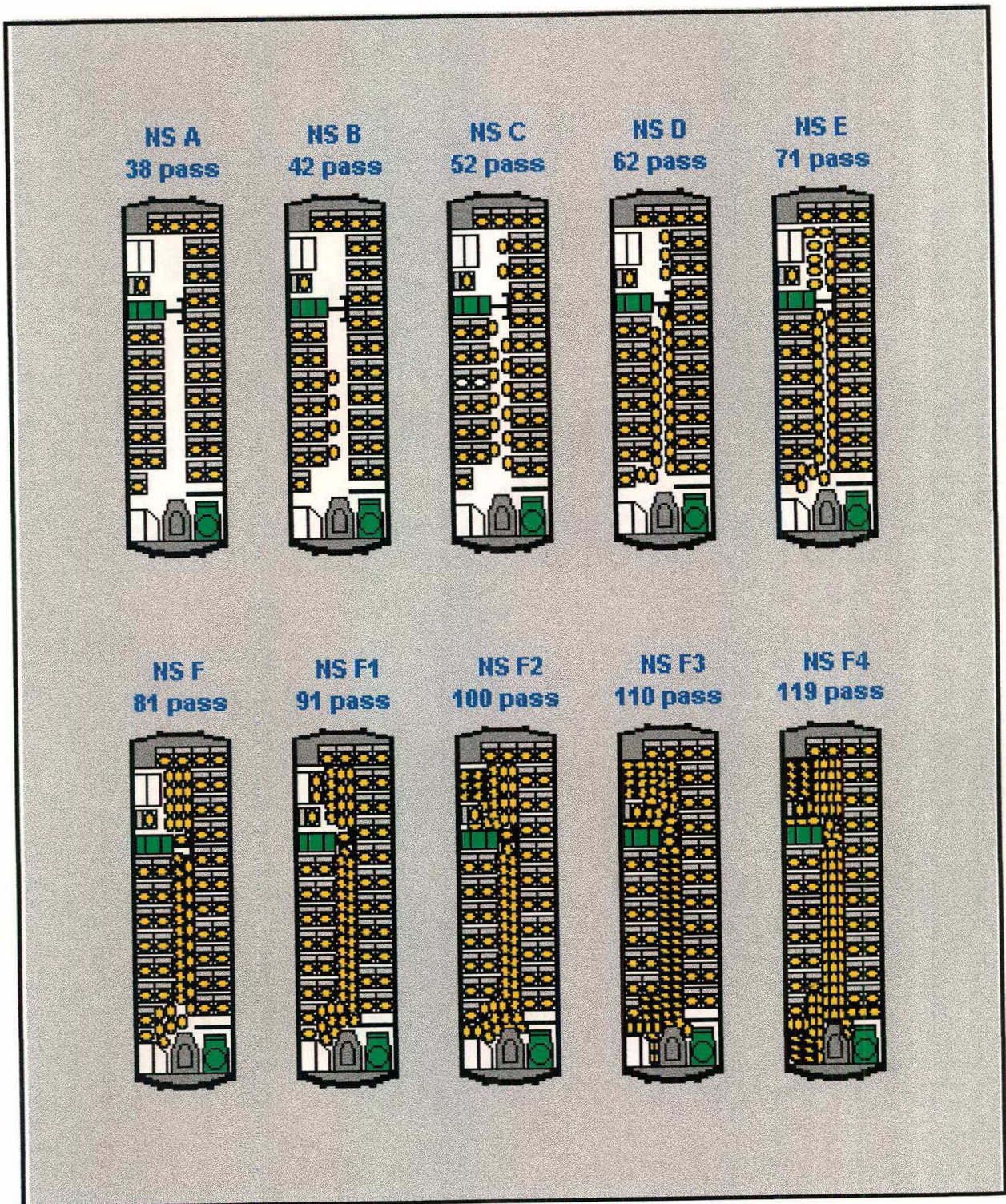
Combinando (3.2) e (3.3):

$$It = AST + 1,5 n.A \quad (3.4)$$

A Figura 3.1 mostra uma simulação da ocupação conforme o nível de serviço (do NS A até o NS F₄), considerando um veículo-padrão com 38 assentos e uma área útil de 5,3 m^2 (FREITAS, 1985, p.52). Ressalte-se que as lotações adotadas para esta simulação não correspondem aos valores resultantes da aplicação da expressão (3.3), uma vez que Freitas não considera a proporcionalidade entre a densidade de passageiros em pé e o nível de serviço, estabelecida pela TTC (1988, v.6, p.27) e reiterada por CRUZ (1991, p. 55 a 58). O Quadro 3.1 apresenta a qualidade do serviço associada a cada nível de serviço e o cálculo das respectivas lotações, considerando o veículo-padrão de FREITAS - VP₁, e de um segundo veículo, com 70 assentos e 10,5 m^2 de área útil - VP₂, para efeitos de comparação.

No transporte urbano é comum atribuírem-se NS menos confortáveis nos horários de pico, não apenas para redução de custos, mas também para evitar intervalos muito pequenos, inferiores a três minutos. Para os horários de vale o conforto considerado é maior, a fim de que não resultem intervalos grandes, maiores do que o intervalo máximo admissível. Desta forma, pode-se estabelecer uma escala de níveis de serviço para os vales, dado o NS de projeto, que é adotado nos picos, como a seguinte:

NS NO PICO	A	B	C	D	E	F
NS NO VALE	A	A	A	B	C	D



FONTE: FREITAS, 1985

FIGURA 3.1

OCUPAÇÃO DO VEÍCULO-PADRÃO CONFORME O NÍVEL DE SERVIÇO

QUADRO 3.1
OCUPAÇÃO DO VEÍCULO-PADRÃO CONFORME O NÍVEL DE SERVIÇO

NS	QUALIDADE DO SERVIÇO	DENSIDADE DE OCUPAÇÃO (pass/m ²)	LOTAÇÃO (pass)	
			VP ₁	VP ₂
A	Excelente	0,0	38	70
B	Ótimo	1,5	46	86
C	Bom	3,0	54	102
D	Regular	4,5	62	117
E	Ruim	6,0	70	133
F	Péssimo	7,5	78	149
F ₁	Lotado	9,0	86	165
F ₂	Superlotado	10,5	94	180
F ₃	-	12,0	102	196
F ₄	-	13,5	110	212

Obs: VP₁: 38 assentos e área útil de 5,3 m²;

VP₂: 70 assentos e área útil de 10,5 m².

3.4 - PROGRAMAÇÃO OPERACIONAL

A programação operacional corresponde aos resultados do chamado **dimensionamento operacional**, que é o processo de cálculo do **quadro de horários** das viagens necessárias para atender a demanda manifesta de uma linha e também a frota de veículos requerida, além da determinação de quais viagens cada veículo deve perfazer.

Esta programação irá depender do veículo-padrão adotado na linha e também do nível de serviço estipulado. Quanto menor a capacidade do veículo-padrão e mais confortável o nível de serviço, mantidas constantes as características da demanda (volume e

distribuição diária), maior será a quantidade de viagens e a frota necessárias e, evidentemente, maiores os custos operacionais.

O dimensionamento operacional é desenvolvido em duas etapas, que compreendem a determinação dos **horários mínimos** e dos **horários efetivos**.

3.4.1 - Determinação dos Horário Mínimos

Entende-se por horários mínimos as viagens necessárias e suficientes para o transporte de toda a demanda manifesta da linha. Existem diversas metodologias para o seu dimensionamento, podendo ser agrupadas em dois conjuntos, os modelos dos **períodos típicos de demanda constante (MPTDC)** e o de **demanda variável (MDV)**, mencionados no Capítulo 2 e descritos a seguir.

3.4.1.1 - Determinação dos Horários Mínimos pelo MPTDC

No **MPTDC**, é calculada primeiramente a quantidade de viagens de cada período típico - nv_i , necessárias e suficientes para atender a demanda estimada, a partir da estimativa da quantidade de passageiros transportados no período típico i - p_i (pass.), da lotação do veículo-padrão no período típico i - lt_i (pass.) e do índice de renovação médio da linha - **IRM** através de:

$$nv_i = \frac{p_i}{lt_i \cdot IRM} \quad (3.5)$$

O intervalo entre viagens - itv_i (min), que é constante para cada período típico, depende da duração - d_i (min) do mesmo e da respectiva quantidade de viagens calculadas em (3.5) e é dado pela expressão a seguir:

$$itv_i = \frac{d_i}{nv_i} \quad (3.6)$$

O horário da k -ésima viagem do período típico i - H_i^k é determinado adicionando-se o valor do intervalo calculado ao horário da viagem anterior. Chamando de H_i^0 o primeiro horário da jornada, de $H_{i-1}^{k_{max}}$ o último horário do período típico anterior e de H_i^{k-1} o horário anterior ao considerado, no período típico i , então:

$$H_i^k = H_i^{k-1} + itv_i \quad (i > 1) \quad (3.7)$$

Onde:

- $H = H_1^0$ se $k = 1 \wedge i = 1$;
- $H = H_{i-1}^{k_{\text{máx}}}$ se $k = 1 \wedge i > 1$;
- $H = H_i^{k-1}$ se $k > 1 \wedge i > 0$.

Ressalte-se que, no caso de resultarem intervalos inferiores a três minutos, torna-se necessário que o veículo-padrão apresente capacidade maior e, portanto, alterar a tecnologia adotada na linha. Em alguns casos é possível a retirada de assentos para aumentar a área útil para passageiros em pé, mas trata-se de uma medida paliativa e temporária.

3.4.1.2 - Determinação dos Horários Mínimos pelo MDV

No MDV, como a distribuição da demanda diária é contínua e não existem períodos típicos, não é possível utilizar as expressões acima e a determinação dos horários é feita por simulação. Chamando de itv_i (min) o intervalo entre a viagem i , com horário de início em H_i , e a viagem anterior, com início em H_{i-1} , de $F_{k+H(i-1)}$ (pass/min) o fluxo ajustado de passageiros no instante $k+H_{i-1}$, de $lot_{k+H(i-1)}$ (pass) a lotação do veículo-padrão no instante $k+H_{i-1}$ e de ITV_{max} (min) o intervalo máximo admissível para a linha, o modelo matemático pode ser formulado como segue (CRUZ, 1991, p.74):

$$\text{Maximizar } itv_i = H_i - H_{i-1} \quad (3.8)$$

Sujeito a:

$$\bullet \quad lot_{k+H_{i-1}} \geq \sum_{k=1}^{itv_i} \frac{F_{k+H_{i-1}}}{IRM} \quad (i \geq 1) \quad (3.9)$$

$$\bullet \quad itv_i \leq ITV_{\text{max}} \quad (3.10)$$

Segundo este modelo, à medida que se percorre a distribuição ajustada da demanda diária, soma-se o fluxo de passageiros em cada instante; quando esta soma ultrapassar a lotação estipulada, já foram embarcados passageiros suficientes para criar uma viagem, cujo horário de início fica assim bem determinado; se durante a varredura for atingido o intervalo máximo admissível, então é criada uma viagem mesmo que a ocupação não tenha atingido a lotação.

Este modelo pode ser aplicado a qualquer distribuição ajustada da demanda diária, inclusive aquelas obtidas através do MPTDC.

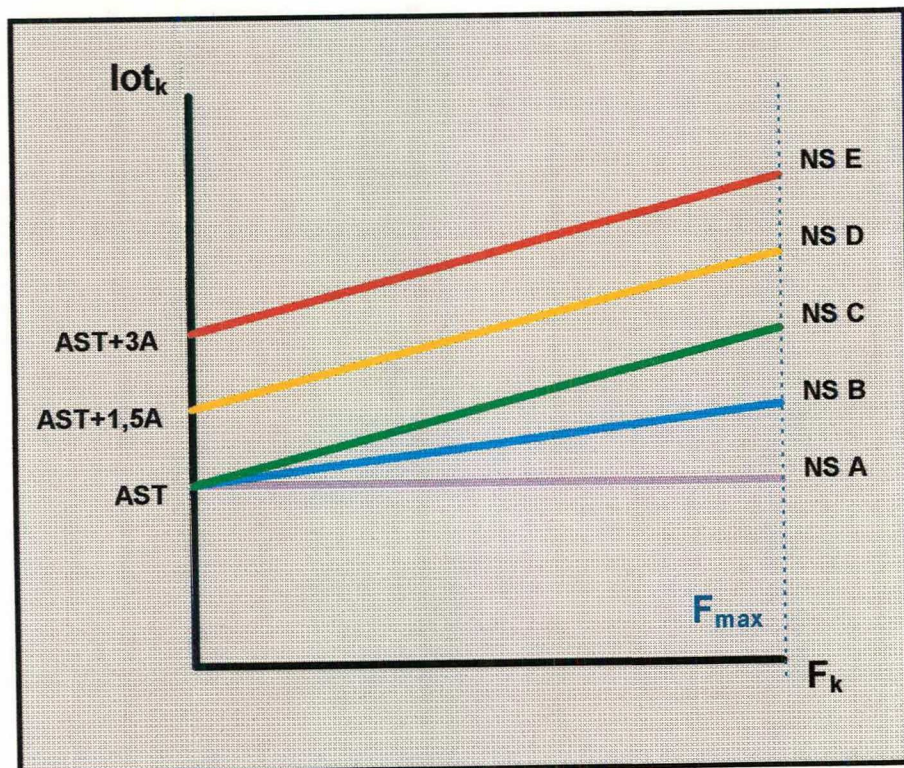


FIGURA 3.2
LOTAÇÃO X FLUXO DE PASSAGEIROS

Deve-se salientar também que a lotação constitui, neste modelo, uma distribuição contínua ao longo da jornada, proporcional à demanda em cada instante. Chamando de It_i (pass) a lotação do veículo-padrão correspondente ao NS i de projeto, de It_{\min} (pass) a lotação mínima do veículo-padrão, correspondente ao NS nos vales (ver item 3.3), de F_{\max} (pass/min) o fluxo ajustado máximo de passageiros e de F_k (pass/min) o fluxo ajustado de passageiros no instante k , então a lotação do veículo-padrão - lot_k (pass) no instante k pode ser obtida através de (Ver Figura 3.2):

$$lot_k = It_i - \frac{(It_i - It_{\min}) \cdot (F_{\max} - F_k)}{F_{\max}} \quad (3.11)$$

3.4.2 - Determinação dos Horário Efetivos

Os horários efetivos são determinados apenas para o caso das linhas com dois terminais de ponta, nos quais normalmente se observa um desequilíbrio da oferta de horários

mínimos nos dois sentidos, principalmente nos horários de pico. Isto se deve ao fato de as demandas serem diferentes em magnitude, o que gera quantidades de horários mínimos também distintas. Desta forma, deve-se fazer uma compatibilização, criando-se viagens de retorno para atender o sentido do pico e, em consequência, minimizando-se a frota necessária.

Observe-se que a criação de tais viagens, que podem ser **expressas** ou **paradoras**², sempre se dá no sentido contrário ao do pico de maior demanda. Os horários mínimos determinados para o sentido do pico não se alteram, assim como a frota necessária. Em outras palavras, **a frota necessária para a operação da linha é aquela determinada para o sentido do pico mais pronunciado**. Assim sendo, a análise da determinação dos horários efetivos foge ao escopo deste trabalho, podendo ser encontrada com detalhes em FREITAS (1985), TTC (1988) e CRUZ (1991).

3.4.3 - Determinação da Frota Efetiva

Frota efetiva - **fe** (veículos) ou frota operante é a quantidade máxima de veículos utilizados na linha ao longo de um dia e depende da quantidade e dos horários das viagens efetivas.

No MDV, seu cálculo é baseado na construção do chamado **gráfico de marcha**, que simula a operação da linha³. No MPTDC, a determinação é analítica para cada período típico i isoladamente (fr_i , em veículos) e seu maior valor entre todos equivale à frota efetiva. Desta forma, dada uma distribuição diária da demanda, o valor de **fe** é constante e igual a:

$$fe = fr_{\max} \quad (3.12)$$

A frota necessária em um período típico - fr_i depende da sua duração - H (min), do tempo de ciclo (ida + volta) - tc_i (min) e dos intervalos entre viagens - itv_i (min) do período considerado e do período seguinte. Então, a frota necessária pode ser calculada com segue (TTC, 1988, p. 48 a 50):

- Se $tc_i < H$:

$$fr_i = \frac{tc_i}{itv_i} \quad (3.13)$$

- Se $tc_i \geq H$:

$$fr_i = \frac{H}{itv_i} + \frac{tc_i - H}{itv_{i+1}} \quad (3.14)$$

² O termo **viagem expressa** refere-se aqui ao retorno ao terminal de origem pelo caminho mais curto, sem pontos de parada intermediários; uma **viagem paradora** constitui aqui uma viagem normal da linha.

³ Ver CRUZ, 1991.

O intervalo entre viagens é dado por:

$$itv_i = \frac{D}{nv_i} \quad (3.15)$$

O tempo de ciclo, chamando de tpe_i o tempo médio de embarque no terminal de origem (min), de tpv_i o tempo médio de deslocamento - ida mais volta (min) e de tpd_i o tempo médio de desembarque no terminal de destino (min), é dado por:

$$tc_i = 2 (tpv_i + tpe_i + tpd_i) \quad (3.16)$$

Admitindo que todos os passageiros transportados em cada viagem embarcam e desembarcam no terminal de origem, o que certamente está a favor da segurança, os tempos de embarque e desembarque das viagens do período i , considerando p_i a respectiva demanda, tme o tempo médio de embarque (segundos/passageiro) e tmd o tempo médio de desembarque (segundos /passageiro), são:

$$tpe_i = \frac{tme}{60} \cdot \frac{p_i}{nv_i} \quad (3.17)$$

$$tpd_i = \frac{tmd}{60} \cdot \frac{p_i}{nv_i} \quad (3.18)$$

O tempo médio de embarque - tme , ainda segundo a **TTC** (1988, p. 32 a 34), pode ser considerado como de 1,2 seg/pass para ônibus com portas duplas e varia entre 2,0 e 2,5 seg/pass para ônibus com portas simples; o tempo médio de desembarque - tmd é estimado em 0,8 min/pass se as portas forem duplas e entre 1,5 e 2,0 seg/pass se forem simples. O tempo de deslocamento ou de percurso é obtido de levantamentos de campo e corresponde ao tempo entre a partida do veículo do terminal de origem e a sua chegada no terminal de destino, mais o tempo de retorno (**GEIPOT**, 1986, p. 81 e 82) . É considerado constante para todas as viagens do período i **no MPTDC e variável ao longo do dia nos MDV.**

3.4.4 - Determinação dos Custos

Uma vez definida a programação operacional da linha ou do conjunto de linhas, devem ser avaliados os custos incorridos e também as tarifas decorrentes, o que é detalhado nos próximos dois capítulos.

CAPÍTULO 4 - ANÁLISE DOS CUSTOS DO TRANSPORTE COLETIVO

4.1 - INTRODUÇÃO

Neste Capítulo, são analisados os custos incorridos na operação do transporte coletivo, de acordo com a metodologia utilizada pela maioria dos sistemas de transporte público de passageiros do Brasil.

A metodologia básica de cálculo desses custos foi estabelecida pelo Conselho Interministerial de Preços - **CIP**, órgão ligado ao Governo Federal e responsável até 1980 pela aprovação dos reajustes tarifários da maioria dos sistemas de transporte coletivo, a nível interestadual, intermunicipal e municipal (capitais). Naquele ano, o **CIP** perdeu tais atribuições, passando a incumbência para os órgãos de gerência de cada sistema. A maior parte deles, entretanto, estava despreparada para realizar esta tarefa, o que levou o Governo Federal, através da Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes - **GEIPOT**, a elaborar uma planilha, publicada em 1982 e reeditada com modificações no ano seguinte (**GEIPOT**, 1983), contendo a metodologia de cálculo. Neste trabalho, foram estabelecidos índices técnicos médios a partir de um extenso levantamento a nível nacional, mas com a recomendação de que fossem pesquisados valores locais, buscando melhor refletir a realidade de cada sistema. Em 1986, foi publicado um novo estudo, elaborado pela empresa Trânsito, Transportes e Comunicações - **TTC** (1986) sob encomenda da Empresa Brasileira dos Transportes Urbanos - **EBTU**, empresa pública federal extinta em 1990, no qual cada item de custo é analisado com maior especificidade, incluindo metodologias de determinação de índices técnicos. Finalmente, no biênio 1993/94 surgiram novas versões da planilha de custos do **GEIPOT**, publicadas pela Associação Nacional dos Transportes Públicos - **ANTP** (**ANTP**, 1993), Associação Nacional das Empresas de Transporte Urbano - **NTU** (**NTU**, 1993) e pelo próprio **GEIPOT**, em nova versão em 1994, reeditada em 1996 (**GEIPOT**, 1996).

4.2- ESTRUTURA DOS CUSTOS

A estrutura dos custos do transporte coletivo é composta de dois grupos, compreendendo os **custos variáveis** e os **custo fixos**, como em outras atividades econômicas.

Os custos variáveis são aqueles que dependem do nível de produção. No caso do transporte urbano, a produção é medida pela quilometragem percorrida e, em última

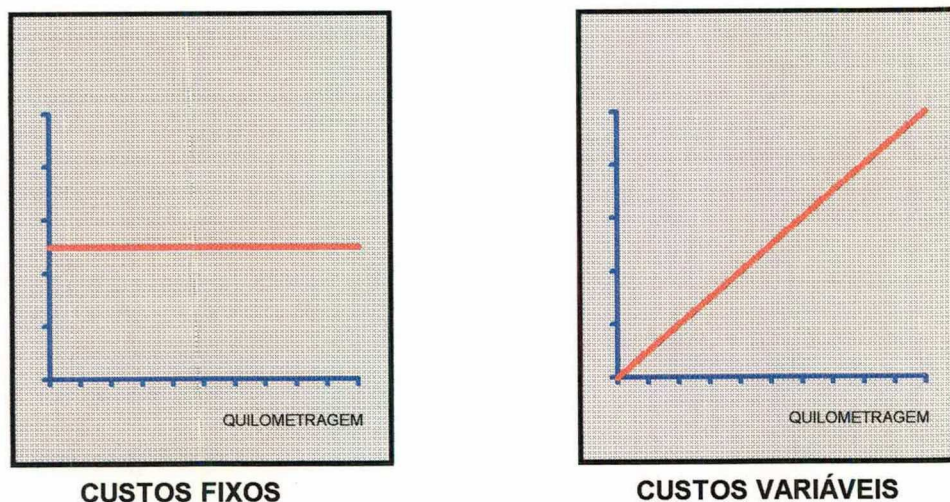


FIGURA 4.1
CUSTOS DE TRANSPORTE

análise, pela quantidade de viagens programadas, já que a extensão da linha é constante no curto prazo. Um exemplo dos custos variáveis é o gasto com o consumo de combustível e pneus.

Os custos fixos não variam de acordo com a produção, mas são incorridos ao longo de um período de tempo. Um exemplo são as despesas com os salários do pessoal de operação, manutenção e administração.

A Figura 4.1 ilustra as relações dos dois tipos de custos com o nível de produção de transporte. Nos itens seguintes é feito um detalhamento destes custos.

4.3 - CUSTOS VARIÁVEIS

Os custos variáveis correspondem às despesas de cada veículo da frota programada com aqueles materiais que vão sendo consumidos enquanto o veículo está realizando as viagens programadas, ou seja, quando está em operação, e são expressos em R\$/km. A sua característica mais importante é que se podem determinar **índices técnicos de consumo** - ic_i (quantidade/km), que consistem na quantidade do material consumido em cada quilômetro rodado, a unidade de produção de transporte. Seus valores correspondem a médias apropriadas em diversas situações reais de operação para cada tipo de tecnologia adotada para o veículo-padrão.

Chamando o preço unitário do material i de pu_i (R\$/unidade), o cálculo do custo variável referente ao material i - cv_i (R\$/km) é dado pela seguinte expressão genérica:

$$cv_i = pu_i \cdot ic_i \quad (4.1)$$

Estes materiais podem ser agrupados em quatro conjuntos, quais sejam:

- Combustível;
- Lubrificantes;
- Rodagem;
- Peças e Acessórios.

4.3.1 - Combustível

O consumo de combustível varia conforme a potência do veículo-padrão, com as condições do pavimento, com o tipo de terreno, com o espaçamento médio entre pontos de parada, com a idade média da frota, com as condições de manutenção dos veículos e até com os hábitos do motorista. O combustível mais utilizado no transporte coletivo urbano é o **óleo diesel**, mas é crescente a adoção de tecnologias alternativas, como os **trólebus**, que consomem energia elétrica.

Considerando os veículos a óleo diesel, os índices técnicos de consumo variam entre os seguintes limites, de acordo com as fontes consultadas:

- Ônibus Leve (até 199 cv): 0,35 a 0,42 litros/km;
- Ônibus Pesado (acima de 200 cv): 0,45 a 0,62 litros/km;
- Ônibus Articulado (acima de 200 cv): 0,53 a 0,67 litros/km.

4.3.2 - Lubrificantes

Os lubrificantes que fazem parte do cálculo dos custos são os óleos do motor, da caixa de mudança e do diferencial, o fluido de freio e as graxas para rolamentos e chassis. Seu abastecimento pode ser de reposição, nos veículos mais novos (para completar o volume recomendado pelo fabricante do veículo), ou então para troca após uma determinada **quilometragem rodada**, o que corresponde aos **ciclos de lubrificação**.

Os índices técnicos recomendados pelas fontes analisadas (GEIPOT e ANTP) são os seguintes:

- Óleo do motor: 0,0065 a 0,0085 litros/km;
- Óleo da caixa: 0,00040 a 0,00042 litros/km;
- Óleo do diferencial: 0,0005 0,0006 litros/km;
- Fluido de freio; 0,00019 a 0,00022 litros/km;
- Graxas: 0,0002 a 0,0004 kg/km.

A **NTU**, entretanto, recomenda a utilização de um índice alternativo para o conjunto dos lubrificantes, que é o equivalente a 0,06 litros de óleo diesel por quilômetro. O **GEIPOT** adotou esta recomendação e estabeleceu um intervalo de confiança variando entre 0,04 l/km e 0,06 l/km (de óleo diesel).

4.3.3 - Rodagem

O item rodagem compreende os pneus, incluindo uma certa quantidade de recapagens, as câmaras (duas por pneu) e os protetores (dois por pneu). Normalmente são utilizados seis pneus por veículo, dois no eixo dianteiro e quatro no eixo traseiro, mas nos ônibus articulados são dez. Os pneus mais utilizados são os radiais, embora seja ainda muito freqüente o uso dos diagonais, mais baratos, porém menos duráveis. Quanto às dimensões, os modelos mais adotados são o **1.000 x 20** (diagonal) e o **1.100 R 22** (radial).

Como o índice técnico de consumo de pneus (pneus/km) é dimensionalmente muito pequeno devido ao desgaste lento, prefere-se utilizar o inverso deste valor, o que corresponde à *vida útil* (km/pneu)¹. Considerando um número médio de recapagens entre 2,5 e 3,5 para pneus diagonais e de 2 a 3 para os radiais (**NTU**), a faixa admissível de vida útil deve estar contida nos seguintes intervalos:

- Pneu diagonal:
 - 62.500 km a 92.000 km (**NTU**);
 - 70.000 km a 92.000 km (**GEIPOT**);
 - 85.000 km a 105.000 km (**ANTP**);
- Pneu radial:
 - 78.000 km a 117.000 km (**NTU**);
 - 85.000 km a 105.000 km (**GEIPOT**);
 - 95.000 km a 125.000 km (**ANTP**);

¹ Neste caso, o custo variável (Eq. 4.1) é dado pela razão entre o preço unitário do conjunto e a vida útil.

O consumo de pneus é alterado principalmente devido ao desgaste resultante da frenagem nas vias asfaltadas e aos rasgos causados por pedras pontiagudas nas vias em leito natural.

4.3.4 - Peças e Acessórios

Este componente apresenta, na realidade, características de custos variáveis e de custos fixos. Algumas peças são desgastadas pelo uso (fadiga, atritos ou esforços mecânicos), enquanto em outras o desgaste independe da utilização (corrosão química, ferrugem ou ressecamento, como nas borrachas). Entretanto, como a maior parte das substituições se devem ao uso, prefere-se incluir este item nos custos variáveis.

Por outro lado, como o número de peças e acessórios supera dez mil itens, é impraticável determinar um índice de consumo para cada um deles, preferindo-se vincular os gastos médios mensais ao preço do veículo novo. Chamando de **PVN** o preço do veículo novo (R\$/veículo), de **P** a participação média mensal dos gastos com peças e acessórios em relação ao preço do veículo novo (%) e de **PMM** o percurso médio mensal (km/veículo.mês), então o custo variável correspondente ao consumo de peças e acessórios - **CV_{pa}** (R\$/km) é dado pela seguinte expressão.

$$CV_{pa} = \frac{P \cdot PVN}{100 \cdot PMM} \quad (4.2)$$

Esta participação **P** é em média de 0,83% segundo a **NTU**, varia entre 0,33% e 0,83% consoante o **GEIPOT** e é variável de acordo com a idade do veículo, conforme a **ANTP**, como segue:

- Veículos de 0 a 3 anos: 0,25%;
- Veículos de 3 a 5 anos: 0,42%;
- Veículos de 5 a 7 anos: 0,59%;
- Veículos com mais de 7 anos: 0,75%;

O **percurso médio mensal** - **PMM** (km/veículo.mês) corresponde à quilometragem média rodada mensalmente por um veículo da frota operante da empresa. Chamando de **L_i** a extensão da linha *i* (km), de **NV_i** o número de viagens mensais da linha *i* (viagens/mês) e de **FO** a frota operante (veículos), então:

$$PMM = \frac{\sum_{i=1}^n L_i \cdot NV_i}{FO} \quad (4.3)$$

O consumo de peças e acessórios, além do fator idade do veículo, sofre influência da intensidade do uso da frota (representado pelo PMM) e do modelo do veículo e de sua qualidade, e também das características e estado de conservação das vias, das condições operacionais do tráfego e da qualidade da mão de obra de operação.

4.3.5 - Custo Variável Total

O custo variável total (R\$/km) corresponde ao somatório dos custos referentes a cada um dos componentes descritos. A participação média de cada um deles no custo total, segundo a ANTP, é a seguinte:

- Combustível: 9%;
- Óleos e lubrificantes: 1%;
- Rodagem: 4%;
- Peças e acessórios: 7%;
- Custo variável total: 21%.

4.4 - CUSTOS FIXOS

Conforme já mencionado, os custos fixos não variam de acordo com a produção de transporte e, portanto, não apresentam índices de consumo. A sua determinação é feita pela apropriação das despesas mensais por veículo referentes a cada componente e por sua associação ao PMM. Chamando de DM_i a despesa média mensal referente ao componente i (R\$/veículo.mês), então o custo fixo referente ao componente i - CF_i (R\$/km) é dado por:

$$CF_i = \frac{DM_i}{PMM} \quad (4.4)$$

Como todos os componentes são divididos pelo PMM para a obtenção do respectivo custo por quilômetro, costuma-se determinar todas as despesas mensais por veículo DM_i e o correspondente percurso médio mensal, para então efetuar esta divisão.

Os custos fixos podem ser agrupados nos seguintes conjuntos:

- Custos de capital:
 - Depreciação do capital investido;
 - Remuneração do capital investido;
- Despesas com pessoal:

- De operação;
 - De manutenção;
 - De administração;
 - De direção;
- Despesas administrativas gerais.

4.4.1 - Depreciação do Capital Investido

Depreciação, segundo a definição clássica da Contabilidade, é o “decréscimo do valor venal de um bem, podendo ser de natureza física, contábil ou financeira” (KIRSTEN et alii, 1984, p.3). Em transportes, podem ser citados dois fatores principais que justificam a depreciação: a deterioração e a obsolescência (TTC, 1985, v.2, p.22). No primeiro caso, tomando como exemplo o ônibus, ele não mais consegue, após um certo tempo, prestar o mesmo serviço com a mesma qualidade, elevando a frequência dos reparos e o consumo de combustível, lubrificantes e peças e reduzindo o nível de conforto dos usuários. Os avanços tecnológicos, principalmente no tocante à eficiência dos motores levam à obsolescência os veículos mais antigos.

Na depreciação dos veículos, são considerados três parâmetros. A **vida útil** - **VU** (anos) é o período após o qual o veículo deve ser substituído por um novo; o **valor residual** - **VR** é o valor teórico do veículo após o final de sua vida útil, expresso em percentual do preço do veículo novo, e o **modelo de depreciação** é a curva teórica representativa de sua desvalorização ao longo de sua vida útil.

A vida útil de um veículo leve deve ser de 7 anos (NTU e GEIPOT) a 8 anos (ANTP), e de um veículo pesado ou articulado, de 10 anos (NTU e ANTP). O valor residual é fixado em 20% do preço do ônibus novo pelo GEIPOT e pela ANTP. A NTU, entretanto, recomenda a adoção de um valor de 10% do preço do veículo pesado ou articulado novo.

Em relação ao modelo de depreciação, a bibliografia é unânime em recomendar aquele conhecido como **Método de Cole** ou **da soma dos dígitos decrescentes**. Este modelo determina para cada faixa etária da vida útil adotada um índice de depreciação, que corresponde a um percentual do preço do veículo novo sem pneus. Chamando de i o limite superior da faixa etária do veículo (anos), o índice de depreciação dos veículos de idade i - ID_i é nulo para veículos com idade superior à vida útil; por outro lado, se $i \leq VU$, então:

$$ID_i = \frac{(VU - i + 1) \cdot (1 - VR / 100)}{100 \cdot VU \cdot (VU + 1)} \quad (4.5)$$

O valor da depreciação mensal dos veículos - **DMV** (R\$/veículo.mês), chamando de **VNS** o valor do veículo novo sem a rodagem (R\$/veículo), de **FT** a frota total (veículos) e de K_i a quantidade de veículos com idade i , é dado por:

$$DMV = \frac{VNS}{12 \cdot FT} \sum_{i=1}^{VU} K_i \cdot ID_i \quad (4.6)$$

Observe-se que é utilizado o preço do veículo novo sem a rodagem (pneus, câmaras e protetores), uma vez que estes itens já foram considerados no cálculo dos custos variáveis.

Além da depreciação do veículo, deve ser considerada também a de máquinas, instalações e equipamentos - **DMIE** (R\$/veículo.mês). Todas as fontes consultadas recomendam vincular o valor correspondente ao preço do veículo novo completo - **VNC** (R\$/veículo), que inclui a rodagem, através da seguinte relação:

$$DMIE = 0,0001 \cdot VNC \quad (4.7)$$

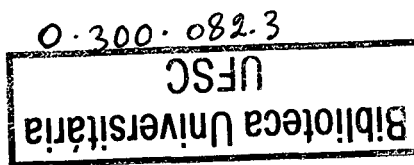
4.4.2 - Remuneração do Capital Investido

A remuneração do capital investido corresponde ao **lucro** do operador (TTC, 1985, v.2, p.30), sendo considerados no cálculo os veículos, as máquinas, instalações e equipamentos e ainda o estoque do almoxarifado.

A taxa de remuneração foi estabelecida pelo **CIP** (e ratificada pelo **GEIPOT** e pela **ANTP**) em 12% ao ano com base em legislação que define este valor para os serviços públicos em geral. A **NTU** contesta esta prática sob a alegação de que a taxa deve basear-se nos juros de mercado, de modo a refletir os custos médios de oportunidade, citando parecer favorável da Escola de Engenharia de São Carlos, São Paulo. Metodologicamente, recomenda os juros médios dos cinco anos mais recentes, o que resulta em 18% ao ano (calculados em 1993).

No caso dos veículos, a taxa considerada é aplicada sobre o valor teórico médio da frota, que depende do modelo de depreciação adotado, da distribuição etária da frota e também do valor residual. O índice de remuneração anual do veículo de idade i (limite superior da faixa etária) - IRE_i , chamando de **T** a taxa anual de remuneração (%) e considerando o modelo de Cole, é dado por:

- Se $i > VU$:



$$IRE_i = \frac{T \cdot VR}{10.000} \quad (4.8)$$

- Se $1 \leq i \leq VU$:

$$IRE_i = \frac{T}{100} \left(1 - \sum_{m=1}^i ID_{m-1}\right) \quad (ID_0=0) \quad (4.9)$$

A remuneração mensal por veículo - **RMV** (R\$/veículo.mês) é então calculada através da seguinte expressão:

$$RMV = \frac{VNS}{12 \cdot FT} \sum_{i=1}^{VU+1} K_i \cdot IRE_i \quad (4.10)$$

A remuneração mensal do capital investido em máquinas, instalações, equipamentos e almoxarifado - **RIMEA** (R\$/veículo.mês) depende da taxa anual de remuneração adotada e do valor anual total destes bens. Todas as fontes consultadas estimam este valor em 7% do preço do veículo novo completo. Assim, tem-se:

$$RMIEA = \frac{0,07 \cdot T}{1.200} \cdot VNC = 5,83 \times 10^{-5} \cdot T \cdot VNC \quad (4.11)$$

4.4.3 - Despesas com Pessoal

Os conjuntos considerados para o cálculo dos custos de pessoal são as seguintes:

- Pessoal de operação;
- Pessoal de manutenção;
- Pessoal de administração;
- Pessoal de direção.

O cálculo dos custos referentes ao primeiro conjunto, que inclui motoristas, cobradores e fiscais, é feito através da seguinte expressão, considerando **CPO_i** o custo mensal do pessoal de operação referente à categoria **i** (R\$/veículo.mês), **FU_i** o fator de utilização da categoria **i** (funcionários/veículo), **SB_i** o salário-base da categoria **i** (R\$/mês) e **ES** os encargos sociais (%):

$$CPO_i = FU_i \cdot SB_i \cdot (1 + ES/100) \quad (4.12)$$

O fator de utilização corresponde à quantidade de funcionários de cada uma destas três categorias necessária para a operação de cada veículo. Em seus trabalhos, a **ANTP** e o **GEIPOT** apresentam metodologias distintas para o cálculo do fator de utilização, chegando aos seguintes intervalos médios:

- Motoristas e cobradores: entre 2,20 e 2,80 (**ANTP** e **GEIPOT**);
- Fiscais:
 - entre 0,08 e 0,15 (**ANTP**);
 - entre 0,20 e 0,50 (**GEIPOT**).

Os encargos sociais constituem os acréscimos à folha de pagamento devido a benefícios legais ou pagos sem a contraprestação de serviços e ainda obrigações independentes, e são subdivididos em quatro grupos:

- **Grupo A:** Incidem sobre a folha de pagamentos - contribuições para o **INSS** (20%), **INCRA** (0,2%), **SENAT** (1%), **SEST** (1,5%), **SEBRAE** (0,6%), **FGTS** (8%), acidentes de trabalho (3%) e salário educação (2,5%);
- **Grupo B:** Constitui-se dos benefícios pagos sem a contraprestação de serviços e que sofre incidência do Grupo A - abono de férias (2,78%), aviso-prévio trabalhado, licenças paternidade, funeral e casamento, décimo-terceiro salário e adicional noturno ²;
- **Grupo C:** Compreende as obrigações que não provocam ou recebem incidência de outros grupos - depósito por rescisão sem justa causa, aviso prévio indenizado e indenização adicional ³;
- **Grupo D:** Incidência cumulativa do Grupo A sobre o Grupo B.

O valor dos encargos sociais varia entre 57% e 60%, segundo a **ANTP** e é de 62,87% de acordo com o **GEIPOT**.

As despesas com o **peçoal de manutenção e de administração** são vinculadas aos custos de pessoal de operação. O **GEIPOT** recomenda intervalos entre 12% e 15% (manutenção) e entre 8% e 13% (administração) do custo do **peçoal de operação**.

As retiradas da Diretoria como contrapartida pelo trabalho realizado (**pró-labore**) não têm relação com a remuneração do capital investido e são admitidas apenas pela

² À exceção do abono de férias, todos os demais itens do Grupo B apresentam percentuais variáveis de acordo com o sistema de transporte.

³ Todos os itens do Grupo C apresentam percentuais variáveis de acordo com o sistema.

NTU, que as estima em 3% sobre o total das despesas totais com o pessoal de operação, manutenção e administração.

Os benefícios não incluídos nos encargos sociais, mas determinados por acordo sindical, como vale-refeição, cesta básica, fardamento, convênio médico e seguro de vida em grupo, não recebem incidência destes encargos e podem ou não ser incluídos a critério do Poder Público.

4.4.4 - Despesas Administrativas

Estas despesas correspondem aos serviços auxiliares à atividade-fim, como contabilidade, tesouraria, administração de pessoal, vigilância e assessoria jurídica, entre outros.

Nas despesas gerais incluem-se água, energia elétrica, telefone, fax, informática, material de expediente, aluguéis, manutenção e conservação de máquinas, instalações e equipamentos de escritório, recrutamento, seleção e treinamento de pessoal e serviços de terceiros. O **GEIPOT** e a **ANTP** recomendam um valor anual correspondente a 1,5% do preço do veículo leve novo completo; para a **NTU**, deve ser de 4%. As despesas administrativas gerais mensais - **DAG** (R\$/veículo.mês), chamando de **P** a parcela do preço do veículo leve novo completo correspondente a estas despesas (%), são então determinadas através de:

$$\mathbf{DAG = \frac{P \cdot VNC}{1.200}} \quad (4.13)$$

Além desses custos, deve-se ainda considerar as despesas com o seguro obrigatório dos veículos, de caráter anual. O valor mensal por veículo correspondente é o duodécimo do prêmio do seguro.

4.4.5 - Custo Fixo Total

Conforme já mencionado, o custo fixo total - **CFT** (R\$/veículo.mês) constitui-se do somatório de todas as despesas fixas mensais por veículo. O custo fixo por quilômetro - **CFkm** (R\$/km) é a relação entre este total e o percurso médio mensal - **PMM** (Equação 4.3), ou seja:

$$\mathbf{CFkm = \frac{CFT}{PMM}} \quad (4.14)$$

A participação média de cada um dos componentes fixos no custo total, segundo a ANTP, é o seguinte:

- Depreciação e remuneração do capital investido: 20%;
- Pessoal de operação e manutenção: 45%;
- Despesas administrativas: 14%;
- Custo fixo total: 79%.

4.5 - CUSTO TOTAL POR QUILOMETRO

Ao somatório dos custos variáveis e fixos por quilômetro ainda devem ser acrescentados os **tributos**, que incidem sobre a despesa operacional bruta, como o Programa de Integração Social - PIS (0,25%), a Contribuição Social sobre o Faturamento - COFINS (2%) e o Imposto sobre Serviços - ISS (1% a 5%). A NTU ainda inclui as **contingências** (2,5% sobre o custo total), para a cobertura de danos materiais e/ou pessoais, lucros cessantes e responsabilidade civil por danos morais, o que é discutível porque são de exclusiva responsabilidade da operadora e/ou prepostos, não devendo ser repassadas ao usuário.

O custo total por quilômetro - **C_{km}** (R\$/km), considerando **T** a taxa efetiva de acréscimo correspondente aos tributos (%), é dado por:

$$C_{km} = \frac{100.(CV + CF_{km})}{100 - T} \quad (4.15)$$

4.6 - CUSTO MÉDIO POR PASSAGEIRO

Para o cálculo do custo por passageiro é necessário, primeiramente, determinar o chamado **índice de passageiros equivalentes por quilômetro - IPKeq**. Este valor corresponde à quantidade de passageiros **pagantes** transportados (ou quantidade de passagens inteiras consumidas) a cada quilômetro. Isto significa que não são considerados no cálculo os usuários isentos do pagamento da tarifa e a parcela de isenção daquelas categorias que recebem algum tipo de desconto. Neste conjunto, estão incluídos estudantes, professores, trabalhadores, deficientes físicos e idosos com idade superior a 65 anos, apenas para citar os mais comuns dentro de um universo muito amplo de concessões.

O cálculo do **IPKeq** (e, por extensão, do custo por passageiro) pode ser feito para uma linha isolada, para um grupo de linhas ou área, para uma operadora ou para todo o sistema, resultando um valor médio para o conjunto escolhido. A expressão a ser utilizada, chamando de **n** a quantidade de linhas do conjunto considerado, de **m** a quantidade de

categorias de passageiros com desconto (ou isenção), de D_j o valor do desconto concedido à categoria j (%), de $P_{i,j}$ a quantidade média de passageiros da categoria j da linha i (pass/mês), de NV_i a quantidade média de viagens realizadas na linha i (viagens/mês) e de L_i a extensão da linha i (km), é a seguinte:

$$IPKeq = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \left(1 - \frac{D_j}{100}\right) \cdot P_{i,j}}{\sum_{i=1}^n NV_i \cdot L_i} \quad (4.16)$$

O custo médio por passageiro - **cpa** (R\$/pass) do conjunto de linhas considerado é então dado por:

$$cpa = \frac{Ckm}{IPKeq} \quad (4.17)$$

Com base no custo por passageiro, decorrente de uma programação operacional específica, é determinado o valor da tarifa que será cobrada dos passageiros, conforme descrito no Capítulo seguinte.

CAPÍTULO 5 - POLÍTICA TARIFÁRIA

5.1 - INTRODUÇÃO

Política tarifária consiste na forma como é arrecadada a receita necessária para pagar os custos do serviço de transporte oferecido. A maioria destes recursos, senão sua totalidade, provêm do pagamento da **tarifa** ou **preço da passagem**, que é o valor desembolsado pelo passageiro para adquirir o direito de ser transportado em uma viagem, um horário ou todo o sistema. O valor da tarifa, por sua vez, deve assegurar a qualidade do serviço oferecido e também o equilíbrio econômico e financeiro das operadoras. Este equilíbrio, considerando **RT** (R\$/mês) a receita total e **CT** (R\$/mês) o custo total, é assegurado se:

$$\mathbf{RT = CT} \quad (5.1)$$

No Capítulo anterior, foi demonstrada a metodologia de cálculo do custo por passageiro de uma linha, de um grupo de linhas ou de todo o sistema (Eq. 4.17), conforme o modelo adotado no Brasil. Isto permite a determinação do custo total de um desses conjuntos, através da equação a seguir, considerando **cpa** o custo por passageiro (R\$/pass) e **PEQ** o número de passageiros equivalentes (pass.eq./mês):

$$\mathbf{CT = cpa . PEQ} \quad (5.2)$$

Por outro lado, a receita total, chamando de **t** a tarifa do conjunto (R\$/pass), é dada por:

$$\mathbf{RT = t . PEQ} \quad (5.3)$$

Combinando as equações (5.1), (5.2) e (5.3):

$$\mathbf{t = cpa} \quad (5.4)$$

Reforce-se que a equação (5.4) é válida para um sistema fechado, que pode ser todo o sistema de transporte coletivo, um grupo de linhas, uma única linha ou até seções de uma linha. Assim, o valor da tarifa corresponde basicamente ao arredondamento do custo médio por passageiro de um destes conjuntos, dado pela eq. (4.17), de acordo com a base monetária vigente e no sentido de evitar problemas de troco na operação.

Nos itens seguintes, é mostrado como se pode reduzir o valor da tarifa a partir do aporte de receitas extra-tarifárias e também as formas de tarifação mais utilizadas, tendo como base o trabalho da TTC (1986).

5.2 - RECEITAS EXTRA-TARIFÁRIAS

Muitas vezes o custo de transporte é excessivo para os padrões financeiros do usuário-padrão, o que leva o Poder Concedente a buscar formas alternativas de financiamento do sistema. As receitas assim obtidas são chamadas **receitas extra-tarifárias**, que podem ser de origem externa ou interna ao chamado **Sistema de Transporte Público de Passageiros - STPP**.

Entre as receitas extra-tarifárias externas ao **STPP** podem ser consideradas as seguintes:

- Externas ao **Sistema de Transporte Urbano - STU**:
 - Subsídio direto, em que estas receitas são injetadas diretamente pelo Governo (Federal, Estadual ou Municipal) ou ainda por outras camadas da sociedade, como no caso da **contribuição dos empregadores** (taxa sobre o faturamento das empresas em geral), taxa sobre os combustíveis, taxa sobre a propriedade de imóveis ou **taxa de transporte** (cobrada sobre os valores devidos do IPTU ou do consumo de energia elétrica); esta modalidade de financiamento pode incentivar a ineficiência, mas permite a manutenção de serviços antieconômicos de natureza social;
 - Subsídios indiretos, como o incentivo fiscal para a aquisição de veículos (isenção do Imposto sobre Produtos Industrializados - IPI), isenção ou redução do Imposto sobre Serviços - ISS e o fornecimento de combustível com preço menor que o praticado no mercado; como estes itens são componentes do cálculo tarifário, o subsídio aparece diretamente na determinação do custo por quilômetro;
 - Subsídio direto ao usuário, como o **vale-transporte**, em que o desembolso máximo do mesmo na aquisição de 50 passes mensais deve ser igual ou inferior a 6% do seu salário-base; a diferença é coberta pelo empregador, que recebe por isto incentivos fiscais do Governo Federal (BRASIL, 1986);

- Internas ao **STU**, que envolve mais especificamente os automóveis particulares, como as receitas provenientes da exploração de estacionamento públicos, de multas por infrações de trânsito e ainda do recolhimento do Imposto sobre a Propriedade de Veículos Automotores - **IPVA**.

As receitas extra-tarifárias oriundas do **Sistema de Transporte Público De Passageiros - STPP** são as seguintes:

- Sobre o **transporte seletivo** ou **executivo**, em que pode ser estabelecida uma tarifa superior ao custo por passageiro, repassando a diferença para o transporte coletivo convencional; justifica-se esta medida pelo maior poder aquisitivo do usuário-padrão deste tipo de serviço de transporte;
- Contratos de propaganda, colocada nos veículos ou nos abrigos dos pontos de parada de ônibus;
- Aluguéis de lojas em terminais de integração, deduzidas as despesas de manutenção e conservação dos mesmos.

5.3 - RECEITA TARIFÁRIA

A receita a ser arrecadada com o pagamento da tarifa será, chamando de **R_t** a receita tarifária (R\$/mês) e de **Ret** a receita extra-tarifária (R\$/mês), a seguinte:

$$R_t = RT - Ret \quad (5.5)$$

O valor da tarifa é obtido combinando as equações (5.3) e (5.5):

$$t = \frac{RT - Ret}{PEQ} \quad (5.6)$$

5.4 - MODELOS DE TARIFAÇÃO

Conforme já mencionado, podem ser estabelecidas tarifas diferenciadas no transporte coletivo. Elas podem variar de acordo com o tipo de serviço (como no transporte executivo), com a extensão da linha ou do deslocamento do passageiro e ainda com o horário da viagem. Nos itens seguintes são detalhadas estas formas de tarifação que, em última análise, dependem de como são agrupados os passageiros no cálculo do número médio de passageiros equivalentes - **PEQ** ou do **IPKeq** médio (eq. 4.16).

Das equações (5.5) e (5.6) pode-se estabelecer a equação genérica da tarifa:

$$t = \frac{Rt}{PEQ} \quad (5.7)$$

Ou então por uma combinação das equações (4.17) e (5.4):

$$t = \frac{Ckm}{IPKeq} \quad (5.8)$$

5.4.1 - Tarifa por Quilômetro ou Quilométrica

Na tarifação por quilômetro, a tarifa é calculada com base na extensão do deslocamento do passageiro em uma única linha. Como na prática é impossível ser calculada a tarifa para cada usuário individualmente, são normalmente utilizadas simplificações. Um dos modelos utilizados considera que todos os passageiros de uma linha são transportados ao longo de toda a sua extensão, partindo-se do princípio de que pagam pelo direito de ser transportados naquela linha, independentemente do comprimento do seu deslocamento em particular. Assim, um passageiro que embarca em um ponto de parada e desembarca no seguinte paga o mesmo valor que outro que utiliza a linha toda. A tarifa neste caso é calculada pelo **IPKeq** da linha.

Uma outra possibilidade é subdividir a linha em diversos trechos e estabelecer tarifas distintas para cada um deles; o passageiro paga um valor correspondente ao somatório das tarifas das seções utilizadas. Assim, os passageiros que utilizam menos a linha também pagam menos. Neste caso, é calculado um **IPKeq** para cada seção e todas as combinações de seções contíguas. Este modelo tem caído em desuso na última década devido às dificuldades de sua fiscalização e controle e também à crescente utilização de catracas eletrônicas, que não prevêem tal utilização. Além disso, é mais apropriado para o transporte interurbano, em que as seções são de grande extensão (para os padrões urbanos).

Este conceito de seções tarifárias pode ser estendido a um conjunto de linhas ou mesmo todo sistema, em que os trechos são estabelecidos com base na distância de cada um deles em relação ao ponto de convergência dessas linhas e no comprimento de cada seção. Assim, por exemplo, as linhas consideradas poderiam ser divididas em seções de aproximadamente 5 km a partir do Centro da cidade, todas com a mesma tarifa; o passageiro pagaria valores múltiplos de acordo com a quantidade de seções utilizadas, em qualquer linha. Nesta situação, devem ser calculados os **IPKeq** médios de cada seção e de todas as combinações de seções contíguas.

5.4.2 - Tarifa Única

Neste caso, determina-se uma única tarifa para um grupo de linhas ou para todo o sistema, através do respectivo **IPKeq** médio. Ao pagar a tarifa, o passageiro adquire o direito de ser transportado, independentemente da linha utilizada. Porém, como pode ocorrer que uma operadora explore apenas linhas com custo por passageiro (já descontadas as receitas extra-tarifárias) inferior à tarifa única e outra em situação oposta, é necessária a instituição de uma **câmara de administração tarifária**, que além de permitir os repasses entre as operadoras para a manutenção de seu equilíbrio econômico e financeiro, facilita a incorporação e distribuição de receitas externas.

Uma variação deste modelo consiste no estabelecimento de tarifa única por conjuntos de linhas formados de acordo com faixas de extensão. Assim, pode-se adotar uma tarifa média para linhas de curta extensão (de até 10 km, por exemplo), outra para linhas médias (entre 10 e 20 km, por exemplo) e uma terceira para linhas longas. Este modelo é conhecido como **tarifação por patamares**.

5.4.3 - Tarifa Social

Muitas vezes a tarifa calculada é incompatível com a renda média da população da área atendida e adota-se um valor inferior, o que é chamado de **tarifa social**. Nesta situação é inevitável a ocorrência de um déficit operacional no sistema. Não havendo receitas extra-tarifárias específicas, é necessário repassar este déficit para os demais passageiros do sistema. Como exemplo, considere-se um sistema com uma tarifa única, em que se deseja aplicar uma tarifa social. Partindo-se do valor estipulado para esta tarifa e atribuindo-se os índices *s* e *r* para os parâmetros referentes à área carente e ao restante do sistema, respectivamente, têm-se as seguintes receitas e tarifas (t_u é a tarifa única do sistema, em R\$/pass):

$$Rt_r = Rt - Rt_s \quad (5.9)$$

$$t_r = t_u + \frac{PEQ_s}{PEQ_r} (t_u - t_s) \quad (5.10)$$

Observe-se que com esta expressão é possível avaliar o impacto da implantação da tarifa social no restante do sistema, inclusive à hipótese de transporte gratuito.

5.4.4 - Tarifa por Deslocamento

A **tarifa por deslocamento** é adotada nos sistemas integrados de transporte coletivo¹ com integração tarifária. Nestes sistemas, o passageiro determina o seu itinerário a partir de um conjunto de terminais de integração interligados por uma rede de linhas troncais de alta capacidade (linhas expressas e semi-expressas), de média capacidade (linhas paradoras) e de linhas alimentadoras de baixa capacidade. Independentemente da extensão do deslocamento e da quantidade de integrações que o passageiro fizer, ele faz apenas um desembolso ao entrar no sistema, através de um ponto de parada ou de um terminal.

A integração tarifária pode ser feita através de:

- **Terminais fechados**, que são cercados e considerados como *área paga*; o passageiro integra fisicamente de uma linha para outra sem qualquer empecilho ou apresentação de documento;
- **Bilhete temporário**, em que o bilhete utilizado permite ao passageiro utilizar qualquer linha do sistema por um período de tempo, de duas horas por exemplo, contados a partir da primeira passagem pela catraca, no ônibus ou no terminal; a rigor não necessita de terminais de integração mas exige equipamento de bilhetagem automática.

5.4.5 - Tarifa Econômica ou Temporal

Conforme apresentado nos Capítulos 2 e 3, os custos de transporte são mais elevados nos horários de pico, uma vez que a demanda destes horários determina o tamanho da frota necessária para a operação. Como a tarifa normalmente é invariável ao longo do dia, os passageiros que se deslocam nos horários de vale, portanto, estão sendo penalizados ao pagarem uma tarifa superior aos custos do serviço que lhes é oferecido, como por exemplo uma frequência menor. Os passageiros do pico, por seu turno, recebem um subsídio cruzado.

A tarifa econômica (ou Horário Econômico), que consiste em adotar um valor inferior à tarifa normal da linha apenas nos horários de vale, não apenas ajusta o preço da passagem ao custo incorrido, mas produz um efeito colateral favorável. O preço mais baixo atrai passageiros dos picos, reduzindo a demanda e em resposta, a oferta. A magnitude de redução da demanda nos picos, porém, depende do valor do desconto oferecido.

Em princípio, determinam-se o valor da tarifa econômica e os horários de funcionamento (ver Capítulo 2) e recalcula-se a tarifa nos picos através de uma variação da

¹ Ver CRUZ (1997) e TTC (1988).

Eq. (5.10), em que t_n é a tarifa normal da linha (R\$/pass), t_p é a tarifa de pico (R\$/pass) e t_v é a tarifa de vale (R\$/pass):

$$t_p = t_n + \frac{PEQ_v}{PEQ_p} (t_n - t_v) \quad (5.11)$$

As alterações produzidas na distribuição da demanda diária pela implantação da tarifa econômica, entretanto, provocam uma mudança na relação entre os passageiros equivalentes dos picos e vales e, conseqüentemente, no valor da tarifa de pico. Este efeito será abordado nos Capítulos 9 e 10.

Ressalte-se também que a tarifa econômica constitui uma das ferramentas utilizadas para induzir a modificação da distribuição da demanda diária, conforme detalhado no Capítulo seguinte.

CAPÍTULO 6 - MODIFICAÇÃO INDUZIDA DA DISTRIBUIÇÃO DA DEMANDA

6.1 - INTRODUÇÃO

Conforme já descrito em Capítulos anteriores, a demanda nos horários de pico determina a frota de ônibus necessária para a operação de uma linha e, conseqüentemente, uma parcela considerável dos custos de transporte. Entretanto, havendo alguma maneira de se induzir uma certa quantidade de usuários a viajarem antes ou depois desses horários, é possível modificar-se a distribuição da demanda diária, com o objetivo de se diminuir a magnitude dos picos. Desta forma, pode-se obter uma curva mais suave, reduzindo as necessidades de veículos em operação, mas mantendo o nível de serviço. Ressalte-se que, como o total de passageiros diários permanece constante, o número de viagens diárias não é necessariamente alterada. A Figura 6.1 apresenta um esquema da modificação pretendida. As barras azuis correspondem ao perfil original, enquanto as amarelas representam um resultado possível após a implantação das medidas necessárias. Supondo que a lotação do veículo seja de 60 passageiros e que o tempo de ciclo da linha seja de 60 minutos e considerando quatro períodos típicos entre 6h 45min e 8h 45min, pode-se calcular a quantidade de viagens, de acordo com a respectiva demanda, e a frota necessária em cada uma das duas situações, conforme o Quadro 6.1. Como pode ser observado, o número total de viagens permanece constante.

O cálculo da frota efetiva (ou operante) necessária, neste caso, é dado pela expressão (3.13), com $TC = D$, ou seja:

$$fe_i = \frac{tc_i}{itv_i} \quad (6.1)$$

Na situação *antes*, o período crítico é o segundo, com 7 viagens em 30 minutos, o que corresponde a uma frota básica de 14 veículos; na outra situação, têm-se 6 viagens e 10 veículos. Observe-se que, neste cenário, a frota é reduzida em quatro ônibus (28,6%), apesar de mantida a quantidade total de viagens. Isto demonstra, de maneira simplificada, as vantagens da modificação induzida da distribuição da demanda diária. Alternativamente, pode-se manter o nível de investimento no sistema, conservando a frota original, e melhorar o nível de serviço, incrementando a quantidade de viagens.

Para a obtenção de tal benefício, duas medidas podem ser utilizadas: o **horário escalonado de trabalho** e o **horário econômico no transporte público de passageiros**, detalhados nos itens seguintes.

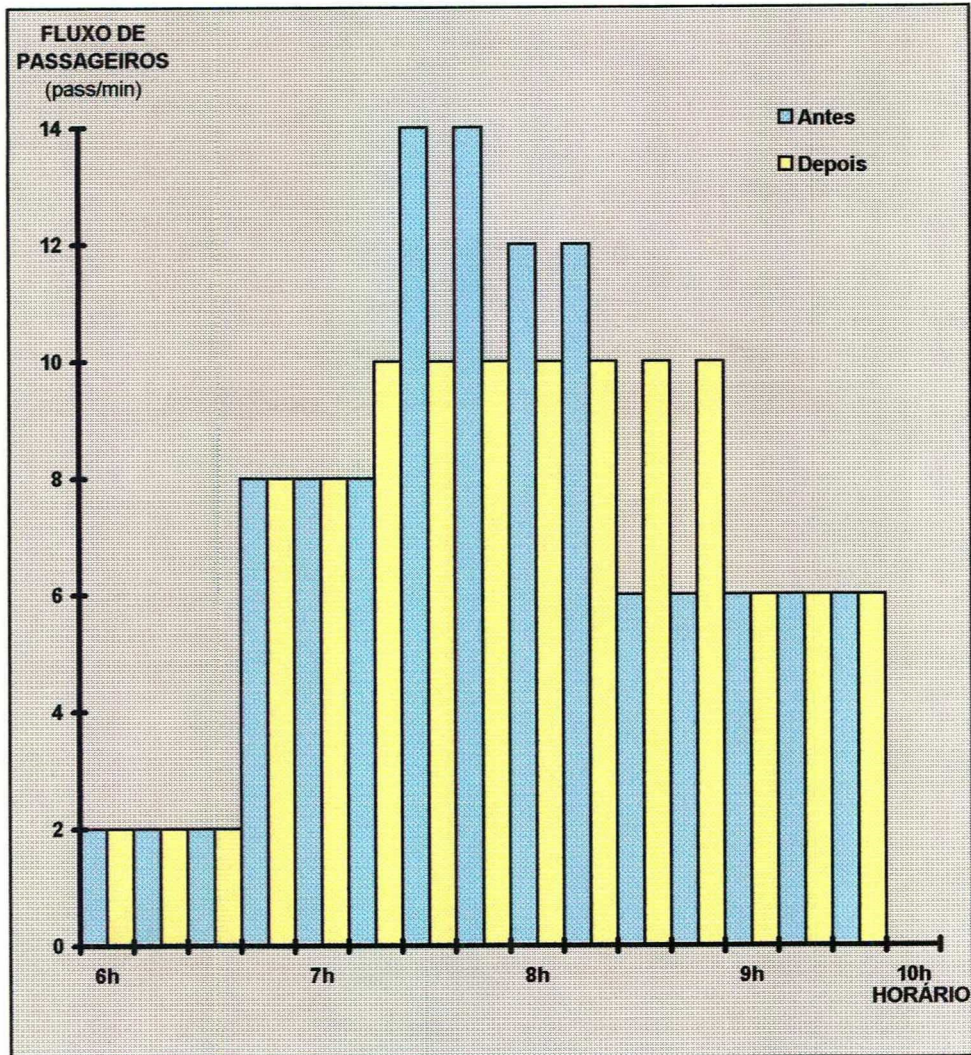


FIGURA 6.1
ESQUEMA DA MODIFICAÇÃO INDUZIDA DA
DISTRIBUIÇÃO DA DEMANDA DIÁRIA

QUADRO 6.1
SIMULAÇÃO DA MODIFICAÇÃO INDUZIDA DA DEMANDA
DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS OPERACIONAIS

SITUAÇÃO	PERÍODO		DURAÇÃO (min)	FLUXO DE PASS. (pass/min)	DEMANDA (pass)	Nº DE VIAGENS*	INTERVALO (min)	FROTA BÁSICA (veículos)	
	Nº	INÍCIO							FIM
ANTES	1	6h 45min	7h 14min	30	8	240	4	7,5	8
	2	7h 15min	7h 44min	30	14	420	7	4,3	14
	3	7h 45min	8h 14min	30	12	360	6	5,0	12
	4	8h 15min	8h 44min	30	6	180	3	10,0	6
DEPOIS	1	6h 45min	7h 14min	30	10	300	5	6,0	10
	2	7h 15min	7h 44min	30	10	300	5	6,0	10
	3	7h 45min	8h 14min	30	10	300	5	6,0	10
	4	8h 15min	8h 44min	30	10	300	5	6,0	10

* Lotação: 60 pass/viagem

6.2 - HORÁRIO ESCALONADO DE TRABALHO

O horário escalonado de trabalho consiste em adiantar ou atrasar os horários de início e final dos turnos de trabalho e/ou estudo em períodos variáveis de 15 minutos a 2 horas. Desta forma, ao invés dos turnos tradicionais (8h - 12h e 14h - 18h), que geram picos acentuados principalmente entre 7h e 8h e entre 18h e 19h, os diversos setores da sociedade poderiam adotar, por exemplo, os seguintes horários de trabalho (ou estudo):

- 7h - 11h e 13h - 17h;
- 7h 30min - 11h 30min e 13h 30min - 17h 30min;
- 8h - 12h e 14h - 18h;
- 8h 30min - 12h 30min e 14h 30 min - 18h 30min;
- 9h - 13h e 15h - 19h.

Neste caso, o escalonamento é do tipo *involuntário*, ou seja, os trabalhadores e/ou estudantes são obrigados a alterar seus hábitos por decisão superior (FERNANDES, 1985, p.25).

Alternativamente, pode ser adotado um escalonamento de forma espontânea, em que se dá oportunidade ao empregado de escolher a hora de início da jornada, desde que cumpra o total diário de oito horas. Naturalmente, isto vai depender do tipo de atividade, não sendo apropriado, por exemplo, ao caso dos estudantes.

Uma outra variação corresponde ao chamado *turno único* ou *horário corrido*, em que o trabalhador perfaz apenas um período, contínuo, de trabalho. Por imposições legais, o turno único é de no máximo 6 horas. Assim, um determinado setor adotaria uma jornada entre 7h e 13h e outro entre 13h e 19h. Nesta situação, além de se eliminarem as viagens de almoço, os picos são severamente reduzidos. Por outro lado, esta medida pode criar outros hábitos de deslocamento nos períodos livres criados, como lazer e até mesmo um segundo emprego. De acordo com FERNANDES (1985, p.26), ainda não foram bem estudados os efeitos do horário corrido sobre o sistema de transporte.

O horário escalonado apresenta efeitos sobre todo o sistema de transporte urbano e não apenas sobre o transporte coletivo. Desta forma, obtêm-se ganhos também pela redução dos níveis de congestionamento nos horários de pico e de suas conseqüências (poluição, elevado consumo de combustível e desgaste de componentes do veículo, entre outras).

Em seu trabalho, FERNANDES (1985, cap. II e III) relaciona resultados da implantação do horário escalonado em diversas cidades do Brasil e do Mundo. Os mais relevantes são os seguintes:

- Curitiba (Brasil):
 - Redução do volume de passageiros na hora mais carregada do período de pico da manhã (7h - 8h) de 40,2% para 23,4%;
 - Redução de 42,3% na ocupação dos veículos na hora de pico da manhã;
- New York (EUA):
 - Redução de 17% no volume de passageiros em três estações do metrô no centro de Manhattan durante os 15 minutos mais carregados do pico da manhã;
 - Redução média do tempo de viagem entre a casa e o trabalho de 5 a 10 minutos;
- Ottawa (Canadá): redução do volume de passageiros na hora mais carregada dos períodos de pico da manhã, de 67,9% para 62,2%, e da tarde, de 62% para 50,1%;
- Paris (França):
 - Redução de 6% a 7% na ocupação das linhas de metrô durante a hora do pico;
 - Redução do volume de passageiros na hora mais carregada do período de pico da tarde (entre 18h e 19h), de 37% para 35,5% nos trens de subúrbio e aumento da demanda entre 17h e 18h de 13,14% para 16,75%;
 - Redução de 5 minutos no tempo de deslocamento dos trabalhadores da região parisiense;
- Rio de Janeiro (Brasil):
 - Redução do consumo de gasolina em 4,8% e de óleo diesel em 2,3%;
 - Aumento médio de 30,8% na velocidade de cruzeiro dos veículos e redução de 13,2% na ocupação dos ônibus entre 7h e 11h (linha 232);
 - Redução de 41,3% no tempo de viagem (linha 232);
- Riverside (EUA): redução média do tempo das viagens pendulares em 2,5 minutos/viagem.

Estes resultados demonstram os benefícios resultantes da modificação induzida da distribuição diária da demanda. De sua análise, **FERNANDES** (1985, p. 49) conclui que “o reescalamento dos horários de trabalho, quando implantado adequadamente, produz benefício social líquido para o sistema de transporte urbano (...)”.

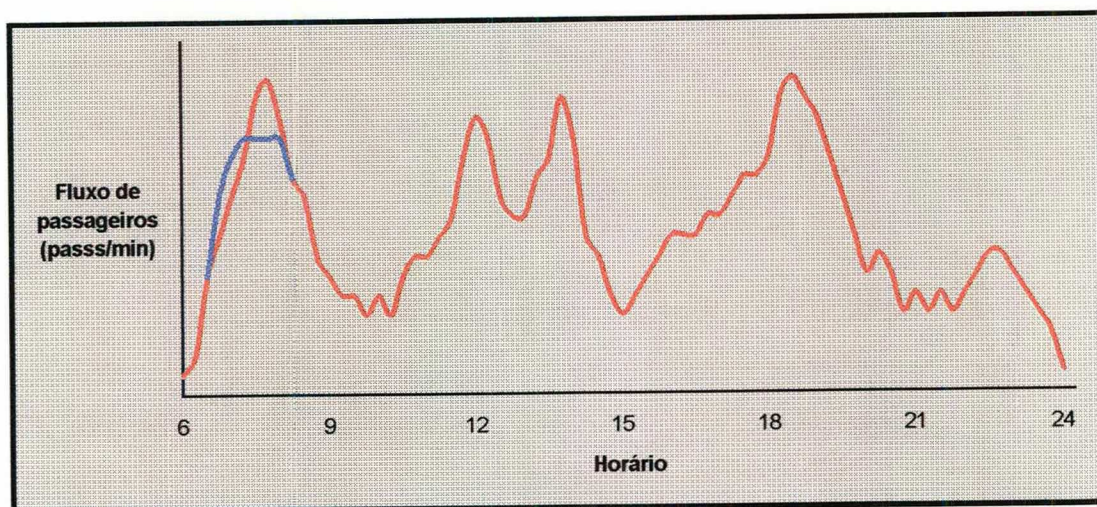
6.3 - HORÁRIO ECONÔMICO NO TRANSPORTE PÚBLICO

O *Horário Econômico no Transporte Público de Passageiros* consiste em estabelecer valores tarifários diferenciados de acordo com o período do dia, maiores nos picos e menores nos vales, conforme apresentado no item 5.4.5. Com isto, o *achatamento* dos picos é obtido por meio de vantagens financeiras oferecidas ao passageiro.

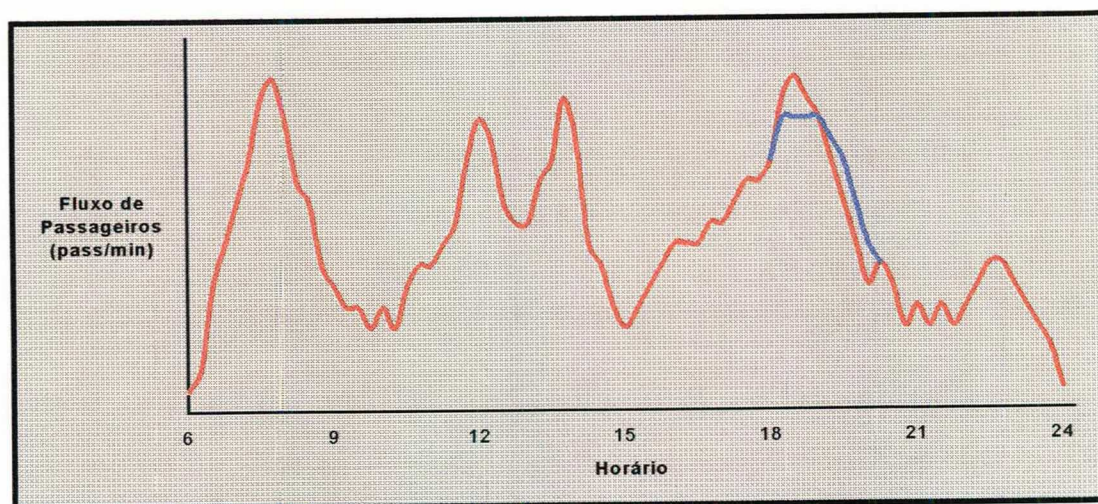
Esta medida constitui um subsídio explícito entre usuários (*subsídio cruzado*), ou seja, a diferença a mais (em relação à média) paga pelo passageiro que viaja no pico cobre a diferença a menos paga pelos demais (TTC, 1986, p. 37 a 41). Naturalmente, a tarifa média deve cobrir os custos do sistema, de uma linha ou de um conjunto de linhas. Pode-se justificar essa discriminação tarifária pelo fato de os custos nos picos serem mais significativos pela utilização de uma frota maior. Assim, essa medida implica nada mais que procurar ajustar o repasse dos custos pelo grau de utilização do sistema.

A Figura 6.2 mostra esquematicamente as alterações mais prováveis na distribuição da demanda diária. Na situação (a), foi implantado o horário econômico apenas no período anterior ao pico da manhã; em (b), apenas após o pico da tarde; em (c), somente nos vales e em (d), em todos os períodos de vale.

A análise deste modelo e a determinação de seus parâmetros constituem objeto deste trabalho, conforme mostrado no Capítulo 9. Para tanto, é necessário primeiramente descrever as técnicas que serão utilizadas, como os métodos de Preferência Declarada (Capítulo 7) e de Escolha Discreta (Capítulo 8).



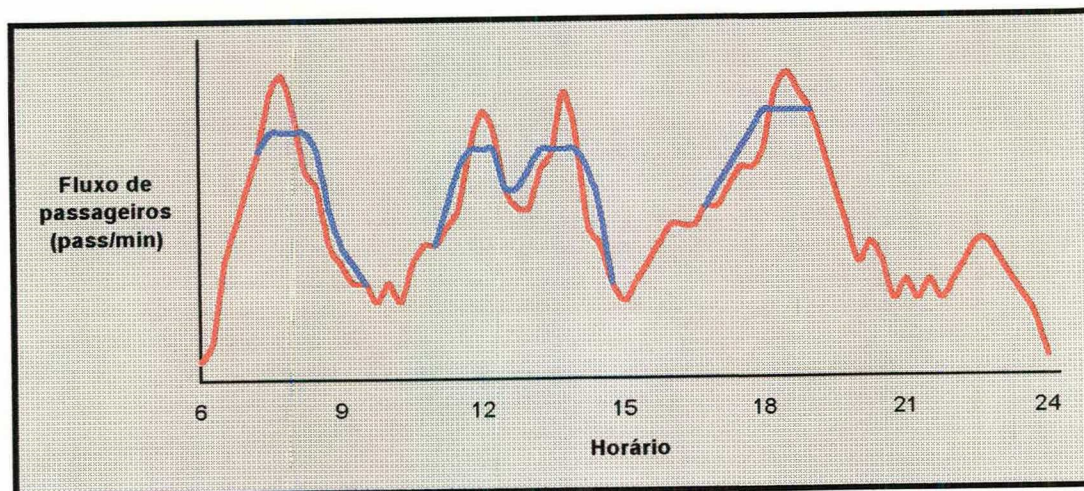
(a) ANTES DO PICO DA MANHÃ



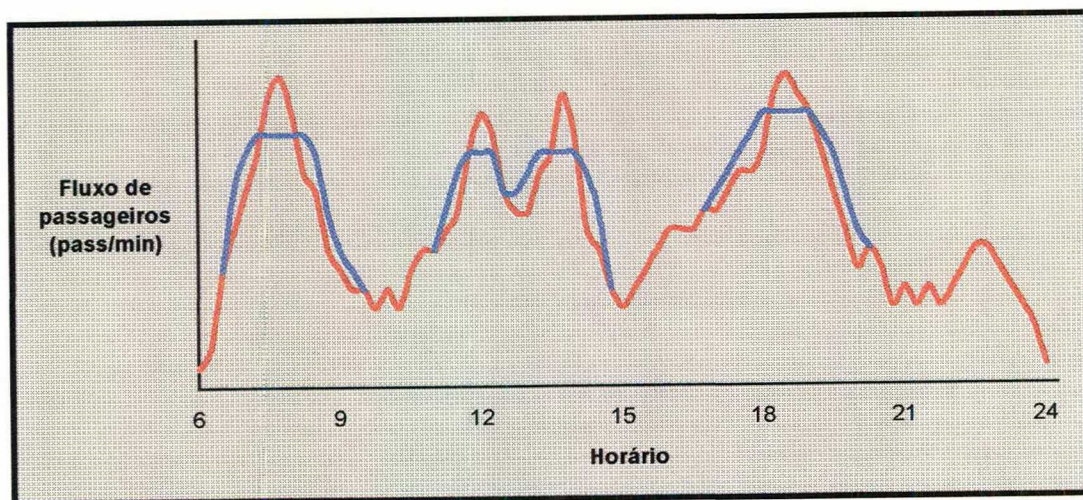
(b) DEPOIS DO PICO DA TARDE

FIGURA 6.2
MODIFICAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DA DEMANDA
COM O HORÁRIO ECONÔMICO

(continua)



(c) NOS VALES INTERMEDIÁRIOS



(d) TODOS OS PERÍODOS DE VALE

FIGURA 6.2
MODIFICAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DA DEMANDA
COM O HORÁRIO ECONÔMICO

(conclusão)

CAPÍTULO 7 - MÉTODOS DE PREFERÊNCIA DECLARADA

7.1 - INTRODUÇÃO

Até a década passada, acreditava-se que os modelos de transportes só poderiam ser desenvolvidos com base em informações observadas sobre o comportamento passado ou habitual do usuário, o que é conhecido como *preferência revelada (RP, do inglês revealed preference)*. Assim, o comportamento real do passado explicaria o comportamento futuro. Como exemplo, podem-se citar os modelos econométricos de previsão da demanda, como a análise das *séries temporais*. Estas técnicas, entretanto, não abarcam todas as situações em transportes, especialmente no estabelecimento de serviços inexistentes ou de modificações no sistema ainda inéditas.

As idéias de *preferência declarada - SP (stated preference)*, embora desenvolvidas há muito tempo, somente começaram a ser utilizadas no começo dos anos 70¹ em algumas pesquisas de mercado. Com a melhoria das técnicas de **SP** e o desenvolvimento rápido da Informática e da Econometria, no final dessa década começaram a ser utilizados em estudos de transportes, principalmente em questões como divisão modal, determinação do valor monetário do tempo (de viagem, de espera e de deslocamento a pé) e análise de questões subjetivas como conforto e segurança. Ao longo da década de 80, houve um grande impulso devido ao aperfeiçoamento da metodologia de **SP** e ao desenvolvimento da Informática.

Na definição de **KROES** e **SHELDON** (1988, p.11), "o termo Métodos de Preferência Declarada refere-se à família de técnicas que utilizam declarações de entrevistados individuais sobre suas preferências em um conjunto de opções de transporte para estimar funções utilidade". De acordo com **BRADLEY** (1988, p.121) é possível avaliar produtos, serviços e situações qualitativamente diferentes daquelas comumente encontradas usando alternativas hipotéticas. Outra vantagem é que um mesmo entrevistado pode ser submetido a sucessivos exercícios de escolha com situações hipotéticas distintas, aumentando a eficiência da coleta de informações.

Nos métodos de **RP**, os dados são obtidos diretamente da observação do comportamento real das viagens, revelando as preferências do passageiro (**KROES** e **SHELDON**, 1988, p.12). Neste caso, entretanto, são expressivas as correlações entre as variáveis explanatórias e, se uma variável importante for omitida, o modelo pode não refletir o

¹ Os primeiros artigos relacionando preferência declarada e transporte foram escritos por **DAVIDSON**, J. D. (*Forecasting traffic on STOL*, Operations Research Quartely, 24:561-9) e **LOUVIERE**, J.J. et al. (*Theory, methodology and findings in mode choice behavior*, University of Iowa), ambos de 1973, citados por **HENSHER**, David A. (1994).

fenômeno. Além disso, não é possível avaliarem-se situações hipotéticas. Nos métodos de **SP**, são definidas as variáveis de interesse e a entrevista é feita com base apenas nelas, mantendo-se o resto constante (JONES, 1991, p.3).

Na coleta de informações por **SP**, o entrevistado é perguntado sobre o que faria se se encontrasse em uma determinada situação hipotética (ORTÚZAR e GARRIDO, 1994, p. 185), tipicamente descrições de cenários. Esta proposição leva à questão da possibilidade de o usuário, em uma situação real, não reagir exatamente da maneira como declarou. Por esta razão, o planejamento do levantamento deve ser muito cuidadoso, incluindo os instrumentos disponíveis para utilização nas técnicas de **SP** e o treinamento dos pesquisadores. Mesmo assim, os resultados permitem apenas “identificar estimativas de pesos de utilidade relativa ao invés de valores absolutos” (KROES e SHELDON, 1988, p.13). Entretanto, a combinação de técnicas de **SP** e de **RP** possibilita a obtenção de informações qualitativas e quantitativas.

Segundo KROES e SHELDON (1988, p.21), são inúmeras as aplicações das técnicas de preferência declarada em transportes, como:

- “Avaliar as prioridades para o desenvolvimentos de várias características de sistemas de transporte público, com especial ênfase nos fatores qualitativos (auditoria de marketing);
- Estimar elasticidades da demanda para vários atributos do serviço, incluindo tarifa, frequência e tempo de viagem;
- Desenvolver análises de divisão de mercado e previsões para operadores de transporte e administradores de aeroportos e terminais de ônibus interurbanos;
- Elaborar estudos de escolha de rota;
- Pesquisar e desenvolver novos produtos para operadores de transporte;
- Conduzir estudos de planejamento para órgãos governamentais (por exemplo, estudos do valor do tempo).”

7.2 - METODOLOGIA

Primeiramente, é necessário definir as variáveis de interesse, aqui chamadas de **atributos**, e também os **níveis** ou valores que cada uma delas pode assumir de acordo com a análise pretendida. Estes atributos são traduzidos matematicamente através de uma função utilidade - **U**, geralmente de forma linear aditiva. Considerando **n** o número de atributos, x_i o nível do atributo **i** e k_i o peso da utilidade do atributo **i**, a utilidade total é dada por:

$$U = \sum_{i=1}^n k_i \cdot x_i \quad (7.1)$$

Também podem ser consideradas funções de utilidade não lineares como a da seguinte forma (NOVAES, 1986, v.1, p.66):

$$U = \prod_{i=1}^n x_i^{k_i} \quad (7.2)$$

Esta função pode ser linearizada, de modo que ambas possam ser solucionadas da mesma maneira, ou seja:

$$\ln(U) = \sum_{i=1}^n k_i \cdot \ln(x_i) \quad (7.3)$$

Ainda de acordo com NOVAES (1986, v.1, p. 18 e 19), as elasticidades ε destas duas funções em relação à variável x_i são dadas, respectivamente, por:

$$\varepsilon_{x_i} = \frac{k_i \cdot x_i}{U_i} \quad (7.4)$$

e:

$$\varepsilon_{x_i} = k_i \quad (7.5)$$

A seguir, deve ser definida a forma de realização do levantamento, que de acordo com KROES e SHELDON (1988, p.14) deve incluir as combinações dos níveis dos diversos atributos, de maneira que sejam “completamente não correlacionados entre as alternativas”. O número total de alternativas é uma função da quantidade de atributos e níveis, mas nem sempre é possível para o usuário avaliar uma grande quantidade de alternativas simultaneamente e, portanto, este valor deve situar-se entre 9 e 16 (KROES e SHELDON, 1988, p.14). Desta forma, o número de atributos e níveis deve ser pequeno. Conforme JONES (1991, p.8), devem-se utilizar 3 ou 4 atributos e 2 ou 3 níveis. No caso de não se poder limitar esse número, as combinações são agrupadas em subconjuntos, sendo testadas, para cada entrevistado, apenas uma destas combinações, alternando-se a apresentação dos conjuntos a cada entrevista. Este tipo de levantamento é chamado de *modelo fatorial fracionado* (KROES e SHELDON, 1988, p.15) ou *conjuntos fixos de escolha* (HENSHER, 1994, p.110); se utilizasse todas as alternativas, seria o caso do *modelo fatorial completo* (KROES e SHELDON, 1988, p.15) ou *conjuntos variáveis de escolha* (HENSHER, 1994, p.110). Estes autores alertam para o fato de que o modelo fracionado permite estimar os efeitos diretos, mas não a interação entre os mesmos, o que pode ser resolvido incluindo-se nas entrevistas um fator comum. Para HENSHER (1994, p. 109 e 110) deve-se manter constante o número de atributos e variar apenas seus níveis.

Apesar de serem viáveis entrevistas por correspondência ou por telefone, esses autores demonstram forte preferência por entrevistas diretas, em que se pode explicar de forma inequívoca os objetivos do levantamento e o que é esperado do entrevistado. Além disso, os resultados são colhidos no ato. Este tipo de levantamento (**face-a-face**) pode ser feito no domicílio, no ponto de parada ou no interior do veículo durante a viagem. As formas de abordagem de levantamentos face-a-face mais utilizadas são as seguintes:

- Apresentação de dois cenários, convidando o passageiro a indicar sua preferência de acordo com uma escala semântica de cinco pontos (definitivamente prefere A, possivelmente prefere A, é indiferente a A e a B, possivelmente prefere B e definitivamente prefere B);
- Apresentação de diversos cenários, solicitando ao usuário que os coloque em ordem de preferência (**ranking**);
- Apresentação de diversos cenários para que o entrevistado escolha apenas aquele que lhe parece de maior utilidade, técnica denominada **experimentos de escolha declarada** por HENSHER (1994, p.108).

As respostas obtidas nos levantamentos de escolha declarada podem ser diretamente traduzidas em previsões através de **modelos de escolha discreta**, objeto do Capítulo 8, enquanto as respostas das demais técnicas precisam ser transformadas para se obterem previsões utilizáveis (HENSHER, 1994, p.110)². Entretanto, há uma perda de informação sobre a ordem e o grau de preferência na escolha discreta. LOUVIERE (1988, p.114) recomenda a escolha declarada como a mais apropriada para estudos de **divisão modal** ao invés de rank ou grau, por considerar que “pode existir uma diferença significativa entre a alternativa de máxima utilidade predita de trabalhos de rank ou grau e a alternativa realmente escolhida por um indivíduo”. E acrescenta: “experimentos de escolha têm a grande vantagem de permitir observar-se como as escolhas mudam como uma função não apenas das mudanças nos atributos das alternativas, mas também mudanças no número e composição de alternativas competitivas”.

De acordo com BRADLEY (1988, p.122), um estudo típico de preferência declarada deve conter os seguintes passos:

- ❶ “Determinar o que deve ser predito ou avaliado;
- ❷ Especificar um contexto hipotético de viagem do qual serão coletados os dados;
- ❸ Determinar o tamanho da amostra para o estudo e o método de coleta;
- ❹ Projetar as alternativas de escolha ou preferência a serem apresentadas;
- ❺ Decidir por um método de medir preferências ou escolhas no estudo;
- ❻ Desenvolver um método de apresentar o experimento aos entrevistados;
- ❼ Administrar o levantamento;

² HENSHER cita como exemplo apenas um modelo de escolha discreta, o Logit Multinomial, descrito no Capítulo 8.

- ⑧ Estimar modelos de utilidade estocástica das preferências ou escolhas reveladas;
- ⑨ Testar a validade das predições do modelo, o mais próximo possível;
- ⑩ Aplicar os modelos para avaliação ou previsão."

Observe-se que estas necessidades são auto-explicativas, à exceção dos itens ⑧ e ⑨, que requerem uma maior reflexão, o que é feito no Capítulo seguinte.

CAPÍTULO 8 - MODELOS DE ANÁLISE DE ESCOLHA DISCRETA

8.1 - INTRODUÇÃO

No Capítulo anterior foi citado o conjunto de necessidades de um estudo típico de preferência declarada, de acordo com **BRADLEY** (1988, p.122). Duas destas necessidades são "estimar modelos de utilidade estocástica das preferências ou escolhas reveladas" e "testar a validade das predições do modelo". Neste Capítulo, são detalhados os modelos mais largamente utilizados para a estimação do comportamento dos passageiros, fixando-se naqueles relacionados à *escolha declarada*. A base do desenvolvimento deste Capítulo é o trabalho de **BEN-AKIVA** e **LERMAN** (1985), complementado com referências a outros autores.

8.2 - TEORIA DE ESCOLHA DISCRETA

A *Teoria do Consumidor* (**BEN-AKIVA** e **LERMAN**, 1985, p. 39 a 41), baseia-se em um espaço contínuo de alternativas, o que permite derivar funções utilidade. Quando porém este espaço tem características discretas, algumas adaptações precisam ser feitas.

Considere-se um conjunto de, por exemplo, três alternativas, q_1 , q_2 e q_3 , cuja escolha é dada pela seguinte *Função Utilidade*:

$$U = U(q_1, q_2, q_3) \quad (8.1)$$

Nesta situação, cada alternativa, ou cada q , assume o valor 1 se for a escolhida, e 0, caso contrário. Apenas uma das alternativas pode ser escolhida, de modo que é válida a seguinte restrição:

$$q_1 \cdot q_2 = q_1 \cdot q_3 = q_2 \cdot q_3 = 0 \quad (8.2)$$

As únicas soluções possíveis para este problema são então as seguintes:

$$U(1, 0, 0), U(0, 1, 0) \text{ e } U(0, 0, 1) \quad (8.3)$$

Todas estas soluções são de canto, e nestes pontos as condições normais de primeira ordem para um *ótimo* não cabem, o que leva à necessidade de se desenvolver metodologia específica de busca. Pela Teoria de Escolha Discreta, não se derivam funções de demanda, mas trabalha-se diretamente com funções utilidade, que podem assumir as formas das equações (7.1) ou (7.2) do Capítulo 7, quais sejam:

$$U = \sum_{i=1}^n k_i \cdot x_i \quad (7.1)$$

$$U = \prod_{i=1}^n x_i^{k_i} \quad (7.2)$$

A alternativa i será escolhida se e somente se:

$$U_i > U_j \quad (i \neq j) \quad (8.4)$$

Este modelo, porém, é determinístico e não consegue explicar observações experimentais de escolhas inconsistentes ou não transitivas¹, o que leva à necessidade do desenvolvimento de um modelo probabilístico.

8.3 - TEORIA DE ESCOLHA PROBABILÍSTICA

Além das violações das propriedades das funções utilidade observadas, não é possível conhecer todas as características que influenciam a tomada de decisão humana e tampouco avaliar erros cometidos durante o levantamento de informações. Assim, foi desenvolvido um modelo estocástico, atribuído por **BEN-AKIVA** e **LERMAN** (1985, p. 48 a 57) a **MANSKI** (1977), que considera os atributos como variáveis aleatórias. Segundo estes autores, isto implica que “a probabilidade de escolha da alternativa i é igual à probabilidade de a utilidade da alternativa i ser maior ou igual às utilidades de quaisquer outras alternativas do conjunto de escolha” (p.55). Chamando de $U_{i,n}$ a utilidade da alternativa i para o passageiro n , de $U_{j,n}$ a utilidade da alternativa j para o passageiro n e de C_n o conjunto de alternativas possíveis para o passageiro n , a probabilidade $P_n(i)$ de o passageiro n optar pela alternativa i é:

$$P_n(i) = \Pr(U_{i,n} \geq U_{j,n}, \forall j \in C_n) \quad (8.5)$$

A função utilidade, por seu turno, chamando de V_i a utilidade sistemática da alternativa i (componentes observáveis) e de ε_i o erro ou distúrbios da alternativa i (componentes não observáveis), passa a assumir a seguinte forma:

$$U_i = V_i + \varepsilon_i \quad (8.6)$$

¹ Por esta propriedade, se $U_i > U_j$ e $U_j > U_k$ então $U_i > U_k$

8.4 - ESCOLHA BINÁRIA

No caso em que a escolha é feita entre apenas duas alternativas, ou **escolha binária**, o conjunto de alternativas j compreende apenas um elemento. Assim, as probabilidades de escolha das alternativas i e j são as seguintes:

$$P_n(i) = \Pr(U_{i,n} \geq U_{j,n}) \quad (8.7)$$

$$P_n(j) = 1 - P_n(i) \quad (8.8)$$

Combinando-se as equações (8.6) e (8.7), pode-se provar que, adicionando-se uma mesma quantidade a ambas as utilidades, a probabilidade de escolha não se altera, e também que esta escolha depende apenas das diferenças entre os erros e entre as utilidades sistemáticas de cada alternativa e não de seus valores absolutos, ou seja:

$$P_n(i) = \Pr(100 + U_{i,n} \geq 100 + U_{j,n}) \quad (8.9)$$

$$P_n(i) = \Pr(V_{i,n} - V_{j,n} \geq \varepsilon_{j,n} - \varepsilon_{i,n}) \quad (8.10)$$

A forma da utilidade sistemática deve ser determinada de modo a refletir qualquer teoria que se tenha sobre a influência dos atributos sobre a utilidade, mas deve ser de fácil estimação e ter propriedades computacionais convenientes (BEN-AKIVA e LERMAN, 1985, p.62). Um número muito grande de autores recomenda e/ou utilizou em seus trabalhos a forma linear aditiva (como a das equações 7.1 e 7.2), que no caso de escolha binária pode ser expressa como:

$$V_{in} = k_1 \cdot x_{in1} + k_2 \cdot x_{in2} + k_3 \cdot x_{in3} + \dots + k_K \cdot x_{inK} \quad (8.11)$$

$$V_{jn} = k_1 \cdot x_{jn1} + k_2 \cdot x_{jn2} + k_3 \cdot x_{jn3} + \dots + k_K \cdot x_{jnK}$$

É importante considerar a inclusão na função utilidade um termo chamado **constante específica alternativa**, que reflete a diferença entre as utilidades i e j quando tudo o mais é igual, assumindo os valores 1, quando i for escolhida, ou 0, quando j for escolhida.

Nos itens seguintes são apresentados os modelos de escolha binária mais comuns, baseados nas distribuições dos erros ou então das diferenças entre eles, que são o **Probit Binário** e o **Logit Binário**.

8.4.1 - Modelo Probit Binário

Este modelo parte da hipótese de que os erros são normalmente distribuídos com média 0, variâncias σ_i^2 e σ_j^2 e covariância σ_{ij} . Desta forma, a diferença entre os erros é também normalmente distribuída, com média 0 e variância igual a:

$$\sigma^2 = \sigma_i^2 + \sigma_j^2 - 2\sigma_{ij} \quad (8.12)$$

Desta hipótese pode ser derivado o modelo Probit Binário, que, chamando de Φ a *distribuição normal cumulativa padronizada*, é dado por:

$$P_n(i) = \Phi\left(\frac{V_{in} - V_{jn}}{\sigma}\right) \quad (8.13)$$

Observe-se que a variância da diferença, neste caso, corresponde à escala da função utilidade, podendo ser arbitrada como $\sigma = 1$.

BEN-AKIVA e **LERMAN** (1985, p.70) atribuem a **LISCO** (1967) as primeiras aplicações na área de transporte. Embora seja intuitivamente razoável, este modelo tem a desvantagem de assumir a forma de uma integral (Φ). Assim, os pesquisadores passaram a buscar modelos semelhantes, mas analiticamente mais convenientes, como o **Logit Binário**.

8.4.2 - Modelo Logit Binário

Por este modelo, assume-se que a diferença entre os erros é assintoticamente distribuída, ou seja:

$$F(\varepsilon_n) = \frac{1}{1 + e^{-\mu\varepsilon_n}} \quad (\mu > 0 \wedge -\infty < \varepsilon_n < \infty) \quad (8.14)$$

$$f(\varepsilon_n) = \frac{\mu e^{-\mu\varepsilon_n}}{(1 + e^{-\mu\varepsilon_n})^2} \quad (8.15)$$

O parâmetro escalar positivo μ reflete o grau de heterocedasticidade da distribuição, geralmente arbitrado como sendo igual a 1.

A probabilidade de a alternativa i ser escolhida é, então, dada por:

$$P_n(i) = \frac{1}{1 + e^{(V_{jn} - V_{in})}} \quad (8.16)$$

Ou então:

$$P_n(i) = \frac{e^{V_{in}}}{e^{V_{in}} + e^{V_{jn}}} \quad (8.17)$$

8.4.3 - Determinação dos Parâmetros da Função Utilidade

A estimação dos parâmetros da função utilidade pode ser feita através de várias técnicas, mas as mais utilizadas são a de **Máxima Verossimilhança** e a dos **Mínimos Quadrados**, comentados nos itens seguintes.

8.4.3.1 - Estimação de Máxima Verossimilhança

O primeiro método, mais utilizado, pode ser formulado como segue (BEN-AKIVA e LERMAN, 1985, p. 79 a 87):

Considere-se a seguinte equação (8.18):

- $y_{i,n} = 1$, se o passageiro n escolher a alternativa i ;
- $y_{i,n} = 0$, se o passageiro n escolher a alternativa j .

A função de verossimilhança para um caso geral de escolha binomial é a seguinte:

$$L^* = \prod_{n=1}^N P_n(i)^{y_{i,n}} \cdot P_n(j)^{y_{j,n}} \quad (8.19)$$

Ou então:

$$L^* = \sum_{n=1}^N \{ y_{i,n} \cdot \log P_n(i) + (1 - y_{i,n}) \cdot \log [1 - P_n(i)] \} \quad (8.20)$$

As condições de primeira ordem para que se encontre(m) o(s) máximo(s) da função de verossimilhança são:

$$\frac{\partial}{\partial k_r} L = \sum_{n=1}^N \left\{ y_{i,n} \frac{\partial P_n(i) / \partial k_r}{P_n(i)} + y_{j,n} \frac{\partial P_n(j) / \partial k_r}{P_n(j)} \right\} = 0 \quad (r = 1, \dots, R) \quad (8.21)$$

Segundo **BEN-AKIVA** e **LERMAN** (1985, p. 81), em muitos casos práticos pode-se mostrar que a função de verossimilhança “é globalmente côncava, de modo que se existe uma solução para as condições de primeira ordem, então ela é única”. Além disso, este estimador “é, sob condições relativamente gerais, consistente, assintoticamente eficiente e assintoticamente normal”. E sugerem um algoritmo para o método de **Newton-Raphson** (p. 82 e 83).

- “Escolher a estimativa inicial para o vetor $\mathbf{k}^0 = \{k_1^0, k_2^0, k_3^0, \dots, k_R^0\}$ (geralmente $\mathbf{k}^0 = \mathbf{0}$ é mais conveniente, a menos que esteja disponível um outro valor melhor);
- Estabelecer um contador $w = 0$;
- Estabelecer e_1 e e_2 , números positivos pequenos (valores típicos: $e_1 = 10^{-4}$ e $e_2 = 10^{-2}$);
- **PASSO 1:** Linearizar a função $\nabla \mathcal{L}(\mathbf{k})$ ao redor do ponto \mathbf{k}^w ; as condições de primeira ordem aproximadas são dadas por:

$$\nabla \mathcal{L}(\mathbf{k}^w) + \nabla^2 \mathcal{L}(\mathbf{k}^w) \cdot (\mathbf{k} - \mathbf{k}^w) = 0$$

- **PASSO 2:** Resolver a forma linearizada de:

$$\mathbf{k}^{w+1} = \mathbf{k}^w - [\nabla^2 \mathcal{L}(\mathbf{k}^w)]^{-1} \nabla \mathcal{L}(\mathbf{k}^w)$$

- **PASSO 3:** Verificar se $(\mathbf{k}^{w+1} - \mathbf{k}^w)$ é pequeno; o critério típico é:

$$\left[\frac{1}{R} \sum_{r=1}^R (k_r^{w+1} - k_r^w)^2 \right]^{\frac{1}{2}} < e_1$$

e / ou:

$$\left| \frac{k_r^{w+1} - k_r^w}{k_r^w} \right| < e_2$$

- Se estas condições forem satisfeitas, terminar com a solução \mathbf{k}^{w+1} ; senão, estabelecer $w = w+1$ e voltar ao passo 1°.

No caso do modelo **Logit Binário**, a função de verossimilhança é dada por:

$$\mathcal{L} = \sum_{i=1}^N \left\{ y_{in} \cdot \log\left(\frac{e^{V_{in}}}{e^{V_{in}} + e^{V_{jn}}}\right) + y_{jn} \cdot \log\left(\frac{e^{V_{jn}}}{e^{V_{in}} + e^{V_{jn}}}\right) \right\} \quad (\mu=1) \quad (8.22)$$

Esta função tem seu máximo em:

$$\sum_{n=1}^N [y_{in} - P_n(i)] \cdot (x_{inr} - x_{jnr}) = 0 \quad (r = 1, \dots, R) \quad (8.23)$$

E condições de segunda ordem:

$$\frac{\partial^2}{\partial \mathbf{k}_r \partial \mathbf{k}_t} \mathcal{L} = - \sum_{i=1}^N P_n(i) \cdot [1 - P_n(i)] \cdot (\mathbf{x}_{inr} - \mathbf{x}_{jnr}) \cdot (\mathbf{x}_{int} - \mathbf{x}_{jnt}) \quad (8.24)$$

No caso do modelo **Probit Binário**:

$$\mathcal{L} = \sum_{i=1}^N \left\{ y_{in} \cdot \log[\Phi(\mathbf{V}_{in} - \mathbf{V}_{jn})] + (1 - y_{in}) \cdot \log[1 - \Phi(\mathbf{V}_{in} - \mathbf{V}_{jn})] \right\} \quad (\mu=1) \quad (8.25)$$

Com as seguintes condições de primeira ordem:

$$\frac{\partial}{\partial \mathbf{k}_r} \mathcal{L} = \sum_{n=1}^N \left\{ y_{in} \frac{\phi(\mathbf{V}_{in} - \mathbf{V}_{jn})}{\Phi(\mathbf{V}_{in} - \mathbf{V}_{jn})} + (1 - y_{in}) \frac{\phi(\mathbf{V}_{in} - \mathbf{V}_{jn})}{1 - \Phi(\mathbf{V}_{in} - \mathbf{V}_{jn})} \right\} = 0 \quad (r=1, \dots, R) \quad (8.26)$$

8.4.3.2 - Estimação de Mínimos Quadrados

A formulação do método dos mínimos quadrados que pode ser aplicada tanto ao modelo Probit como ao Logit, é a seguinte (BEN-AKIVA e LERMAN, 1985, p. 95 a 97):

$$\min_k Q = \sum_{n=1}^N [y_{i,n} - P_n(i)]^2 \quad (8.27)$$

As condições de primeira ordem são:

$$\frac{\partial}{\partial \mathbf{k}_r} Q = -2 \sum_{n=1}^N [y_{i,n} - P_n(i)] \frac{\partial P_n(i)}{\partial \mathbf{k}_r} = 0 \quad (8.28)$$

ou:

$$\sum_{n=1}^N [y_{i,n} - P_n(i)] \frac{\partial P_n(i)}{\partial \mathbf{k}_r} = 0 \quad (r=1, \dots, R) \quad (8.29)$$

De acordo com BEN-AKIVA e LERMAN (1985, p. 95), a estimativa de mínimos quadrados “pode ser computacionalmente difícil e não apresenta vantagens teóricas sobre a de máxima verossimilhança”.

8.5 - MODELOS DE ESCOLHA MULTINOMIAL

A escolha multinomial ocorre quando existem mais de duas alternativas passíveis de escolha, o que torna a modelagem muito mais complexa. Em outras palavras, não basta apenas estudar a distribuição das diferenças dos distúrbios, mas é necessário analisar a distribuição conjunta de todos eles. Neste caso, a probabilidade de a alternativa i ser escolhida é dada por:

$$P_n(i) = \Pr(U_{i,n} \geq U_{j,n}, \forall j \in C_n) \quad (8.30)$$

ou:

$$P_n(i) = \Pr[V_{in} + \varepsilon_{in} \geq \max_{(j \neq i)} (V_{jn} + \varepsilon_{jn})] \quad (8.31)$$

Conforme **BEN-AKIVA** e **LERMAN** (1985, p.103), a construção deste modelo pode ser muito complexa, excetuando-se o modelo Logit Multinomial, o que fez dele o mais utilizado em análise de escolha discreta.

8.5.1 - O Modelo Logit Multinomial

O Modelo Logit Multinomial - MLM é dado por:

$$P_n(i) = \frac{e^{V_{i,n}}}{\sum_{j \in C_n} e^{V_{j,n}}} \quad (8.32)$$

Note-se que, nesta expressão:

$$0 \leq P_n(i) \leq 1 \quad (8.33)$$

e:

$$\sum_{i \in C_n} P_n(i) = 1 \quad (8.34)$$

Isto mostra que a equação (8.32) constitui uma função de densidade de probabilidade apropriada.

A formulação original do modelo, de acordo com **BEN-AKIVA** e **LERMAN** (1985, p. 103), é atribuída a **LUCE** (1959), mas a equação (8.32) foi desenvolvida por **MARSCHAK** (1960); as primeiras aplicações deste método na área de transportes, mais especificamente em escolha modal, foram feitas por **LISCO** (1967).

Assume-se que o erro $\varepsilon_{i,n}$ seja independente e identicamente distribuído (IID), de acordo com a **distribuição de Gumbel**² (uma aproximação da **distribuição normal**), com parâmetro de localização η e parâmetro de escala μ (por conveniência igual a 1). Esta distribuição apresenta os seguintes parâmetros (BEN-AKIVA e LERMAN, 1985, p. 104 e 105):

- Moda: η ;
- Média: $\eta + \gamma/\mu$ (γ é a constante de Euler);
- Variância: $\pi^2/(6 \cdot \mu^2)$.

O parâmetro de escala μ reflete o grau de heterocedasticidade da distribuição; considerando $\mu=1$, assume-se a hipótese de homocedasticidade; se os testes não aceitarem tal hipótese, o valor de μ deve ser reavaliado. Saliente-se que se $\mu \rightarrow 0$, os distúrbios tendem ao infinito e, se $\mu \rightarrow \infty$, tendem a zero (caso determinístico).

8.5.2 - Propriedade do Modelo Logit Multinomial de Independência de Alternativas Irrelevantes

Esta propriedade do Modelo Logit Multinomial mostra que, para um indivíduo específico, a relação entre as probabilidades de escolha entre duas alternativas quaisquer não são afetadas pelas utilidades sistemáticas de quaisquer outras alternativas, ou seja:

$$\frac{P_n(i)}{P_n(j)} = e^{V_{in} - V_{jn}} \quad (8.35)$$

Deve-se ter o cuidado, porém, com a aplicação desta propriedade, que exige que os distúrbios sejam não correlacionados. Este aspecto é importante para orientar a segmentação do mercado em conjuntos homogêneos e também para justificar a inclusão de variáveis sócio-econômicas na utilidade sistemática.

8.5.3 - Estimação do Modelo Logit Multinomial

Considere-se inicialmente a condição (8.18), que define o valor de y_{in} . A função de verossimilhança para casos multinomiais em geral é (BEN-AKIVA e LERMAN, 1985, p. 118):

² A distribuição de Gumbel tem a seguinte formulação:

$$F(\varepsilon) = \exp[-e^{-\mu(\varepsilon-\eta)}], (\mu > 0) \text{ e } f(\varepsilon) = \mu \cdot e^{-\mu(\varepsilon-\eta)} \cdot \exp[-e^{-\mu(\varepsilon-\eta)}]$$

$$\mathcal{L} = \prod_{n=1}^N \prod_{i \in \mathbf{C}_n} \mathbf{P}_n(i)^{y_{i,n}} \quad (8.36)$$

Linearizando a eq. (8.36):

$$\mathcal{L} = \sum_{n=1}^N \sum_{i \in \mathbf{C}_n} y_{i,n} \cdot (\mathbf{V}_{i,n} - \ln \sum_{j \in \mathbf{C}_n} e^{V_{j,n}}) \quad (8.37)$$

As condições de primeira ordem são:

$$\frac{\partial}{\partial \mathbf{k}_r} \mathcal{L} = \sum_{n=1}^N \sum_{i \in \mathbf{C}_n} y_{i,n} \cdot \left(x_{i,nr} - \frac{\sum_{j \in \mathbf{C}_n} e^{V_{j,n}} \cdot x_{j,nr}}{\sum_{j \in \mathbf{C}_n} e^{V_{j,n}}} \right) = 0 \quad (r=1, \dots, R) \quad (8.38)$$

Ou:

$$\sum_{n=1}^N \sum_{i \in \mathbf{C}_n} [y_{i,n} - \mathbf{P}_n(i)] \cdot x_{i,nr} = 0 \quad (r=1, \dots, R) \quad (8.39)$$

As condições de segunda ordem são:

$$\frac{\partial^2}{\partial \mathbf{k}_r \partial \mathbf{k}_t} \mathcal{L} = - \sum_{n=1}^N \sum_{i \in \mathbf{C}_n} \mathbf{P}_n(i) \cdot [x_{i,nr} - \sum_{j \in \mathbf{C}_n} x_{j,nr} \cdot \mathbf{P}_n(j)] \cdot [x_{i,nt} - \sum_{j \in \mathbf{C}_n} x_{j,nt} \cdot \mathbf{P}_n(j)] \quad (8.40)$$

CAPÍTULO 9 - MODELO DE DETERMINAÇÃO DO HORÁRIO ECONÔMICO

9.1 - INTRODUÇÃO

No Capítulo 2, foi mostrado que, ao se observar a forma de uma distribuição da demanda de transporte coletivo urbano ao longo de um dia de operação, vê-se claramente a existência de períodos em que o volume de passageiros transportados é mais pronunciado (os *picos*) e outros em que apresenta valores menores (os *vales*). Estas características são típicas nos sistemas de transporte da maioria das cidades, mas é grande a variabilidade da demanda total diária e da relação entre os volumes dos picos e dos vales, principalmente em função do porte destas cidades. A demanda nos horários de pico determina a frota de ônibus necessária para a operação de uma linha e, conseqüentemente, uma parcela considerável dos custos de transporte. Esta frota fica parcialmente ociosa nos horários de vale, dada a redução da demanda, o que representa desperdício de recursos e custo por passageiro elevado.

Entretanto, havendo alguma maneira de se induzir uma certa quantidade de usuários a viajarem antes ou depois desses horários, é possível modificar-se a distribuição da demanda diária, com o objetivo de se diminuir a magnitude dos picos, conforme apresentado no Capítulo 6. Desta forma, pode-se obter uma curva mais suave, reduzindo as necessidades de veículos em operação, mas mantendo o nível de serviço. Como o total de passageiros diários é por hipótese constante, o número de viagens diárias não é necessariamente alterado, de acordo com exemplo apresentado no item 6.1. A Figura 6.1 apresenta um esquema da modificação pretendida, no qual as barras em azul correspondem ao perfil original e aquelas em amarelo, a um resultado possível após a implantação das medidas necessárias.

Um dos modelos que podem ser utilizados para induzir essa suavização é o ***Horário Econômico no Transporte Público de Passageiros***, que consiste em estabelecer valores tarifários diferenciados de acordo com o período do dia, maiores nos picos e menores nos vales, conforme mostrado nos itens 5.4.5 e 6.3.

Porém, a resposta do usuário pode depender do tipo de atividade que ele exerce e, particularmente, do(s) horário(s) do dia em que costuma viajar. Atividades com horários rígidos de início e final de jornada são provavelmente menos elásticas do que aquelas com horário flexível ou mesmo sem horário específico, como as de lazer. Considerando aqueles usuários que se deslocam por motivo de trabalho ou estudo, seus horários de expediente são rígidos e suas viagens costumam ser habituais. Isto impede que o seu transporte possa ser alterado no sentido dos vales intermediários (na metade da manhã e da tarde), mas não no sentido dos vales extremos (antes do pico da manhã e depois do pico da tarde). Se, por exemplo, a tarifa com desconto for estabelecida entre 9h e 11h, é pouco

provável que deixe de iniciar o seu trabalho às 8h para usufruir do benefício, pois o prejuízo com o atraso certamente será maior, além dos aborrecimentos decorrentes. Entretanto, é possível que viaje antes do pico da manhã e/ou após o pico da tarde se nestes horários a tarifa for menor. O tempo de espera poderia, então, ser utilizado para outras atividades, especialmente no final da tarde. Finalmente, os passageiros que viajam por outros motivos, como por exemplo lazer, pequenos negócios (bancos, vendas) e procura de serviços (compras, consultas médicas e advocatícias, cultos, serviços públicos) devem apresentar maior elasticidade, podendo gozar do benefício financeiro.

Por outro lado, ressalte-se que, como os estudantes recebem desconto tarifário, assim como outras categorias de passageiros, suas estatísticas merecem um tratamento em separado, já que influenciam a formação das receitas de maneira distinta da dos demais usuários que não recebem o benefício.

Mantendo-se constante o nível de serviço, da redução de custos proporcionada pela necessidade menor de veículos pode resultar um cenário no qual a tarifa se mantenha inalterada, antes e depois da implantação do horário econômico e mesmo assim se adote uma tarifa menor fora dos picos. Neste caso, a tarifa média resultante é menor do que aquela da situação anterior, resultado da otimização da operação. Ou seja, os ganhos que podem ser obtidos com a adoção dessa medida são distribuídos apenas aos passageiros dos períodos de vale.

9.2 - FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

Ao implantar uma política tarifária que contemple a utilização do modelo do Horário Econômico, o planejador se vê diante de alguns problemas de certa gravidade.

Em primeiro lugar, é necessário estabelecer os limites de funcionamento dos **Períodos Econômicos** (nos quais a tarifa cobrada é menor), que certamente ocorrerão apenas nos períodos de vale e que, portanto, não devem ser em número superior a quatro ao longo de um dia útil¹. Considerando, para efeitos ilustrativos, apenas o pico da manhã, o primeiro período econômico começaria no horário da primeira viagem e terminaria no início do pico. Se estiver muito próximo do pico, pode haver apenas uma antecipação do mesmo, o que não deve reduzir o custo e tornar inócuo o procedimento; se estiver muito afastado, os passageiros do pico poderão não ser atraídos, com alterações da distribuição da demanda

¹ Para efeitos deste trabalho, os períodos serão denominados como segue:

- Vale da Madrugada - antes do pico da manhã;
- Vale da Manhã - entre o pico da manhã e o do almoço;
- Vale da Tarde - entre o pico do almoço e o da tarde;
- Vale da Noite - após o pico da tarde.

temporal apenas nas proximidades dos limites, o que também não surte efeito. Este mesmo raciocínio poder ser feito para os demais vales.

Uma outra questão é determinar o valor das tarifas econômica e não econômica. Se forem muito próximas, o desconto correspondente pode não ser atrativo; se este desconto for muito grande, porém, podem haver mudanças expressivas na distribuição da demanda, de forma a criar um pico defasado, talvez até de maior magnitude.

O problema a ser resolvido, então, é:

Estabelecer um modelo de determinação dos limites dos Períodos Econômicos e das Tarifas Econômica e Não Econômica, de maneira a minimizar o custo de transporte e maximizar a satisfação do passageiro.

9.3 - DESCRIÇÃO DO MODELO

O modelo baseia-se na transferência do horário de deslocamento por parte do passageiro, mediante um desconto tarifário. Essa transferência se dá no sentido dos horários de pico para os horários de vale, produzindo um *achatamento* dos picos. A nova distribuição da demanda terá reflexos sobre a oferta de transporte e, conseqüentemente, nos respectivos custos. Para ilustrar a descrição do modelo proposto, considere-se o cenário hipotético mostrado na Figura 9.1, que mostra a distribuição da demanda no pico da manhã de uma linha de transporte coletivo urbano por ônibus.

O custo médio por passageiro (*cpa*) é considerado linear em função da frota efetiva (*fe*) necessária para a operação da linha, conforme mostrado no Capítulo 4, e é adotado como indicador da oferta.

Do lado da demanda, serão cobradas duas tarifas distintas, uma tarifa não econômica - *tne* nos horários de pico e uma tarifa econômica - *tec* nos de vale. Considerando que a distribuição da demanda observada corresponde a uma tarifa de referência - *TR*, cobrada na situação existente ou cenário 0^2 , podem ser estabelecidas as seguintes relações:

$$TR = CPA^0 \quad (9.1)$$

$$0 < tec < TR \leq tne \quad (9.2)$$

² Será aqui denominado *cenário* a distribuição da demanda resultante da implantação de uma tarifa econômica de valor *tec* durante os períodos econômicos e de outra, não econômica, de valor *tne* nos demais períodos do dia.

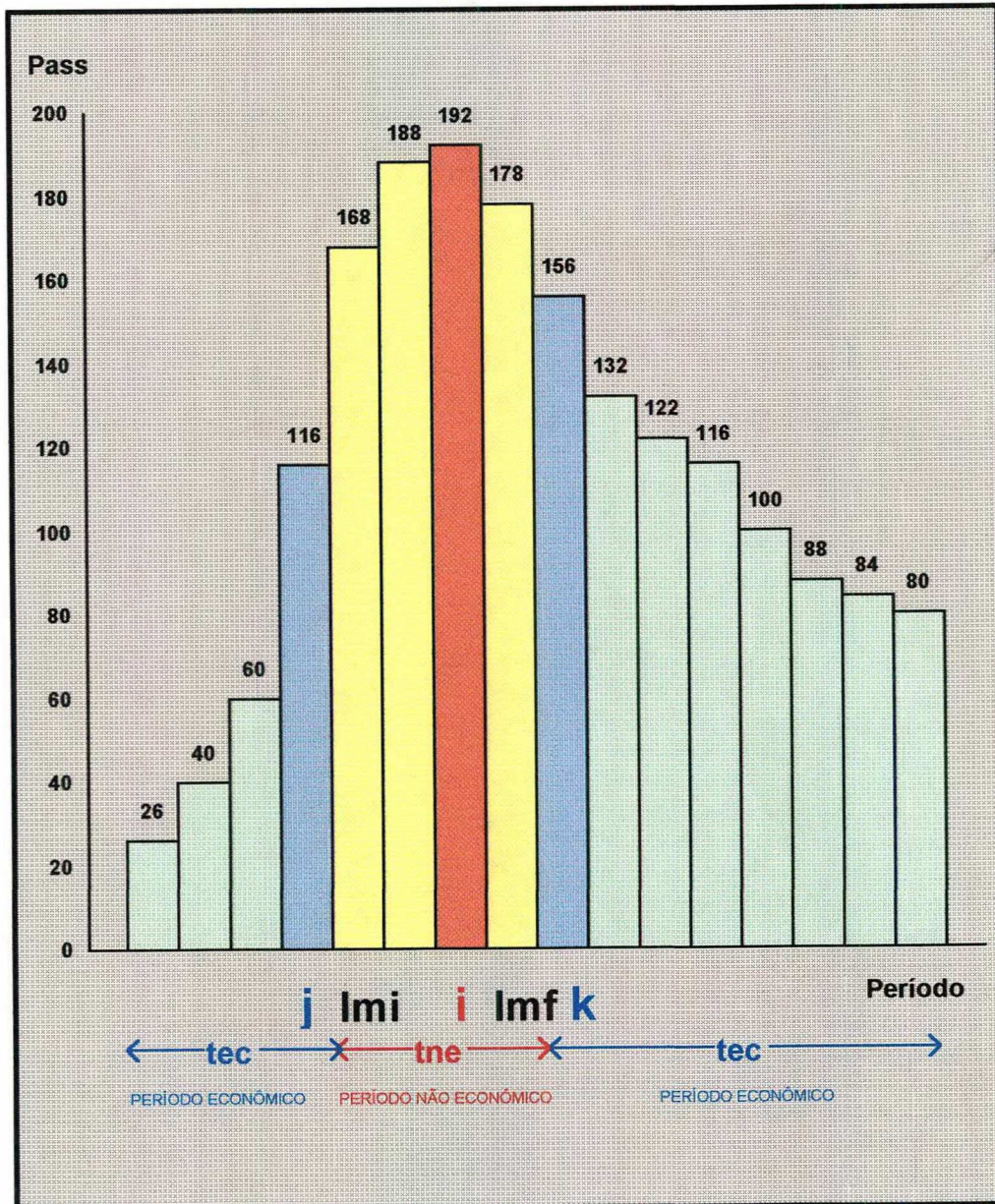


FIGURA 9.1

DISTRIBUIÇÃO DA DEMANDA NO PICO DA MANHÃ - EXEMPLO

A tarifa ótima - tus^c , sob o ponto de vista do usuário, corresponde à tarifa média, considerando o total de passageiros afetados - P , aqueles que pagarão a tarifa econômica - pec^c e aqueles que pagarão a tarifa não econômica - pne^c , de acordo com a expressão:

$$tus^c = \frac{pec^c \cdot tec + pne^c \cdot tne}{pec^c + pne^c} = \frac{pec^c \cdot tec + (P - pec^c) \cdot tne}{P} \quad (P > 0) \quad (9.3)$$

Para verificar os efeitos das transferências dos passageiros, a jornada deve ser dividida em NPT intervalos pequenos - os *períodos típicos*, de duração constante D , de modo a refletir com propriedade a distribuição da demanda, mas grandes o suficiente para eliminar os ruídos que normalmente ocorrem na distribuição da demanda observada.

Mesmo com as alterações dos horários de viagem, o número total de passageiros - P é sempre constante (ignora-se a possibilidade de as modificações atraírem novos passageiros ou mesmo de que elas venham a afugentar outros) e corresponde ao somatório dos passageiros p_i^c de cada período típico i , ou seja:

$$P = \sum_{i=0}^{NPT} p_i^c = \sum_{i=0}^{NPT} p_i^0 \quad \{p_i^0, p_i^c\} \geq 0 \quad (9.4)$$

Os passageiros econômicos - pec^c , chamando de t_i^c a tarifa do período típico i , correspondem a:

$$pec^c = \sum_{i=0}^{NPT} w_i^c \cdot p_i^c \quad (pec^c \geq 0) \quad (9.5)$$

onde:

$$w_i^c = 0 \quad \text{se} \quad t_i^c = tne$$

$$w_i^c = 1 \quad \text{se} \quad t_i^c = tec \quad (9.6)$$

Qualquer cenário c , inclusive o cenário observado (**cenário 0**), constitui uma solução possível para o problema, desde que tanto a tarifa do usuário do cenário c como o respectivo custo médio por passageiro não ultrapassem o do cenário **0**, ou seja:

$$tus^c \leq CPA^0 \quad (9.7)$$

$$cpa^c \leq CPA^0 \quad (9.8)$$

A solução ótima, porém, ocorrerá quando a relação entre tus^c e cpa^c , que representa o equilíbrio econômico-financeiro da linha, for igual à unidade. Como esta análise é

discreta, podem ser estabelecidas faixas razoáveis de variação, como por exemplo, considerar como solução toda a alternativa em que esta relação se situar entre 0,95 e 1,05. Equivalentemente, pode-se estabelecer a relação entre a receita total - rt^c e o custo total - ct^c , ou seja:

$$0,95 \leq \frac{P.tus^c}{P.cpa^c} = \frac{rt^c}{ct^c} \leq 1,05 \quad (9.9)$$

Nos itens seguintes, é apresentado o desenvolvimento teórico do modelo, inicialmente com a análise das modificações na distribuição da demanda provocadas pela implantação do Horário Econômico e os valores da tarifa do usuário tus^c e depois com a determinação da oferta necessária para a operação de cada cenário e o respectivo custo por passageiro cpa^c .

9.3.1 - Análise da Demanda

Esta análise compreende a determinação do modelo de distribuição da demanda, dos cenários alternativos de Horário Econômico e do modelo comportamental dos passageiros.

9.3.1.1 - Modelo de Distribuição

Para a determinação dos passageiros econômicos, considerem-se primeiramente os limites inicial - lmi_t^c e final - lmf_t^c (ver. Fig. 9.1) de um período não econômico (de pico) qualquer t da jornada. Cada período típico pertencente a este período não econômico recebe a ordem i ; qualquer período anterior a lmi_t^c recebe a ordem j e qualquer período posterior a lmf_t^c , a ordem k . Assim, tem-se para qualquer cenário³:

$$lmi_t^c \leq i \leq lmf_t^c \quad (9.10)$$

$$1 \leq j < lmi_t^c \quad (9.11)$$

$$lmf_t^c < k \leq NPT \quad (9.12)$$

Dos passageiros originais do período i (p_i^0), uma parcela não irá mudar de horário, outra irá antecipar sua viagem ($pec_{i,j}$) e outra viajará depois ($pec_{i,k}$), considerando que

³ Para facilidade de apresentação, a partir deste momento serão omitidas as designações de cenário c , à exceção do cenário observado (original), que mantém a designação zero.

a tarifa t_i do período i é a tarifa não econômica tne e que a dos períodos j e k é a tarifa econômica tec . Assim, valem as seguintes condições:

$$p_i = p_i^0 - pec_i \quad (9.13)$$

$$pec_i = pec_{i,j} + pec_{i,k} \quad (9.14)$$

$$t_i = tne \quad (lmi_t \leq i \leq lmf_t) \quad (9.15)$$

$$t_j = t_k = tec \quad (1 \leq j < lmi_t) \wedge (lmf_t < j \leq NPT) \quad (9.16)$$

Considere-se também que a transferência de passageiros se dará somente para os períodos típicos econômicos limítrofes ao período não econômico considerado, que constitui a situação mais desfavorável; nos demais períodos não econômicos não haverá alterações de demanda.

Considerando as contribuições do período i para estes períodos limítrofes, de acordo com o comportamento de cinco diferentes categorias de passageiros (m), a equação (9.13) passa a ter a seguinte forma:

$$p_i = p_i^0 - \sum_{m=1}^5 pec_{i,j,m} - \sum_{m=1}^5 pec_{i,k,m} \quad (\text{se } j = lmi_t - 1 \wedge k = lmf_t + 1) \quad (9.17)$$

$$p_j = p_j^0 + \sum_{i=lmi_t}^{lmf_t} \sum_{m=1}^5 pec_{i,j,m} \quad (\text{se } j = lmi_t - 1) \quad (9.18)$$

$$p_j = p_j^0 \quad (\text{se } j \neq lmi_t - 1) \quad (9.19)$$

$$p_k = p_k^0 + \sum_{i=lmi_t}^{lmf_t} \sum_{m=1}^5 pec_{i,k,m} \quad (\text{se } k = lmf_t + 1) \quad (9.20)$$

$$p_k = p_k^0 \quad (\text{se } k \neq lmf_t + 1) \quad (9.21)$$

Deve-se levar em conta também que, por hipótese, as equações (9.17) a (9.21) são válidas se e somente se:

$$p_i > p_j \quad (9.22)$$

$$p_i > p_k \quad (9.23)$$

Para assegurar que esta condição não sofra influência de pequenas perturbações na distribuição da demanda, ou seja, que a transferência de passageiros se dê efetivamente no sentido dos picos para os vales, o que é o objetivo do processo, pode-se aplicar o método de médias moveis de ordem n , ímpar, para suavizar esta distribuição, de acordo com as expressões:

$$p_u^n = \frac{1}{n} \sum_{v=1}^n p_{u+v-\frac{n+1}{2}}^0 \quad (u = \{i, j, k\}) \quad (9.24)$$

$$\frac{n+1}{2} \leq u \leq \text{NPT} - \frac{n+1}{2} \quad (9.25)$$

$$p_i^n > p_j^n \quad (9.26)$$

$$p_i^n > p_k^n \quad (9.27)$$

Assim como a atratividade proporcionada pela tarifa econômica, a quantidade de passageiros econômicos pec_i afetados depende da defasagem de tempo dtp entre o período i e os períodos j e k , o que pode ser expresso por:

$$dtp_{i,j} = D.(i - j) \quad (9.28)$$

$$dtp_{i,k} = D.(k - i) \quad (9.29)$$

9.3.1.2 - Determinação dos Cenários do Horário Econômico

A análise de cada par de tarifas econômica (**tec**) e não econômica (**tne**), considerando uma jornada com **NPT** períodos típicos, corresponde a um total de 2^{NPT} cenários diferentes, o que representa um esforço computacional muito grande. Porém, existem duas restrições que permitem reduzir drasticamente a quantidade de cenários a serem examinados:

- A quantidade de períodos econômicos e não econômicos ao longo da jornada, uma vez que correspondem aos de picos e de vales, deve ser pequeno, o que implica a ocorrência de poucas trocas de tarifas em períodos típicos limítrofes;
- O sentido desejado dos deslocamentos temporais é sempre dos períodos de maior demanda para aqueles de menor demanda (Equações 9.22 e 9.23).

Atendendo a estas duas restrições, é possível estabelecer um método heurístico para a determinação dos cenários a serem examinados, a seguir descrito.

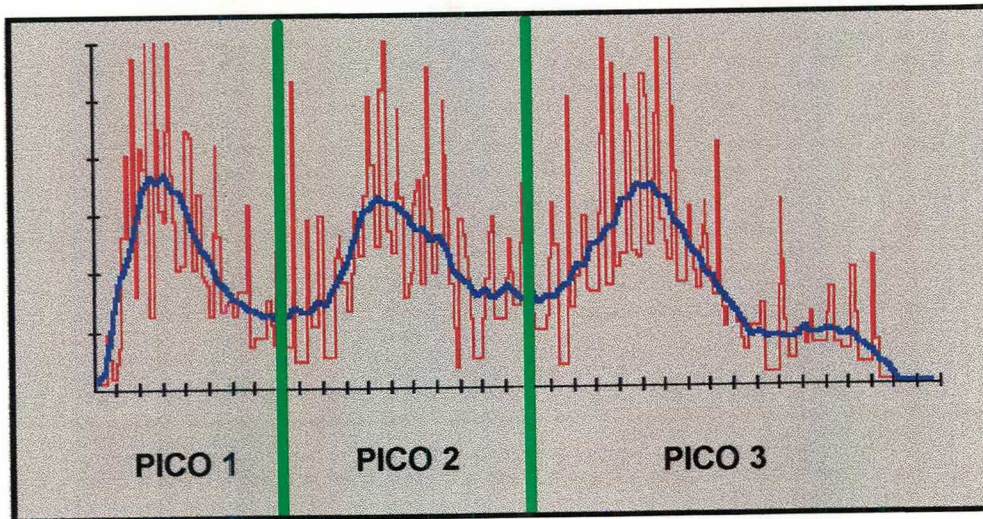


FIGURA 9.2

DIVISÃO DA JORNADA EM PERÍODOS DE PICO - EXEMPLO

Primeiramente, é preciso dividir a jornada em períodos longos, com limites nos horários de menor demanda da jornada, que serão analisados individualmente, conforme mostra a Figura 9.2. A distribuição da demanda de cada um deles, que serão chamados de **períodos de pico**, assumirá a forma aproximada da Figura 9.1.

Para efeitos de visualização, considere-se a distribuição da demanda no pico da manhã (**pico 1**) de uma linha hipotética (Figura 9.1), considerando 16 períodos típicos de 15 min.

Para o estabelecimento dos cenários, considere-se primeiramente o período de demanda máxima **demax** e atribua-se a ele a tarifa **tne**; todos os demais períodos terão tarifa **tec**, já que apresentam demandas menores. Num segundo cenário, determina-se o período com a segunda maior demanda; todos os demais, que tiverem demanda igual ou superior, terão a tarifa **tne**, e aqueles com demanda inferior, a tarifa **tec**. O procedimento correspondente é o seguinte:

```
demax= 0
demin= 10.000
```

```
Para p =1 até NPT fazer:
  Se pass(p) > demax, então:
    demax= pass(p)
  Se pass(p) < demin, então:
    demin= pass(p)
```

```
Fim para
```

(determina demax e demin)

```

cenário =1
pmax (cenário)=demax

Enquanto demax (cenário) ≥ demin(0) fazer:           (determina os cenários)

  Para p =1 até NPT fazer:                             (define a tarifa de cada período)
    Se pass (p) < pmax (cenário) então:
      t (cenário,p) = tec
    Senão:
      t (cenário,p) = tne
    Fim se
  Fim para

  pmax(cenário+1)=0

  Para s =1 até NPT fazer:                             (determina pmax(cenário+1))
    Se pass(s) > pmax(cenário+1) e pass(s) < pmax(cenário), então:
      pmax(cenário+1) = pass(s)
    Fim para

  cenário = cenário +1

Fim enquanto

ncen = cenário -1                                   (número de cenários)

```

Para o exemplo da Figura 9.1, o conjunto de cenários assim obtido é mostrado no Quadro 9.1. Observe-se que estes cenários, em número bastante reduzido, bem representam as premissas do trabalho. Ressalte-se ainda que a simulação do Quadro 9.1, relativa ao pico da manhã, pode ser estendida para os demais picos.

9.3.1.3 - Modelo Comportamental

O modelo de distribuição da demanda detalhado no item 9.3.1.1 deve refletir o comportamento do usuário em relação ao valor da tarifa e à defasagem de tempo que lhe é exigida para receber o benefício de desconto tarifário. Para tanto, ao se defrontar com a opção de um determinado desconto, ele pode adiar a sua viagem, antecipá-la ou mesmo não alterar seus hábitos e manter o horário em que se desloca. Têm-se, portanto, três alternativas:

- Alternativa 1: **viajar antes (A)**;
- Alternativa 2: **manter o horário (M)**;
- Alternativa 3: **viajar depois (D)**.

Um problema deste tipo pode ser associado ao que a bibliografia denomina **análise de escolha multinomial**, como é mostrado no item seguinte.

9.3.1.3.1 - Análise de Escolha Multinomial

Neste método de análise (ver Capítulo 8), estão incluídos todos os casos em que a determinação da função da demanda é feita com base no comportamento de um grupo específico da população, ao qual é dada a oportunidade de escolha entre mais de duas alternativas. Tem sido muito utilizado para a previsão da demanda modal ante a possibilidade de implantação de um novo serviço (de uma nova rodovia, ferrovia ou metróvia, ou ainda de um serviço alternativo com maior conforto para os passageiros). No caso em estudo, ao invés de uma escolha entre alternativas de serviços, importa na realidade avaliar o custo do horário da viagem sob o ponto de vista do usuário.

Considere-se um conjunto C_n composto das três alternativas possíveis, **A**, **M** ou **D**, apresentado a um passageiro n de uma linha do sistema de Transporte Público de Passageiros. A cada alternativa corresponde uma utilidade para o usuário n e ele escolherá aquela que lhe representar a maior utilidade dentre todas possíveis. Considerando $P_n(i)$ a probabilidade de o passageiro n optar pela alternativa i , $U_{i,n}$ a utilidade da alternativa i para o passageiro n e $U_{j,n}$ a utilidade da alternativa j para o passageiro n , isto pode ser expresso por:

$$P_n(i) = \Pr (U_{i,n} \geq U_{j,n}, \forall j \in C_n) \quad (8.30)$$

Por outro lado, a função utilidade $U_{i,n}$ pode ser subdividida em uma parcela determinística, a utilidade sistemática - V_{in} , e um componente estocástico $\varepsilon_{i,n}$, ou seja:

$$U_{i,n} = V_{i,n} + \varepsilon_{i,n} \quad (8.6)$$

Considerando k_{in} o conjunto dos parâmetros que expressam o gosto do passageiro n e x_{in} os valores dos atributos da alternativa i , como percebidos pelo passageiro n , a utilidade sistemática é dada por:

$$V_{in} = \sum_{i=1}^n k_{in} \cdot x_{in} \quad (9.30)$$

O modelo de escolha discreta mais utilizado na prática, por sua simplicidade teórica e computacional, é o **Modelo Logit Multinomial**, dado por (Ver Capítulo 8):

$$P_n(i) = \frac{e^{V_{i,n}}}{\sum_{j \in C_n} e^{V_{j,n}}} \quad (8.32)$$

9.3.1.3.2 - Especificação do Modelo

O primeiro passo para a especificação do modelo é a definição da quantidade de alternativas possíveis, que neste caso são três (**A**, **M** ou **D**). A **Utilidade Sistemática** é dada pela equação (9.30), que corresponde a uma função linear em parâmetros, que admite também formas linearizadas da equação não linear (7.2). Deve-se, então, especificar quais variáveis deverão compô-la, sabendo-se que incluem *constantes específicas de alternativa* (**BEN-AKIVA** e **LERMAN**, 1985, p.116) e atributos operacionais - temporais e tarifários.

As constantes refletem a utilidade relativa entre as alternativas nas quais foram incluídas, em comparação com aquelas em que não foram incluídas. No problema em questão, $x_1=1$ se for escolhida a alternativa **A** e $x_1=0$, as demais; $x_2=1$ para a alternativa **D** e $x_2=0$ para as demais. Desta forma, pode-se avaliar a utilidade relativa de antecipar ou não a viagem (k_1) e de adiar ou não a viagem (k_2).

As variáveis operacionais correspondem aos atributos que pesam na escolha e refletem as defasagens de tempo e de tarifa. Assim, podem ser definidas:

- x_3 : Tarifa (R\$);
- x_4 : Defasagem de tempo (min);

Assume-se que os passageiros comportam-se de maneira relativamente homogênea em relação ao custo do tempo conforme o tipo de passageiro, neste caso representado pela forma de pagamento, e também de acordo com o horário (período típico) do deslocamento.

No primeiro caso, podem ser definidas categorias que na maioria dos casos podem ser agrupadas em:

- Deslocamentos Regulares:
 - Pagamento em espécie (**PE**);
 - Passe de Estudante (**ET**);
 - Vale-Transporte (**VT**)
- Deslocamentos Eventuais (**EV**);
- Isentos (**IS**).

Na categoria de isentos são incluídos aqueles que não pagam a tarifa, desde os idosos com mais de 65 anos⁴, de acordo com a Constituição Federal até as isenções estaduais e municipais a carteiros, militares, policiais, deficientes, professores e outras

⁴ Em Porto Alegre/RS a faixa de idosos é ampliada por uma Lei Municipal que estende o benefício aos maiores de 60 anos.

dezenas de categorias sociais e profissionais. Nos casos em que não são registrados (*não rodam a catraca*), podem ser simplesmente ignorados, pois deixam de fazer parte do universo de passageiros transportados. Os estudantes normalmente recebem um desconto de 50% na tarifa e portanto, devem perceber o custo do horário de forma distinta das categorias que não recebem benefícios. Caso existam categorias com descontos diferentes do oferecido aos estudantes, deve-se considerar à parte. No caso do vale-transporte, os gastos com transporte não podem exceder 6% do salário nominal do trabalhador. Desta forma, o benefício só será considerado pelo passageiro se o dispêndio total com a tarifa econômica for inferior a este teto. O trabalhador regular, que paga a tarifa integral e faz o pagamento em espécie, deve ser suscetível à alteração do horário da viagem, mas com a restrição dos horários de início e final do expediente. Por exemplo, ele pode considerar a antecipação da viagem no pico da manhã mas não o adiamento, devido ao atraso no trabalho. A maior ocorrência de alteração de horário deve ocorrer na categoria de deslocamentos eventuais, que correspondem aos trabalhadores sem horário rígido e aos deslocamentos para compras, lazer, atendimento médico e odontológico, cultos e outros. Com o desconto, pretende-se evitar que estas pessoas se desloquem nos horários de pico.

No caso do horário de deslocamento, suspeita-se haver diferenças comportamentais conforme o período do deslocamento. Por este raciocínio, os passageiros das 7h poderiam reagir conjunta e diferentemente dos que se deslocam às 8h.

Essas considerações levam à desagregação do modelo, ou seja, à determinação de um conjunto de três funções utilidade (uma para cada alternativa) para cada tipo de passageiro e para cada período típico do período não econômico. Isto significa, por exemplo, calibrar 40 destes conjuntos para 8 períodos típicos não econômicos.

O modelo proposto é desagregado em relação à categoria e ao período típico para se minimizar os erros. Assim, as variáveis x_k ganham duas novas dimensões, ou seja, $x_{k,g,p}$, com g indicando a categoria do passageiro e p o período típico. A partição do mercado entre categorias, por período, deve ser determinada em levantamento prévio para definição a amostra. Naturalmente, o modelo desagregado exige uma amostra e um custo maiores.

9.3.1.4 - Levantamento de Informações

Para caracterizar o comportamento do usuário devem ser realizados dois tipos de levantamentos, de *Preferência Revelada* e de *Preferência Declarada*, detalhados nos itens seguintes (Ver Capítulo 7):

9.3.1.4.1 - Levantamentos de Preferência Revelada

Inicialmente deve ser levantada, no órgão que gerencia a linha em estudo ou na operadora, a estatística diária de passageiros transportados por viagem ao longo de um mês típico. A distribuição da demanda ao longo do dia, correspondente ao **Cenário 0**, é obtida pela soma das médias dos passageiros transportados por dia útil em todas as viagens com horário de início dentro de cada período típico.

Um segundo levantamento permite obter a participação de cada categoria de passageiro na demanda de cada período típico. Consiste em acompanhar a operação de cobrança da tarifa, anotando a quantidade de passageiros de acordo com a forma de pagamento. Os passageiros que utilizam passes (de estudante, vale-transporte ou de isento) são visualmente fáceis de ser identificados; sendo o pagamento feito em espécie, é necessário entrevistar o passageiro sobre a regularidade do deslocamento (habitual ou eventual) no horário levantado. Basta então agregar os resultados de todas as viagens de um mesmo período típico, determinando os percentuais correspondentes. Com estes resultados é possível também dimensionar o levantamento de preferência declarada, analisado no item seguinte.

9.3.1.4.2 - Levantamentos de Preferência Declarada

No levantamento de preferência declarada, são coletadas informações relativas às variáveis explanatórias x_3 e x_4 , além de variáveis sócio-econômicas, em entrevista direta com o usuário. Essa entrevista é dividida em duas partes. Na primeira, é preenchido um formulário (Figura 9.3) com as características do levantamento realizado e do passageiro entrevistado, quais sejam:

- Data do levantamento (dd/mm/aa);
- Número do carro;
- Horário de início da viagem (hh:mm);
- Sentido da viagem (bairro-centro ou centro-bairro);
- Grau de escolaridade;
- Caracterização do tipo de passageiro (PE, VT, ET, EV ou IS);
- Tamanho do domicílio (em quantidade de pessoas com mais de cinco anos);
- Renda mensal familiar (R\$).

**DETERMINAÇÃO DO HORÁRIO ECONÔMICO
ENTREVISTA**

DATA: ___/___/___	CARRO: _____	HORÁRIO: ____:____	SENTIDO: CB BC
ESCOLARIDADE: 1ª 1º 2º 3º		TIPO DE PASSAGEIRO: PE VT ET EV	
TAMANHO DO DOMICÍLIO 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10		RENDA FAMILIAR A B C D E F G H I	
RESULTADO			
Envelope	Cartão	Escolha	
Azul (R\$ 0,60)	<input type="text"/>	A B C	
Amarelo (R\$ 0,70)	<input type="text"/>	A B C	
Verde (R\$ 0,80)	<input type="text"/>	A B C	

FIGURA 9.3
MODELO DE FORMULÁRIO DE ENTREVISTA

Além disso, também é anotado neste formulário o resultado da segunda parte da entrevista, que consiste na caracterização do **envelope** e do **cartão**, correspondentes às alternativas **apresentadas**, e a alternativa **escolhida**.

Os envelopes referem-se às hipóteses sobre a tarifa não econômica, prevendo-se na planilha da Figura 9.3 três níveis, o primeiro dos quais correspondente à tarifa de referência **TR**. Considerou-se de mais fácil percepção por parte do passageiro anunciar primeiramente qual a tarifa que seria cobrada no horário de pico, submetendo-o a três testes, cada um relativo a um valor de **tne**. Todas as hipóteses possíveis de tarifa econômica e de defasagem de tempo para cada valor de **tne** são transcritas em **cartões**, colocados no interior dos **envelopes**, individualizados por cores para facilitar o manuseio por parte do pesquisador.

Os cartões contêm informações em ambos os lados. Em um deles, apresentado em primeiro lugar ao passageiro, são colocadas as hipóteses tarifárias (x_3), que compreendem os valores de **tne** e de **tec** e o respectivo desconto, conforme mostra o exemplo da Figura 9.4. No verso, são transcritas as três alternativas possíveis de defasagem de tempo (x_4), uma das quais deve ser a escolhida. Ressalte-se que, no momento da entrevista, o pesquisador deve sortear um cartão de cada envelope, para garantir a confiabilidade do teste. Além disso, é importante embaralhar os cartões depois de uma certa quantidade de entrevistas, para evitar vícios dos pesquisadores (tirar sempre os cartões do meio, por exemplo).

Observe-se na Figura 9.4 o número do cartão (212, no caso), que deve ser preenchido na coluna **cartão** da planilha da Figura 9.3. Ele é formado de acordo com a seguinte regra:

- Primeiro dígito: número da faixa de variação da tarifa econômica;
- Segundo dígito: número da faixa de variação da defasagem de tempo para antecipação;
- Terceiro dígito: número da faixa de variação da defasagem de tempo para adiamento;

9.3.2 - Determinação da Oferta

De acordo com a equação (9.9), é necessário determinar-se o custo por passageiro de cada cenário - cpa^C , que é função da programação projetada para a operação da linha, para compará-lo com a tarifa do usuário tus^C . Este custo depende não apenas da distribuição da demanda, mas também das características da frota alocada à linha e dos custos operacionais variáveis e fixos decorrentes (ver Capítulo 4).

TARIFA NESTE HORÁRIO: R\$ 0,60

DESCONTO: R\$ 0,20 (33%)

TARIFA COM DESCONTO: R\$ 0,40

212

ESCOLHA A **SITUAÇÃO** QUE LHE PARECER **MAIS VANTAJOSA**:

A) VIAJAR **15 minutos ANTES** DESTE HORÁRIO

B) VIAJAR **30 minutos DEPOIS** DESTE HORÁRIO

C) NÃO MUDAR DE HORÁRIO (**sem desconto**)

FIGURA 9.4
MODELO DE CARTÃO

9.3.2.1 - Determinação do Custo

O custo médio de uma viagem, chamando de **CV** os custos variáveis (R\$/km), de **L** a extensão da linha (km), de **CF** o custo fixo (R\$/veículo.dia), de **fe** a frota efetiva (veículos) e de **nvd** o número total de viagens diárias, é dado pela seguinte expressão:

$$cvi = CV.L + \frac{CF.fe}{nvd} \quad (9.31)$$

A extensão da linha e os custos operacionais são considerados constantes no curto prazo. Assim, considerando nv_i a quantidade de viagens programadas para o período típico i , o custo de cada um deles corresponde a:

$$c_i = nv_i \left[CV.L + \frac{CF.fe}{nvd} \right] \quad (9.32)$$

9.3.2.2 - Determinação da Frota Efetiva

A frota efetiva corresponde à quantidade máxima de veículos utilizados na linha ao longo de um dia. Se a jornada for subdividida em períodos típicos, a frota necessária em cada um deles será diferente e seu maior valor entre todos os períodos típicos equivale à frota efetiva. Desta forma, dado um cenário, a frota efetiva é constante e igual a:

$$fe = fr_{max} \quad (3.12)$$

De acordo com a TTC (1988, v.6, p.49 e 50), a frota operante no período de pico - fr depende da duração do mesmo - H (geralmente de 60min), do tempo de ciclo (ida + volta) - tc (min) e dos intervalos entre viagens - itv (min), do período de pico e do período seguinte, ou seja:

$$\bullet \quad fr_i = \frac{tc_i}{itv_i} \quad \text{se } tc_i < H \quad (3.13)$$

$$\bullet \quad fr_i = \frac{H}{itv_i} + \frac{tc_i - H}{itv_{i+1}} \quad \text{se } tc_i \geq H \quad (3.14)$$

Neste caso, como a duração dos períodos típicos deve ser pequena, pode-se agrupar H/D períodos consecutivos, de maneira a se obter a frota em H com defasagens de D minutos. Assim, considerando $H = 60\text{min}$, obtém-se para o período típico i a frota necessária

para o período que se inicia em i e termina em $i+60/D$, para $1 \leq i \leq NPT-60/D$ ⁵. Além disso, o intervalo entre viagens pode ser obtido através da Eq. (3.6), com $d_i = D$:

$$itv_i = \frac{D}{nv_i} \quad (9.33)$$

Combinando então as equações (3.13), (3.14) e (9.33), tem-se:

$$fe_i = \frac{tc_i}{60} \sum_{j=i}^{i+60/D-1} nv_j \quad (\text{se } tc \leq 60 \text{ min}) \quad (9.34)$$

$$fe_i = \sum_{j=i}^{i+60/D-1} nv_j + \left(\frac{tc_i}{60} - 1\right) \sum_{j=i+60/D}^{i+120/D} nv_j \quad (\text{se } tc > 60 \text{ min}) \quad (9.35)$$

9.3.2.3 - Determinação do Tempo de Ciclo

O tempo de ciclo depende do tempo de deslocamento - tpv_i , ida mais volta (min) e dos tempos de embarque no terminal de origem - tpe_i (min) e de desembarque no terminal de destino - tpd_i (min) e é dado por:

$$tc_i = tpv_i + 2 (tpe_i + tpd_i) \quad (3.16)$$

Admitindo que todos os passageiros transportados em cada viagem embarcam e desembarcam no terminal de origem, o que certamente está a favor da segurança, os tempos de embarque e desembarque das viagens do período i , chamando de tme o tempo médio de embarque (seg/passageiro) e de tmd o tempo médio de desembarque (seg/passageiro), são:

$$tpe_i = \frac{tme}{60} \cdot \frac{p_i}{nv_i} \quad (3.17)$$

$$tpd_i = \frac{tmd}{60} \cdot \frac{p_i}{nv_i} \quad (3.18)$$

⁵ Por esta razão, D deve ser divisor de 60.

9.3.2.4 - Determinação do Número de Viagens

O número de viagens, considerando p_i a demanda do período típico i , de lot_i a lotação do veículo no mesmo período (pass/viagem) e IRM o índice de renovação médio da linha, é dado por:

$$nv_i = \frac{p_i}{IRM \cdot lot_i} \quad (3.5)$$

e:

$$nvd = \sum_{i=1}^{NPT} nv_i = \frac{1}{IRM} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{p_i}{lot_i} \quad (9.36)$$

A lotação do veículo - lot_i , finalmente, é uma função linear da quantidade de passageiros transportados - p_i . Esta variação foi estabelecida por **CRUZ** (1991, p. 64), considerando lot_{max} e lot_{min} as lotações máxima e mínima do veículo-padrão para um determinado nível de serviço e p_{max} o número máximo de passageiros entre todos os períodos típicos, como sendo igual a (equivalente à expressão 3.11):

$$lot_i = (lot_{max} - lot_{min}) \frac{p_i}{p_{max}} + lot_{min} \quad (9.37)$$

Alternativamente, pode-se levantar os níveis de serviço praticados na situação observada (**Cenário 0**), adotando estes resultados nos demais cenários, de modo a mantê-los (nos picos e nos vales, além de valores intermediários).

CAPÍTULO 10 - APLICAÇÃO DO MODELO DE DETERMINAÇÃO DO HORÁRIO ECONÔMICO

10.1 - INTRODUÇÃO

Neste Capítulo, é feita uma aplicação do modelo de determinação do Horário Econômico, detalhado no Capítulo anterior. Para a realização de tais testes, foi escolhida a linha Abraão, de Florianópolis/SC, operada pela empresa Transportes Coletivos Estrela Ltda. e gerenciada pelo Núcleo de Transportes da Prefeitura Municipal de Florianópolis. Os levantamentos foram realizados nos meses de outubro e novembro de 1997.

Nos itens seguintes são detalhados os principais indicadores da linha estudada, bem como a calibração do modelo proposto.

Na aplicação do modelo, ressaltou-se, foi analisado apenas o pico da manhã, na suposição de que os picos devem ser tratados separadamente (Ver item 9.3.1.2) e de que os procedimentos para cada um deles são idênticos.

10.2 - CARACTERÍSTICAS DA LINHA ABRAÃO

A linha Abraão apresenta uma extensão L de 15,5 km¹ e uma operação radial-circular, ou seja, as viagens iniciam e terminam no Terminal Cidade de Florianópolis, no Centro, embora exista um terminal de bairro para controle de horários. Nos primeiros horários da manhã, a operação inicia no bairro, com o que se chama de *meia viagem*, devido à proximidade do terminal do Abraão com a garagem da operadora e também ao sentido do pico da demanda, do bairro para o Centro; o mesmo ocorre ao final da jornada, mas no sentido inverso. O tempo de ciclo TC é estimado em 44 min.

Em 1997, esta linha transportou um total de 3.590.950 passageiros, ou 299.246 mensais. Nos dias úteis do mês de outubro de 1997, a demanda média diária foi de 12.767 passageiros (4,02% do movimento mensal). O número de viagens inteiras (ida+volta) foi, no mesmo ano, de 46.422 (719.541,00 km rodados), o que corresponde a 3.868,5 viagens mensais (59.961,75 km) e 169,5 por dia útil de out/97 (2.627,25 km). A oferta nos dias úteis representa 4,38% da mensal.

¹ As informações básicas contidas neste item foram obtidas no Núcleo de Transportes da Prefeitura Municipal de Florianópolis, órgão gerenciador do sistema.

A tarifa cobrada é de R\$ 0,60, correspondente ao patamar 2²; o custo variável é de R\$ 0,34328/km e o fixo, de R\$ 8.387,09/veículo.mês (FLORIANÓPOLIS, 1997).

Levantamento direto realizado no pico da manhã (Ver item 10.3.2) mostrou que a renda média familiar da população atendida é de R\$ 1.181,79 dividida por 4 habitantes em média por domicílio; a escolaridade média é de 10 anos, o que corresponde ao 1º ano do 2º Grau concluído.

10.3 - ANÁLISE DA DEMANDA

Conforme já mencionado, esta análise restringe-se ao período de pico da manhã e compreende a determinação do Cenário 0 e da participação, na demanda, de cada tipo de passageiro, além da calibração do modelo comportamental, o que é detalhado nos itens seguintes.

10.3.1 - Levantamento da Demanda e Determinação do Cenário 0

Para a determinação da distribuição da demanda correspondente ao Cenário 0, foi levantado o número de passageiros transportados em cada viagem (ou meia viagem) do pico da manhã³ dos dias úteis do mês de out/97, com discriminação por sentido de operação. Este levantamento foi feito a partir dos **encerrantes**, preenchidos pela operadora e remetidos ao Núcleo de Transportes. O resultado pode ser observado no Quadro 10.1.

Para a determinação do Cenário 0, foi primeiramente determinada a duração de cada período típico, estipulada em $D = 15$ min de acordo com as premissas estabelecidas no Capítulo 9. Além disso, considerou-se como pertencente ao período típico $i - pt_i$ toda e qualquer viagem V de ordem k cujo horário de início h_k esteja contido no intervalo entre os horários inicial - hi_i (fechado) e final - hf_i (aberto) do período típico i . Assim:

$$V_k \in pt_i \quad sse \quad h_k \in [hi_i, hf_i) \quad (10.1)$$

² O sistema municipal de Florianópolis apresenta quatro patamares tarifários para linhas sociais (pat. 1), curtas (pat. 2), médias (pat. 3) e longas (pat. 4); cada patamar é calculado em separado, independentemente da operadora.

³ Considerou-se como de **pico da manhã** o período que se inicia no horário da primeira viagem da jornada e termina às 10 h, horário aproximado de menor demanda.

QUADRO 10.1
LINHA ABRAÃO - LEVANTAMENTO DA DEMANDA DO PICO DA MANHÃ - DIAS ÚTEIS (out/1997)

HORÁRIO	DIA ÚTIL																															ESTATÍSTICAS		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	MÉDIA	DP	T
5:30*	12	12	14	10	13	10	13	6	9	9	9	13	7	13	8	7	6	10	12	9	12	9	12	11	13	7	13	7	17	12	11	2,81	3,7	
5:45*	7	5	10	4	6	4	6	7	10	7	7	9	5	7	13	4	4	8	6	5	6	5	10	8	5	8	5	5	5	7	7	2,31	3,0	
5:55	44	47	43	25	12	25	12	9	25	31	33	33	34	27	19	45	34	21	25	54	25	25	35	22	27	24	22	33	30	30	10,94	2,7		
6:05*	29	16	30	15	36	30	24	19	25	25	40	28	28	36	37	28	30	23	28	28	28	28	28	23	20	23	22	28	27	27	6,33	4,2		
6:10	35	45	57	38	28	37	37	39	44	42	42	38	29	28	26	26	35	33	35	39	39	35	47	50	44	42	49	50	40	40	7,88	5,0		
6:30*	42	42	32	21	32	26	26	33	27	27	37	29	29	33	41	27	30	32	31	32	31	32	31	33	28	23	31	39	31	32	5,52	5,7		
6:30	76	120	93	82	61	101	95	71	96	85	42	54	75	80	61	78	98	89	68	75	102	87	71	81	17,27	4,7	81	81	81	17,27	4,7			
6:45*	44	65	42	32	47	29	10	44	26	51	34	18	28	100	44	35	43	37	42	41	40	16,89	2,4	40	16,89	2,4	40	40	40	16,89	2,4			
6:45	81	45	113	111	83	79	96	134	76	113	109	42	93	77	34	148	65	97	114	107	124	145	38	92	32,02	2,9	38	38	38	32,02	2,9			
6:53*	62	28	65	19	11	17	44	7	18	40	24	36	22	61	54	77	49	60	62	66	44	41	47	41	19,68	2,1	41	41	41	19,68	2,1			
6:55*	37	57	42	13	74	42	84	75	66	48	22	29	35	39	41	42	31	38	38	31	25	25	25	25	17,87	2,3	25	25	25	17,87	2,3			
6:55	63	77	91	64	72	96	59	70	77	82	49	99	101	80	99	96	104	65	65	88	71	87	80	14,96	5,3	80	80	80	14,96	5,3				
7:00*	39	37	108	49	161	21	54	64	64	50	44	37	30	11	56	64	47	88	88	36	49	91	72	59	31,57	1,9	72	72	72	31,57	1,9			
7:05	106	87	83	102	96	88	106	88	106	95	80	113	88	69	115	122	109	101	102	68	118	101	57	95	16,16	5,9	57	57	57	16,16	5,9			
7:15*	63	99	42	45	86	41	78	71	106	98	80	84	82	58	64	81	99	77	97	88	113	96	93	80	19,74	4,1	93	93	93	19,74	4,1			
7:15	71	122	83	114	96	83	150	91	106	131	107	109	114	89	33	46	121	63	70	90	104	92	92	95	26,24	3,6	92	92	92	26,24	3,6			
7:25*	51	77	78	23	35	29	35	29	53	31	57	42	78	33	52	65	49	73	76	64	62	48	60	55	16,95	3,3	60	60	60	16,95	3,3			
7:25	106	134	94	103	93	76	117	104	102	131	98	93	106	96	120	141	112	127	117	83	115	94	109	107	15,93	6,7	109	109	109	15,93	6,7			
7:30*	88	90	82	83	119	68	39	96	103	55	68	71	90	27	63	73	48	42	58	27	70	97	63	70	23,54	3,0	63	63	63	23,54	3,0			
7:30	63	93	79	98	68	107	124	80	56	78	76	118	118	106	109	115	75	86	105	89	93	75	127	93	19,92	4,7	127	127	127	19,92	4,7			
7:35	110	86	75	54	70	91	57	90	80	110	40	89	40	67	70	60	40	140	60	67	130	60	70	76	26,21	2,9	70	70	70	26,21	2,9			
7:40*	62	21	28	38	63	67	53	78	76	76	20	67	69	30	58	46	56	61	59	100	65	63	54	56	18,70	3,0	44	44	44	18,70	3,0			
7:40	87	62	51	32	80	73	71	86	103	76	104	66	74	55	84	93	80	92	83	80	60	64	78	75	16,38	4,6	64	64	64	16,38	4,6			

(continua)

* Meia viagem

Para compatibilizar as **meias viagens** com as viagens completas, considerou-se que, por hipótese, pertencem ao período típico anterior ao determinado pela condição (10.1), ou seja, iniciam no terminal Cidade de Florianópolis 15 min (tempo de deslocamento mínimo) antes do horário oficial, sem transportar passageiros no sentido centro-bairro.

Como o primeiro horário da linha Abraão inicia às 5h 30min no bairro, pelos critérios acima o primeiro período típico - **pt 1** inicia às 5h 15min e termina às 5h 29 min. Esta consideração determina os horários inicial e final de todos os demais períodos típicos, de acordo com o Quadro 10.2.

QUADRO 10.2
LIMITES DOS PERÍODOS TÍPICOS

PERÍODO	HORÁRIO	
	INICIAL	FINAL
1	5h 15min	5h 29min
2	5h 30min	5h 44min
3	5h 45min	5h 59min
4	6h	6h 14min
5	6h 15min	6h 29min
6	6h 30min	6h 44min
7	6h 45min	6h 59min
8	7h	7h 14min
9	7h 15min	7h 29min
10	7h 30min	7h 44min
11	7h 45min	7h 59min
12	8h	8h 14min
13	8h 15min	8h 29min
14	8h 30min	8h 44min
15	8h 45min	8h 59min
16	9h	9h 14min
17	9h 15min	9h 29min
18	9h 30min	9h 44min
19	9h 45min	9h 59min

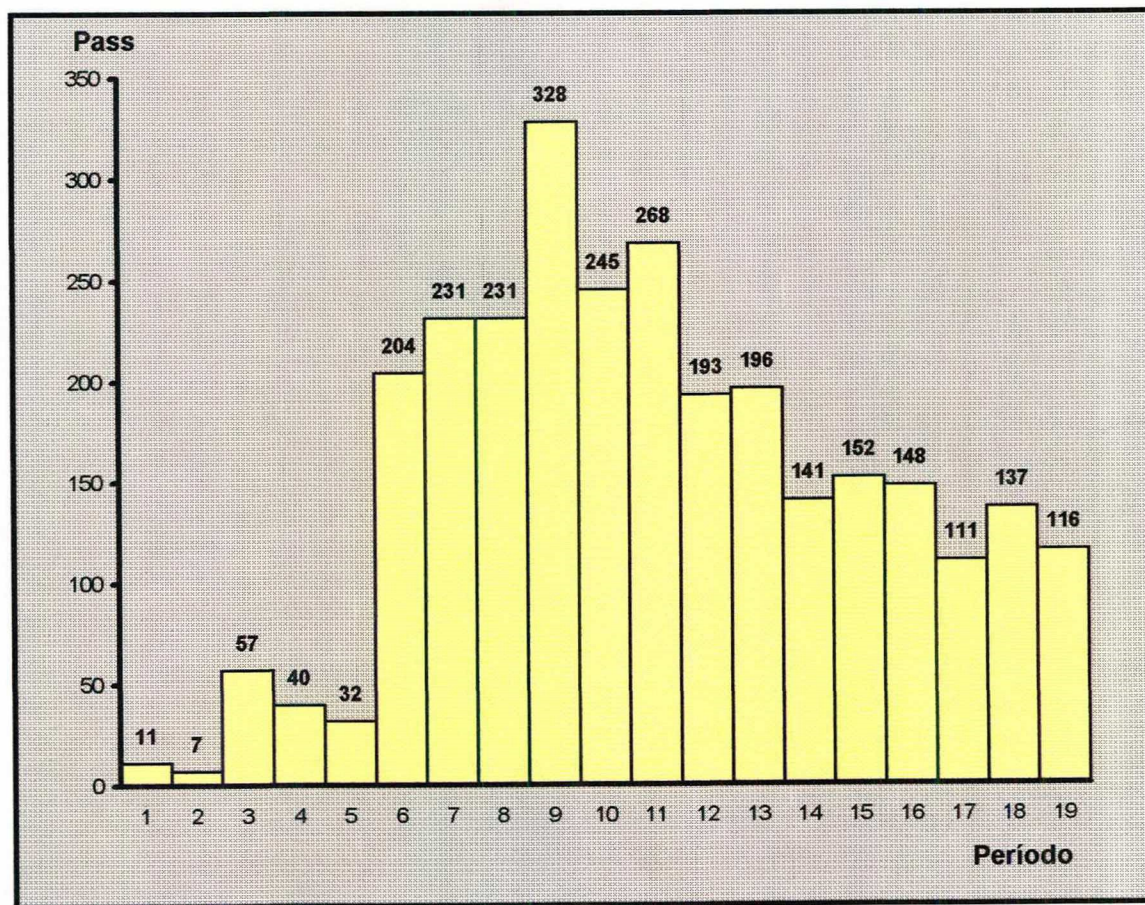


FIGURA 10.1
LINHA ABRAÃO - PICO DA MANHÃ (out/97)
DISTRIBUIÇÃO DA DEMANDA NO CENÁRIO 0

A partir da demanda média por viagem, foi então possível determinar a distribuição da demanda no pico da manhã, como pode ser observado na Figura 10.1. Observe-se a semelhança da distribuição obtida com o exemplo hipotético da Figura 9.1, o que demonstra ser a linha Abraão apropriada para a análise de um caso considerado como típico (picos bem definidos e agudos).

A Figura 10.2 mostra a posição do pico horário (60min) da manhã, localizado do período 8 ao 11 (de 7h até 7h 59min), assim como duas *franjas* de 30min, uma antes (de 6h 30min até 6h 59min) e outra depois (de 8h até 8h 29min) do pico horário. Se for determinada a demanda média deste conjunto de 120min e dos restantes, a distribuição passa a ter a forma da Figura 10.3. Como pode ser observado, nos cinco primeiros períodos a demanda é reduzida (5% do total), caracterizando o vale da madrugada; a seguir, o pico

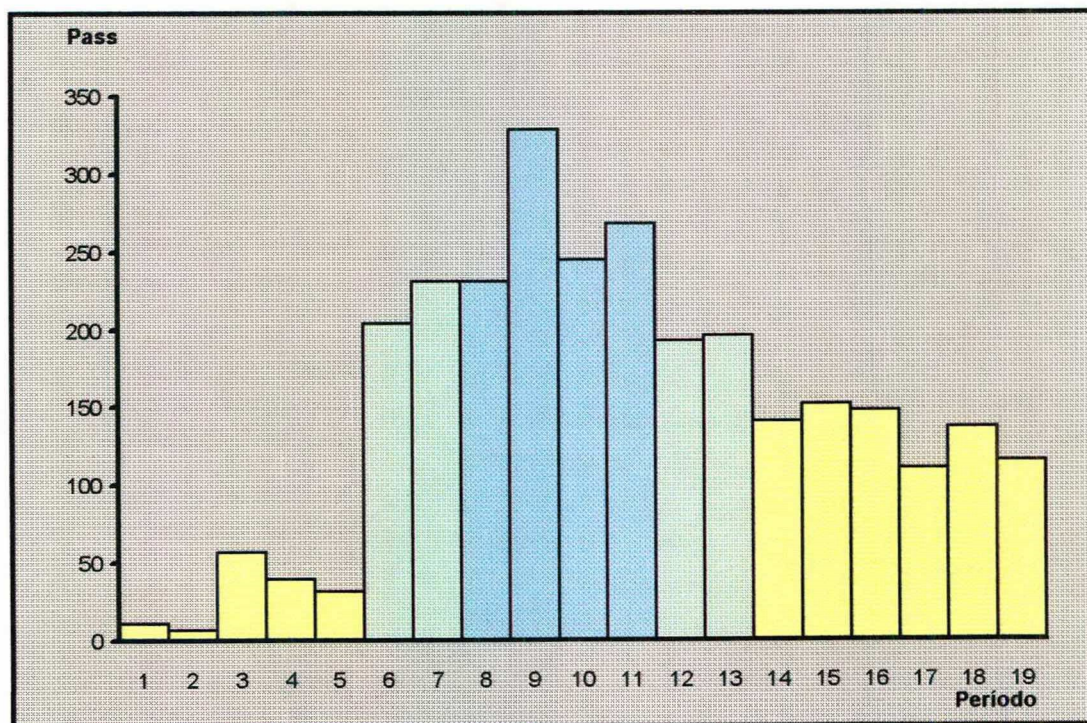


FIGURA 10.2

LINHA ABRAÃO - PICO DA MANHÃ (out/97)
 DETERMINAÇÃO DO PICO HORÁRIO DA MANHÃ

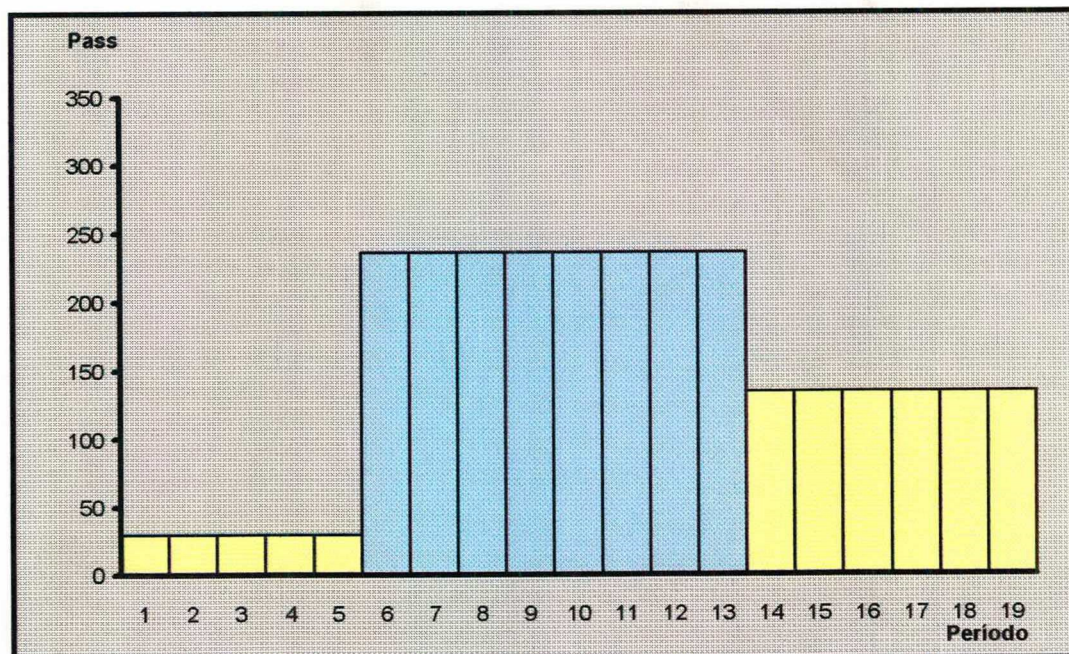


FIGURA 10.3

LINHA ABRAÃO - PICO DA MANHÃ (out/97)
 TENDÊNCIA DO PICO HORÁRIO DA MANHÃ

expandido de duas horas, com 67% da demanda, e finalmente o vale da manhã (parcial), com 28% da demanda. Isto mostra que todas as soluções possíveis contemplam a transferência de passageiros de um ou mais períodos típicos do pico expandido de 120min para os vales, ou mesmo internamente, a depender do cenário. Assim, a análise do comportamento dos passageiros deve-se restringir ao pico expandido, atribuindo-se sempre a tarifa econômica a todos os períodos típicos de vale. Em outras palavras, não se espera que passageiros se transfiram dos vales para o pico expandido, mas o inverso.

Por outro lado, a distribuição da demanda (Figura 10.1) não é *bem comportada*, uma vez que é grande o número de trocas de sinal das diferenças. Se aplicado o procedimento do item 9.3.1.2 para a determinação da tarifa de cada período típico, também ocorreriam muitas trocas de tarifa, o que é indesejável. Assim, foi aplicado à distribuição da demanda média do pico da manhã o método de médias móveis de três períodos (Eq. 9.24 e 9.25). O resultado pode ser observado na Figura 10.4, que mostra a ocorrência de apenas uma troca de sinal das diferenças. Desta forma, os oito cenários obtidos para o caso em estudo são aqueles do Quadro 10.3, considerando apenas o pico expandido. Ressalte-se que este alisamento é específico para a determinação dos cenários: a demanda considerada em cada período típico corresponde, neste caso, à média do mês de out/97.

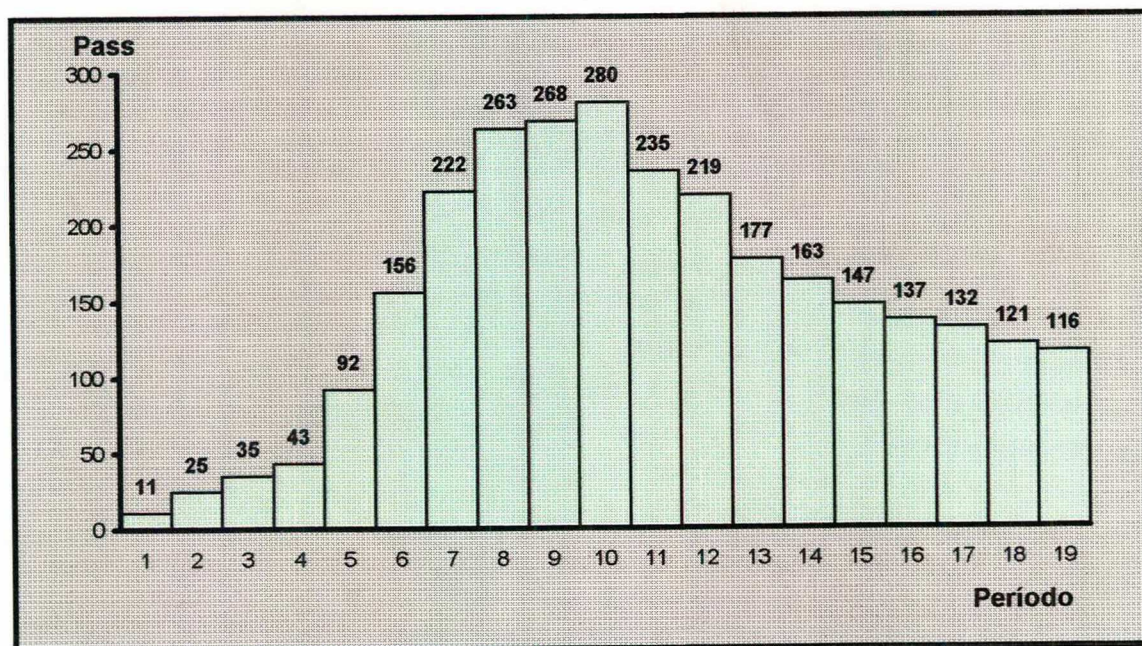


FIGURA 10.4

LINHA ABRAÃO - PICO DA MANHÃ (out/97)

ALISAMENTO DA DISTRIBUIÇÃO DA DEMANDA DO CENÁRIO 0

QUADRO 10.3
LINHA ABRAÃO - PICO DA MANHÃ (out/97)
DETERMINAÇÃO DOS CENÁRIOS DO HORÁRIO ECONÔMICO

Período → Cenário ↓	6	7	8	9	10	11	12	13
1	tec	tec	tec	tec	tne	tec	tec	tec
2	tec	tec	tec	tne	tne	tec	tec	tec
3	tec	tec	tne	tne	tne	tec	tec	tec
4	tec	tec	tne	tne	tne	tne	tec	tec
5	tec	tne	tne	tne	tne	tne	tec	tec
6	tec	tne	tne	tne	tne	tne	tne	tec
7	tec	tne	tne	tne	tne	tne	tne	tne
8	tne	tne	tne	tne	tne	tne	tne	tne

10.3.2 - Participação do Tipo de Passageiro

Para a determinação da participação do tipo de passageiro em cada período típico, foi realizado um levantamento entre os dias 14 e 27 de outubro de 1997, de acordo com a metodologia apresentada no item 9.3.1.4.1. Os resultados constam do Quadro 10.4.

Primeiramente, cabe destacar a participação praticamente nula dos isentos com passe; em todos os horários levantados, apenas 1 passageiro (0,03% da demanda do pico) pôde ser incluído nesta categoria. Desta forma, seus efeitos serão desconsiderados a partir deste momento.

Interessante observar também que, na média do período de pico, as participações assumem valores muito próximos, em torno de 25%, embora com variações na sua distribuição por período típico. Estas distribuições são apresentadas nas Figuras 10.5 a 10.12. Note-se que a distribuição dos passageiros com pagamento em espécie - PE ou vale-transporte - VT apresentam um pico coincidente com o da demanda total, embora difiram muito na participação: enquanto os primeiros viajam mais no horário de pico, o passageiro do tipo VT representa a grande maioria dos casos nos primeiros horários da jornada, decrescendo, no entanto, à medida em que avança o horário; os estudantes - ET têm seu pico antecipado, entre 6h 30min e 7h 29min (períodos 6 a 9), intervalo em que constituem a maioria, enquanto os passageiros eventuais - EV apresentam demanda e participação crescentes com o horário.

QUADRO 10.4

LINHA ABRAÃO - PICO DA MANHÃ (out/97)

LEVANTAMENTO DA PARTICIPAÇÃO DO TIPO DE PASSAGEIRO

PERÍODO	DEMANDA (pass)						PARTICIPAÇÃO (%)					
	PE	VT	ET	EV	IS	TOTAL	PE	VT	ET	EV	IS	TOTAL
1	1	5	0	1	0	7	14,29	71,43	0,00	14,29	0,00	100,00
2	0	5	1	1	0	7	0,00	71,43	14,29	14,29	0,00	100,00
3	13	34	14	7	0	68	19,12	50,00	20,59	10,29	0,00	100,00
4	4	18	3	4	0	29	13,79	62,07	10,34	13,79	0,00	100,00
5	6	20	9	6	0	41	14,63	48,78	21,95	14,63	0,00	100,00
6	56	57	137	16	0	266	21,05	21,43	51,50	6,02	0,00	100,00
7	59	73	97	30	0	259	22,78	28,19	37,45	11,58	0,00	100,00
8	54	45	92	31	0	222	24,32	20,27	41,44	13,96	0,00	100,00
9	123	97	110	63	0	393	31,30	24,68	27,99	16,03	0,00	100,00
10	58	70	92	48	0	268	21,64	26,12	34,33	17,91	0,00	100,00
11	84	92	65	64	0	305	27,54	30,16	21,31	20,98	0,00	100,00
12	44	54	38	55	0	191	23,04	28,27	19,90	28,80	0,00	100,00
13	59	58	37	64	0	218	27,06	26,61	16,97	29,36	0,00	100,00
14	36	26	22	61	0	145	24,83	17,93	15,17	42,07	0,00	100,00
15	47	41	42	89	0	219	21,46	18,72	19,18	40,64	0,00	100,00
16	25	32	32	37	0	126	19,84	25,40	25,40	29,37	0,00	100,00
17	22	14	20	43	0	99	22,22	14,14	20,20	43,43	0,00	100,00
18	21	30	38	83	0	172	12,21	17,44	22,09	48,26	0,00	100,00
19	15	11	12	55	1	94	15,96	11,70	12,77	58,51	1,06	100,00
TOTAL	727	782	861	758	1	3.129	23,23	24,99	27,52	24,22	0,03	100,00

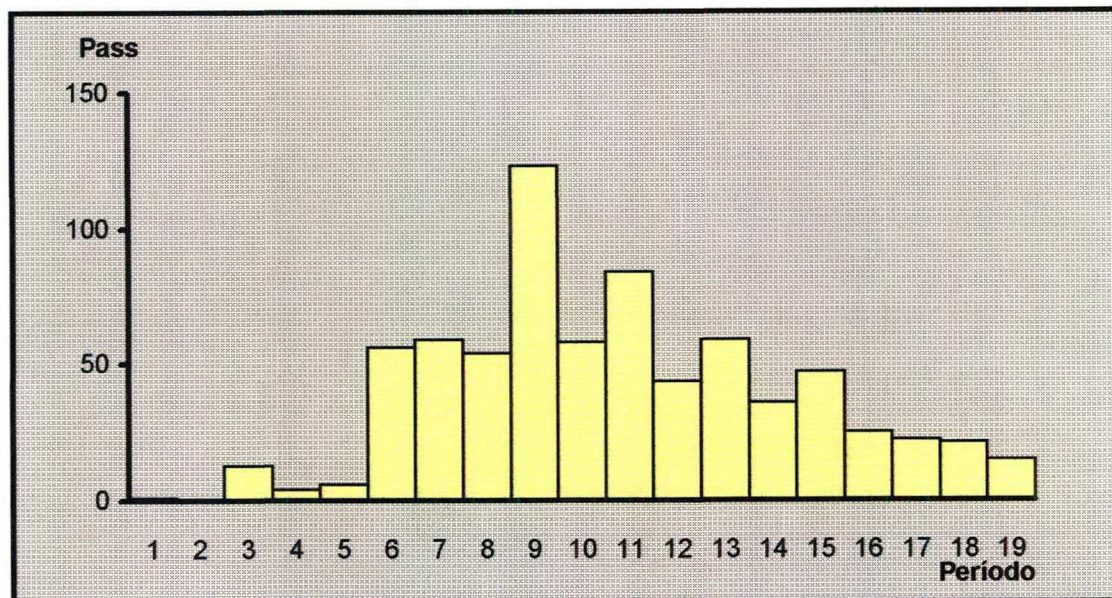


FIGURA 10.5
LINHA ABRAÃO - PICO DA MANHÃ (out/97)
DISTRIBUIÇÃO DA DEMANDA - PAGAMENTO EM ESPÉCIE (PE)

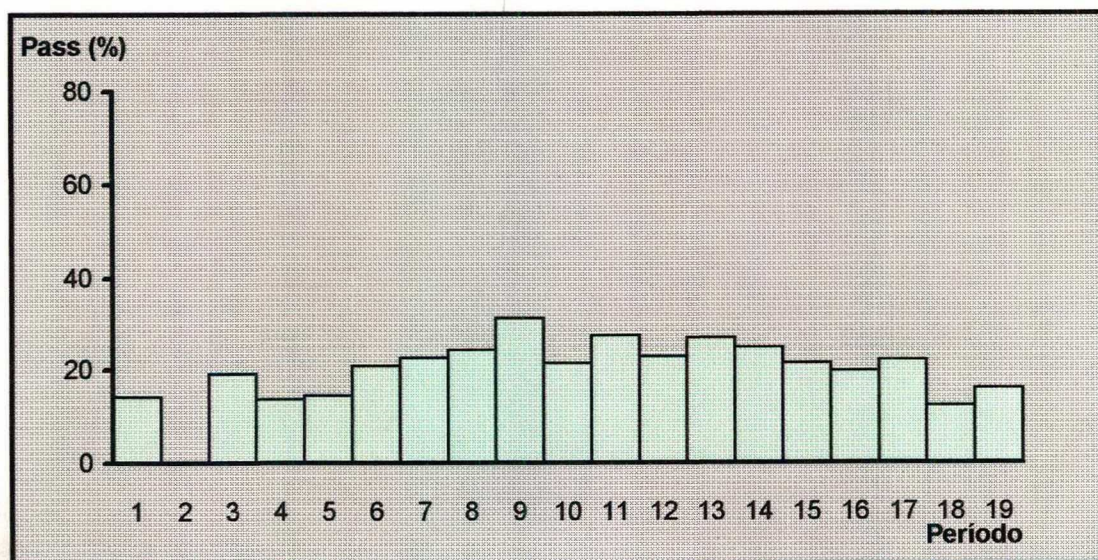


FIGURA 10.6
LINHA ABRAÃO - PICO DA MANHÃ (out/97)
DISTRIBUIÇÃO PERCENTUAL DA DEMANDA - PAG. EM ESPÉCIE (PE)

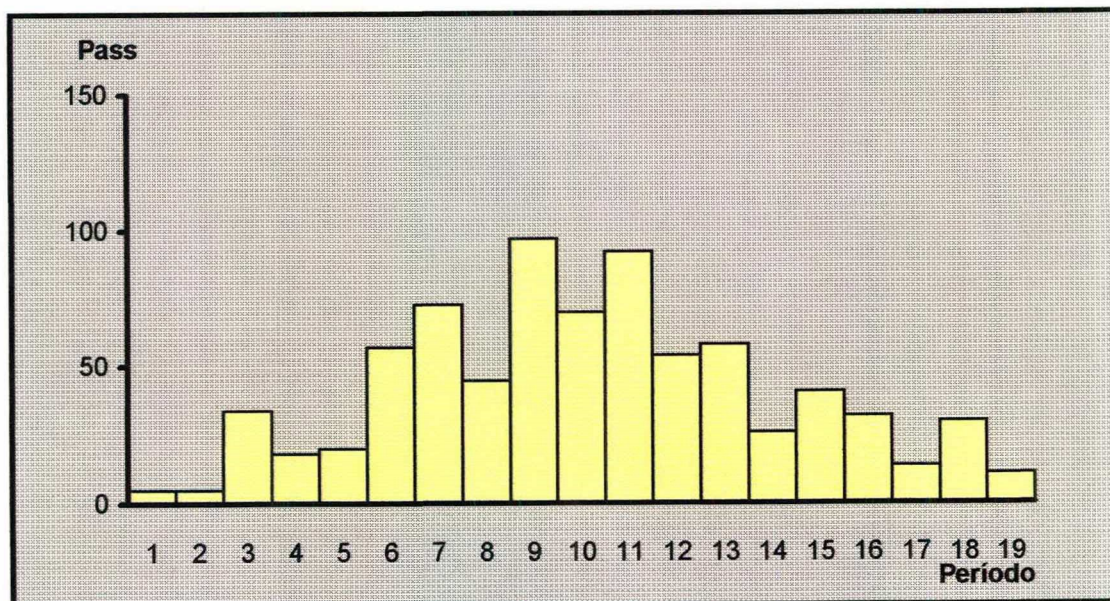


FIGURA 10.7
LINHA ABRAÃO - PICO DA MANHÃ (out/97)
DISTRIBUIÇÃO DA DEMANDA - VALE-TRANSPORTE (VT)

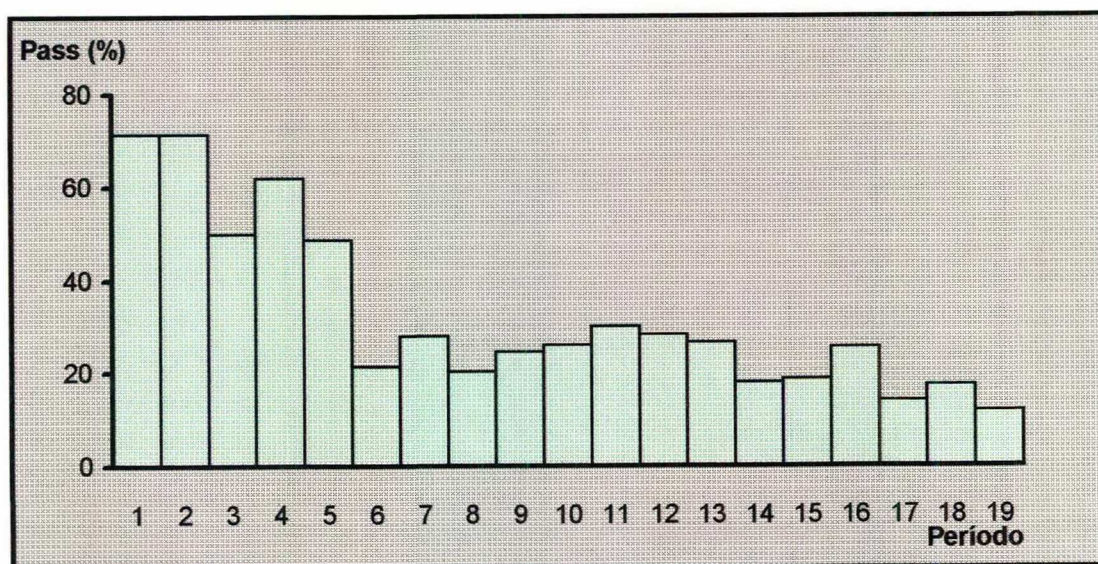


FIGURA 10.8
LINHA ABRAÃO - PICO DA MANHÃ (out/97)
DISTRIBUIÇÃO PERCENTUAL DA DEMANDA - VALE-TRANSPORTE (VT)

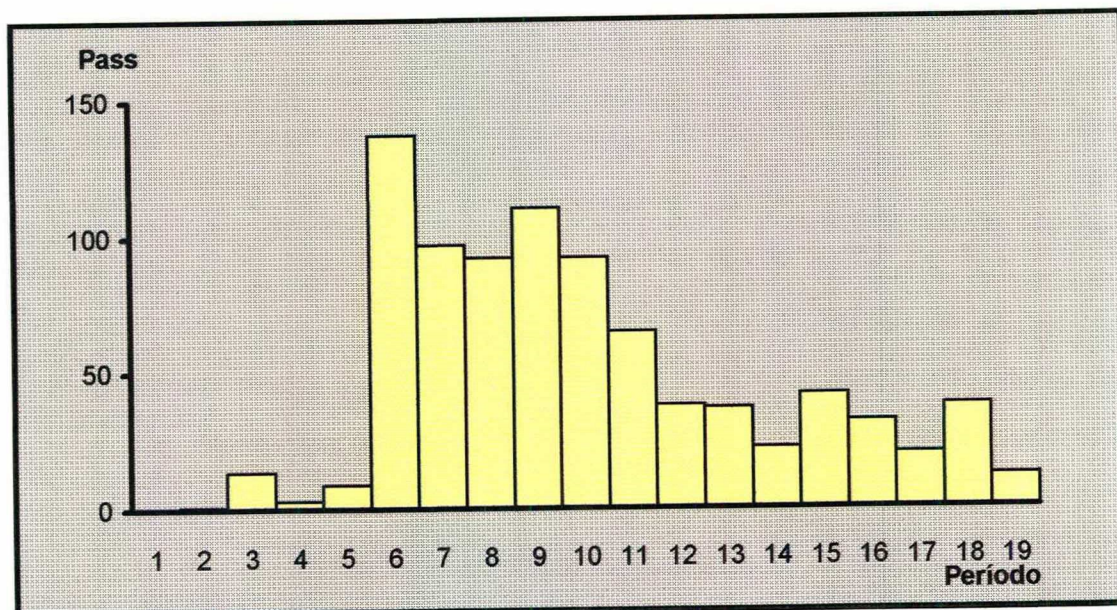


FIGURA 10.9
LINHA ABRAÃO - PICO DA MANHÃ (out/97)
DISTRIBUIÇÃO DA DEMANDA - PASSE ESTUDANTE (ET)

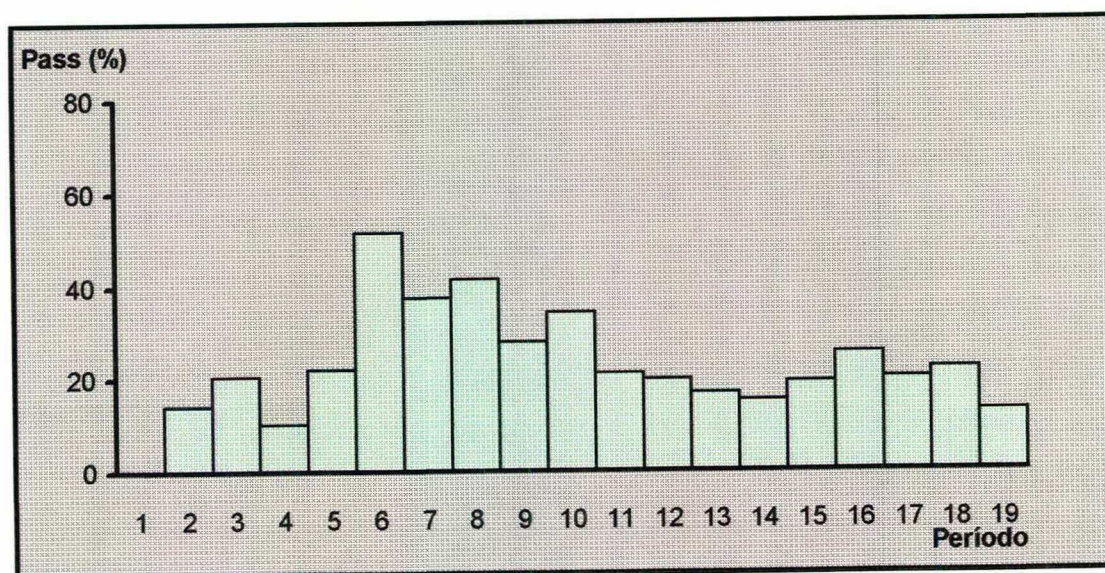


FIGURA 10.10
LINHA ABRAÃO - PICO DA MANHÃ (out/97)
DISTRIBUIÇÃO PERCENTUAL DA DEMANDA - PASSE ESTUDANTE (ET)

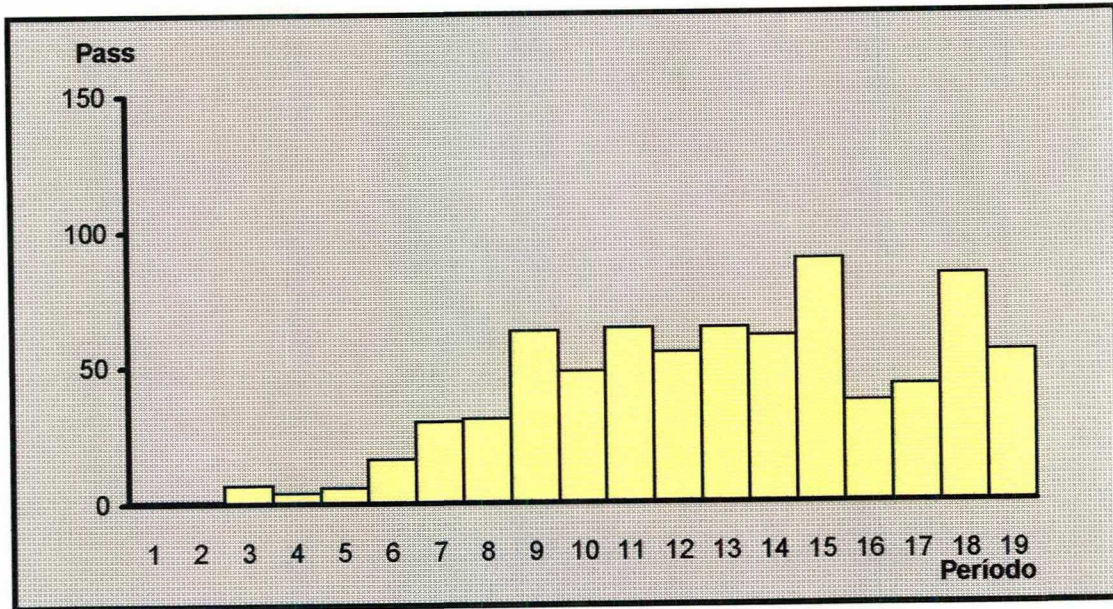


FIGURA 10.11
LINHA ABRAÃO - PICO DA MANHÃ (out/97)
DISTRIBUIÇÃO DA DEMANDA - DESLOCAMENTO EVENTUAL (EV)

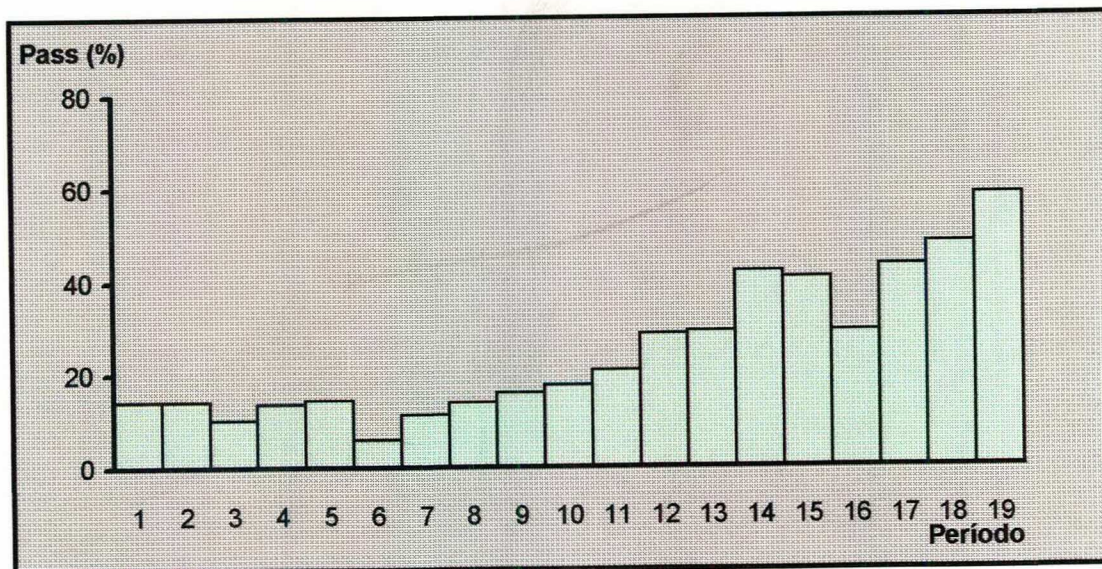


FIGURA 10.12
LINHA ABRAÃO - PICO DA MANHÃ (out/97)
DISTRIBUIÇÃO PERCENTUAL DA DEMANDA - DESLOC. EVENTUAL (EV)

10.3.3 - Validação do Modelo Comportamental

De acordo com as considerações do item 9.3.1.3, o conjunto **C** de alternativas contém três elementos:

- Alternativa 1: **viajar antes (A)**;
- Alternativa 2: **manter o horário (M)**;
- Alternativa 3: **viajar depois (D)**.

A escolha da melhor alternativa por parte do passageiro se dá de acordo com as defasagens de tempo para antecipação - dtp_a e adiamento - dtp_d e as tarifas econômica - tec e não econômica - tne . Com tais premissas, foram estabelecidos diversos modelos alternativos para a função utilidade, especificados no item 10.3.3.1. Ali é detalhado o levantamento das informações e feita a respectiva calibração de cada modelo, considerando as formas agregada (comportamento único no pico da manhã) e desagregada (por período e por tipo de passageiro).

10.3.3.1 - Especificação da Função Utilidade

Para a validação do modelo, foram consideradas, primeiramente, as formas apresentadas no Capítulo 7 (7.1 e 7.2), que foram adaptadas às condições do caso em estudo, gerando as seguintes expressões:

- Modelo linear (**Modelo 1**):

$$\begin{aligned} U 1 &= k_1 + k_3 \cdot tec + k_4 \cdot dtp_a \\ U 2 &= k_2 + k_3 \cdot tec + k_4 \cdot dtp_d \\ U 3 &= k_3 \cdot tne \end{aligned} \quad (10.1)$$

- Modelo não linear (**Modelo 2**):

$$\begin{aligned} U 1 &= e^{k_1} \cdot tec^{k_3} \cdot dtp_a^{k_4} \\ U 2 &= e^{k_2} \cdot tec^{k_3} \cdot dtp_d^{k_4} \\ U 3 &= tne^{k_3} \end{aligned} \quad (10.2)$$

ou então:

$$\begin{aligned} \ln(U 1) &= k_1 + k_3 \cdot \ln(tec) + k_4 \cdot \ln(dtp_a) \\ \ln(U 2) &= k_2 + k_3 \cdot \ln(tec) + k_4 \cdot \ln(dtp_d) \\ \ln(U 3) &= k_3 \cdot \ln(tne) \end{aligned} \quad (10.3)$$

Além desses modelos, foram testados modelos comportamentais **encadeados** (NOVAES, 1986, v.1, p. 110 a 120), que consideram independentes as tomadas de decisão por parte dos passageiros de acordo com os parâmetros considerados. Neste caso, o passageiro tomaria primeiramente a decisão de alterar o horário do seu deslocamento com base nas tarifas **tec** e **tne**; a seguir, caso estivesse disposto a alterar o horário e com base nas defasagens de tempo **dtp_a** e **dtp_d**, decidiria entre viajar antes ou depois do horário utilizado. Desta forma, os modelos considerados são os seguintes, chamando de **U 4** a **utilidade de alterar o horário**:

- Modelo encadeado linear (Modelo 3):

$$\begin{array}{l}
 \mathbf{U\ 4} = \quad \mathbf{k_3 \cdot tec} \quad \begin{array}{l} \longrightarrow \mathbf{U\ 1} = \mathbf{k_2 + k_4 \cdot dtp_a} \\ \searrow \mathbf{U\ 2} = \quad \mathbf{k_4 \cdot dtp_d} \end{array} \\
 \end{array} \quad (10.4)$$

$$\mathbf{U\ 3} = \mathbf{k_1 + k_3 \cdot tne}$$

- Modelo encadeado não linear (Modelo 1):

$$\begin{array}{l}
 \mathbf{U\ 4} = \quad \mathbf{tec^{k_3}} \quad \begin{array}{l} \longrightarrow \mathbf{U\ 1} = \mathbf{e^{k_2} \cdot dtp_a^{k_4}} \\ \searrow \mathbf{U\ 2} = \quad \mathbf{dtp_d^{k_4}} \end{array} \\
 \end{array} \quad (10.5)$$

$$\mathbf{U\ 3} = \mathbf{e^{k_1} \cdot tne^{k_3}}$$

ou então:

$$\begin{array}{l}
 \ln(\mathbf{U\ 4}) = \quad \mathbf{k_3 \cdot \ln(tec)} \quad \begin{array}{l} \longrightarrow \ln(\mathbf{U\ 1}) = \mathbf{k_2 + k_4 \cdot \ln(dtp_a)} \\ \searrow \ln(\mathbf{U\ 2}) = \quad \mathbf{k_4 \cdot \ln(dtp_d)} \end{array} \\
 \end{array} \quad (10.6)$$

$$\ln(\mathbf{U\ 3}) = \mathbf{k_1 + k_3 \cdot \ln(tne)}$$

10.3.3.2 - Levantamento das Informações

O levantamento de informações para a calibração do modelo comportamental foi realizado durante o mês de novembro de 1997, abrangendo todas as viagens do pico da manhã da linha Abraão. A íntegra dos levantamentos é apresentada no Anexo I, contemplando as informações sobre a viagem, as variáveis sócio-econômicas, os atributos de escolha e o resultado declarado de preferência.

A amostragem deste levantamento foi determinada a partir da quantidade de pesquisadores disponíveis e do número de entrevistas que cada um deles poderia realizar. Assim, foram utilizados três pesquisadores com possibilidade de realização de dois testes por

sentido cada, uma vez que o tempo de viagem é curto, em torno de 17min. Desta forma, foram realizadas seis entrevistas nas meias viagens e doze nas viagens completas. A quantidade de entrevistas por tipo de passageiro foi predeterminada de acordo com a sua participação por período típico, considerando o Quadro 10.4. Por este critério, para o período 10, foram realizadas duas entrevistas com portadores de vale-transporte e passe estudante, e uma com passageiros com pagamento em espécie e de deslocamento eventual.

Nos itens seguintes é detalhada a metodologia específica dos levantamentos.

10.3.3.2.1 - Levantamento das Informações Sobre a Viagem

As informações sobre a viagem foram levantadas com a utilização da planilha da Figura 9.3, abrangendo a data do levantamento, o número do veículo (carro), o horário de início da viagem e o sentido de operação (centro-bairro ou bairro-centro). No Anexo I, além destes dados, é apontado o período típico em que se insere cada viagem.

10.3.3.2.2 - Levantamento das Informações Sócio-Econômicas

O **Tipo do Passageiro**, predeterminado de acordo com sua participação, foi marcado diretamente na planilha da Figura 9.3, antes da entrevista. Como exemplo, o pesquisador nº 2 recebe duas cópias da planilha, indicando que naquela viagem deve entrevistar um estudante e um passageiro com pagamento em espécie; então, ele define os passageiros que serão entrevistados através da metodologia apresentada no item 9.3.1.4.1.

O **Grau de Escolaridade** foi levantado de acordo com quatro níveis: 1º Grau incompleto - 1^oI (4 anos de estudo), 1º Grau completo - 1^oC (8 anos de estudo), 2º Grau completo - 2^oC (12 anos de estudo), e 3º Grau completo - 3^oC (17 anos de estudo).

O **Tamanho do Domicílio** foi marcado em uma escala de 1 hab/domicílio até 10 hab/domicílio.

A **Renda Familiar** foi segmentada em nove classes, de A até I, de acordo com o Quadro 10.5. Ao passageiro era solicitado apontar, em um cartão separado, a faixa de renda de sua família, cabendo ao pesquisador marcar na planilha a classe apontada. Observe-se que a ordem da classe e a faixa de renda crescem no mesmo sentido, para evitar constrangimentos por parte do passageiro ao declarar sua renda (normalmente a classe A está associada às rendas mais elevadas).

QUADRO 10.5
CLASSES DE RENDA FAMILIAR

CLASSE	RENDA (R\$)		
	MÍNIMA	MÁXIMA	ADOTADA
A	-	99,00	50,00
B	100,00	199,00	150,00
C	200,00	299,00	250,00
D	300,00	399,00	350,00
E	400,00	499,00	450,00
F	500,00	749,00	625,00
G	750,00	999,00	875,00
H	1.000,00	1.999,00	1.500,00
I	2.000,00	-	3.000,00

10.3.3.3 - Determinação dos Atributos e Escolha da Melhor Alternativa

Para a determinação dos atributos, primeiramente foram feitas as especificações dos cartões apresentados ao entrevistado. Para tanto, considerou-se que o passageiro percebe melhor o valor da tarifa vigente, sendo o conjunto de possibilidades dividido de acordo com os valores estabelecidos para a tarifa não econômica ($tne \in \{R\$ 0,60, R\$ 0,70, R\$ 0,80\}$). A cada valor de tne foi associado um envelope e uma cor para os cartões (azul, amarela e verde, respectivamente), para facilitar o manuseio por parte do pesquisador.

Para cada conjunto (cor/envelope) foram estabelecidas todas as combinações possíveis de tarifa econômica e de defasagem de tempo levando em consideração as seguintes restrições:

- As defasagens de tempo (para antecipação ou para adiamento) devem ser múltiplos da duração dos períodos típicos; como $D = 15$ min, foram consideradas defasagens de 15, 30, 45 e 60 min;
- A tarifa econômica deve variar entre os seguintes limites: $\frac{1}{2} TR \leq \text{tec} < TR$; como a tarifa de referência (vigente) da linha Abraão é de R\$ 0,60, então foram consideradas as seguintes tarifas econômicas: R\$ 0,30, R\$ 0,40 e R\$ 0,50;
- A tarifa não econômica deve variar entre os seguintes limites: $TR \leq \text{tne} < 1\frac{1}{2} TR$; como a tarifa de referência é de R\$ 0,60, então pôde-se considerar as tarifas não econômicas acima mencionadas e que geraram cores e envelopes;
- Para o conjunto dos estudantes, os valores tarifários devem ser proporcionais aos descontos praticados; considerando os valores do itens anteriores, $\text{tec} \in \{\text{R\$ } 0,15; \text{R\$ } 0,20; \text{R\$ } 0,25\}$ e $\text{tne} \in \{\text{R\$ } 0,30; \text{R\$ } 0,35; \text{R\$ } 0,40\}$;
- Para um mesmo conjunto $\{\text{tec}; \text{tne}\}$ de uma alternativa, devem ser considerados valores de defasagem de tempo compatíveis, como mostra o Quadro 10.6; observe-se que para o maior valor de tec não foi levada em conta a defasagem de 60min e, para $\text{tec} = 0,30$, a defasagem de 15min.

A partir destas premissas e do exemplo considerado, foi possível gerar um conjunto de 84 alternativas de cartões, conforme mostram os Quadros 10.7 e 10.8, de acordo com o modelo da Figura 9.4.

QUADRO 10.6
FAIXAS DE VARIAÇÃO DA DEFASAGEM DE TEMPO

tec (R\$)	ntp (min)			
0,50	-	15	30	45
0,40	15	30	45	60
0,30	30	45	60	-

QUADRO 10.7
ESPECIFICAÇÃO DOS CARTÕES - NÃO ESTUDANTES

nº	tne	tec	dtp _a	dtp _d	nº	tne	tec	dtp _a	dtp _d
111	0,60	0,50	15	15	133	0,70	0,50	45	45
112	0,60	0,50	15	30	211	0,70	0,40	15	15
113	0,60	0,50	15	45	212	0,70	0,40	15	30
121	0,60	0,50	30	15	213	0,70	0,40	15	45
122	0,60	0,50	30	30	214	0,70	0,40	15	60
123	0,60	0,50	30	45	221	0,70	0,40	30	15
131	0,60	0,50	45	15	222	0,70	0,40	30	30
132	0,60	0,50	45	30	223	0,70	0,40	30	45
133	0,60	0,50	45	45	224	0,70	0,40	30	60
211	0,60	0,40	15	15	231	0,70	0,40	45	15
212	0,60	0,40	15	30	232	0,70	0,40	45	30
213	0,60	0,40	15	45	233	0,70	0,40	45	45
214	0,60	0,40	15	60	234	0,70	0,40	45	60
221	0,60	0,40	30	15	241	0,70	0,40	60	15
222	0,60	0,40	30	30	242	0,70	0,40	60	30
223	0,60	0,40	30	45	243	0,70	0,40	60	45
224	0,60	0,40	30	60	244	0,70	0,40	60	60
231	0,60	0,40	45	15	111	0,80	0,50	15	15
232	0,60	0,40	45	30	112	0,80	0,50	15	30
233	0,60	0,40	45	45	113	0,80	0,50	15	45
234	0,60	0,40	45	60	121	0,80	0,50	30	15
241	0,60	0,40	60	15	122	0,80	0,50	30	30
242	0,60	0,40	60	30	123	0,80	0,50	30	45
243	0,60	0,40	60	45	131	0,80	0,50	45	15
244	0,60	0,40	60	60	132	0,80	0,50	45	30
322	0,60	0,30	30	30	133	0,80	0,50	45	45
323	0,60	0,30	30	30	211	0,80	0,40	15	15
324	0,60	0,30	30	30	212	0,80	0,40	15	30
332	0,60	0,30	45	45	213	0,80	0,40	15	45
333	0,60	0,30	45	45	214	0,80	0,40	15	60
334	0,60	0,30	45	45	221	0,80	0,40	30	15
342	0,60	0,30	60	60	222	0,80	0,40	30	30
343	0,60	0,30	60	60	223	0,80	0,40	30	45
344	0,60	0,30	60	60	224	0,80	0,40	30	60
111	0,70	0,50	15	15	231	0,80	0,40	45	15
112	0,70	0,50	15	30	232	0,80	0,40	45	30
113	0,70	0,50	15	45	233	0,80	0,40	45	45
121	0,70	0,50	30	15	234	0,80	0,40	45	60
122	0,70	0,50	30	30	241	0,80	0,40	60	15
123	0,70	0,50	30	45	242	0,80	0,40	60	30
131	0,70	0,50	45	15	243	0,80	0,40	60	45
132	0,70	0,50	45	30	244	0,80	0,40	60	60

QUADRO 10.8
ESPECIFICAÇÃO DOS CARTÕES - ESTUDANTES

nº	tne	tec	dtp _a	dtp _d	nº	tne	tec	dtp _a	dtp _d
111	0,30	0,25	15	15	133	0,35	0,25	45	45
112	0,30	0,25	15	30	211	0,35	0,20	15	15
113	0,30	0,25	15	45	212	0,35	0,20	15	30
121	0,30	0,25	30	15	213	0,35	0,20	15	45
122	0,30	0,25	30	30	214	0,35	0,20	15	60
123	0,30	0,25	30	45	221	0,35	0,20	30	15
131	0,30	0,25	45	15	222	0,35	0,20	30	30
132	0,30	0,25	45	30	223	0,35	0,20	30	45
133	0,30	0,25	45	45	224	0,35	0,20	30	60
211	0,30	0,20	15	15	231	0,35	0,20	45	15
212	0,30	0,20	15	30	232	0,35	0,20	45	30
213	0,30	0,20	15	45	233	0,35	0,20	45	45
214	0,30	0,20	15	60	234	0,35	0,20	45	60
221	0,30	0,20	30	15	241	0,35	0,20	60	15
222	0,30	0,20	30	30	242	0,35	0,20	60	30
223	0,30	0,20	30	45	243	0,35	0,20	60	45
224	0,30	0,20	30	60	244	0,35	0,20	60	60
231	0,30	0,20	45	15	111	0,40	0,25	15	15
232	0,30	0,20	45	30	112	0,40	0,25	15	30
233	0,30	0,20	45	45	113	0,40	0,25	15	45
234	0,30	0,20	45	60	121	0,40	0,25	30	15
241	0,30	0,20	60	15	122	0,40	0,25	30	30
242	0,30	0,20	60	30	123	0,40	0,25	30	45
243	0,30	0,20	60	45	131	0,40	0,25	45	15
244	0,30	0,20	60	60	132	0,40	0,25	45	30
322	0,30	0,15	30	30	133	0,40	0,25	45	45
323	0,30	0,15	30	30	211	0,40	0,20	15	15
324	0,30	0,15	30	30	212	0,40	0,20	15	30
332	0,30	0,15	45	45	213	0,40	0,20	15	45
333	0,30	0,15	45	45	214	0,40	0,20	15	60
334	0,30	0,15	45	45	221	0,40	0,20	30	15
342	0,30	0,15	60	60	222	0,40	0,20	30	30
343	0,30	0,15	60	60	223	0,40	0,20	30	45
344	0,30	0,15	60	60	224	0,40	0,20	30	60
111	0,35	0,25	15	15	231	0,40	0,20	45	15
112	0,35	0,25	15	30	232	0,40	0,20	45	30
113	0,35	0,25	15	45	233	0,40	0,20	45	45
121	0,35	0,25	30	15	234	0,40	0,20	45	60
122	0,35	0,25	30	30	241	0,40	0,20	60	15
123	0,35	0,25	30	45	242	0,40	0,20	60	30
131	0,35	0,25	45	15	243	0,40	0,20	60	45
132	0,35	0,25	45	30	244	0,40	0,20	60	60

Na realização da entrevista, o passageiro foi submetido a três situações. Na primeira, ele era informado que a tarifa vigente era de R\$ 0,60, enquanto o pesquisador sorteava um cartão azul, com os demais atributos, solicitando-lhe escolher a alternativa no seu entender mais vantajosa. A seguir, o teste era repetido, mas considerando $tne = R\$ 0,70$ e um cartão amarelo sorteado e, finalmente, o terceiro teste, com $tne = R\$ 0,80$ e um cartão verde sorteado.

No Anexo I são mostrados os atributos sorteados e os resultados das entrevistas.

10.3.3.4 - Calibração do Modelo

Os modelos comportamentais mostrados no item 10.3.3.1 foram calibrados de acordo com a metodologia apresentada no item 8.4.3.1. Isto foi feito, de um lado, agregando toda a amostra para a obtenção de um comportamento médio de todos os passageiros do pico da manhã da linha Abraão; de outro, desagregando a amostra por período e por tipo de passageiro. Os itens seguintes detalham os resultados obtidos.

10.3.3.4.1 - Modelo Agregado

Na situação em que se assume um comportamento único para o pico da manhã, foram obtidos os seguintes resultados⁴:

- Modelo linear - M1 (N = 696):

$$U 1 = 0,420 - 2,023.tec - 0,047.dtp_a$$

$$(0,301) \quad (0,908) \quad (0,005)$$

$$(1,4) \quad (-2,2) \quad (-9,3)$$

$$U 2 = -0,611 - 2,023.tec - 0,047.dtp_d \quad (10.7)$$

$$(0,307)$$

$$(-2,0)$$

$$U 3 = - 2,023.tne$$

⁴ Os números entre parênteses referem-se, respectivamente, ao tamanho da amostra (N), ao desvio-padrão do coeficiente e à estatística T; os coeficientes com T na cor azul são estatisticamente significativos ao nível de confiança de pelo menos 95%, enquanto aqueles na cor vermelha, não.

- Modelo não linear - M2 (N = 696):

$$U 1 = e^{3,942} \cdot tec^{-1,207} \cdot dtp_a^{-1,510}$$

(0,532) (0,508) (0,149)
(7,4) (-2,4) (-10,1)

$$U 2 = e^{2,876} \cdot tec^{-1,207} \cdot dtp_d^{-1,510} \quad (10.8)$$

(0,518)
(5,6)

$$U 3 = tne^{-1,207}$$

- Modelo encadeado linear - M3 (N = 696):

$$U 4 = -1,093 \cdot tec \rightarrow U 1 = 0,999 - 0,042 \cdot dtp_a$$

(0,875) (-1,2) (0,143) (0,149)
(7,0) (-10,1)

$$U 2 = -0,042 \cdot dtp_d \quad (10.9)$$

$$U 3 = 0,601 - 1,093 \cdot tne$$

(0,257)
(2,3)

- Modelo encadeado não linear - M4 (N = 696)⁵:

$$U 4 = e^{-0,469} \cdot tec^{-0,340} \rightarrow U 1 = e^{1,024} \cdot dtp_a^{-1,317}$$

(0,257) (0,479) (-1,8) (-0,7) (0,145) (0,212)
(7,1) (-6,2)

$$U 2 = dtp_d^{-1,317} \quad (10.10)$$

$$U 3 = tne^{-0,340}$$

⁵ Neste caso, a constante colocada na utilidade 3 produziu correlação elevada (acima de 1,0) entre o coeficiente da tarifa e a constante, não sendo possível determinar seus valores; optou-se, então, por colocar a constante na utilidade 4, com os resultados apontados; procedimento semelhante no modelo M3 mostrou-se inadequado, também devido às altas correlações.

Como se pode observar pela estatística T , e também pelo sinais dos coeficientes, apenas o modelo **M2** consegue explicar significativamente (ao n.s. de 98%) o comportamento do passageiro em relação à tarifa e à defasagem de tempo. Desta forma, os demais foram rejeitados, dando-se prosseguimento à análise considerando apenas o modelo não linear.

Convém ainda salientar os valores obtidos para as elasticidades das variáveis **tarifa e defasagem de tempo** do modelo selecionado, quais sejam:

- $\epsilon_{\text{tarifa}} = -1,207$;
- $\epsilon_{\text{dtp}} = -1,510$.

Por estes resultados, os passageiros do pico da manhã são mais sensíveis às alterações na defasagem de tempo do que na tarifa.

10.3.3.4.2 - Modelos Desagregados

No item anterior, foi selecionado o modelo que mais se adapta às informações coletadas, considerando um comportamento único no pico da manhã. Entretanto, conforme já mencionado, quer-se conhecer o comportamento desagregado. Para isso, foi feita a calibração do modelo selecionado para cada período e tipo de passageiro, cujos resultados são apresentados, respectivamente, nos Quadros 10.9 e 10.10.

Observe-se que a grande maioria dos coeficientes tarifários não são significativos ao n.s. de 95%, validando o comportamento, apenas, dos estudantes⁶. Assim, foi testado o comportamento conjunto dos **não estudantes - NE** (Quadro 10.10), também com resultados pífios.

Os motivos do insucesso da desagregação podem ser debitados à insuficiência do tamanho das amostras desagregadas e, dados os valores elevados dos desvios-padrão, à falta de percepção, por parte dos passageiros, do valor do seu horário. De acordo com **NOVAES** (1986, v.1, p.145), "as atitudes do usuário estão sujeitas à percepção que o indivíduo tem daquilo que lhe é oferecido". Neste caso, não houve campanha esclarecedora ou divulgação prévia da pesquisa (**NOVAES**, 1986, v.1, p.14). O passageiro foi provavelmente surpreendido com uma questão que nunca havia considerado anteriormente, o que pode ter provocado respostas de ímpeto, sem maiores reflexões.

⁶ Observem-se as grandes elasticidades dos estudantes, tanto para a tarifa como para a defasagem de tempo.

QUADRO 10.9
FUNÇÕES UTILIDADE POR PERÍODO TÍPICO

PERÍODO	N	E	COEFICIENTES			
			TARIFA	DTP	K ₁	K ₂
6	78	EST	-1,898	-2,314	6,046	4,595
		DP	1,850	0,513	1,770	1,740
		T	-1,0	-4,5	3,4	2,6
7	87	EST	-0,816	-2,074	5,202	4,521
		DP	1,810	0,511	1,820	1,800
		T	-0,5	-4,1	2,9	2,5
8	69	EST	-2,777	-1,741	3,942	3,334
		DP	1,660	0,462	1,580	1,600
		T	-1,7	-3,8	2,5	2,1
9	87	EST	-2,630	-2,302	6,276	3,867
		DP	1,510	0,486	1,700	1,590
		T	-1,7	-4,7	3,7	2,4
10	126	EST	-1,488	-1,160	2,391	1,472
		DP	1,160	0,367	1,290	1,250
		T	-1,3	-3,2	1,9	1,2
11	105	EST	0,436	-1,266	4,133	3,075
		DP	1,220	0,369	1,360	1,290
		T	0,4	-3,4	3,0	2,4
12	72	EST	-0,650	-0,595	1,690	0,326
		DP	1,470	0,427	1,590	1,600
		T	-0,4	-1,4	1,1	0,2
13	72	EST	-1,805	-1,424	3,316	2,913
		DP	1,580	0,432	1,550	1,560
		T	-1,1	-3,3	2,1	1,9

Obs: N: tamanho da amostra; E: estatísticas (EST: estimativa; DP: desvio-padrão; T: estatística T).

QUADRO 10.10
FUNÇÕES UTILIDADE POR TIPO DE PASSAGEIRO

TIPO DE PASSAGEIRO	N	E	COEFICIENTES			
			TARIFA	DTP	K ₁	K ₂
PE	186	EST	-0,390	-1,653	4,657	3,431
		DP	0,977	0,312	1,140	1,080
		T	-0,4	-5,3	4,1	3,2
VT	171	EST	-0,918	-1,232	2,658	2,198
		DP	1,040	0,303	1,110	1,100
		T	-0,9	-4,1	2,4	2,0
EV	144	EST	-1,483	-1,425	3,832	2,895
		DP	1,180	0,318	1,130	1,100
		T	-1,3	-4,5	3,4	2,6
ET	195	EST	-2,374	-1,826	4,750	3,142
		DP	0,987	0,286	0,986	0,955
		T	-2,4	-6,4	4,8	3,3
NE	501	EST	-0,902	-1,390	3,555	2,691
		DP	0,601	0,176	0,639	0,623
		T	-1,5	-7,9	5,6	4,3

Obs: N: tamanho da amostra; E: estatísticas (EST: estimativa; DP: desvio-padrão; T: estatística T); NE: não estudante.

Assim, serão analisadas, no item seguinte, as modificações da distribuição da demanda, considerando apenas o comportamento geral dos passageiros no pico da manhã, ou seja, o modelo agregado (10.8).

10.3.4 - Determinação da Demanda por Cenário

Uma vez determinado o comportamento do usuário, procedeu-se à simulação da distribuição da demanda nos oito cenários alternativos (ver Quadro 10.3), considerando todas as combinações possíveis dos níveis dos atributos (inclusive interpolações aos níveis utilizados no levantamento), a saber:

- $tec \in \{0,30; 0,35; 0,40; 0,45; 0,50\}$;
- $tne \in \{0,60; 0,65; 0,70; 0,75; 0,80\}$;
- $dtp = \{dtp_a, dtp_d\} \in \{15, 30, 45, 60\}$.

Com este conjunto de atributos, podem ser geradas 19 combinações de tarifas (respeitadas as restrições do item 10.3.3.2.3) e outras 8 de defasagem de tempo (os cenários), resultando um total de 152 alternativas de horário econômico para o caso estudado. Devido a isto, optou-se por analisar mais detidamente uma das 19 combinações tarifárias, remetendo para o Anexo III o resultado final resumido de cada alternativa (ver item 10.3.3.5).

A combinação escolhida foi um tarifa econômica de $tec = R\$ 0,50$ e uma não econômica de $tne = R\$ 0,60$, esta última por coincidir com a tarifa de referência TR. O Quadro 10.11 mostra o cálculo dos valores do modelo (10.8) para estas tarifas, considerando os quatro níveis de defasagem de tempo, e também os valores das respectivas exponenciais. Conforme o esperado, a utilidade de alterar o horário (U1 e U2) diminui com o aumento da defasagem de tempo, com maior intensidade no primeiro caso; a utilidade U3 é sempre constante para uma mesma combinação tarifária.

A aplicação do modelo **logit multinomial** (8.32) para cada alternativa é apresentada no Quadro 10.12. Observe-se que o percentual máximo de permanência no horário é de 72,93%, o que sugere que o levantamento de preferência declarada deveria conter valores de defasagem superiores a 60 min, certamente melhorando o resultado do modelo (10.8). Em outras palavras, é provável que existam passageiros do pico da manhã da linha Abraão dispostos a alterar seu horário de deslocamento em 75 min ou 90 min por algum tipo de desconto tarifário.

Nas Figuras 10.12 a 10.15 são apresentados os percentuais de antecipação, adiamento e de permanência no horário, de acordo com as defasagens para antecipação - dtp_a e de adiamento - dtp_d , evidenciando as respectivas tendências e sua coerência.

QUADRO 10.11
CÁLCULO DA FUNÇÃO UTILIDADE (tec = 0,50; tne = 0,60)

ALTERNATIVA 1				
dtp _a	15	30	45	60
U1	1,9940	0,7001	0,3796	0,2458
exp(U1)	7,3451	2,0140	1,4616	1,2787

ALTERNATIVA 2				
dtp _d	15	30	45	60
U2	0,6864	0,2410	0,1307	0,0846
exp(U2)	1,9866	1,2725	1,1396	1,0883

ALTERNATIVA 3	
U3	1,8526
exp(U3)	6,3761

QUADRO 10.12
PARTICIPAÇÃO COMPORTAMENTAL - MODELO LOGIT MULTINOMIAL
 (tec = 0,50; tne = 0,60)

ANTECIPAÇÃO (%)				
dtp_d → dtp_a ↓	15	30	45	60
15	46,76	48,99	49,43	49,60
30	19,41	20,84	21,13	21,15
45	14,88	16,04	16,28	16,38
60	13,26	14,32	14,54	14,62

ADIAMENTO (%)				
dtp_d → dtp_a ↓	15	30	45	60
15	12,65	8,49	7,67	7,35
30	19,14	13,17	11,96	11,48
45	20,22	13,97	12,69	12,19
60	20,61	14,25	12,96	12,45

PERMANÊNCIA (%)				
dtp_d → dtp_a ↓	15	30	45	60
15	40,59	42,52	42,91	43,05
30	61,45	65,99	66,91	67,27
45	64,90	69,99	71,02	71,43
60	66,13	71,42	72,50	72,93

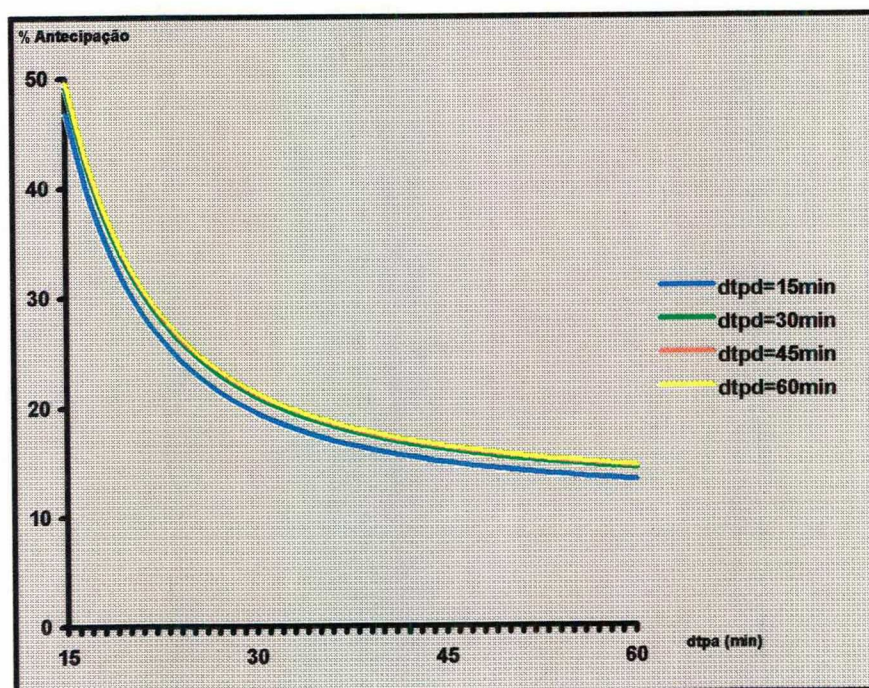
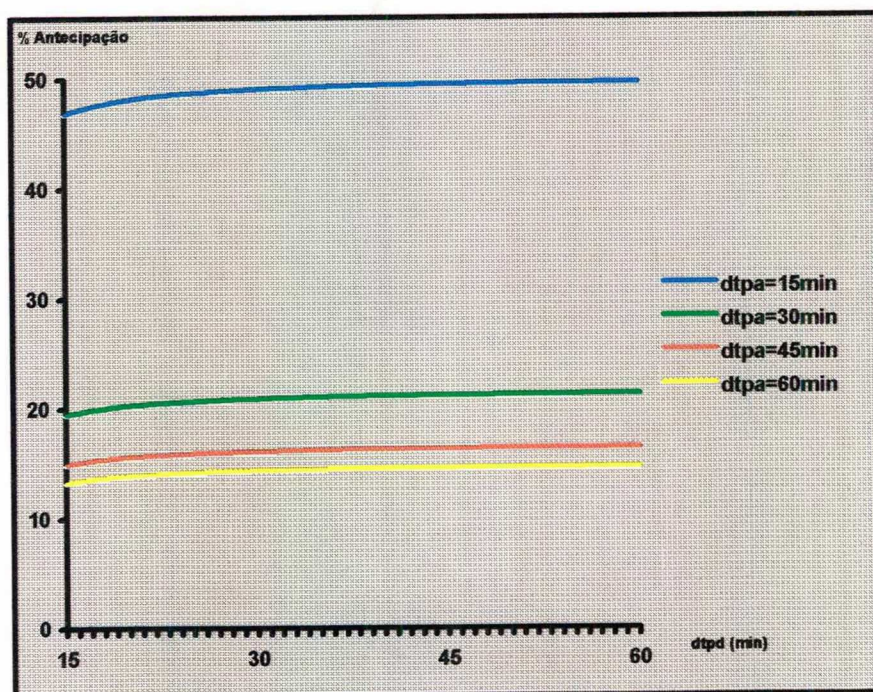


FIGURA 10.13

PROBABILIDADE DE ANTECIPAÇÃO (tec = 0,50; tne = 0,60)

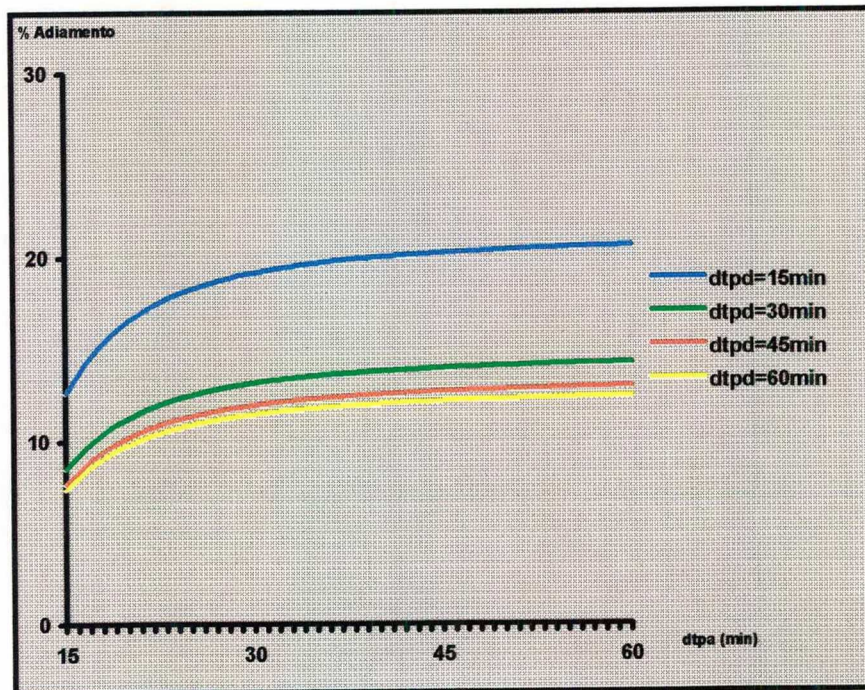
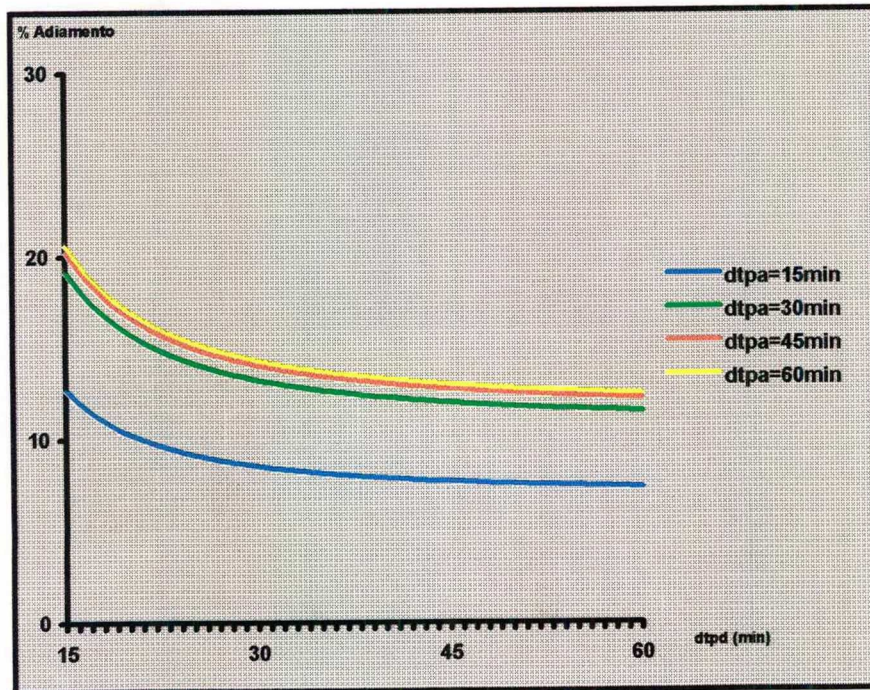


FIGURA 10.14

PROBABILIDADE DE ADIAMENTO ($t_{ec} = 0,50$; $t_{ne} = 0,60$)

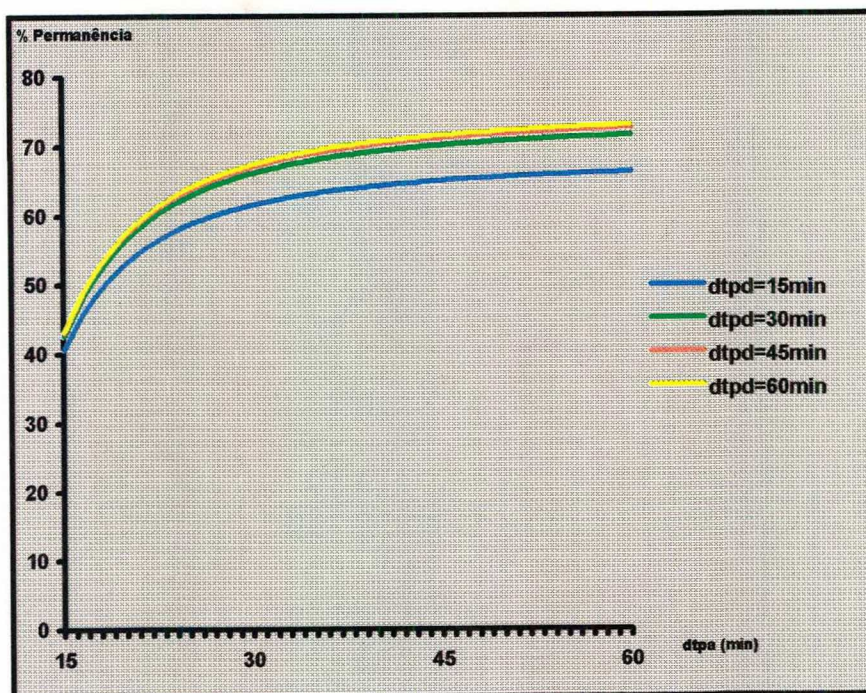
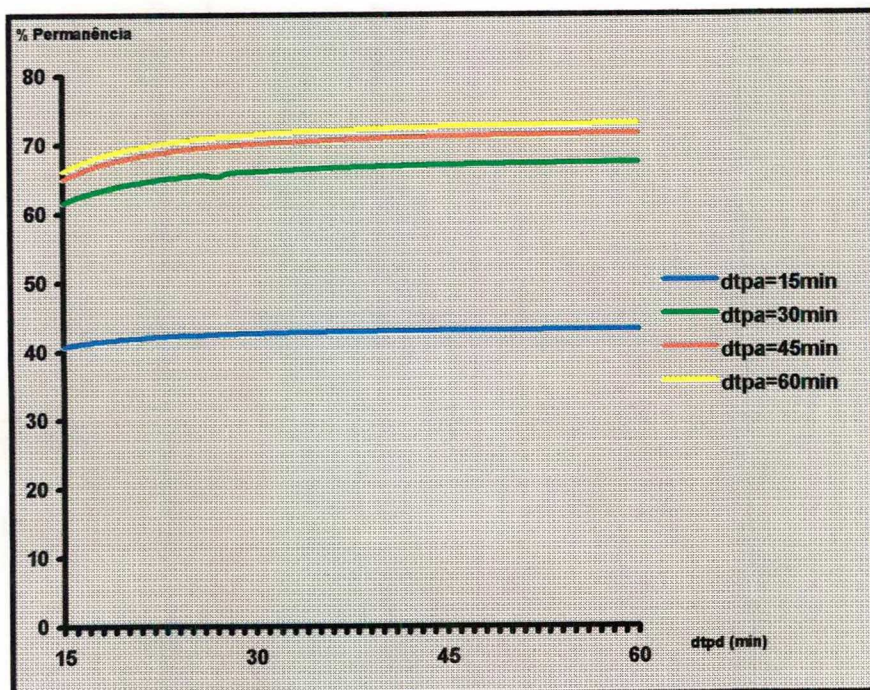


FIGURA 10.15

PROBABILIDADE DE PERMANÊNCIA (tec = 0,50; tne = 0,60)

Para a determinação da demanda por cenário, foi utilizado o modelo de distribuição descrito no item 9.3.1.1 e os percentuais do Quadro 10.12, independentemente para toda a população e para os estudantes em particular. Embora os modelos de distribuição e de comportamento sejam os mesmos para ambos os conjuntos, o comportamento dos estudantes deve ser analisado em separado, uma vez que recebem desconto tarifário direto e são importantes na determinação das receitas (ver item 10.3.3.5). Havendo comportamento distinto por tipo de passageiro, deve-se determinar as respectivas distribuições em separado, para depois somá-las, obtendo-se a distribuição total para toda a população. Os resultados da aplicação do modelo de distribuição são apresentados nos Quadros 10.13 e 10.14 (estudantes), considerando $t_{ec} = 0,50$ e $t_{ne} = 0,60$. O Quadro 10.13 é representado graficamente nas Figuras 10.16 (para o cenário 1) a 10.23 (para o cenário 8)⁷. Observe-se que em todos os cenários a transferência de passageiros é de porte considerável, com demandas nos períodos limítrofes na maioria das vezes superiores ao máximo observado no cenário 0 (328 passageiros no período 9), especialmente antes do período não econômico. Esta situação pode levar ao aumento dos custos, implicando sua rejeição pela condição (9.8). A exceção é o cenário 8, no qual o equilíbrio entre os períodos de maior demanda (5, 9 e 14) é evidente, mostrando a possibilidade de sua aceitação. Isto vai depender da análise das receitas e dos custos, o que é detalhado no item seguinte.

Ressalte-se, ainda, que em todos os cenários é respeitada a condição (9.4) de conservação da quantidade total de passageiros no pico em estudo.

10.3.5 - Análise de Custos e Receitas

Uma vez estabelecida a distribuição da demanda para cada um dos 152 cenários possíveis, foram determinadas as respectivas tarifas do usuário - t_{us}^C , pela aplicação direta da expressão (9.3), e as receitas totais - rt^C , em conseqüência.

Para a determinação dos custos totais - ct^C , e conseqüentemente do custo por passageiro - c_{pa}^C , foi primeiramente calculada a oferta necessária para a operação de cada cenário, em termos de quantidade de viagens e frota.

O Quadro 10.15 mostra a determinação dos parâmetros operacionais para o cenário 0. Nas colunas 2 e 3 são apostas as informações relativas ao número de viagens e demanda do Quadro 10.1, aglutinadas por período; na coluna 4, a distribuição do índice de

⁷ As colunas brancas representam a distribuição original (cenário 0); as verdes, os períodos cuja demanda não foi afetada pelo horário econômico; as vermelhas, os períodos típicos limítrofes, com demanda ampliada pelo horário econômico, e em azul os períodos não econômicos, em que a demanda é afetada negativamente pelo horário econômico.

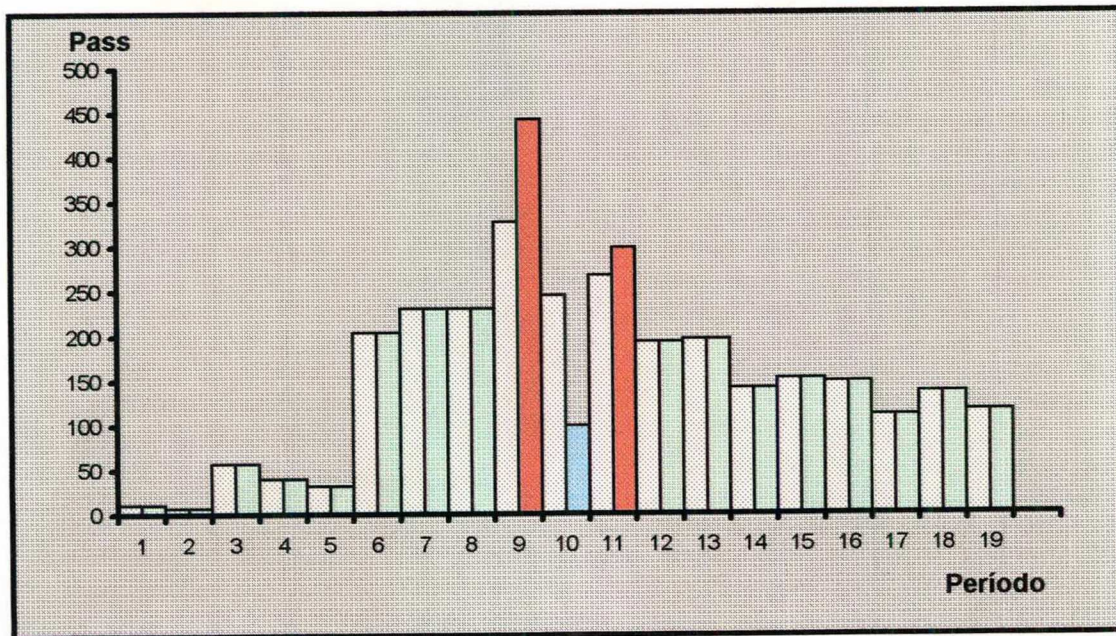


FIGURA 10.16

DISTRIBUIÇÃO DA DEMANDA NO CENÁRIO 1 (tec = 0,50; tne = 0,60)

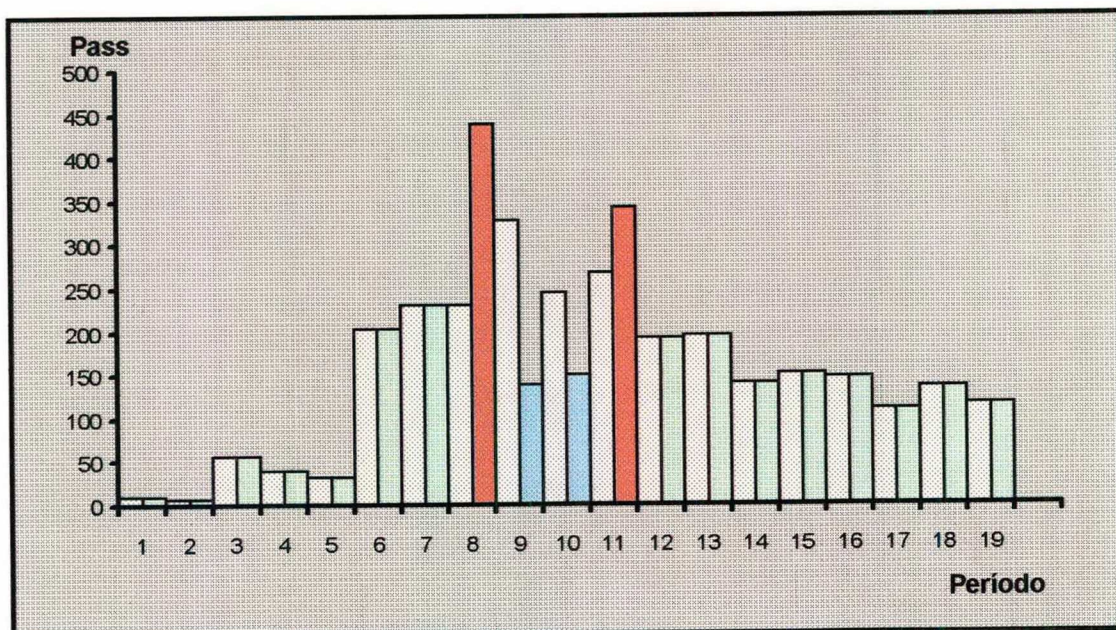


FIGURA 10.17

DISTRIBUIÇÃO DA DEMANDA NO CENÁRIO 2 (tec = 0,50; tne = 0,60)

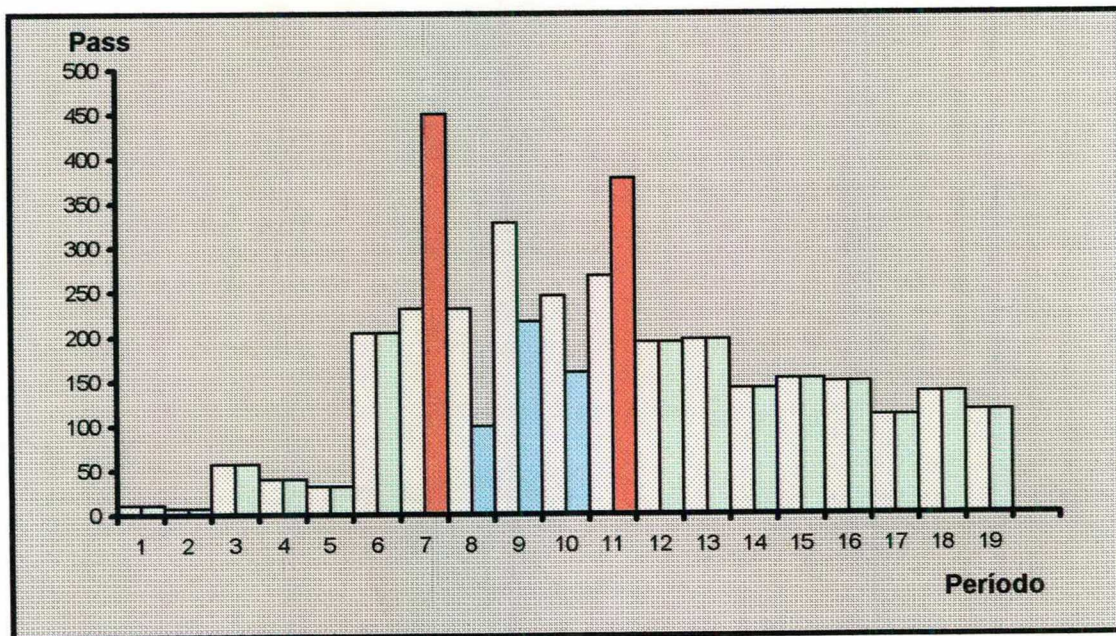


FIGURA 10.18

DISTRIBUIÇÃO DA DEMANDA NO CENÁRIO 3 (tec = 0,50; tne = 0,60)

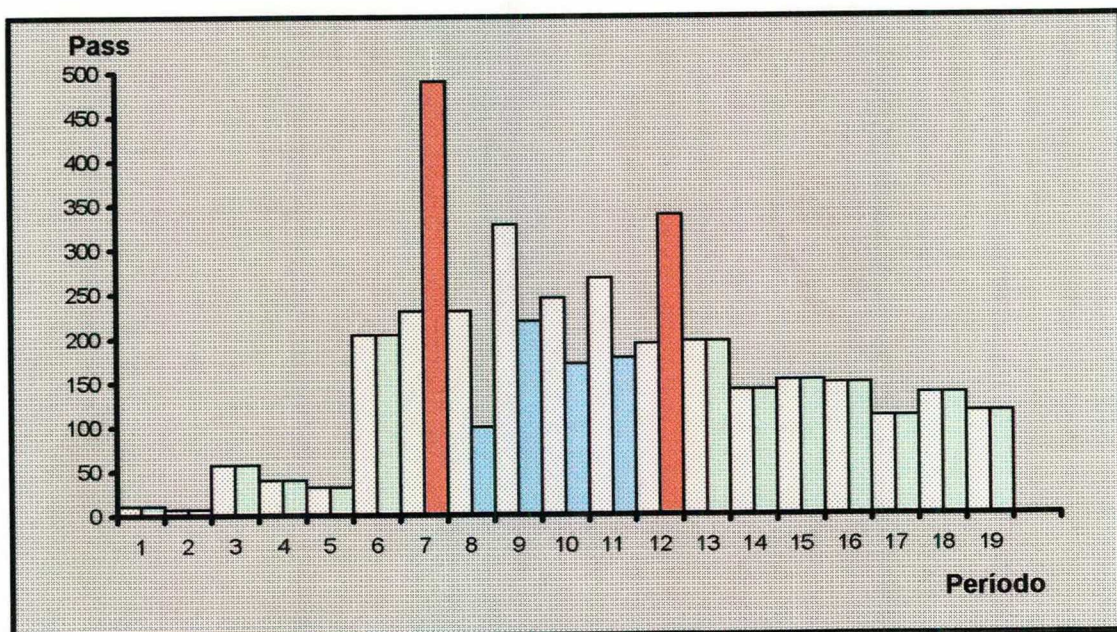


FIGURA 10.19

DISTRIBUIÇÃO DA DEMANDA NO CENÁRIO 4 (tec = 0,50; tne = 0,60)

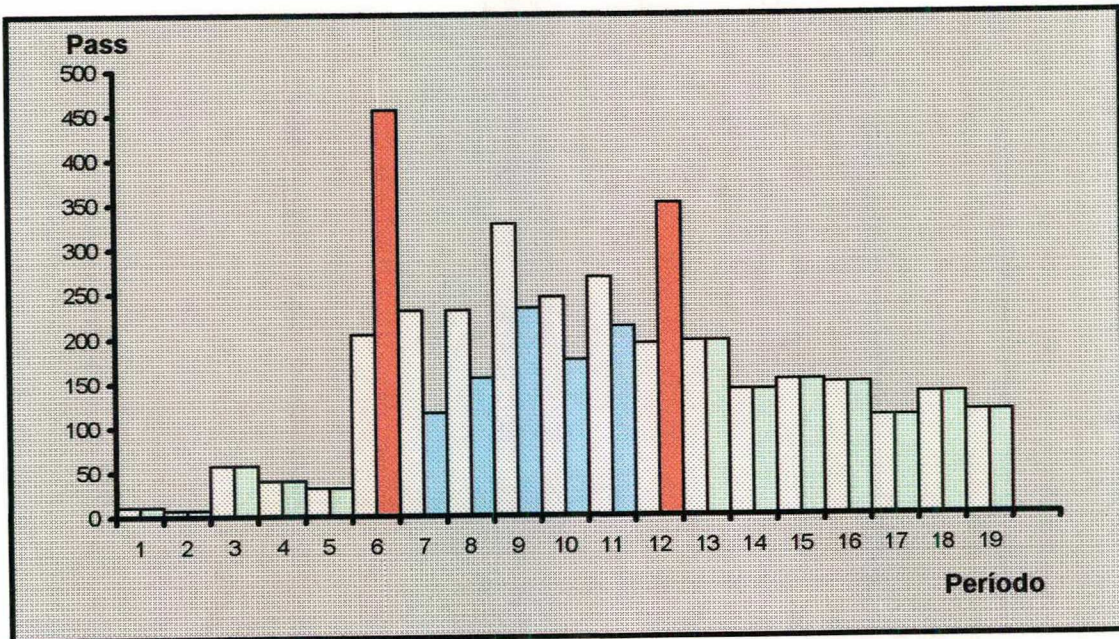


FIGURA 10.20
DISTRIBUIÇÃO DA DEMANDA NO CENÁRIO 5 ($t_{ec} = 0,50$; $t_{ne} = 0,60$)

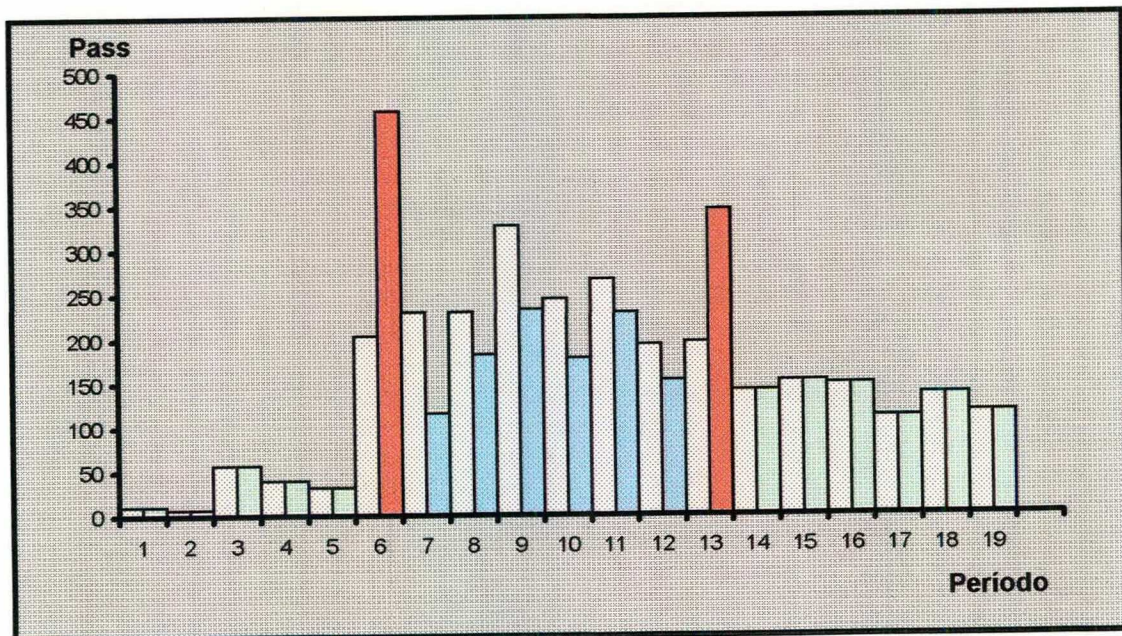


FIGURA 10.21
DISTRIBUIÇÃO DA DEMANDA NO CENÁRIO 6 ($t_{ec} = 0,50$; $t_{ne} = 0,60$)

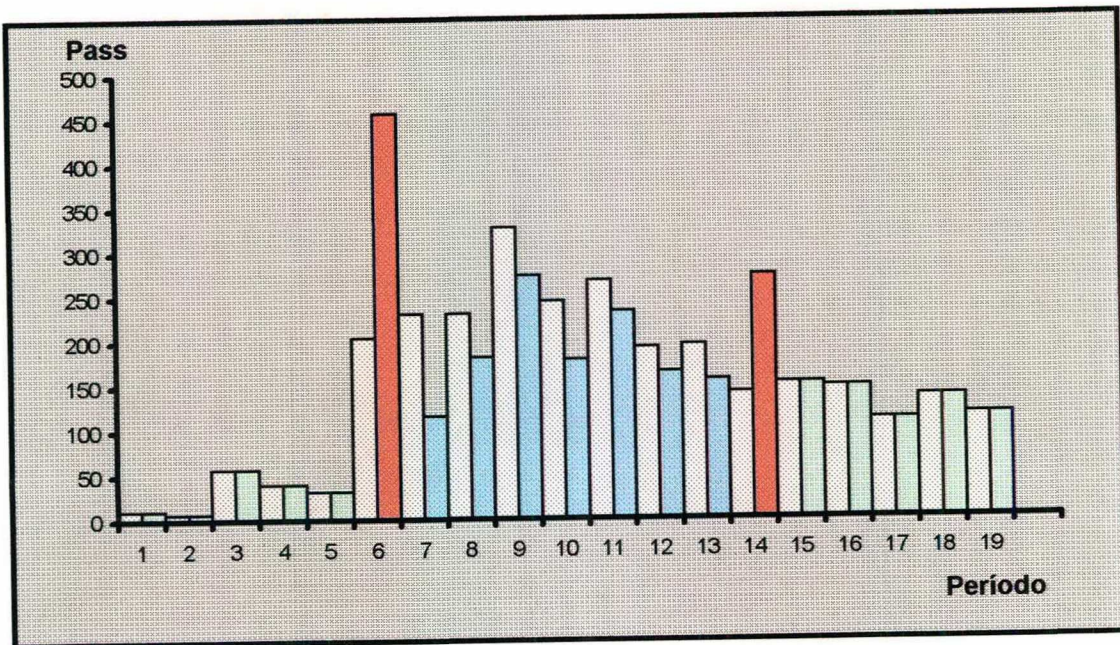


FIGURA 10.22

DISTRIBUIÇÃO DA DEMANDA NO CENÁRIO 7 (tec = 0,50; tne = 0,60)

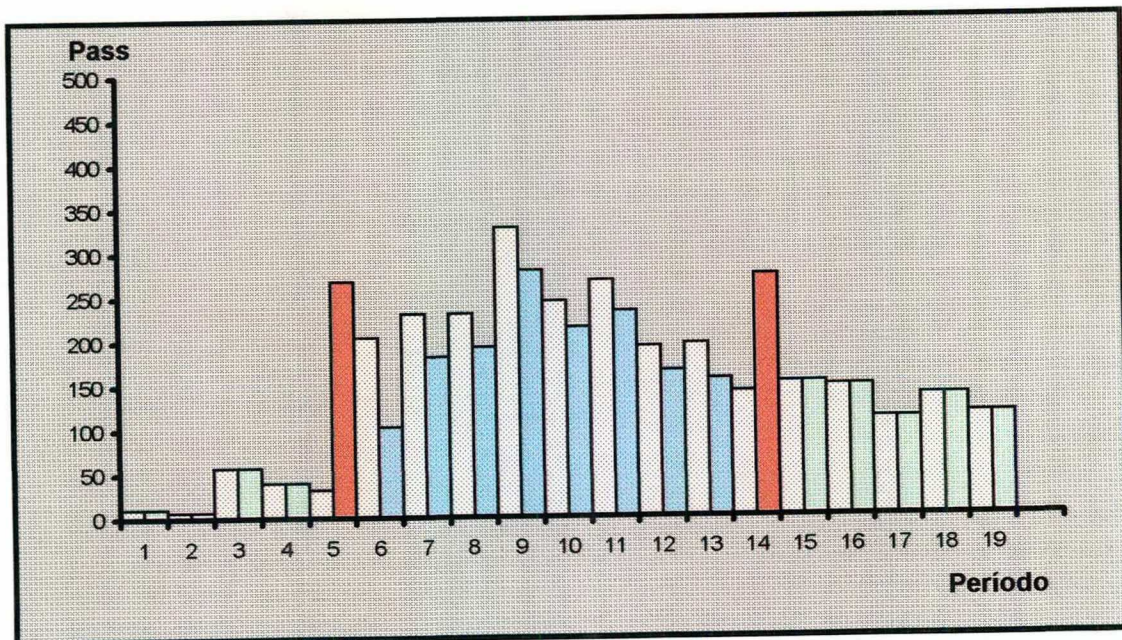


FIGURA 10.23

DISTRIBUIÇÃO DA DEMANDA NO CENÁRIO 8 (tec = 0,50; tne = 0,60)

QUADRO 10.15
PARÂMETROS OPERACIONAIS DO CENÁRIO 0

PERÍODO	NV	DEMANDA	IR	OCUP (pass/vi)	OCC (pass/vi)	NV HOR	DEM HOR	FR	NS
1	1	11	1,0	10,5	10,5	5	114	4	A
2	1	7	1,0	6,9	6,9	5	135	4	A
3	2	57	1,3	28,4	22,1	8	332	6	A
4	1	40	1,8	39,6	21,8	9	507	7	A
5	1	32	1,0	31,6	31,6	11	698	8	A
6	4	204	1,2	51,1	42,7	14	994	10	B
7	3	231	1,5	77,1	50,5	13	1.035	10	C
8	3	231	1,2	76,9	63,9	13	1.072	10	D
9	4	328	1,4	82,0	58,2	12	1.034	9	C
10	3	245	1,6	81,6	49,5	10	902	7	C
11	3	268	2,0	89,4	45,8	9	799	7	B
12	2	193	2,0	96,7	48,6	8	683	6	C
13	2	196	1,9	98,1	52,6	8	637	6	C
14	2	141	1,7	70,5	40,3	8	552	6	B
15	2	152	1,7	76,0	44,3	8	548	6	B
16	2	148	1,6	73,9	45,7	8	512	6	B
17	2	111	1,7	55,7	32,8				A
18	2	137	1,5	68,5	47,1				B
19	2	116	2,0	58,0	29,6				A
PICO	42	2.848	1,6	67,8	42,0	-	-	-	B

renovação (expressão 2.4); nas colunas 5 e 6, as ocupações da viagem e do trecho crítico (ver item 2.3); nas colunas 7 e 8, as viagens e demandas horárias observadas; na coluna 9, o cálculo da frota necessária, de acordo com a expressão (9.34), uma vez que o tempo de ciclo é menor do que 60min ($TC = 44min$), e na última coluna, o nível de serviço, pela expressão (3.4)⁸.

Considerando o custo variável $CV = R\$ 0,34328 /km$ (FLORIANÓPOLIS, 1997), a extensão da linha $L = 15,5 km$, a tarifa de referência $TR = R\$ 0,60$, a quantidade de viagens $nv^0 = 42$ e ainda a frota efetiva $fe^0 = 10$ veículos, o custo total de operação no cenário 0 é dado por uma variação da expressão (9.32), considerando $nv_i = NVD = nv^0$:

$$ct^0 = CV.L.nv^0 + CF.fe^0 \quad (10.11)$$

ou:

$$ct^0 = 0,34328 \times 15,5 \times 42 + Cf \times 10 = 223,4753 + 10.CF \quad (10.12)$$

Não se conhece o valor do custo fixo exclusivamente para o pico da manhã, mas ele pode ser determinado admitindo que é válida a condição (5.1), de equilíbrio entre custos e receitas. Assim, tem-se:

$$rt^0 = P.TR = 2.848 \times 0,60 = 1.708,80 = 223,4753 + 10.CF \quad (10.13)$$

e:

$$CF = R\$ 148,53/\text{veículo} \quad (10.14)$$

Com este resultado, podem ser determinados os custos de todos os cenários, através de:

$$ct^C = 5,3208 nv^C + 148,53 fe^C \quad (10.15)$$

Considerando o índice de renovação médio $IR = 1,60$, a quantidade de viagens de cada período horário i é dado pela expressão (3.5), que, adaptada ao caso, transforma-se em:

$$nv^C = \frac{P_i}{1,60.lot_i} = 0,625 \frac{P_i}{lot_i} \quad (10.16)$$

⁸ No Anexo II, é apresentado o levantamento, realizado em conjunto com o de preferência declarada (nov/97), do número de assentos e área útil para passageiros em pé, para a definição do veículo-padrão; a quantidade de assentos antes da catraca foi considerada igual a zero, devido aos passageiros isentos com mais de 65 anos; a definição do nível de serviço por período é dada de acordo com o item 3.3.

Resta apenas determinar a lotação lot_i de cada período típico. Considerando que o nível de serviço médio do pico é $NS = B$ (Quadro 10.15), pode-se estabelecer os seguintes valores:

- Períodos de vale: **NS A** ($lot_i = 38$ pass);
- Períodos intermediários: **NS B** ($lot_i = 48$ pass);
- Períodos de pico (não econômico): **NS C** ($lot_i = 58$ pass).

O Quadro 10.16 apresenta a distribuição da lotação do veículo para cada cenário. Observe-se que os dois primeiros períodos típicos foram sempre considerados como de vale; a lotação intermediária foi adotada em pelo menos quatro períodos típicos antes e depois do horário não econômico, respeitada a restrição dos períodos 1 e 2.

O Quadro 10.17 mostra o resumo dos resultados para a combinação de $tec = 0,50$ e $tne = 0,60$, envolvendo o número de viagens - nv , a frota - fr , a receita tarifária - rec , o custo de operação, a tarifa do usuário - tus , o custo por passageiro - cpa e a relação entre estes dois últimos parâmetros, que serve de indicador da viabilidade do cenário (condição 9.9). O detalhamento do cálculo de cada cenário é apresentado nos Quadros 10.18 a 10.25. Observe-se que, em todas as situações, a relação tus^c/cpa^c é inferior à unidade, inviabilizando os oito cenários desta combinação tarifária. No Anexo III são apresentados os resultados de todos os 152 cenários. A análise das soluções possíveis é feita no item seguinte.

10.3.6 - Análise dos Resultados

Com base nos resultados apresentados no Anexo III, foi possível selecionar os cenários que atendem à condição 9.9, pela qual a relação tus^c/cpa^c deve situar-se entre 0,95 e 1,05. Das 152 alternativas possíveis, cinco delas estão nesta situação (3,3%).

O Quadro 10.26 apresenta os parâmetros operacionais e financeiros destas soluções (denominadas **S1** a **S5**) e o Quadro 10.27, as distribuições de demanda correspondentes, que podem ser visualizadas nas Figuras 10.24 a 10.28.

Observe-se, primeiramente, que a maioria das soluções refere-se ao cenário 8 (**S2** a **S5**) e apenas uma ao cenário 7 (**S1**). Todas elas requerem uma frota operante de nove veículos, o que representa uma redução de 10%, enquanto a quantidade de viagens necessárias aponta uma queda reduzida, de 4,8% (de 42 para 40 viagens), o que está em conformidade com o referido no item 6.1. As receitas apresentam reduções variando entre

QUADRO 10.17
DETERMINAÇÃO DA RECEITA E DO CUSTO - TODOS OS CENÁRIOS
(tec = 0,50; tne = 0,60)

CENÁRIO	NV	FROTA	REC	CUSTO	tus	cpa	tus/cpa
0	42	10	1.708,80	1.708,81	0,6000	0,6000	1,0000
1	45	12	1.239,49	2.021,83	0,4352	0,7099	0,6131
2	43	11	1.255,72	1.862,66	0,4409	0,6540	0,6742
3	43	10	1.270,88	1.714,13	0,4462	0,6019	0,7414
4	42	11	1.288,04	1.857,34	0,4523	0,6522	0,6935
5	41	9	1.289,76	1.554,96	0,4529	0,5460	0,8294
6	40	9	1.324,32	1.549,63	0,4650	0,5441	0,8546
7	39	9	1.343,52	1.544,31	0,4717	0,5422	0,8700
8	41	10	1.360,82	1.703,49	0,4778	0,5981	0,7988

QUADRO 10.18
DETERMINAÇÃO DA RECEITA E DO CUSTO - CENÁRIO 1
(tec = 0,50; tne = 0,60)

PERÍODO	ET	NE	TOTAL	DEMHOR	NV	NVHOR	FR	REC	CUSTO
1	0	11	11	115	1	4	3	5,50	
2	1	6	7	136	1	4	3	3,25	
3	12	45	57	333	1	6	5	25,50	
4	4	36	40	507	1	9	7	19,00	
5	7	25	32	698	1	12	9	14,25	
6	106	98	204	1.109	3	16	12	75,75	
7	87	144	231	1.004	4	15	12	93,75	
8	96	135	231	1.072	4	15	12	91,50	
9	131	311	443	1.034	5	14	11	188,46	
10	34	65	99	787	2	12	9	49,44	
11	68	231	299	829	4	12	9	132,59	
12	38	155	193	682	3	10	8	87,00	
13	33	163	196	637	3	9	7	89,75	
14	21	120	141	552	2	8	6	65,25	
15	29	123	152	548	2	8	6	68,75	
16	38	110	148	512	2	8	6	64,50	
17	22	89	111		2			50,00	
18	30	107	137		2			61,00	
19	15	101	116		2			54,25	
TOTAL	772	2.076	2.848		45		12	1.239,49	2.021,83

QUADRO 10.19
DETERMINAÇÃO DA RECEITA E DO CUSTO - CENÁRIO 2
(tec = 0,50; tne = 0,60)

PERIODO	ET	NE	TOTAL	DEMHOR	NV	NVHOR	FR	REC	CUSTO
1	0	11	11	115	1	4	3	5,50	
2	1	6	7	136	1	4	3	3,25	
3	12	45	57	333	1	6	5	25,50	
4	4	36	40	507	1	9	7	19,00	
5	7	25	32	906	1	13	10	14,25	
6	106	98	204	1.014	3	14	11	75,75	
7	87	144	231	960	4	13	10	93,75	
8	157	282	439	1.072	5	13	10	180,27	
9	39	100	139	826	2	11	9	71,95	
10	52	99	151	882	2	12	9	74,84	
11	81	262	343	873	4	12	9	151,15	
12	38	155	193	682	3	10	8	87,00	
13	33	163	196	637	3	9	7	89,75	
14	21	120	141	552	2	8	6	65,25	
15	29	123	152	548	2	8	6	68,75	
16	38	110	148	512	2	8	6	64,50	
17	22	89	111		2			50,00	
18	30	107	137		2			61,00	
19	15	101	116		2			54,25	
TOTAL	772	2.076	2.848		43		11	1.255,72	1.862,66

QUADRO 10.20
DETERMINAÇÃO DA RECEITA E DO CUSTO - CENÁRIO 3
(tec = 0,50; tne = 0,60)

PERIODO	ET	NE	TOTAL	DEMHOR	NV	NVHOR	FR	REC	CUSTO
1	0	11	11	115	1	4	3	5,50	
2	1	6	7	136	1	4	3	3,25	
3	12	45	57	333	1	6	5	25,50	
4	4	36	40	726	1	10	8	19,00	
5	7	25	32	785	1	11	9	14,25	
6	106	98	204	970	3	13	10	75,75	
7	166	284	450	925	5	12	9	183,46	
8	41	58	99	853	2	12	9	47,11	
9	61	156	216	947	3	13	10	111,65	
10	55	104	159	926	2	13	10	79,05	
11	93	285	378	908	5	13	10	165,86	
12	38	155	193	682	3	10	8	87,00	
13	33	163	196	637	3	9	7	89,75	
14	21	120	141	552	2	8	6	65,25	
15	29	123	152	548	2	8	6	68,75	
16	38	110	148	512	2	8	6	64,50	
17	22	89	111		2			50,00	
18	30	107	137		2			61,00	
19	15	101	116		2			54,25	
TOTAL	772	2.076	2.848		43		10	1.270,88	1.714,13

QUADRO 10.21
DETERMINAÇÃO DA RECEITA E DO CUSTO - CENÁRIO 4
(tec = 0,50; tne = 0,60)

PERÍODO	ET	NE	TOTAL	DEMHOR	NV	NVHOR	FR	REC	CUSTO
1	0	11	11	115	1	4	3	5,50	
2	1	6	7	136	1	4	3	3,25	
3	12	45	57	333	1	6	5	25,50	
4	4	36	40	766	1	11	9	19,00	
5	7	25	32	825	1	12	9	14,25	
6	106	98	204	1.013	3	14	11	75,75	
7	175	315	490	980	6	13	10	201,10	
8	41	58	99	668	2	9	7	47,27	
9	62	158	219	907	3	11	9	113,21	
10	59	113	171	883	2	11	9	85,25	
11	38	140	177	853	2	11	9	95,03	
12	80	259	339	828	4	11	9	149,44	
13	33	163	196	637	3	9	7	89,75	
14	21	120	141	552	2	8	6	65,25	
15	29	123	152	548	2	8	6	68,75	
16	38	110	148	512	2	8	6	64,50	
17	22	89	111		2			50,00	
18	30	107	137		2			61,00	
19	15	101	116		2			54,25	
TOTAL	772	2.076	2.848		42		11	1.288,04	1.857,34

QUADRO 10.22
DETERMINAÇÃO DA RECEITA E DO CUSTO - CENÁRIO 5
(tec = 0,50; tne = 0,60)

PERÍODO	ET	NE	TOTAL	DEMHOR	NV	NVHOR	FR	REC	CUSTO
1	0	11	11	115	1	4	3	5,50	
2	1	6	7	136	1	4	3	3,25	
3	12	45	57	585	1	8	6	25,50	
4	4	36	40	645	1	9	7	19,00	
5	7	25	32	760	1	10	8	14,25	
6	197	260	456	961	6	12	9	179,18	
7	44	73	116	680	2	9	7	56,70	
8	65	91	155	776	2	10	8	73,86	
9	65	168	233	972	3	12	9	120,17	
10	60	115	175	935	2	12	9	70,19	
11	45	168	213	901	3	12	9	114,09	
12	84	267	351	840	4	11	9	154,55	
13	33	163	196	637	3	9	7	89,75	
14	21	120	141	552	2	8	6	65,25	
15	29	123	152	548	2	8	6	68,75	
16	38	110	148	512	2	8	6	64,50	
17	22	89	111		2			50,00	
18	30	107	137		2			61,00	
19	15	101	116		2			54,25	
TOTAL	772	2.076	2.848		41		9	1.289,76	1.554,96

QUADRO 10.23
DETERMINAÇÃO DA RECEITA E DO CUSTO - CENÁRIO 6
(tec = 0,50; tne = 0,60)

PERÍODO	ET	NE	TOTAL	DEMHOR	NV	NVHOR	FR	REC	CUSTO
1	0	11	11	115	1	4	3	5,50	
2	1	6	7	136	1	4	3	3,25	
3	12	45	57	586	1	8	6	25,50	
4	4	36	40	645	1	9	7	19,00	
5	7	25	32	787	1	10	8	14,25	
6	197	260	457	990	5	12	9	179,54	
7	44	73	116	710	2	9	7	56,70	
8	76	106	182	824	2	10	8	86,47	
9	66	169	234	795	3	10	8	120,86	
10	61	117	178	906	2	11	9	88,31	
11	49	181	230	870	3	11	9	123,22	
12	30	123	153	792	2	10	8	82,89	
13	71	275	346	787	4	10	8	155,09	
14	21	120	141	552	2	8	6	65,25	
15	29	123	152	548	2	8	6	68,75	
16	38	110	148	512	2	8	6	64,50	
17	22	89	111		2			50,00	
18	30	107	137		2			61,00	
19	15	101	116		2			54,25	
TOTAL	772	2.076	2.848		40		9	1.324,32	1.549,63

QUADRO 10.24
DETERMINAÇÃO DA RECEITA E DO CUSTO - CENÁRIO 7
(tec = 0,50; tne = 0,60)

PERÍODO	ET	NE	TOTAL	DEMHOR	NV	NVHOR	FR	REC	CUSTO
1	0	11	11	115	1	4	3	5,50	
2	1	6	7	136	1	4	3	3,25	
3	12	45	57	586	1	8	6	25,50	
4	4	36	40	646	1	9	7	19,00	
5	7	25	32	788	1	10	8	14,25	
6	197	260	457	1.030	5	12	9	179,62	
7	44	73	116	751	2	9	7	56,70	
8	76	106	182	868	2	10	8	86,47	
9	77	197	274	852	3	10	8	141,49	
10	61	117	179	733	2	9	7	88,83	
11	50	184	233	828	3	10	8	125,08	
12	33	133	165	747	2	9	7	89,52	
13	26	129	156	730	2	9	7	85,51	
14	51	223	274	685	3	9	7	124,30	
15	29	123	152	548	2	8	6	68,75	
16	38	110	148	512	2	8	6	64,50	
17	22	89	111		2			50,00	
18	30	107	137		2			61,00	
19	15	101	116		2			54,25	
TOTAL	772	2.076	2.848		39		9	1.343,52	1.544,31

QUADRO 10.25
DETERMINAÇÃO DA RECEITA E DO CUSTO - CENÁRIO 8
(tec = 0,50; tne = 0,60)

PERIODO	ET	NE	TOTAL	DEMHOR	NV	NVHOR	FR	REC	CUSTO
1	0	11	11	115	1	4	3	5,50	
2	1	6	7	372	1	6	5	3,25	
3	12	45	57	468	1	7	6	25,50	
4	4	36	40	593	1	8	6	19,00	
5	107	161	268	746	3	10	8	107,34	
6	54	49	103	758	2	11	9	45,82	
7	69	113	182	870	2	12	9	88,60	
8	80	113	193	921	3	13	10	91,82	
9	79	201	280	893	4	12	9	144,45	
10	74	141	215	769	3	10	8	106,64	
11	50	184	233	828	3	10	8	125,08	
12	33	133	165	747	2	9	7	89,52	
13	26	129	156	730	2	9	7	85,51	
14	51	223	274	685	3	9	7	124,30	
15	29	123	152	548	2	8	6	68,75	
16	38	110	148	512	2	8	6	64,50	
17	22	89	111		2			50,00	
18	30	107	137		2			61,00	
19	15	101	116		2			54,25	
TOTAL	772	2.076	2.848		41		10	1.360,82	1.703,49

QUADRO 10.26
DETERMINAÇÃO DA RECEITA E DO CUSTO

SOLUÇÃO	CEN	tec	tne	nv	fr	rec	custo	tus	cpa	tus/cpa
S1	7	0,50	0,80	40	9	1.532,63	1.549,60	0,5381	0,5441	0,9890
S2	8	0,50	0,70	40	9	1.477,66	1.549,60	0,5188	0,5441	0,9536
S3	8	0,50	0,75	40	9	1.532,74	1.549,60	0,5382	0,5441	0,9891
S4	8	0,45	0,80	40	9	1.515,07	1.549,60	0,5320	0,5441	0,9777
S5	8	0,50	0,80	40	9	1.586,17	1.549,60	0,5569	0,5441	1,0236

QUADRO 10.27
DISTRIBUIÇÃO DA DEMANDA DOS CENÁRIOS SELECIONADOS

SOLUÇÃO	S1	S2	S3	S4	S5
tec	0,50	0,50	0,50	0,45	0,50
tne	0,80	0,70	0,75	0,80	0,80
PERÍODO ↓					
1	11	11	11	11	11
2	7	7	7	7	7
3	57	57	57	57	57
4	40	40	40	40	40
5	32	313	331	368	347
6	540	90	85	68	81
7	91	171	167	158	163
8	163	184	180	175	177
9	251	268	263	257	259
10	149	207	204	201	201
11	218	225	221	218	218
12	154	159	156	153	154
13	140	147	143	137	140
14	330	305	318	335	330
15	152	152	152	152	152
16	148	148	148	148	148
17	111	111	111	111	111
18	137	137	137	137	137
19	116	116	116	116	116

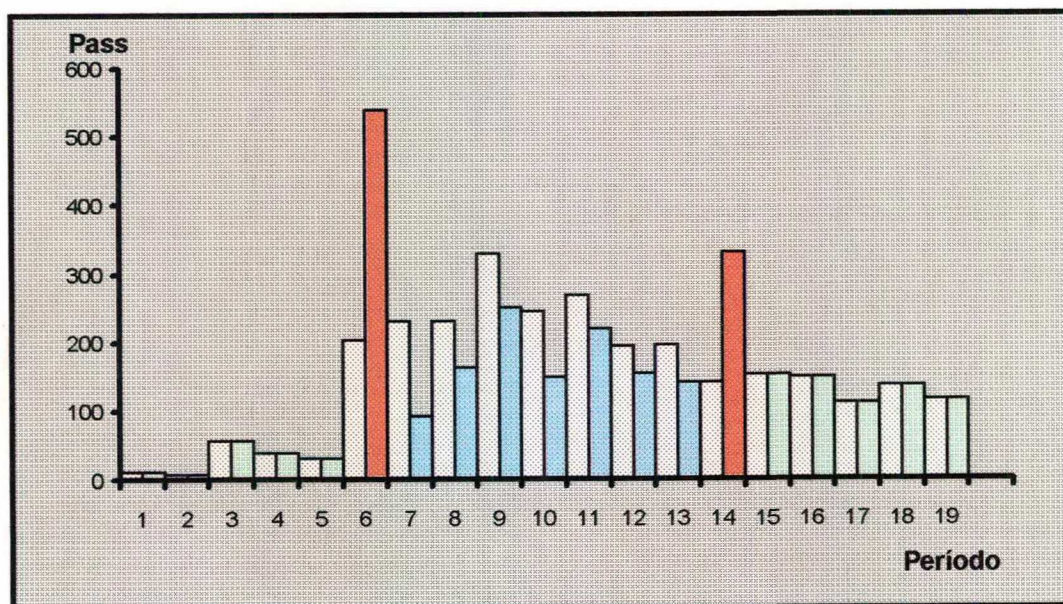


FIGURA 10.24

DISTRIBUIÇÃO DA DEMANDA DA SOLUÇÃO 1 (tec = 0,50; tne = 0,80)

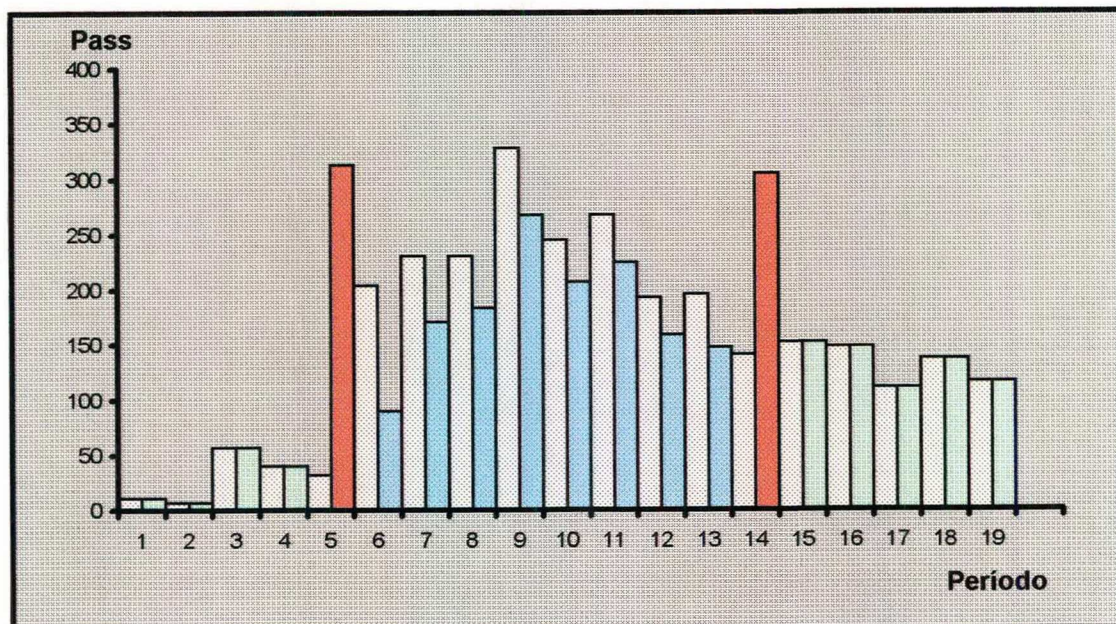


FIGURA 10.25

DISTRIBUIÇÃO DA DEMANDA DA SOLUÇÃO 2 (tec = 0,50; tne = 0,70)

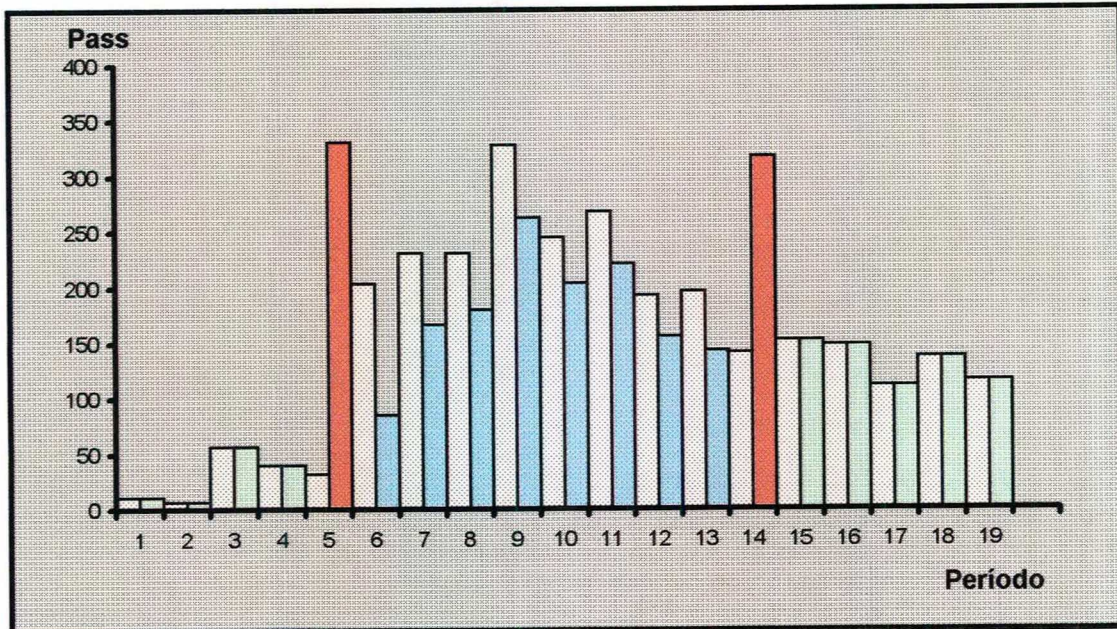


FIGURA 10.26

DISTRIBUIÇÃO DA DEMANDA DA SOLUÇÃO 3 (tec = 0,50; tne = 0,75)

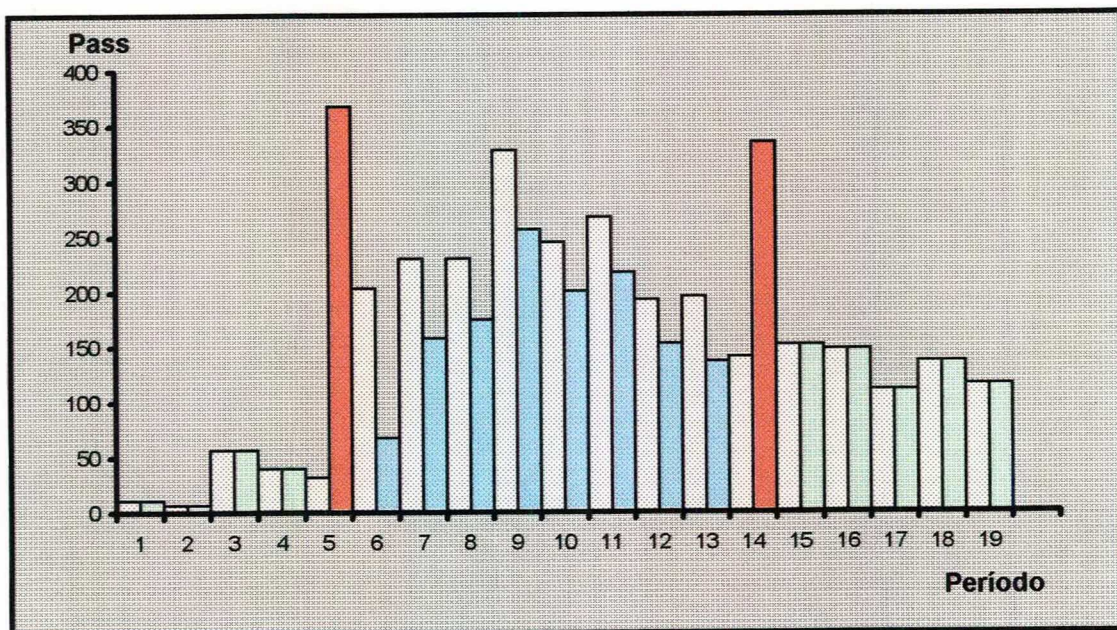


FIGURA 10.27

DISTRIBUIÇÃO DA DEMANDA DA SOLUÇÃO 4 (tec = 0,45; tne = 0,80)

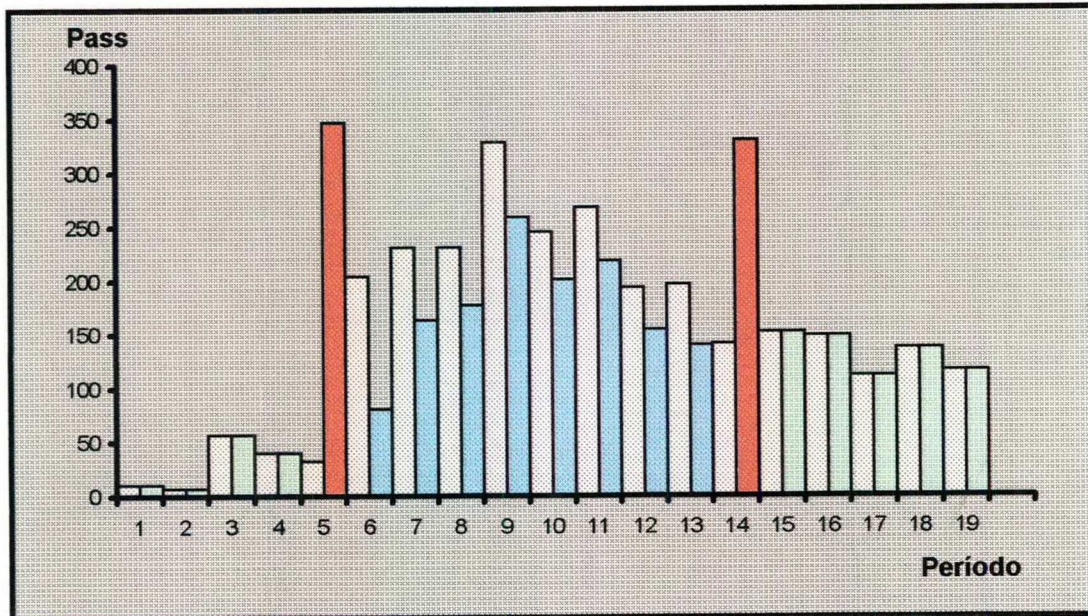


FIGURA 10.28

DISTRIBUIÇÃO DA DEMANDA DA SOLUÇÃO 5 ($t_{ec} = 0,50$; $t_{ne} = 0,80$)

7,2% (de R\$ 1.708,80 para R\$ 1.586,17) e 13,5% (para R\$ 1.477,66); o custo para todas as alternativas, dado que a frota e a quantidade de viagens são constantes, é de R\$ 1.549,60 (redução de 9,3%). As tarifas do usuário e os custos por passageiro acompanham estas reduções percentuais.

Das cinco soluções apontadas, aquela cuja relação tus^c/cpa^c mais se aproxima da unidade é a **S3**, em que a tarifa do usuário cobre 98,91% do custo por passageiro. A tarifa econômica é $t_{ec} = R\$ 0,50$ (até 6h 29min e depois de 8h 30min) e a não econômica $t_{ne} = R\$ 0,75$ (entre 6h 30min e 8h 29min). Com esta solução, porém, há um déficit, embora pequeno, para o operador. Se fosse considerada a restrição de não haver déficit ($tus^c/cpa^c \geq 1$), então a única solução possível seria **S5**, idêntica a **S3**, mas com tarifa não econômica $t_{ne} = R\$ 0,80$. Esta solução permite ao operador um superávit de 2,36%.

Ressalte-se, ainda, que a determinação do Horário Econômico para uma linha envolve a análise de todos os picos conjunta ou individualmente. No primeiro caso, verificam-

se todas as combinações de cenários para todos os picos, o que neste caso, considerando também oito cenários para os demais picos, resulta em 512 possibilidades, determinando-se então as respectivas distribuições da demanda, ofertas, receitas e custos. Na segunda hipótese, determinam-se todas as soluções possíveis por pico, selecionando-se aquela(s) em que as tarifas assumem os mesmos valores.

CAPÍTULO 11 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O Modelo de Determinação do Horário Econômico foi desenvolvido com o objetivo de constituir uma ferramenta que possibilite o aumento da produtividade e da qualidade do Transporte Público de Passageiros, através de uma política tarifária que contemple uma tarifa variável ao longo de jornada.

O modelo teórico foi aplicado a uma linha típica de uma cidade de porte médio, cuja distribuição da demanda ao longo do dia apresenta picos pronunciados, mostrando que podem ser determinados alguns cenários em que o objetivo é alcançado. Nesta aplicação, limitada ao pico da manhã, foram obtidas economias de 10% na frota operante e de 4,8% na quantidade de viagens; embora as receitas tenham sofrido quedas de até 13,5% e que a redução dos custos atinja um valor menor, de 9,3%, pode-se conservar, aproximadamente, o equilíbrio entre a receita e o custo da situação observada de tarifa constante ao longo do dia.

Ao longo do trabalho, apresentou-se o modelo de Horário Econômico como alternativa ao de Escalonamento de Horários, não sendo considerada a aplicação simultânea dos mesmos, já que os meios utilizados parecem ser incompatíveis: enquanto o primeiro baseia-se no apelo financeiro, o segundo constitui uma imposição. Entretanto, o modelo de Horário Econômico pode ser utilizado para melhor definir os horários de expediente dos diversos setores produtivos, não se descartando a possibilidade de também oferecer desconto tarifário para incentivar a modificação dos horários de deslocamento. Para tanto, a modelagem deve ser desagregada, também, em relação ao setor produtivo.

Por outro lado, o modelo proposto pode ser adaptado para setores em que existam problemas de alta concentração de demanda em determinados horários, como os de energia elétrica, telefonia e abastecimento de água, além de, naturalmente, outras modalidades de transporte, em especial a cobrança de pedágio em rodovias.

No caso específico deste trabalho, algumas alterações na metodologia proposta no Capítulo 9 merecem consideração, a saber:

- Ampliar a faixa de variação da defasagem de tempo para 90 min, limite no qual se suspeita que a alteração de horário seja mínima, com vistas a melhorar o ajustamento das funções de utilidade;
- Ampliar a abrangência do levantamento de preferência declarada, incluindo uma pergunta adicional no caso de o passageiro optar pela alteração de horário, de modo a incluir no modelo a possibilidade de ele, pelo mesmo desconto, aceitar uma defasagem de tempo maior; como exemplo, se o

passageiro aceitar antecipar sua viagem em 30 min, então poderia ser perguntado se ele aceita, pelo mesmo desconto, deslocar-se 45 min antes; com isto, também a amostra seria ampliada, melhorando os resultados do ajustamento das funções de utilidade;

- Reduzir a faixa de variação da tarifa econômica, já que em nenhum dos cenários economicamente viáveis ela ficou inferior a 83% da tarifa de referência, ao contrário do imaginado anteriormente ao levantamento, de que poderia atingir 50%; para manter uma quantidade mínima de valores da tarifa econômica, deve então incluir interpolações; no caso estudado, os valores poderiam pertencer ao conjunto {0,40; 0,45; 0,50; 0,55}.

Ressalte-se que a análise completa de uma linha deve abranger a distribuição da demanda ao longo de toda a jornada, buscando-se a melhor solução simultânea. Entretanto, podem ser realizados estudos no sentido de avaliar a possibilidade de implantação do Horário Econômico apenas nos períodos de vale da madrugada (antes do pico da manhã) e da noite (depois do pico da tarde), o que poderia produzir os resultados desejados de achatamento desses picos, sem um comprometimento maior da receita (a tarifa, nos demais vales, seria a não econômica). Neste último caso, a tarifa econômica poderia produzir um aumento da demanda noturna, efeito não considerado neste trabalho, aumentando a produtividade da linha.

O exemplo mostrado neste trabalho envolve uma linha com operação radial-circular, ou seja, com controle de horários em um único terminal. No caso das linhas com dois terminais de controle (radiais, diametrais e periféricas), podem ser desenvolvidos modelos distintos por sentido.

Finalmente, deve ser esclarecido que não se espera uma utilização imediata do modelo proposto, já que a conjuntura do Planejamento de Transportes Urbanos no Brasil tem demonstrado um elevado nível teórico, mas uma carência extrema no levantamento e tratamento das informações sobre os sistemas, o que inclui os recursos humanos, nos órgãos gerenciadores e operadoras. Acredita-se, assim, que quando estes estiverem mais bem estruturados e preparados para atuar efetivamente sobre os sistemas no sentido da melhoria da qualidade e da produtividade do Transporte Urbano, possa haver espaço para a discussão e aplicação de modelos de Horário Econômico. Nesse momento, espera-se que o modelo proposto, bem como aqueles resultantes do seu aperfeiçoamento, possa constituir-se em uma ferramenta eficiente e eficaz, o que é o objetivo deste trabalho.

ANEXO I - LEVANTAMENTOS DE PREFERÊNCIA DECLARADA

LINHA ABRAÃO - PICO DA MANHÃ (nov/1997)

QUADRO I.1
 RESULTADOS DO LEVANTAMENTO DE PREFERÊNCIA DECLARADA - PAGAMENTO EM ESPÉCIE

DATA	LEVANTAMENTO		VAR. SÓCIO-ECONÔMICAS			ATRIBUTOS				ESCOLHA	
	HORÁRIO	SENTIDO	PERÍODO	ESC	RENDA	TAM. DOM.	tec	tne	dtp(a)		dtp(d)
17/11/97	7:30	BC	10	2G 12	F 625,00	4	0,30	0,60	30	45	C
17/11/97	7:30	BC	10	2G 12	F 625,00	6	0,40	0,70	30	15	C
17/11/97	8:07	CB	12	3G 17	F 625,00	3	0,40	0,80	45	45	C
17/11/97	8:07	CB	12	1G 8	I 3.000,00	3	0,30	0,60	15	45	A
17/11/97	8:07	BC	12	1G 8	F 625,00	3	0,40	0,70	30	45	B
18/11/97	6:30	CB	6	1G 8	B 150,00	6	0,30	0,60	45	60	C
18/11/97	6:30	CB	6	3G 17	D 350,00	1	0,50	0,70	30	15	C
18/11/97	6:30	CB	6	3G 17	D 350,00	1	0,40	0,80	45	60	C

(continua)

QUADRO I.1
RESULTADOS DO LEVANTAMENTO DE PREFERÊNCIA DECLARADA - PAGAMENTO EM ESPÉCIE
 (continuação)

LEVANTAMENTO			VAR. SÓCIO-ECONÔMICAS			ATRIBUTOS				ESCOLHA	
DATA	HORÁRIO	SENTIDO	PERÍODO	ESC	RENDA	TAM. DOM.	tec	tne	dtp(a)	dtp(d)	
18/11/97	7:15	CB	9	1G 8	F 625,00	5	0,50	0,60	45	15	C
18/11/97	7:15	CB	9	1G 8	E 450,00	3	0,40	0,70	30	45	C
18/11/97	7:15	BC	9	1G 8	I 3.000,00	4	0,40	0,80	60	60	C
18/11/97	8:00	CB	12	3G 17	H 1.500,00	5	0,40	0,60	30	30	A
18/11/97	8:00	CB	12	1G 8	C 250,00	3	0,50	0,70	15	15	A
18/11/97	8:00	BC	12	2G 12	F 625,00	4	0,40	0,80	60	60	C
18/11/97	8:00	BC	12	3G 17	I 3.000,00	2	0,50	0,60	30	15	C
19/11/97	6:53	BC	6	1I 4	F 625,00	5	0,40	0,70	30	15	C
19/11/97	7:25	BC	8	3G 17	G 875,00	2	0,40	0,80	60	15	B
19/11/97	7:25	BC	8	2G 12	F 625,00	4	0,50	0,60	15	45	A
19/11/97	7:55	CB	11	1G 8	E 450,00	5	0,50	0,70	30	15	C
							0,40	0,80	30	15	B

(continua)

QUADRO I.1
RESULTADOS DO LEVANTAMENTO DE PREFERÊNCIA DECLARADA - PAGAMENTO EM ESPÉCIE
 (continuação)

DATA	LEVANTAMENTO		VAR. SÓCIO-ECONÔMICAS		ATRIBUTOS				ESCOLHA		
	HORÁRIO	SENTIDO	PERÍODO	ESC	RENDA	TAM. DOM.	tec	tne		dtp(a)	dtp(d)
19/11/97	7:55	CB	11	1I 4	F 625,00	3	0,40	0,60	60	15	C
19/11/97	7:55	BC	11	1I 4	G 875,00	10	0,40	0,70	30	15	A
19/11/97	7:55	BC	11	3G 17	I 3.000,00	4	0,50	0,60	30	45	B
20/11/97	6:45	CB	7	1I 4	F 625,00	4	0,40	0,70	45	30	C
20/11/97	6:45	CB	7	1I 4	F 625,00	5	0,50	0,70	45	30	C
20/11/97	6:45	BC	7	3G 17	I 3.000,00	5	0,40	0,80	45	15	C
20/11/97	7:30	CB	10	1G 8	E 450,00	5	0,50	0,60	30	30	C
20/11/97	7:30	CB	10	3G 17	H 1.500,00	1	0,50	0,70	15	15	B
20/11/97	7:30	CB	10	1G 8	C 250,00	7	0,40	0,80	15	15	A
20/11/97	7:30	BC	10	1I 4	F 625,00	3	0,40	0,80	30	15	C
20/11/97	7:30	BC	10	3G 17	I 3.000,00	5	0,50	0,60	45	15	C

(continua)

QUADRO I.1
RESULTADOS DO LEVANTAMENTO DE PREFERÊNCIA DECLARADA - PAGAMENTO EM ESPÉCIE
 (continuação)

DATA	LEVANTAMENTO		VAR. SÓCIO-ECONÔMICAS			ATRIBUTOS				ESCOLHA	
	HORÁRIO	SENTIDO	PERÍODO	ESC	RENDA	TAM. DOM.	tec	tne	dtp(a)		dtp(d)
20/11/97	8:15	CB	13	1I 4	F 625,00	4	0,40	0,60	45	45	C
20/11/97	8:15	BC	13	1I 4	F 625,00	8	0,50	0,70	60	60	C
20/11/97	8:15	BC	13	2G 12	I 3.000,00	2	0,50	0,80	15	45	C
21/11/97	6:45	BC	6	2G 12	H 1.500,00	3	0,30	0,60	45	60	C
21/11/97	7:25	CB	9	1I 4	E 450,00	4	0,50	0,70	30	45	C
21/11/97	7:25	CB	9	1I 4	D 350,00	1	0,50	0,80	30	45	C
21/11/97	7:25	BC	9	3G 17	H 1.500,00	2	0,40	0,60	60	30	C
21/11/97	7:25	BC	9	3G 17	F 625,00	2	0,40	0,70	15	15	A
21/11/97	8:22	CB	13	1G 8	H 1.500,00	6	0,40	0,80	60	45	C
21/11/97	8:22	CB	13	1I 4	F 625,00	3	0,50	0,60	45	30	C
21/11/97	8:22	BC	13	1G 8	G 875,00	6	0,40	0,70	15	15	A

(continua)

QUADRO I.1
RESULTADOS DO LEVANTAMENTO DE PREFERÊNCIA DECLARADA - PAGAMENTO EM ESPÉCIE
 (continuação)

DATA	LEVANTAMENTO		VAR. SÓCIO-ECONÔMICAS		ATRIBUTOS				ESCOLHA		
	HORÁRIO	SENTIDO	PERÍODO	ESC	RENDA	TAM. DOM.	tec	tne		dtp(a)	dtp(d)
24/11/97	6:55	BC	6	1I 4	G 875,00	3	0,30 0,40 0,40	0,60 0,70 0,80	60 45 60	45 45 60	C C C
24/11/97	7:40	BC	9	2G 12	H 1.500,00	3	0,40 0,50 0,40	0,60 0,70 0,80	45 30 60	45 30 30	C C C
24/11/97	7:40	BC	9	1G 8	I 3.000,00	6	0,30 0,40 0,50	0,60 0,70 0,80	30 30 45	45 15 45	C B C
25/11/97	7:05	CB	8	1I 4	H 1.500,00	7	0,30 0,50 0,40	0,60 0,70 0,80	30 15 15	30 15 60	A A A
25/11/97	7:05	CB	8	2G 12	I 3.000,00	2	0,40 0,50 0,40	0,60 0,70 0,80	30 15 15	30 15 60	B B B
25/11/97	7:05	BC	8	1G 8	H 1.500,00	10	0,40 0,40 0,50	0,60 0,70 0,80	30 30 30	45 15 15	C A B
25/11/97	7:50	CB	11	1I 4	F 625,00	2	0,40 0,40 0,40	0,60 0,70 0,80	30 30 30	60 30 45	C A C
25/11/97	7:50	CB	11	1I 4	H 1.500,00	5	0,30 0,40 0,40	0,60 0,70 0,80	45 30 60	30 45 45	C C C
25/11/97	7:50	BC	11	2G 12	I 3.000,00	8	0,40 0,40 0,40	0,60 0,70 0,80	60 45 45	45 30 60	C C C
25/11/97	7:50	BC	11	2G 12	H 1.500,00	2	0,40 0,50 0,50	0,60 0,70 0,80	30 45 45	45 45 45	A C C
26/11/97	7:00	BC	7	3G 17	I 3.000,00	4	0,40 0,40 0,40	0,60 0,70 0,80	45 30 60	45 30 30	C C C

(continua)

QUADRO I.1
RESULTADOS DO LEVANTAMENTO DE PREFERÊNCIA DECLARADA - PAGAMENTO EM ESPÉCIE
 (conclusão)

DATA	LEVANTAMENTO		VAR. SÓCIO-ECONÔMICAS			ATRIBUTOS				ESCOLHA	
	HORÁRIO	SENTIDO	PERÍODO	ESC	RENDA	TAM. DOM.	tec	tne	dtp(a)		dtp(d)
26/11/97	7:35	CB	10	1I 4	F 625,00	4	0,40	0,60	60	45	A
26/11/97	7:35	BC	10	1I 4	C 250,00	3	0,40	0,70	60	30	A
26/11/97	7:35	BC	10	2G 12	E 450,00	3	0,40	0,80	30	45	A
27/11/97	6:55	CB	7	1I 4	G 875,00	4	0,30	0,60	45	30	C
27/11/97	6:55	BC	7	1G 8	F 625,00	5	0,50	0,70	30	45	C
27/11/97	7:40	CB	10	1I 4	G 875,00	2	0,40	0,60	60	15	B
27/11/97	7:40	BC	10	2G 12	H 1.500,00	2	0,40	0,70	60	45	C
28/11/97	7:15	BC	8	2G 12	H 1.500,00	3	0,40	0,80	45	45	C
28/11/97	7:45	CB	11	2G 12	H 1.500,00	5	0,40	0,60	30	30	A
28/11/97	7:45	BC	11	3G 17	H 1.500,00	3	0,50	0,70	45	45	C
28/11/97	7:45	BC	11	2G 12	H 1.500,00	5	0,40	0,80	30	45	C
28/11/97	7:45	BC	11	2G 12	H 1.500,00	5	0,40	0,60	45	45	A
28/11/97	7:45	BC	11	2G 12	H 1.500,00	5	0,40	0,70	45	30	A
28/11/97	7:45	BC	11	2G 12	H 1.500,00	5	0,40	0,80	30	15	A

QUADRO I.2
RESULTADOS DO LEVANTAMENTO DE PREFERÊNCIA DECLARADA - VALE-TRANSPORTE

DATA	LEVANTAMENTO		VAR. SÓCIO-ECONÔMICAS		ATRIBUTOS				ESCOLHA		
	HORÁRIO	SENTIDO	PERÍODO	ESC	RENDA	TAM. DOM.	tec	tne		dtp(a)	dtp(d)
17/11/97	7:30	BC	10	2G 12	E 450,00	2	0,50	0,60	15	15	C
17/11/97	8:07	CB	12	1G 8	G 875,00	3	0,40	0,70	30	30	C
17/11/97	8:07	CB	12	2G 12	F 625,00	3	0,40	0,80	15	15	B
17/11/97	8:07	BC	12	2G 12	E 450,00	2	0,50	0,60	30	30	C
18/11/97	6:30	CB	6	2G 12	E 450,00	1	0,40	0,70	15	15	C
18/11/97	6:30	CB	6	2G 12	D 350,00	3	0,40	0,80	30	30	A
18/11/97	6:30	CB	6	2G 12	F 625,00	2	0,50	0,70	15	15	C
18/11/97	6:30	BC	6	1G 8	H 1.500,00	4	0,40	0,80	45	45	C
18/11/97	7:15	CB	9	1G 8	H 1.500,00	6	0,40	0,70	30	30	B
18/11/97	7:15	CB	9	1G 8	B 150,00	3	0,40	0,80	60	60	C
18/11/97	7:15	CB	9	1G 8	H 1.500,00	7	0,40	0,80	15	15	C
18/11/97	7:15	CB	9	1G 8	H 1.500,00	7	0,40	0,70	30	30	A
18/11/97	7:15	CB	9	1G 8	H 1.500,00	7	0,40	0,70	15	15	C
18/11/97	7:15	CB	9	1G 8	H 1.500,00	7	0,40	0,80	30	30	A

(continua)

QUADRO I.2
RESULTADOS DO LEVANTAMENTO DE PREFERÊNCIA DECLARADA - VALE-TRANSPORTE

(continuação)

DATA	LEVANTAMENTO		VAR. SÓCIO-ECONÔMICAS			ATRIBUTOS				ESCOLHA	
	HORÁRIO	SENTIDO	PERÍODO	ESC	RENDA	TAM. DOM.	tec	tne	dtp(a)		dtp(d)
18/11/97	8:00	CB	12	2G 12	G 875,00	4	0,50	0,60	45	30	A
18/11/97	8:00	BC	12	1I 4	F 625,00	4	0,40	0,70	45	45	A
19/11/97	7:25	BC	8	2G 12	G 875,00	2	0,40	0,80	30	45	A
19/11/97	7:55	CB	11	2G 12	I 3.000,00	14	0,40	0,60	15	30	A
19/11/97	7:55	CB	11	3G 17	H 1.500,00	3	0,40	0,70	60	15	C
19/11/97	7:55	BC	11	2G 12	H 1.500,00	3	0,40	0,80	30	15	C
20/11/97	6:45	CB	7	1I 4	F 625,00	2	0,30	0,60	45	60	C
20/11/97	6:45	CB	7	2G 12	E 450,00	2	0,40	0,70	45	30	C
20/11/97	6:45	BC	7	3G 17	G 875,00	2	0,40	0,80	15	60	C
20/11/97	7:30	CB	10	1I 4	D 350,00	2	0,30	0,60	30	60	C
20/11/97	7:30	BC	10	1I 4	B 150,00	8	0,50	0,70	30	15	C
20/11/97	7:30	BC	10	1I 4	B 150,00	8	0,50	0,80	30	15	B
20/11/97	7:30	BC	10	1I 4	B 150,00	8	0,30	0,60	45	60	C
20/11/97	7:30	BC	10	1I 4	B 150,00	8	0,50	0,70	30	45	C
20/11/97	7:30	BC	10	1I 4	B 150,00	8	0,50	0,80	45	45	C

(continua)

QUADRO I.2
RESULTADOS DO LEVANTAMENTO DE PREFERÊNCIA DECLARADA - VALE-TRANSPORTE

(continuação)

DATA	LEVANTAMENTO		VAR. SÓCIO-ECONÔMICAS			ATRIBUTOS				ESCOLHA	
	HORÁRIO	SENTIDO	PERÍODO	ESC	RENDA	TAM. DOM.	tec	tne	dtp(a)		dtp(d)
20/11/97	7:30	BC	10	1I 4	G 875,00	4	0,50	0,60	45	30	C
							0,40	0,70	30	45	C
							0,50	0,80	15	45	C
20/11/97	8:15	CB	13	2G 12	H 1.500,00	3	0,40	0,60	60	15	A
							0,40	0,70	15	30	A
							0,50	0,80	30	45	C
20/11/97	8:15	CB	13	2G 12	H 1.500,00	4	0,30	0,60	60	30	A
							0,40	0,70	60	30	C
							0,40	0,80	30	15	A
20/11/97	8:15	BC	13	1G 8	B 150,00	5	0,30	0,60	30	30	B
							0,50	0,70	30	30	B
							0,40	0,80	30	15	B
20/11/97	8:15	BC	13	1G 8	F 625,00	2	0,40	0,60	15	45	C
							0,50	0,70	30	30	C
							0,40	0,80	30	15	B
21/11/97	6:45	BC	6	2G 12	G 875,00	2	0,30	0,60	45	60	C
							0,50	0,70	30	30	C
							0,40	0,80	60	30	C
21/11/97	7:25	CB	9	2G 12	F 625,00	3	0,40	0,60	45	30	C
							0,40	0,70	15	60	A
							0,40	0,80	60	60	C
21/11/97	7:25	CB	9	1I 4	C 250,00	3	0,40	0,60	30	15	A
							0,40	0,70	15	30	A
							0,50	0,80	45	15	B
21/11/97	7:25	BC	9	1I 4	G 875,00	9	0,40	0,60	15	15	C
							0,40	0,70	60	45	C
							0,40	0,80	45	45	C
21/11/97	8:22	CB	13	2G 12	G 875,00	4	0,50	0,60	15	30	C
							0,40	0,70	15	30	B
							0,50	0,80	15	45	C
21/11/97	8:22	BC	13	1G 8	G 875,00	4	0,50	0,60	45	45	A
							0,40	0,70	15	30	A
							0,50	0,80	45	45	B

(continua)

QUADRO I.2
RESULTADOS DO LEVANTAMENTO DE PREFERÊNCIA DECLARADA - VALE-TRANSPORTE

(continuação)

DATA	LEVANTAMENTO		VAR. SÓCIO-ECONÔMICAS			ATRIBUTOS				ESCOLHA	
	HORÁRIO	SENTIDO	PERÍODO	ESC	RENDA	TAM. DOM.	tec	tne	dtp(a)		dtp(d)
24/11/97	6:55	BC	6	1G 8	H 1.500,00	6	0,30	0,60	30	45	C
24/11/97	7:40	BC	9	2G 12	H 1.500,00	4	0,50	0,70	45	30	C
25/11/97	7:05	CB	8	1I 4	D 350,00	5	0,40	0,80	15	15	B
25/11/97	7:05	BC	8	2G 12	I 3.000,00	2	0,50	0,60	45	30	A
25/11/97	7:50	CB	11	2G 12	G 875,00	3	0,50	0,70	15	45	A
25/11/97	7:50	CB	11	3G 17	E 450,00	3	0,40	0,80	30	30	C
25/11/97	7:50	BC	11	3G 17	F 625,00	2	0,50	0,60	45	15	C
26/11/97	7:00	BC	7	3G 17	I 3.000,00	4	0,40	0,70	30	45	A
26/11/97	7:35	CB	10	1G 8	C 250,00	2	0,50	0,80	45	30	B
26/11/97	7:35	CB	10	2G 12	E 450,00	3	0,30	0,60	60	60	C
26/11/97	7:35	BC	10	1I 4	G 875,00	3	0,40	0,70	30	60	C
26/11/97	7:35	BC	10	1I 4	G 875,00	3	0,50	0,80	45	15	B

(continua)

QUADRO I.2
RESULTADOS DO LEVANTAMENTO DE PREFERÊNCIA DECLARADA - VALE-TRANSPORTE

(continuação)

DATA	LEVANTAMENTO		VAR. SÓCIO-ECONÔMICAS			ATRIBUTOS				ESCOLHA	
	HORARIO	SENTIDO	PERÍODO	ESC	RENDA	TAM. DOM.	tec	tne	dtp(a)		dtp(d)
27/11/97	6:55	CB	7	1G 8	C 250,00	1	0,30 0,50 0,50	0,60 0,70 0,80	45 30 15	45 30 45	C C C
27/11/97	6:55	CB	7	2G 12	H 1.500,00	3	0,50 0,40 0,50	0,60 0,70 0,80	30 45 45	30 45 30	C C C
27/11/97	6:55	CB	7	1I 4	C 250,00	3	0,30 0,40 0,40	0,60 0,70 0,80	45 30 45	45 60 60	C C C
27/11/97	6:55	BC	7	1G 8	G 875,00	3	0,40 0,40 0,40	0,60 0,70 0,80	45 60 60	45 30 15	B B B
27/11/97	7:40	CB	10	1I 4	A 50,00	6	0,40 0,50 0,40	0,60 0,70 0,80	45 45 45	45 30 45	C C C
27/11/97	7:40	CB	10	1G 8	G 875,00	5	0,50 0,50 0,50	0,60 0,70 0,80	30 30 45	15 45 45	C C C
27/11/97	7:40	BC	10	2G 12	I 3.000,00	5	0,50 0,40 0,40	0,60 0,70 0,80	15 30 15	15 45 60	B A A
27/11/97	7:40	BC	10	1I 4	E 450,00	2	0,30 0,50 0,50	0,60 0,70 0,80	45 15 30	45 30 45	C A C
28/11/97	7:15	BC	8	1G 8	H 1.500,00	4	0,30 0,40 0,50	0,60 0,70 0,80	60 30 15	45 30 15	C C C
28/11/97	7:45	CB	11	2G 12	G 875,00	2	0,30 0,40 0,40	0,60 0,70 0,80	30 60 15	30 15 30	C C C
28/11/97	7:45	CB	11	1I 4	G 875,00	3	0,40 0,40 0,40	0,60 0,70 0,80	60 60 45	30 60 45	C C C

(continua)

QUADRO I.2
RESULTADOS DO LEVANTAMENTO DE PREFERÊNCIA DECLARADA - VALE-TRANSPORTE
 (conclusão)

DATA	LEVANTAMENTO			VAR. SÓCIO-ECONÔMICAS			ATRIBUTOS				ESCOLHA
	HORÁRIO	SENTIDO	PERÍODO	ESC	RENDA	TAM. DOM.	tec	tne	dtp(a)	dtp(d)	
28/11/97	7:45	CB	11	2G 12	G 875,00	3	0,40 0,40 0,50	0,60 0,70 0,80	45 45 45	15 30 30	C C C
28/11/97	7:45	BC	11	1G 8	H 1.500,00	4	0,30 0,40 0,50	0,60 0,70 0,80	60 30 15	45 30 15	C C C

QUADRO I.3
RESULTADOS DO LEVANTAMENTO DE PREFERÊNCIA DECLARADA - ESTUDANTE

DATA	LEVANTAMENTO		VAR. SÓCIO-ECONÔMICAS			ATRIBUTOS				ESCOLHA	
	HORÁRIO	SENTIDO	PERÍODO	ESC	RENDA	TAM. DOM.	tec	tne	dtp(a)		dtp(d)
17/11/97	7:30	BC	10	1G 8	H 1.500,00	3	0,20	0,30	15	15	C
17/11/97	7:30	BC	10	2G 12	H 1.500,00	5	0,20	0,35	60	60	C
17/11/97	8:07	CB	12	3G 17	G 875,00	4	0,25	0,40	15	15	C
17/11/97	8:07	BC	12	1G 8	C 250,00	5	0,25	0,30	45	45	C
18/11/97	6:30	BC	6	2G 12	G 875,00	5	0,20	0,35	30	30	C
18/11/97	6:30	BC	6	2G 12	I 3.000,00	5	0,20	0,40	30	30	C
18/11/97	7:15	CB	9	2G 12	G 875,00	4	0,25	0,40	15	15	C
18/11/97	7:15	BC	9	1G 8	E 450,00	4	0,15	0,30	60	60	C
18/11/97	7:15	BC	9	1G 8	G 875,00	4	0,25	0,35	15	15	C
18/11/97	8:00	CB	12	1G 8	D 350,00	3	0,20	0,40	30	30	C
18/11/97	8:00	CB	12	2G 12	H 1.500,00	5	0,25	0,40	15	15	C

(continua)

QUADRO I.3
RESULTADOS DO LEVANTAMENTO DE PREFERÊNCIA DECLARADA - ESTUDANTE

(continuação)

DATA	LEVANTAMENTO		VAR. SÓCIO-ECONÔMICAS			ATRIBUTOS				ESCOLHA	
	HORÁRIO	SENTIDO	PERÍODO	ESC	RENDA	TAM. DOM.	tec	tne	dtp(a)		dtp(d)
19/11/97	6:53	BC	6	1G 8	G 875,00	6	0,15 0,25 0,20	0,30 0,35 0,40	60 45 15	45 15 45	C C C
19/11/97	6:53	BC	6	1I 4	H 1.500,00	4	0,20 0,25 0,20	0,30 0,35 0,40	45 30 60	60 30 15	C C C
19/11/97	6:53	BC	6	2G 12	F 625,00	3	0,15 0,20 0,25	0,30 0,35 0,40	45 45 45	45 15 30	A A A
19/11/97	7:25	BC	8	1G 8	B 150,00	4	0,25 0,25 0,20	0,30 0,35 0,40	15 15 30	30 45 60	A A A
19/11/97	7:25	BC	8	1G 8	E 450,00	5	0,15 0,25 0,20	0,30 0,35 0,40	60 45 15	45 15 45	C B A
19/11/97	7:55	CB	11	1G 8	E 450,00	4	0,25 0,25 0,20	0,30 0,35 0,40	15 30 15	15 45 60	B A A
19/11/97	7:55	BC	11	2G 12	G 875,00	4	0,20 0,20 0,20	0,30 0,35 0,40	45 60 15	15 60 30	A A A
19/11/97	7:55	BC	11	2G 12	F 625,00	2	0,25 0,25 0,25	0,30 0,35 0,40	15 30 30	30 15 30	C C C
20/11/97	6:45	CB	7	3G 17	H 1.500,00	2	0,15 0,20 0,20	0,30 0,35 0,40	30 45 60	45 30 60	A C C
20/11/97	6:45	BC	7	1G 8	F 625,00	5	0,25 0,25 0,25	0,30 0,35 0,40	15 30 45	30 30 15	A A C
20/11/97	6:45	BC	7	1G 8	E 450,00	3	0,30 0,40 0,40	0,30 0,35 0,40	60 15 30	60 15 60	B A A

(continua)

QUADRO I.3
RESULTADOS DO LEVANTAMENTO DE PREFERÊNCIA DECLARADA - ESTUDANTE

(continuação)

DATA	LEVANTAMENTO		VAR. SÓCIO-ECONÔMICAS			ATRIBUTOS					ESCOLHA
	HORÁRIO	SENTIDO	PERÍODO	ESC	RENDA	TAM. DOM.	tec	tne	dtp(a)	dtp(d)	
20/11/97	7:30	CB	10	2G 12	I 3.000,00	5	0,15 0,20 0,20	0,30 0,35 0,40	15 45 60	15 15 60	B B C
20/11/97	7:30	BC	10	1I 4	H 1.500,00	5	0,15 0,20 0,20	0,30 0,35 0,40	30 45 60	45 30 60	A C C
20/11/97	8:15	CB	13	3G 17	H 1.500,00	4	0,20 0,25 0,20	0,30 0,35 0,40	30 45 60	45 15 60	A B C
20/11/97	8:15	BC	13	3G 17	I 3.000,00	4	0,25 0,25 0,20	0,30 0,35 0,40	45 30 30	30 30 30	C C C
21/11/97	6:45	BC	6	1G 8	D 350,00	5	0,25 0,20 0,25	0,30 0,35 0,40	45 45 15	30 15 30	C B A
21/11/97	6:45	BC	6	2G 12	I 3.000,00	5	0,25 0,20 0,20	0,30 0,35 0,40	15 30 60	45 60 60	A C C
21/11/97	6:45	BC	6	2G 12	F 625,00	2	0,20 0,20 0,20	0,30 0,35 0,40	30 15 30	30 15 60	C A A
21/11/97	7:25	CB	9	3G 17	I 3.000,00	4	0,25 0,20 0,25	0,30 0,35 0,40	45 45 15	30 25 30	C B A
21/11/97	7:25	BC	9	1G 8	G 875,00	4	0,20 0,20 0,20	0,30 0,35 0,40	45 60 15	15 60 45	C C A
21/11/97	7:25	BC	9	2G 12	I 3.000,00	8	0,25 0,20 0,20	0,30 0,35 0,40	15 15 45	45 15 45	A A A
21/11/97	8:22	CB	13	1G 8	I 3.000,00	5	0,20 0,25 0,20	0,30 0,35 0,40	15 30 30	15 15 30	C C C

(continua)

QUADRO I.3
RESULTADOS DO LEVANTAMENTO DE PREFERÊNCIA DECLARADA - ESTUDANTE

(continuação)

DATA	LEVANTAMENTO		VAR. SÓCIO-ECONÔMICAS			ATRIBUTOS				ESCOLHA	
	HORÁRIO	SENTIDO	PERÍODO	ESC	RENDA	TAM. DOM.	tec	tne	dtp(a)		dtp(d)
21/11/97	8:22	BC	13	1G 8	G 875,00	5	0,20	0,30	15	30	B
							0,20	0,35	45	60	A
							0,20	0,40	15	15	B
21/11/97	8:22	BC	13	2G 12	H 1.500,00	4	0,20	0,30	15	30	A
							0,20	0,35	45	60	A
							0,25	0,40	45	45	B
24/11/97	6:55	BC	6	1I 4	H 1.500,00	6	0,25	0,30	45	30	C
							0,20	0,35	15	60	A
							0,20	0,40	45	45	C
24/11/97	6:55	BC	6	2G 12	I 3.000,00	4	0,20	0,30	15	30	C
							0,25	0,35	15	30	C
							0,20	0,40	15	15	B
24/11/97	6:55	BC	6	1G 8	C 250,00	5	0,20	0,30	15	30	A
							0,25	0,35	15	30	A
							0,20	0,40	30	30	C
24/11/97	7:40	BC	9	1G 8	F 625,00	2	0,25	0,30	45	15	C
							0,20	0,35	60	45	C
							0,20	0,40	15	15	A
24/11/97	7:40	BC	9	2G 12	F 625,00	4	0,25	0,30	15	45	A
							0,20	0,35	30	45	A
							0,20	0,40	60	30	C
25/11/97	7:05	CB	8	2G 12	G 875,00	6	0,25	0,30	45	45	C
							0,25	0,35	15	45	A
							0,25	0,40	30	45	C
25/11/97	7:05	BC	8	1I 4	F 625,00	4	0,15	0,30	45	45	C
							0,20	0,35	60	60	C
							0,25	0,40	30	45	C
25/11/97	7:05	BC	8	2G 12	H 1.500,00	2	0,20	0,30	60	45	B
							0,40	0,35	15	60	A
							0,25	0,40	45	15	B
25/11/97	7:05	BC	8	3G 17	G 875,00	1	0,25	0,30	45	30	C
							0,25	0,35	30	30	C
							0,20	0,40	60	15	C

(continua)

QUADRO I.3
RESULTADOS DO LEVANTAMENTO DE PREFERÊNCIA DECLARADA - ESTUDANTE

(continuação)

DATA	LEVANTAMENTO			VAR. SÓCIO-ECONÔMICAS			ATRIBUTOS				ESCOLHA
	HORÁRIO	SENTIDO	PERÍODO	ESC	RENDA	TAM. DOM.	tec	tne	dtp(a)	dtp(d)	
25/11/97	7:50	BC	11	1G 8	I 3.000,00	5	0,20	0,30	15	30	A
							0,25	0,35	15	45	A
							0,25	0,40	45	45	C
26/11/97	7:00	BC	7	2G 12	E 450,00	4	0,25	0,30	15	45	C
							0,20	0,35	60	45	C
							0,25	0,40	30	30	C
26/11/97	7:00	BC	7	2G 12	H 1.500,00	5	0,20	0,30	15	30	A
							0,20	0,35	60	30	C
							0,25	0,40	45	30	A
26/11/97	7:00	BC	7	1G 8	H 1.500,00	4	0,25	0,30	30	45	C
							0,20	0,35	60	60	C
							0,20	0,40	15	60	C
26/11/97	7:35	CB	10	2G 12	F 625,00	4	0,20	0,30	15	15	A
							0,20	0,35	45	30	A
							0,20	0,40	45	60	A
26/11/97	7:35	CB	10	2G 12	F 625,00	4	0,15	0,30	30	30	A
							0,20	0,35	60	15	A
							0,25	0,40	45	15	A
26/11/97	7:35	BC	10	2G 12	H 1.500,00	4	0,20	0,30	15	60	C
							0,25	0,35	45	30	C
							0,20	0,40	15	15	C
26/11/97	7:35	BC	10	1G 8	H 1.500,00	5	0,25	0,30	45	45	C
							0,25	0,35	45	15	C
							0,20	0,40	60	30	C
27/11/97	6:55	BC	7	1I 4	H 1.500,00	6	0,15	0,30	30	60	A
							0,20	0,35	45	60	A
							0,20	0,40	45	60	A
27/11/97	6:55	BC	7	2G 12	I 3.000,00	6	0,20	0,30	45	15	B
							0,20	0,35	45	60	C
							0,20	0,40	45	60	C
27/11/97	6:55	BC	7	1G 8	F 625,00	4	0,15	0,30	45	45	C
							0,20	0,35	30	45	C
							0,25	0,40	15	30	A

(continua)

QUADRO I.3
RESULTADOS DO LEVANTAMENTO DE PREFERÊNCIA DECLARADA - ESTUDANTE

(conclusão)

DATA	LEVANTAMENTO		VAR. SÓCIO-ECONÔMICAS			ATRIBUTOS				ESCOLHA	
	HORÁRIO	SENTIDO	PERÍODO	ESC	RENDA	TAM. DOM.	tec	tne	dtp(a)		dtp(d)
27/11/97	7:40	CB	10	11 4	F 625,00	4	0,15 0,20 0,20	0,30 0,35 0,40	30 30 30	60 30 45	A A A
27/11/97	7:40	CB	10	3G 17	I 3.000,00	5	0,20 0,20 0,20	0,30 0,35 0,40	60 30 45	15 15 15	C C C
27/11/97	7:40	BC	10	3G 17	H 1.500,00	2	0,15 0,25 0,25	0,30 0,35 0,40	30 30 30	30 30 15	C C C
27/11/97	7:40	BC	10	2G 12	I 3.000,00	7	0,15 0,20 0,20	0,30 0,35 0,40	30 45 30	30 60 60	C C C
28/11/97	7:15	BC	8	1G 8	B 150,00	4	0,20 0,20 0,20	0,30 0,35 0,40	15 60 45	45 60 60	A A A
28/11/97	7:15	BC	8	1G 8	H 1.500,00	7	0,15 0,20 0,25	0,30 0,35 0,40	60 15 45	30 60 30	A A C
28/11/97	7:15	BC	8	3G 17	H 1.500,00	4	0,15 0,20 0,25	0,30 0,35 0,40	60 30 30	30 15 30	C B C
28/11/97	7:45	CB	11	2G 12	H 1.500,00	4	0,15 0,20 0,25	0,30 0,35 0,40	45 45 30	30 45 45	A A C
28/11/97	7:45	BC	11	2G 12	G 875,00	4	0,25 0,25 0,20	0,30 0,35 0,40	45 15 30	15 30 60	C A C
28/11/97	7:45	BC	11	1G 8	H 1.500,00	4	0,20 0,20 0,20	0,30 0,35 0,40	45 15 60	60 30 15	C A B

QUADRO I.4
RESULTADOS DO LEVANTAMENTO DE PREFERÊNCIA DECLARADA - EVENTUAL

DATA	LEVANTAMENTO		VAR. SÓCIO-ECONÔMICAS			ATRIBUTOS				ESCOLHA	
	HORÁRIO	SENTIDO	PERÍODO	ESC	RENDA	TAM. DOM.	tec	tne	dtp(a)		dtp(d)
17/11/97	7:30	BC	10	2G 12	E 450,00	2	0,30	0,60	60	60	A
							0,50	0,70	30	45	A
							0,50	0,80	45	45	A
17/11/97	8:07	CB	12	1G 8	D 350,00	4	0,40	0,60	15	45	A
							0,50	0,70	30	15	C
							0,40	0,80	45	60	A
17/11/97	8:07	BC	12	1G 8	G 875,00	5	0,30	0,60	45	45	A
							0,40	0,70	60	30	B
							0,50	0,80	30	30	B
17/11/97	8:07	BC	12	1I 4	F 625,00	4	0,40	0,60	60	60	A
							0,40	0,70	30	60	B
							0,40	0,80	60	45	A
17/11/97	8:07	BC	12	2G 12	E 450,00	2	0,30	0,60	60	60	A
							0,50	0,70	30	45	A
							0,50	0,80	45	45	A
18/11/97	6:30	CB	6	1G 8	F 625,00	4	0,40	0,60	15	45	C
							0,50	0,70	15	15	C
							0,50	0,80	45	15	C
18/11/97	7:15	CB	9	2G 12	H 1.500,00	3	0,50	0,60	30	45	C
							0,50	0,70	30	15	B
							0,40	0,80	30	30	C
18/11/97	7:15	BC	9	1G 8	H 1.500,00	4	0,30	0,60	30	45	C
							0,50	0,70	15	15	A
							0,50	0,80	45	15	B
18/11/97	8:00	CB	12	2G 12	H 1.500,00	3	0,40	0,60	30	45	C
							0,40	0,70	60	45	C
							0,50	0,80	15	45	A
18/11/97	8:00	CB	12	1I 4	C 250,00	3	0,40	0,60	60	15	B
							0,40	0,70	15	30	A
							0,40	0,80	15	45	A
18/11/97	8:00	BC	12	1I 4	H 1.500,00	8	0,40	0,60	30	60	C
							0,50	0,70	30	45	A
							0,50	0,80	45	15	C

(continua)

QUADRO I.4
RESULTADOS DO LEVANTAMENTO DE PREFERÊNCIA DECLARADA - EVENTUAL

(continuação)

DATA	LEVANTAMENTO		VAR. SÓCIO-ECONÔMICAS		ATRIBUTOS				ESCOLHA	
	HORÁRIO	SENTIDO PERÍODO	ESC	RENDA	TAM. DOM.	tec	tne	dtp(a)		dtp(d)
18/11/97	8:00	BC	2G 12	I 3.000,00	6	0,30	0,60	60	45	C
19/11/97	6:53	BC	2G 12	F 625,00	2	0,40	0,70	30	30	C
19/11/97	7:25	BC	2G 12	H 1.500,00	3	0,40	0,80	45	15	C
19/11/97	7:55	CB	1G 8	E 450,00	7	0,40	0,60	30	15	A
19/11/97	7:55	BC	2G 12	G 875,00	8	0,40	0,70	30	45	A
20/11/97	6:45	CB	1I 4	G 875,00	3	0,20	0,60	30	30	C
20/11/97	6:45	BC	1I 4	H 1.500,00	3	0,40	0,60	30	45	C
20/11/97	7:30	CB	2G 12	G 875,00	4	0,30	0,60	45	60	B
20/11/97	7:30	BC	2G 12	H 1.500,00	4	0,40	0,70	60	45	B
20/11/97	8:15	CB	1I 4	D 350,00	3	0,40	0,80	30	15	B
20/11/97	8:15	CB	2G 12	F 625,00	1	0,30	0,60	30	30	C

(continua)

QUADRO I.4
RESULTADOS DO LEVANTAMENTO DE PREFERÊNCIA DECLARADA - EVENTUAL

(continuação)

DATA	LEVANTAMENTO		VAR. SÓCIO-ECONÔMICAS			ATRIBUTOS				ESCOLHA	
	HORÁRIO	SENTIDO	PERÍODO	ESC	RENDA	TAM. DOM.	tec	tne	dtp(a)		dtp(d)
20/11/97	8:15	BC	13	3G 17	I 3.000,00	2	0,50 0,40 0,40	0,60 0,70 0,80	15 45 60	30 30 30	A C B
21/11/97	6:45	BC	6	3G 17	H 1.500,00	3	0,40 0,40 0,40	0,60 0,70 0,80	45 45 15	60 30 15	C C A
21/11/97	7:25	CB	9	1I 4	D 360,00	4	0,30 0,40 0,40	0,60 0,70 0,80	45 45 60	60 30 30	C C C
21/11/97	7:25	BC	9	3G 17	C 250,00	1	0,30 0,40 0,40	0,60 0,70 0,80	60 45 60	60 15 20	A A A
21/11/97	8:22	CB	13	2G 12	H 1.500,00	5	0,30 0,40 0,40	0,60 0,70 0,80	60 60 45	60 60 30	C C B
21/11/97	8:22	CB	13	2G 12	I 3.000,00	4	0,40 0,40 0,40	0,60 0,70 0,80	15 30 45	60 60 15	A C B
21/11/97	8:22	BC	13	1I 4	H 1.500,00	5	0,40 0,40 0,40	0,60 0,70 0,80	45 30 15	60 30 60	A C A
21/11/97	8:22	BC	13	2G 12	H 1.500,00	4	0,40 0,50 0,50	0,60 0,70 0,80	60 30 60	60 30 45	C C C
24/11/97	6:55	BC	6	3G	H 1.500,00	3	0,50 0,40 0,40	0,60 0,70 0,80	30 45 15	45 30 45	C C C
24/11/97	7:40	BC	9	1I 4	G 875,00	4	0,30 0,40 0,50	0,60 0,70 0,80	45 60 15	45 15 45	C C A
25/11/97	7:05	CB	8	1I 4	E 450,00	4	0,30 0,40 0,40	0,60 0,70 0,80	30 30 60	45 30 30	B B B

(continua)

QUADRO I.4
RESULTADOS DO LEVANTAMENTO DE PREFERÊNCIA DECLARADA - EVENTUAL

(continuação)

DATA	LEVANTAMENTO			VAR. SÓCIO-ECONÔMICAS			ATRIBUTOS				ESCOLHA
	HORÁRIO	SENTIDO	PERÍODO	ESC	RENDA	TAM. DOM.	tec	tne	dtpl(a)	dtpl(d)	
25/11/97	7:05	BC	8	3G 17	I 3.000,00	2	0,30 0,50 0,40	0,60 0,70 0,80	45 45 30	30 45 60	C C A
25/11/97	7:50	CB	11	2G 12	G 875,00	5	0,50 0,40	0,70 0,80	15 60	30 45	A A C
25/11/97	7:50	BC	11	1G 8	B 150,00	3	0,40 0,50	0,60 0,70 0,80	30 30 15	60 15 15	A A A
25/11/97	7:50	BC	11	2G 12	G 875,00	4	0,30 0,40 0,40	0,60 0,70 0,80	45 15 45	60 45 30	A C C
26/11/97	7:00	BC	7	2G 12	I 3.000,00	1	0,30 0,40 0,50	0,60 0,70 0,80	45 45 45	60 30 30	C C C
26/11/97	7:35	CB	10	1I 4	F 625,00	4	0,30 0,50 0,40	0,60 0,70 0,80	45 30 15	45 30 60	C C A
26/11/97	7:35	BC	10	3G 17	I 3.000,00	3	0,30 0,50 0,50	0,60 0,70 0,80	30 15 45	45 45 30	C C C
27/11/97	6:55	CB	7	1I 4	C 250,00	7	0,40 0,40 0,40	0,60 0,70 0,80	60 15 45	45 60 60	C C C
27/11/97	6:55	CB	7	1G 8	F 625,00	3	0,40 0,40 0,40	0,60 0,70 0,80	60 45 30	45 60 30	C C C
27/11/97	6:55	BC	7	3G 17	H 1.500,00	3	0,40 0,40 0,40	0,60 0,70 0,80	30 15 30	60 15 15	A A A
27/11/97	7:40	CB	10	2G 12	H 1.500,00	5	0,40 0,40 0,50	0,60 0,70 0,80	30 15 30	45 15 45	A A A

(continua)

QUADRO I.4
 RESULTADOS DO LEVANTAMENTO DE PREFERÊNCIA DECLARADA - EVENTUAL

(conclusão)

DATA	LEVANTAMENTO		VAR. SÓCIO-ECONÔMICAS				ATRIBUTOS				ESCOLHA
	HORÁRIO	SENTIDO	PERÍODO	ESC	RENDA	TAM. DOM.	tec	tne	dtp(a)	dtp(d)	
27/11/97	7:40	BC	10	1G 8	H 1.500,00	6	0,40	0,60	30	15	C
28/11/97	7:15	BC	8	1I 4	H 1.500,00	4	0,50	0,70	15	45	C
28/11/97	7:45	CB	11	1I 4	C 250,00	3	0,50	0,70	30	45	C
28/11/97	7:45	BC	11	1I 4	H 1.500,00	4	0,40	0,80	45	60	C
							0,40	0,60	15	30	A
							0,40	0,70	60	15	B
							0,40	0,80	30	15	A

**ANEXO II - LEVANTAMENTO DO VEÍCULO-PADRÃO LINHA ABRAÃO -
PICO DA MANHÃ (nov/1997)**

**QUADRO II.1
DETERMINAÇÃO DO VEÍCULO-PADRÃO**

NÚMERO DO VEÍCULO	ASSENTOS		ÁREA ÚTIL (m ²)	
	ANTES DA CATRACA	DEPOIS DA CATRACA	ANTES DA CATRACA	DEPOIS DA CATRACA
4346	6	44	0,56	5,60
4362	4	36	1,40	4,90
4364	5	50	0,56	6,30
4365	5	49	0,72	5,60
4366	5	49	0,72	5,60
4374	5	35	0,56	5,90
4375	5	31	0,70	5,90
4376	5	31	0,70	5,90
4386	6	22	0,56	7,50
4389	6	29	0,56	7,50
VEÍCULO-PADRÃO	0	38 ($\sigma=9,319; T=4,0$)	0,70	6,07
			6,77 ($\sigma=0,670; T=10,1$)	

QUADRO II.2
DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE DO VEÍCULO-PADRÃO

NS	LOTAÇÃO (pass)	
	MÍNIMA	MÁXIMA
A	0	38
B	39	48
C	49	58
D	59	68
E	69	79
F	80	89
CAPACIDADE	79 passageiros	

ANEXO III - RESULTADOS

QUADRO III.1

DETERMINAÇÃO DA RECEITA E DO CUSTO (tec = 0,30; tne = 0,60)

CENÁRIO	NV	FROTA	REC	CUSTO	tus	cpa	tus/cpa
0	42	10	1.708,80	1.708,81	0,6000	0,6000	1,0000
1	45	13	746,49	2.170,33	0,2621	0,7621	0,3440
2	44	12	778,50	2.016,48	0,2734	0,7080	0,3861
3	43	10	825,04	1.714,10	0,2897	0,6019	0,4813
4	41	10	872,54	1.703,45	0,3064	0,5981	0,5122
5	42	10	909,39	1.708,78	0,3193	0,6000	0,5322
6	42	10	979,17	1.708,78	0,3438	0,6000	0,5730
7	41	10	1.036,65	1.703,45	0,3640	0,5981	0,6086
8	41	9	1.092,92	1.554,92	0,3838	0,5460	0,7029

QUADRO III.2

DETERMINAÇÃO DA RECEITA E DO CUSTO (tec = 0,35; tne = 0,60)

CENÁRIO	NV	FROTA	REC	CUSTO	tus	cpa	tus/cpa
0	42	10	1.708,80	1.708,81	0,6000	0,6000	1,0000
1	45	13	872,41	2.170,33	0,3063	0,7621	0,4020
2	43	11	903,77	1.862,63	0,3173	0,6540	0,4852
3	43	10	942,99	1.714,10	0,3311	0,6019	0,5501
4	42	11	983,90	1.857,31	0,3455	0,6521	0,5297
5	41	9	1.012,36	1.554,92	0,3555	0,5460	0,6511
6	40	9	1.073,30	1.549,60	0,3769	0,5441	0,6926
7	40	9	1.121,24	1.549,60	0,3937	0,5441	0,7236
8	41	9	1.167,02	1.554,92	0,4098	0,5460	0,7505

QUADRO III.3

DETERMINAÇÃO DA RECEITA E DO CUSTO (tec = 0,40; tne = 0,60)

CENÁRIO	NV	FROTA	REC	CUSTO	tus	cpa	tus/cpa
0	42	10	1.708,80	1.708,81	0,6000	0,6000	1,0000
1	45	13	996,54	2.170,33	0,3499	0,7621	0,4592
2	44	12	1.024,68	2.016,48	0,3598	0,7080	0,5082
3	43	10	1.055,83	1.714,10	0,3707	0,6019	0,6160
4	41	10	1.089,27	1.703,45	0,3825	0,5981	0,6394
5	41	9	1.109,07	1.554,92	0,3894	0,5460	0,7133
6	40	9	1.161,20	1.549,60	0,4077	0,5441	0,7494
7	40	9	1.199,57	1.549,60	0,4212	0,5441	0,7741
8	41	9	1.235,40	1.554,92	0,4338	0,5460	0,7945

QUADRO III.4

DETERMINAÇÃO DA RECEITA E DO CUSTO (tec = 0,45; tne = 0,60)

CENÁRIO	NV	FROTA	REC	CUSTO	tus	cpa	tus/cpa
0	42	10	1.708,80	1.708,81	0,6000	0,6000	1,0000
1	44	12	1.118,80	2.016,48	0,3928	0,7080	0,5548
2	43	11	1.141,73	1.862,63	0,4009	0,6540	0,6130
3	43	10	1.164,78	1.714,10	0,4090	0,6019	0,6795
4	41	10	1.190,24	1.703,45	0,4179	0,5981	0,6987
5	42	10	1.201,11	1.708,78	0,4217	0,6000	0,7029
6	41	10	1.244,45	1.703,45	0,4370	0,5981	0,7305
7	40	10	1.273,24	1.698,13	0,4471	0,5963	0,7498
8	41	10	1.299,60	1.703,45	0,4563	0,5981	0,7629

QUADRO III.5

DETERMINAÇÃO DA RECEITA E DO CUSTO (tec = 0,50; tne = 0,60)

CENÁRIO	NV	FROTA	REC	CUSTO	tus	cpa	tus/cpa
0	42	10	1.708,80	1.708,81	0,6000	0,6000	1,0000
1	45	12	1.239,49	2.021,83	0,4352	0,7099	0,6131
2	43	11	1.255,72	1.862,66	0,4409	0,6540	0,6742
3	43	10	1.270,88	1.714,13	0,4462	0,6019	0,7414
4	42	11	1.288,04	1.857,34	0,4523	0,6522	0,6935
5	41	9	1.289,76	1.554,96	0,4529	0,5460	0,8294
6	40	9	1.324,32	1.549,63	0,4650	0,5441	0,8546
7	39	9	1.343,52	1.544,31	0,4717	0,5422	0,8700
8	41	10	1.360,82	1.703,49	0,4778	0,5981	0,7988

QUADRO III.6

DETERMINAÇÃO DA RECEITA E DO CUSTO (tec = 0,35; tne = 0,65)

CENÁRIO	NV	FROTA	REC	CUSTO	tus	cpa	tus/cpa
0	42	10	1.708,80	1.708,81	0,6000	0,6000	1,0000
1	45	13	872,89	2.170,33	0,3065	0,7621	0,4022
2	43	11	907,22	1.862,63	0,3185	0,6540	0,4871
3	42	10	951,59	1.708,78	0,3341	0,6000	0,5569
4	41	10	997,90	1.703,45	0,3504	0,5981	0,5858
5	43	10	1.034,08	1.714,10	0,3631	0,6019	0,6033
6	42	10	1.104,22	1.708,78	0,3877	0,6000	0,6462
7	41	10	1.162,15	1.703,45	0,4081	0,5981	0,6822
8	40	9	1.217,53	1.549,60	0,4275	0,5441	0,7857

QUADRO III.7

DETERMINAÇÃO DA RECEITA E DO CUSTO (tec = 0,40; tne = 0,65)

CENÁRIO	NV	FROTA	REC	CUSTO	tus	cpa	tus/cpa
0	42	10	1.708,80	1.708,81	0,6000	0,6000	1,0000
1	45	13	997,73	2.170,33	0,3503	0,7621	0,4597
2	43	11	1.030,03	1.862,63	0,3617	0,6540	0,5530
3	43	10	1.066,97	1.714,10	0,3746	0,6019	0,6225
4	42	11	1.106,52	1.857,31	0,3885	0,6521	0,5958
5	42	10	1.134,40	1.708,78	0,3983	0,6000	0,6639
6	41	9	1.195,78	1.554,92	0,4199	0,5460	0,7690
7	40	9	1.244,09	1.549,60	0,4368	0,5441	0,8028
8	40	9	1.289,28	1.549,60	0,4527	0,5441	0,8320

QUADRO III.8

DETERMINAÇÃO DA RECEITA E DO CUSTO (tec = 0,45; tne = 0,65)

CENÁRIO	NV	FROTA	REC	CUSTO	tus	cpa	tus/cpa
0	42	10	1.708,80	1.708,81	0,6000	0,6000	1,0000
1	45	13	1.120,83	2.170,33	0,3935	0,7621	0,5164
2	44	12	1.149,05	2.016,48	0,4035	0,7080	0,5698
3	43	10	1.178,34	1.714,10	0,4137	0,6019	0,6874
4	41	10	1.210,52	1.703,45	0,4250	0,5981	0,7106
5	43	10	1.229,76	1.714,10	0,4318	0,6019	0,7174
6	41	10	1.282,38	1.703,45	0,4503	0,5981	0,7528
7	41	10	1.321,04	1.703,45	0,4638	0,5981	0,7755
8	41	9	1.356,54	1.554,92	0,4763	0,5460	0,8724

QUADRO III.9

DETERMINAÇÃO DA RECEITA E DO CUSTO (tec = 0,50; tne = 0,65)

CENÁRIO	NV	FROTA	REC	CUSTO	tus	cpa	tus/cpa
0	42	10	1.708,80	1.708,81	0,6000	0,6000	1,0000
1	44	12	1.242,38	2.016,48	0,4362	0,7080	0,6161
2	43	11	1.264,96	1.862,63	0,4442	0,6540	0,6791
3	43	10	1.286,70	1.714,10	0,4518	0,6019	0,7507
4	41	10	1.311,13	1.703,45	0,4604	0,5981	0,7697
5	42	10	1.321,43	1.708,78	0,4640	0,6000	0,7733
6	41	10	1.365,30	1.703,45	0,4794	0,5981	0,8015
7	41	10	1.394,30	1.703,45	0,4896	0,5981	0,8185
8	42	9	1.420,52	1.560,25	0,4988	0,5478	0,9104

QUADRO III.10

DETERMINAÇÃO DA RECEITA E DO CUSTO (tec = 0,35; tne = 0,70)

CENÁRIO	NV	FROTA	REC	CUSTO	tus	cpa	tus/cpa
0	42	10	1.708,80	1.708,81	0,6000	0,6000	1,0000
1	45	13	873,28	2.170,33	0,3066	0,7621	0,4024
2	43	11	910,14	1.862,63	0,3196	0,6540	0,4886
3	43	10	959,09	1.714,10	0,3368	0,6019	0,5595
4	42	10	1.010,24	1.708,78	0,3547	0,6000	0,5912
5	42	10	1.053,94	1.708,78	0,3701	0,6000	0,6168
6	42	10	1.133,17	1.708,78	0,3979	0,6000	0,6631
7	41	10	1.201,14	1.703,45	0,4217	0,5981	0,7051
8	41	9	1.266,18	1.554,92	0,4446	0,5460	0,8143

QUADRO III.11

DETERMINAÇÃO DA RECEITA E DO CUSTO (tec = 0,40; tne = 0,70)

CENÁRIO	NV	FROTA	REC	CUSTO	tus	cpa	tus/cpa
0	42	10	1.708,80	1.708,81	0,6000	0,6000	1,0000
1	45	13	998,69	2.170,33	0,3507	0,7621	0,4602
2	43	11	1.034,56	1.862,63	0,3633	0,6540	0,5554
3	42	10	1.076,71	1.708,78	0,3781	0,6000	0,6301
4	42	10	1.121,76	1.708,78	0,3939	0,6000	0,6565
5	42	10	1.157,53	1.708,78	0,4064	0,6000	0,6774
6	41	9	1.228,08	1.554,92	0,4312	0,5460	0,7898
7	40	9	1.286,41	1.549,60	0,4517	0,5441	0,8302
8	40	9	1.341,05	1.549,60	0,4709	0,5441	0,8654

QUADRO III.12

DETERMINAÇÃO DA RECEITA E DO CUSTO (tec = 0,45; tne = 0,70)

CENÁRIO	NV	FROTA	REC	CUSTO	tus	cpa	tus/cpa
0	42	10	1.708,80	1.708,81	0,6000	0,6000	1,0000
1	45	13	1.122,48	2.170,33	0,3941	0,7621	0,5172
2	44	12	1.155,27	2.016,48	0,4056	0,7080	0,5729
3	43	10	1.190,23	1.714,10	0,4179	0,6019	0,6944
4	43	11	1.228,48	1.862,63	0,4313	0,6540	0,6595
5	42	10	1.255,92	1.708,78	0,4410	0,6000	0,7350
6	41	9	1.317,75	1.554,92	0,4627	0,5460	0,8475
7	40	9	1.366,39	1.549,60	0,4798	0,5441	0,8818
8	40	9	1.411,12	1.549,60	0,4955	0,5441	0,9106

QUADRO III.13

DETERMINAÇÃO DA RECEITA E DO CUSTO (tec = 0,50; tne = 0,70)

CENÁRIO	NV	FROTA	REC	CUSTO	tus	cpa	tus/cpa
0	42	10	1.708,80	1.708,81	0,6000	0,6000	1,0000
1	44	12	1.244,76	2.016,48	0,4371	0,7080	0,6173
2	44	12	1.272,87	2.016,48	0,4469	0,7080	0,6312
3	43	10	1.300,60	1.714,10	0,4567	0,6019	0,7588
4	41	10	1.331,62	1.703,45	0,4676	0,5981	0,7817
5	43	10	1.350,37	1.714,10	0,4741	0,6019	0,7878
6	42	10	1.403,48	1.708,78	0,4928	0,6000	0,8213
7	41	10	1.442,41	1.703,45	0,5065	0,5981	0,8468
8	40	9	1.477,66	1.549,60	0,5188	0,5441	0,9536

QUADRO III.14

DETERMINAÇÃO DA RECEITA E DO CUSTO (tec = 0,40; tne = 0,75)

CENÁRIO	NV	FROTA	REC	CUSTO	tus	cpa	tus/cpa
0	42	10	1.708,80	1.708,81	0,6000	0,6000	1,0000
1	45	13	999,50	2.170,33	0,3509	0,7621	0,4605
2	43	11	1.038,52	1.862,63	0,3646	0,6540	0,5576
3	42	10	1.085,41	1.708,78	0,3811	0,6000	0,6352
4	42	10	1.135,48	1.708,78	0,3987	0,6000	0,6645
5	42	10	1.178,96	1.708,78	0,4140	0,6000	0,6899
6	42	10	1.258,61	1.708,78	0,4419	0,6000	0,7366
7	41	10	1.327,03	1.703,45	0,4660	0,5981	0,7790
8	41	9	1.391,15	1.554,92	0,4885	0,5460	0,8947

QUADRO III.15

DETERMINAÇÃO DA RECEITA E DO CUSTO (tec = 0,45; tne = 0,75)

CENÁRIO	NV	FROTA	REC	CUSTO	tus	cpa	tus/cpa
0	42	10	1.708,80	1.708,81	0,6000	0,6000	1,0000
1	45	13	1.123,87	2.170,33	0,3946	0,7621	0,5178
2	43	11	1.160,71	1.862,63	0,4076	0,6540	0,6232
3	42	10	1.200,84	1.708,78	0,4216	0,6000	0,7027
4	42	10	1.244,64	1.708,78	0,4370	0,6000	0,7284
5	42	10	1.280,12	1.708,78	0,4495	0,6000	0,7491
6	41	9	1.351,11	1.554,92	0,4744	0,5460	0,8689
7	40	9	1.409,81	1.549,60	0,4950	0,5441	0,9098
8	40	9	1.463,83	1.549,60	0,5140	0,5441	0,9447

QUADRO III.16

DETERMINAÇÃO DA RECEITA E DO CUSTO (tec = 0,50; tne = 0,75)

CENÁRIO	NV	FROTA	REC	CUSTO	tus	cpa	tus/cpa
0	42	10	1.708,80	1.708,81	0,6000	0,6000	1,0000
1	44	12	1.246,79	2.016,48	0,4378	0,7080	0,6183
2	44	12	1.279,78	2.016,48	0,4494	0,7080	0,6347
3	42	10	1.313,02	1.708,78	0,4610	0,6000	0,7684
4	42	10	1.350,07	1.708,78	0,4740	0,6000	0,7901
5	43	10	1.377,13	1.714,10	0,4835	0,6019	0,8034
6	42	10	1.439,43	1.708,78	0,5054	0,6000	0,8424
7	41	10	1.488,38	1.703,45	0,5226	0,5981	0,8737
8	40	9	1.532,74	1.549,60	0,5382	0,5441	0,9891

QUADRO III.17

DETERMINAÇÃO DA RECEITA E DO CUSTO (tec = 0,40; tne = 0,80)

CENÁRIO	NV	FROTA	REC	CUSTO	tus	cpa	tus/cpa
0	42	10	1.708,80	1.708,81	0,6000	0,6000	1,0000
1	45	13	1.000,21	2.170,33	0,3512	0,7621	0,4609
2	43	11	1.042,08	1.862,63	0,3659	0,6540	0,5595
3	43	10	1.093,33	1.714,10	0,3839	0,6019	0,6378
4	42	10	1.148,05	1.708,78	0,4031	0,6000	0,6719
5	42	10	1.199,08	1.708,78	0,4210	0,6000	0,7017
6	42	10	1.287,77	1.708,78	0,4522	0,6000	0,7536
7	41	10	1.366,32	1.703,45	0,4797	0,5981	0,8021
8	41	9	1.439,98	1.554,92	0,5056	0,5460	0,9261

QUADRO III.18

DETERMINAÇÃO DA RECEITA E DO CUSTO (tec = 0,45; tne = 0,80)

CENÁRIO	NV	FROTA	REC	CUSTO	tus	cpa	tus/cpa
0	42	10	1.708,80	1.708,81	0,6000	0,6000	1,0000
1	45	13	1.125,09	2.170,33	0,3950	0,7621	0,5184
2	43	11	1.165,57	1.862,63	0,4093	0,6540	0,6258
3	42	10	1.210,47	1.708,78	0,4250	0,6000	0,7084
4	42	10	1.259,40	1.708,78	0,4422	0,6000	0,7370
5	43	10	1.302,79	1.714,10	0,4574	0,6019	0,7600
6	42	10	1.382,88	1.708,78	0,4856	0,6000	0,8093
7	41	10	1.451,70	1.703,45	0,5097	0,5981	0,8522
8	40	9	1.515,07	1.549,60	0,5320	0,5441	0,9777

QUADRO III.19

DETERMINAÇÃO DA RECEITA E DO CUSTO (tec = 0,50; tne = 0,80)

CENÁRIO	NV	FROTA	REC	CUSTO	tus	cpa	tus/cpa
0	42	10	1.708,80	1.708,81	0,6000	0,6000	1,0000
1	45	13	1.248,55	2.170,33	0,4384	0,7621	0,5753
2	44	12	1.285,95	2.016,48	0,4515	0,7080	0,6377
3	42	10	1.324,28	1.708,78	0,4650	0,6000	0,7750
4	42	10	1.366,90	1.708,78	0,4800	0,6000	0,7999
5	42	10	1.402,15	1.708,78	0,4923	0,6000	0,8206
6	41	9	1.473,60	1.554,92	0,5174	0,5460	0,9477
7	40	9	1.532,63	1.549,60	0,5381	0,5441	0,9890
8	40	9	1.586,17	1.549,60	0,5569	0,5441	1,0236

BIBLIOGRAFIA

- ASSOCIAÇÃO NACIONAL DAS EMPRESAS DE TRANSPORTES URBANOS - NTU. Metodologia de cálculo tarifário para os ônibus urbanos: relatório final. São Paulo, 1993. 92p.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS TRANSPORTES PÚBLICOS - ANTP. Coeficientes de consumo de ônibus urbanos para o cálculo tarifário; São Paulo, 1993. 279p.
- BATES, John. Econometric issues in stated preference analysis. Journal of Transport Economics and Policy. Inglaterra. vol XXII, nº 1, p.59-69, jan, 1988.
- BEN-AKIVA, Moshe E. e LERMAN, Steven R. Discrete choice analysis. EUA: MIT, 1985. 390p.
- BRADLEY, Mark. Realism and adaptation in designing hypothetical travel choice concepts. Journal of Transport Economics and Policy. Inglaterra. vol XXII, nº 1, p.121-137, jan, 1988.
- BRASIL. Ministério dos Transportes. Vale-transporte. Brasília, jan, 1986. 38p.
- CRUZ, Jorge A. e BERTOLUCI, Clara R. Estudo do sistema integrado de transporte coletivo do município de Florianópolis. Florianópolis: PMF, 1994. 213p.
- CRUZ, Jorge A. Modelo de demanda variável para a determinação da oferta de transporte coletivo urbano por ônibus. Florianópolis: UFSC, 1991. 191p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Santa Catarina, 1991.
- _____. Planejamento da operação nas empresas de transporte urbano de passageiros. Florianópolis: IDAQ/CNT/UFSC, 1997. 48p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PLANEJAMENTO DE TRANSPORTES - GEIPOT. Instruções práticas para o cálculo de tarifas de ônibus urbanos. Brasília, 1983. 47p.
- _____. Instruções práticas para execução de pesquisas em ônibus urbanos. Brasília, 1986. 174p.
- _____. Cálculo de tarifas de ônibus urbanos; instruções práticas atualizadas. Brasília, 1994. 78p.
- FERNANDES, Fátima S. Aspectos de transporte urbano na modificação dos horários de trabalho. Brasília: EBTU, 1985. 105p.

- FLORIANÓPOLIS. Prefeitura Municipal de Florianópolis. Estudo tarifário. Florianópolis, jun, 1997. 72p.
- FREITAS, Lúcia H. W. Análise e dimensionamento da oferta de transporte por ônibus: metodologia. São Paulo: CET, 1985. (série Boletim Técnico da CET nº 35).
- GONÇALVES, Natália M. Economias de escala em uma linha de ônibus urbanos: o enfoque micro-analítico. Florianópolis: UFSC, 1995. 195p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Santa Catarina, 1995.
- HABERMAN, Shelby J. Analysis of qualitative data. EUA: Academic Press, 1978. 2v.
- HENSHER, David A. Stated preference analysis of travel choices: the state of practice. Transportation, vol. 21, nº 2, p. 107 - 133. Holanda, maio, 1994.
- JONES, Peter. An overview of stated preferences techniques. P.T.R.C. Course Lecture Notes. Inglaterra, 1991.
- KROES, Eric P. e SHELDON, Robert J. Stated preference methods: an introduction. Journal of Transport Economics and Policy. Inglaterra. vol XXII, nº 1, p.11-25, jan, 1988.
- LISCO, T. The value of commuter's travel time: a study of urban transportation. Tese de Doutorado. Departamento de Economia, Universidade de Chicago, Chicago, Illinois, 1967.
- LOUVIERE, Jordan J. Conjoint analysis modelling of stated preferences. Journal of Transport Economics and Policy. Inglaterra. vol XXII, nº 1, p.11-25, jan, 1988.
- LUCE, R. Individual choice behavior: a theoretical analysis. New York: Wiley, 1959.
- MANSKI, C. The structure of random utility models. Theory and Decision. 8:229-254.
- MARSCHAK, J. Binary choice constraints on random utility indicators. Stanford Symposium on Mathematical Methods in the Social Sciences. Stanford, Califórnia: Stanford University Press, 1960.
- MORIKAWA, Takayuki. Incorporating stated preference data in travel demand analysis. EUA: MIT, 1989. 203p. Tese de Doutorado. Massachusetts Institute of Technology, 1989.

- NOGUEIRA, Clóvis E. C. e NÓBREGA, Elizabeth W. Tarifa diferenciada por faixa horária nos serviços de transporte coletivo do Distrito Federal. In: 9º Congresso Nacional de Transportes Públicos. Florianópolis: ANTP, 1993. 370p.
- NOVAES, Antônio G. Sistemas de transportes. São Paulo: Edgard Blücher, 1986. 3v.
- ORTÚZAR, Juan D. e GARRIDO, Rodrigo A. On the semantic scale problem in stated preference rating experiments. Transportation, vol. 21, nº 2, p. 185-201. Holanda, maio, 1994.
- SHEFFI, Yosef. Urban transportation networks: equilibrium analysis with mathematical programming methods. New Jersey: Prentice-Hall, 1985. 399p.
- SMALL, Kenneth A. Urban transportation economics. UK: HAP, 1992. 185p.
- TRÂNSITO, TRANSPORTES E COMUNICAÇÕES - TTC. Gerência do sistema de transporte público de passageiros; acompanhamento econômico e administração tarifária. Brasília: EBTU, 1986. 3v.
- _____. Gerência do sistema de transporte público de passageiros; planejamento da operação. Brasília: EBTU, 1988. 8v.
- VARIAN, Hal R. Microeconomia; princípios básicos. Rio de Janeiro: Campus, 1990. 710p.
- WOHL, Martin e HENDRICKSON, Chris. Transportation investment and pricing principles. New York: Wiley, 1984. 199p.