

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

CAQ/CC - C. DE ENGENHARIA
1998, 07
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

UM MODELO HEURÍSTICO PARA DISTRIBUIÇÃO E
ALOCÇÃO DE ÔNIBUS EM LINHAS URBANAS, COM
OPÇÃO DE ANÁLISE DOS RESULTADOS
ATRAVÉS DE SIMULAÇÃO

TESE SUBMETIDA À UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA
CATARINA, PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE
DOUTOR EM ENGENHARIA

ANTÔNIO SÉRGIO COELHO



0.296.587-7



UFSC-BU

FLORIANÓPOLIS
SANTA CATARINA - BRASIL - 1998

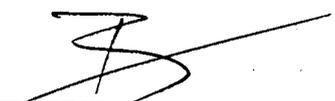
UM MODELO HEURÍSTICO PARA DISTRIBUIÇÃO E ALOCÇÃO DE ÔNIBUS EM LINHAS URBANAS, COM OPÇÃO DE ANÁLISE DOS RESULTADOS ATRAVÉS DE SIMULAÇÃO

ANTÔNIO SÉRGIO COELHO

Esta Tese foi julgada adequada para a obtenção do título de

“DOUTOR EM ENGENHARIA”

Especialidade em Engenharia de Produção e aprovada em sua forma
final pelo Programa de Pós-graduação.



Prof. Ricardo Miranda Barcia, Ph.D.
Coordenador

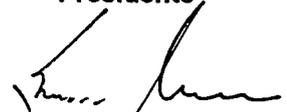
BANCA EXAMINADORA



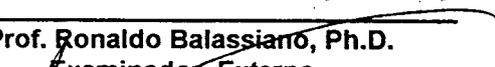
Prof. Ricardo Miranda Barcia, Ph.D.
Presidente



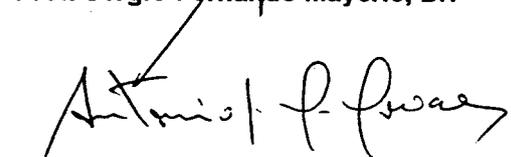
Prof. Luiz Afonso dos Santos Senna, Ph.D.
Examinador Externo



Prof. Sérgio Fernando Mayerle, Dr.



Prof. Ronaldo Balassiano, Ph.D.
Examinador Externo



Prof. Antônio Galvão Novaes, Dr.



Prof. Amir Mattar Valente, Dr.

***Dedico esta tese à minha
esposa, às minhas filhas
e aos meus pais.***

AGRADECIMENTOS

- 1- A Deus, por ter-me concedido as oportunidades possíveis para que eu pudesse alcançar os meus objetivos.
- 2- À minha esposa, pelo grande apoio e paciência no decorrer de todo o curso.
- 3- Às minhas filhas, pela paciência com que aceitaram as privações decorrentes das limitações impostas, durante o curso, ao tempo dedicado a elas.
- 4- Aos meus pais, por terem sempre me incentivado no caminho dos estudos e para tanto não mediram esforços para que este objetivo fosse atingido.
- 5- Ao meu orientador, professor Ricardo Miranda Barcia, que como professor e amigo incentivou e possibilitou o desenvolvimento deste trabalho.
- 6- Ao amigo, professor Sérgio Fernando Mayerle, que com sua dedicação e valiosas sugestões muito contribuiu para a qualidade dos resultados finais deste trabalho.
- 7- Ao professor Amir Mattar Valente, que com suas valiosas sugestões contribuiu para a definição e escolha do tema.
- 8- Ao amigo, Jorge Destri Jr, que com sua capacidade e valiosas sugestões muito contribuiu para a qualidade dos resultados computacionais desta tese.
- 9- Aos professores Antonio Galvão de Novais e Luiz Afonso dos Santos Senna, pela disponibilidade em participar da banca examinadora.
- 10- Aos amigos do EPS, pelo apoio prestado durante todo o curso.
- 11- À UFSC, pela oportunidade concedida.

RESUMO

Neste trabalho é apresentado um modelo de distribuição, alocação e simulação de ônibus em linhas urbanas. Esse modelo é implementado computacionalmente de forma a minimizar os custos operacionais de distribuição e alocação de uma frota de veículos. O modelo considera uma frota heterogênea e rotas diferentes em uma mesma linha. A solução proposta para o problema é baseada em um algoritmo de programação inteira e algumas heurísticas. As soluções encontradas podem ser analisadas através de uma opção de simulação dos resultados obtidos pelo modelo.

ABSTRACT

This work presents a model for bus distribution, allocation and simulation in urban transit routes. By using data from fleet and transit routes the model minimizes company operating costs. The model allows for the consideration different buses and routes and it distributes and allocates buses which should stop during low demand periods. The proposed solution for this problem is based on integer programming algorithms and heuristics. This solution is analysed using the model for simulation that was proposed.

SUMÁRIO

LISTA DAS FIGURAS.....	xi
------------------------	----

CAPÍTULO I

1. INTRODUÇÃO GERAL

1.1. Considerações gerais	1
1.2. Objetivos.....	2
1.3. Limitações do trabalho.	4
1.4. Importância do trabalho	4
1.5. Estrutura do trabalho	8

CAPÍTULO II

2. APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA

2.1. Introdução.....	10
2.2. Problemas de otimização	11
2.3. O problema de roteamento	14
2.6. Experiências computacionais	22
2.6.1. Considerações gerais	22
2.6.2. Sistema VSPX	22
2.6.3. Sistema HASTUS	23
2.6.4. Sistema TCA	23
2.6.5. Sistema ALOC	24
2.6.6. Sistema OferBus	25
2.6.7. Sistema WinBUS 95	25
2.7. Considerações finais	27

CAPÍTULO IV

4. IMPLEMENTAÇÃO DO MODELO

4.1. Introdução	63
4.2. Entrada de dados	64
4.2.1. Grupos	65
4.2.2. Horários	66
4.2.3. Linhas	68
4.2.4. Links	69
4.2.5. Inter-relação	70
4.2.6. Rotas	72
4.2.7. Veículos	73
4.3. Processamento	75
4.3.1. Distribuição e alocação	76
4.3.2. Alocação	76
4.3.3. Distribuição	77
4.3.4. Simulação	78
4.3.5. Parâmetros	78
4.4. Relatórios	82
4.4.1. Distribuição	83
4.4.2. Alocação	84
4.4.3. Simulação	84
4.4.4. Configuração da impressora.....	85
4.4.5. Base de dados	85
4.4.5.1. Horário.....	86
4.4.5.2. Linha	87
4.4.5.3. Rotas	88
4.4.5.4. Veículos.....	89
4.5. Considerações finais	90

CAPÍTULO V

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	91
-------------------------------------	----

BIBLIOGRAFIA	94
ANEXO I Sistema de cálculo dos custos por quilômetro utilizado pela URBS	107
ANEXO II Relatório dos dados de entrada do sistema WinBus 98	113
ANEXO III Relatório da distribuição dos veículos da frota nas linhas, gerado pelo sistema WinBus 98	136
ANEXO IV Relatório da alocação dos veículos nos horários da linha, gerado pelo sistema WinBus 98	142
ANEXO V Relatório da simulação da alocação feita na linha, gerado pelo sistema WinBus 98.....	150

LISTA DAS FIGURAS

Figura 1.1.: Aplicação de Recursos em Transporte no Brasil, por Modal de Transporte - 1992 - 1996. Unidade: %. Fonte: Anuário Estatístico dos Transportes do GEIPOT.	5
Figura 1.2.: Transporte de Passageiros Composição Percentual dos Passageiros-Quilômetro Transportado no Brasil, por Modal de Transporte - 1992 - 1996. Unidade: %. Fonte: anuário estatístico dos transportes do Geipot.	5
Figura 1.3.: Participação Percentual do Setor Transporte na Composição do Produto Interno Bruto a Custo de Fatores - 1980-92 - Brasil - Unidade: % FONTE: IBGE - Departamento de Contas Nacionais - DECNA.	6
Figura 1.4.: Comparação do Resultado Líquido das Maiores Empresas de Transporte Segundo o Modal - Brasil - 1994. FONTE: As Maiores do Transporte, Ano 8, nº 8, Set/Out 1995.....	7
Figura 2.1.: Evolução do Índice de Passageiros por Quilômetro Segundo o Modal - Brasil - 1988-95 - Unidade: % . FONTE: Extraído do Anuário Estatístico dos Transportes 1996 - GEIPOT.	10
Figura 2.2.: Classificação dos problemas de otimização combinatorial, adaptado de Ibaraki. Fonte: Mayerle (1996).....	13
Figura 2.3. : Classificação dos problemas de otimização combinatorial, segundo Müller-Merbach. Fonte: Mayerle (1996).....	14
Figura 2.4.: Quadro de horários de uma empresa fictícia, referente ao exemplo apresentado em Bodin et all (1983). Fonte: Mayerle (1996).....	20
Figura 3.1. : Grafo representativo das origens de viagens de uma linha.....	30
Figura 3.2. : Árvore da alocação de uma linha.....	48
Figura 3.3. : Árvore da solução da alocação de uma linha.	51
Figura 3.4.: Gráfico do número de ocorrências dos tempos de viagem com desvio padrão de 3 minutos e média de 30 minutos.	57
Figura 3.5.: Gráfico do número de ocorrências dos tempos de viagem com desvio padrão de 1 minuto e média de 30 minutos.....	57
Figura 3.6.: Gráfico da variação do tempo de processamento da alocação com o aumento de horários para uma linha com 12 veículos.....	60
Figura 3.7.: Gráfico da evolução do tempo computacional da alocação em relação ao número de veículos para diferentes horários de pico.....	60

Figura 3.8.: Gráfico da variação do tempo computacional da alocação em relação ao número de veículos para uma linha com 200 horários..	61
Figura 3.9.: Gráfico da variação do custo na distribuição e alocação de veículos para atender 600 horários, variando o número de linhas.	62
Figura 4.1. : Tela ativada quando o programa é iniciado.....	64
Figura 4.2. : Tela utilizada para escolher o item de entrada de dados ou a alteração de um dado.	65
Figura 4.3. : Tela utilizada para adicionar ou eliminar um Grupo.....	66
Figura 4.4. : Tela utilizada para alterar, adicionar ou eliminar um horário de uma linha em uma rota de um tipo de dia.....	66
Figura 4.5. : Tela utilizada para indicar a linha em que o horário foi alterado ou adicionado.	67
Figura 4.6. : Tela utilizada para escolher o tipo de dia do horário que foi alterado e/ou adicionado.....	67
Figura 4.7. : Tela utilizada para escolher a rota do horário que foi adicionado e/ou alterado.....	68
Figura 4.8. : Tela utilizada para cadastrar, alterar ou eliminar uma linha.....	69
Figura 4.9.: Tela utilizada para determinar as ligações possíveis entre os terminais de viagens.....	70
Figura 4.10. : Tela utilizada para determinar a inter-relação entre um grupo e uma determinada linha.	71
Figura 4.11.: Tela utilizada para escolher o grupo com o qual será feita a inter-relação.....	71
Figura 4.12. : Tela utilizada para escolher a linha com a qual será feita a inter-relação.....	72
Figura 4.13. : Tela utilizada para cadastrar e/ou alterar uma rota.	72
Figura 4.14. : Tela utilizada para cadastrar os veículos.....	73
Figura 4.15. : Tela utilizada para indicar o grupo do veículo a ser cadastrado..	74
Figura 4.16. : Tela utilizada para indicar a linha onde o veículo foi distribuído.	74
Figura 4.17. : Tela utilizada para escolher o tipo de processamento a ser feito.	75
Figura 4.18. : Tela utilizada para determinar o tipo de dia que será considerado no processamento	76
Figura 4.19. : Tela utilizada para escolher a linha (ou todas as linhas) onde será feita a alocação e o tipo de dia a ser usado.	77
Figura 4.20. : Tela usada para determinar o tipo de dia utilizado para fazer a distribuição da frota nas linhas.	77
Figura 4.21.: Tela avisando que o sistema está executando a distribuição da frota nas linhas	78

Figura 4.22. : Tela utilizada para escolher a linha (ou todas as linhas) que deverá ser simulada e o tipo de dia a ser considerado na simulação.....	78
Figura 4.23. : Tela utilizada para entrar com os parâmetros necessários para ajustar o processamento de acordo com as necessidades do usuário.....	79
Figura 4.24.: Gráfico da variação dos gastos com hora parada e do percentual de atraso em relação ao custo do atraso.....	81
Figura 4.25.: Gráfico da variação do percentual de atraso em relação ao custo da hora do veículo parado.	81
Figura 4.26. : Tela utilizada para escolher o tipo de relatório que se deseja.....	83
Figura 4.27. : Tela utilizada para pedir o relatório de distribuição de veículos em uma linha, referente a um tipo de dia.	83
Figura 4.28. : Tela utilizada para pedir o relatório de alocação de veículos em uma linha, referente a um tipo de dia.	84
Figura 4.29. : Janela utilizada para escolher o relatório da base de dados.....	86
Figura 4.30 : Janela utilizada para escolher a impressão da tabela de horários.....	86
Figura 4.31. : Impressão da tabela de horários da escolha feita na figura 4.26.....	87
Figura 4.32 : Relação de todas as linhas a serem atendidas.....	88
Figura 4.33. : Relação de todas as rotas.....	89
Figura 4.34 : Relatório com todos os veículos da frota.	90

CAPÍTULO I

1. INTRODUÇÃO GERAL

1.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

A alocação de uma frota de veículos, em um conjunto de linhas, constitui-se um problema gerencial de elevada complexidade. Em condições reais a frota é heterogênea e as linhas são diferentes entre si, em termos de extensão, horário, tipo de superfície de rolamento, etc.

Em nível operacional, este problema consiste em fazer a distribuição¹ e alocação² dos veículos em um conjunto de linhas preestabelecidas, levando-se em consideração a frota existente, os custos dos veículos, os tipos dos veículos, etc.

Quanto ao processo de distribuição e de alocação, deverão ser considerados os seguintes fatores:

- 1) o número de linhas e a descrição de cada uma quanto: ao número de viagens, os locais de origem e chegada, e as rotas (comprimento e duração de uma viagem);
- 2) o número de veículos da frota e o tipo dos mesmos; e
- 3) custos operacionais de cada veículo.

Além desses fatores, devem ser considerados, também, alguns elementos que delimitam o número de decisões possíveis, como, por exemplo, não

¹ O termo “distribuição” será utilizado para designar a distribuição dos veículos da frota nas linhas.

² O termo “alocação” será utilizado para designar aos veículos distribuídos na linha os horários que irão atuar.

alocar um veículo muito longo em uma rota que passe por ruas muito estreitas, ou um veículo velho em uma rota com rampas íngremes.

Tal situação tem sido resolvida, na prática, associando-se conhecimentos empíricos sobre as características dos veículos e das linhas, levando-se em conta os tempos de ciclos desses veículos. Além disso, com o passar do tempo, as soluções inicialmente adotadas vão sendo melhoradas ou aperfeiçoadas.

Analisando sob rigor técnico, pode-se enquadrar esse problema como sendo pertencente à família daqueles que abordam questões relacionadas com distribuição ou alocação, cuja solução ótima exige o uso de programação inteira que leva a um tempo impraticável de processamento computacional, devido ao número elevado de variáveis.

1.2. OBJETIVOS

O presente trabalho mostra um sistema computacional desenvolvido para a resolução do problema discutido na seção 1.1.. Utilizam-se, em suas rotinas de cálculo, algoritmos e heurísticas de programação inteira, incluindo-se o método do gradiente efetivo. Porém, para os administradores do sistema, são exigidas apenas algumas informações sobre os veículos e as linhas, que são repassadas ao sistema através de interfaces gráficas.

Os veículos de transporte coletivo devem atender a um determinado conjunto de linhas preestabelecidas em um intervalo de tempo conhecido. Partindo dessas informações, ao longo dos últimos anos, muitos modelos foram desenvolvidos para determinar a quantidade de veículos que deve atender a cada um desses intervalos (veja Golden & Assad (1988); Christofides (1975); Turnquist (1986); Mayerle (1996)).

O maior problema dos modelos apresentados até agora é que geralmente só trabalham com frotas homogêneas, o que limita muito a sua aplicação na maioria das situações reais. Sendo as frotas homogêneas, teoricamente não faria diferença dizer quais os veículos que deveriam ser deslocados para atender a uma linha em particular.

O objetivo deste trabalho é desenvolver um modelo que resolva o problema de distribuição e alocação de veículos, trabalhando com frotas heterogêneas, determinando além do número de veículos, quais os que deverão ser distribuídos e alocados em cada linha, a cada intervalo de tempo, de forma a minimizar os custos totais de transporte. Este modelo é implementado sob a forma de um sistema computacional, cujos objetivos específicos são os seguintes:

- 1) montar e/ou atualizar a base de dados do sistema;
- 2) gerar um plano operacional para a distribuição e alocação dos veículos da frota nas linhas;
- 3) permitir ao usuário fazer uma análise dos resultados, levando-se em consideração as alterações possíveis no plano operacional devido às variações nos tempos de viagem;
- 4) gerar os relatórios necessários à análise, interpretação e aplicação do plano operacional.

Neste trabalho, a implementação computacional do modelo proposto será dividida em três módulos específicos:

- 1) módulo de distribuição: é responsável pela distribuição dos veículos da frota nas linhas; este módulo escolhe quantos e quais os veículos que irão atender a uma determinada linha em particular, de forma a minimizar os custos;
- 2) módulo de alocação: faz a alocação, nos respectivos horários, dos veículos da frota designados para atuarem em uma determinada linha;
- 3) módulo de simulação: permite ao usuário fazer uma análise do comportamento do sistema, levando-se em consideração as variações nos tempos de viagem.

1.3. LIMITAÇÕES DO TRABALHO

O transporte de passageiros no Brasil se utiliza de diversos modais, como por exemplo: marítimo, ferroviário, aéreo e rodoviário. Ainda, dentro desses modais, podem ser considerados os seguintes: internacionais, interestaduais, intermunicipais e urbanos.

Este trabalho se limitou a estudar o problema dos transportes de passageiros rodoviário urbano. Esse tipo de transporte é caracterizado por atender a linhas regulares de curta distância e de alta frequência, com horário e itinerário bem definidos. Neste tipo de modalidade, um veículo executa um número elevado de viagens.

O tipo de limitação, mencionado acima, é justificável porque permite viabilizar uma solução para este problema complexo e muito aplicável, pois a grande maioria dos deslocamentos de passageiros utilizando o transporte público nas cidades brasileiras é feito baseado no modal rodoviário.

Outra limitação é o fato de o modelo não garantir uma solução ótima do problema, mas isto é de fácil compreensão, pois a complexidade do problema leva o pesquisador a lançar mão de heurísticas para acelerar a solução e, desta forma, obter uma solução se não ótima pelo menos viável e de qualidade em um tempo computacional admissível.

1.4. IMPORTÂNCIA DO TRABALHO

O sistema de transporte constitui uma infra-estrutura básica para a economia e um gerador de oportunidades para toda a sociedade. Além disso, ele representa um setor econômico forte (veja figura 1.1.), que emprega uma parcela considerável da população nas suas atividades industriais e terciárias intrínsecas, assim como em atividades paralelas. Pode ser afirmado que o transporte se faz presente em qualquer momento da vida de uma sociedade moderna. Assim sendo, justificam-se os investimentos em transportes nesse setor.

No Brasil, foi tomada uma opção nítida pelo transporte rodoviário, como pode ser visto nas figuras 1.2. e 2.1. e isto reflete-se claramente nos

transportes de passageiros urbanos que é o objeto de estudo deste trabalho. Esse tipo de opção possibilita uma maior flexibilidade que é intrínseca do próprio setor, mas, por outro lado, aparece como obstáculo à viabilização de investimentos no que se refere aos dos sistemas de transporte de média e grande capacidade (trens urbanos, metrô e bondes). Decorrentes das dificuldades de obter empréstimos pelas instituições públicas e da flexibilidade do modal de transporte rodoviário, os investimentos nos outros tipos de transportes são menores, tendo até diminuído ao longo dos últimos anos, como pode ser visto na figura 1.1..

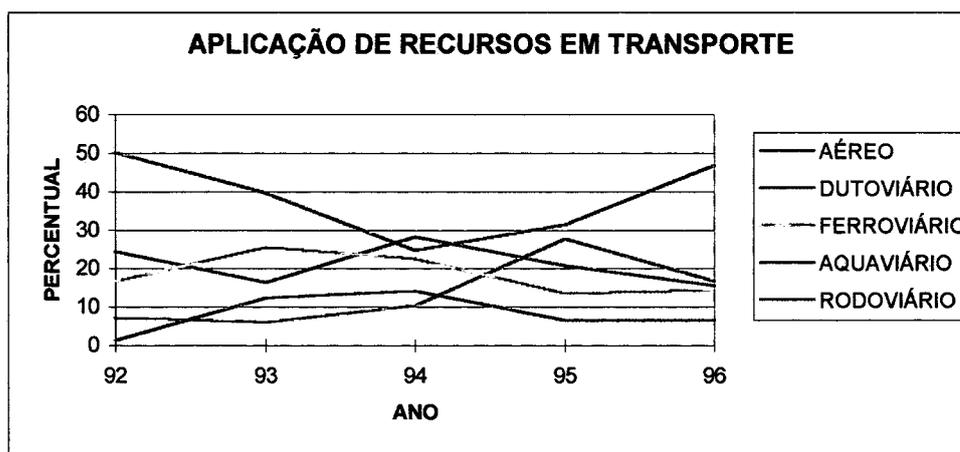


Figura 1.1. Aplicação de Recursos em Transporte no Brasil, por Modal de Transporte - 1992 - 1996. Unidade: %. Fonte: Anuário Estatístico dos Transportes do GEIPOT (Grupo Executivo para a Integração da Política de Transporte).

Modelo de Transporte	1992	1993	1994	1995	1996
Aéreo	1,76	1,77	1,86	1,87	2,00
Ferroviano	1,59	1,51	1,59	1,28	1,16
Metroviário	0,70	0,65	0,65	0,69	0,65
Rodoviário	95,95	96,07	95,90	96,16	96,19
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Figura 1.2. Transporte de Passageiros Composição Percentual dos Passageiros-Quilômetro Transportado no Brasil, por Modal de Transporte - 1992 - 1996. Unidade: %.

Fonte: Anuário Estatístico dos Transportes do GEIPOT.

Como pode ser visto na figura 1.2., o transporte rodoviário de passageiros no Brasil assume uma parcela considerável, em torno de 96% do total de passageiros transportados nas cidades brasileiras. Portanto, o estudo e planejamento deste modal de transporte é muito importante para o desempenho de uma área da economia tão significativa, como pode ser visto na figura 1.3.

Anos	Aéreo	Ferrovário	Hidroviário	Rodoviário	Total do Setor
1980	0,3	0,4	0,1	3,3	4,1
1981	0,3	0,5	0,2	3,4	4,4
1982	0,3	0,6	0,3	3,5	4,7
1983	0,3	0,6	0,3	3,4	4,6
1984	0,4	0,5	0,3	3,2	4,4
1985	0,3	0,5	0,2	3,1	4,1
1986	0,3	0,4	0,2	3,2	4,1
1987	0,3	0,5	0,2	3,2	4,2
1988	0,3	0,5	0,2	3,2	4,2
1989	0,3	0,5	0,1	3,3	4,2
1990	0,2	0,4	0,2	3,1	3,9
1991	0,2	0,5	0,2	3,3	4,2
1992	0,4	0,4	0,2	3,3	4,3

Figura 1.3. - Participação Percentual do Setor Transporte na Composição do Produto Interno Bruto a Custo de Fatores - 1980-92 - Brasil - Unidade: %

FONTE: IBGE - Departamento de Contas Nacionais - DECNA.

Uma grande quantidade de empresas de transporte de passageiros no ano de 1994 apresentou algum tipo de problema quanto a seus resultados líquidos (veja figura 1.4.). Esta situação justifica a aplicação de procedimentos com o objetivo de racionalizar as operações do setor, inclusive para permitir um melhor desempenho das mesmas a longo prazo.

Alguns exemplos podem ser encontrados na literatura de forma a reforçar esta importância. Desrochers & Soumis (1989) comentam que uma redução de 1% nos custos operacionais da MUCTC (*Montreal Urban Community Transit Company*), de acordo com as citações encontradas, para valores de 1986, levou a uma economia anual da ordem de US\$ 2,0 milhões com a aplicação de técnicas de otimização. Segundo Bali et al (1983) e Desrochers & Soumis (1989), com a aplicação de técnicas de otimização, em

problemas práticos de alocação de frotas, normalmente consegue-se uma redução nos custos na ordem de 0,5% a 2,5%, mesmo quando a empresa tem uma boa organização e eficiência.

Modal	Nº de Empresas Analisadas	Nº de Empresas Deficitárias	% de Empresas c/ Prejuízos Op.
Aéreo	23	6	26,09
Ferrovário	7	6	85,71
Fretamento de Turismo	23	8	34,78
Marítimo Fluvial	29	19	65,52
Metropolitano de Passag.	51	27	52,94
Rodoviário de Passag.	88	36	40,91
Rodoviário de Cargas	275	101	36,73
Total	496	203	40,93

Figura 1.4. - Comparação do Resultado Líquido das Maiores Empresas de Transporte Segundo o Modal - Brasil - 1994. FONTE: As Maiores do Transporte, Ano 8, nº 8, Set/Out 1995.

No caso do usuário, os benefícios de um sistema informatizado para elaborar o plano operacional da empresa pode vir em forma de qualidade do serviço a ser oferecido a ele. Com um sistema deste tipo, a empresa terá maior controle de seu plano de operação e com isto pode cumprir melhor os horários, minimizando, desta forma, a possibilidade do usuário ficar à espera de um veículo, dando a ele um ganho de qualidade no uso do sistema de transporte coletivo.

Para a área de conhecimento, este trabalho contribui abordando alguns aspectos ainda não tratados pela literatura. Entre eles pode-se considerar como contribuições específicas, as seguintes:

- 1) utilização de um modelo que trata do problema de custos de frotas não homogêneas;
- 2) tratamento do problema de forma modular, permitindo, assim, encontrar a solução em um tempo computacional reduzido e ao mesmo tempo garantindo encontrar uma solução viável de qualidade;
- 3) realização da análise do desempenho do plano operacional através de um sistema de simulação;
- 4) permitir ao usuário, através do uso de parâmetros fornecidos no modelo de alocação, definir uma tolerância de atrasos dos veículos;
- 5) permitir ao usuário, através da utilização de um fator de ajuste, definir a adaptabilidade dos veículos às linhas;
- 7) utilização de um algoritmo baseado no gradiente efetivo para distribuir os veículos às linhas urbanas;
- 8) utilização de um algoritmo baseado no *branch and bound* para alocar os veículos distribuídos nas linhas urbanas;

1.5. ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho é subdividido em cinco capítulos. No primeiro, é apresentada a introdução onde são feitas algumas considerações sobre o problema, os objetivos do trabalho, as limitações, a importância do mesmo e sua estrutura.

No segundo capítulo, é apresentada uma revisão da literatura, através da qual pretende-se caracterizar o problema em estudo. São apresentados também, alguns sistemas computacionais existentes que tratam do problema.

No terceiro capítulo, são apresentados os modelos matemáticos propostos neste trabalho, para a resolução dos problemas de distribuição e alocação de veículos e também o modelo de simulação que irá permitir a análise do plano criado pelos modelos anteriormente citados.

No quarto capítulo, é apresentado o sistema computacional desenvolvido, que se utiliza do modelo matemático proposto no terceiro capítulo. Este sistema, que será chamado de WinBus 98, permite ao usuário executar o planejamento operacional ou fazer uma análise deste, através de um modelo de simulação.

Finalmente, no quinto capítulo, são apresentadas as conclusões do trabalho, e algumas recomendações para desenvolvimentos futuros.

CAPÍTULO II

2. APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA

2.1. INTRODUÇÃO

O problema do transporte público no Brasil é um fator de constante preocupação dos dirigentes públicos. Na prática, mais de 95% do transporte de passageiros no Brasil utiliza-se do modal rodoviário (ônibus). Veja figura 2.1.. Não é difícil observar que é necessário um bom planejamento no uso da frota de ônibus para que os custos envolvidos com a administração do sistema de transporte público seja o menor possível.

Modal /Ano	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
Aéreo (dom.)	2,28	2,53	2,37	2,30	1,76	1,77	1,87	1,87
Ferrovário	2,34	2,30	2,12	2,06	1,56	1,50	1,36	1,34
Metroviário	0,64	0,80	0,72	0,71	0,65	0,60	0,61	0,65
Rodoviário	94,74	94,37	94,79	94,93	96,03	96,13	96,16	96,14
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Figura 2.1. Evolução do Índice de Passageiros por Quilômetro Segundo o Modal - Brasil - 1988-95 - Unidade: % . FONTE: Extraído do Anuário Estatístico dos Transportes 1996 - GEIPOT

Ao longo do tempo, alguns autores vêm investindo no estudo do problema do transporte público, através do modal rodoviário, com o objetivo de facilitar a tomada de decisões dos administradores. Esse é também o

objetivo do trabalho aqui desenvolvido. A seguir, serão comentados alguns trabalhos destes autores, com a finalidade de elucidar melhor o problema proposto no capítulo III.

2.2. PROBLEMAS DE OTIMIZAÇÃO

Como a palavra problema será utilizada constantemente no decorrer deste trabalho, será reservado um espaço para que seja definido e explicado mais detalhadamente o que será entendido como problema. O tipo de problema que será tratado vai ser o de otimização combinatorial, ou seja, o conjunto das soluções deste problema é discreto. Os problemas de otimização combinatorial podem ser representados genericamente da seguinte forma:

$$\text{Max } z(x) \quad (2.1.a.)$$

s.a.

$$x \in S \quad (2.1.b.)$$

onde:

- $S \subset X$ é o conjunto de todas as soluções viáveis;
- $x \in X$ é uma solução do problema de otimização combinatorial;
- $z(x)$ é a função a ser otimizada.

Se a solução x^* satisfaz o (2.1.b.) e $z(x^*) \geq z(x)$ para todo $x \in S$, então a solução x^* é chamada de solução ótima de (2.1.). Esta solução ótima, em muitos casos, não é única.

Os problemas de otimização são classificados segundo o tempo de processamento dos algoritmos por eles utilizados. Como este tempo varia de um computador para outro, ou mesmo com a forma de programar, é necessário utilizar uma função que propicie um padrão uniforme de determinação deste tempo. Para encontrar uma resposta mais precisa, é utilizado como referência o grau de dificuldade, que é dado através da função de tempo associada ao algoritmo. Esta função é representada por $f: N \rightarrow$

N. Ela expressa o número máximo de passos necessários para resolver o problema. Quando esta função pode ser representada através do polinômio

$$f(n) = a_0 + a_1 n + a_2 n^2 + \dots + a_k n^k \quad (2.2.)$$

este algoritmo é dito ser de ordem $O(n^k)$.

Como pode ser observado, para determinar o grau de dificuldade, é considerado apenas o elemento de maior ordem. Os algoritmos, cujo tempo pode ser representado por um polinômio como o da função (2.2.), são ditos de complexidade polinomial, ou seja, do tipo P.

Existem outros tipos de algoritmos para os quais a complexidade de tempo não é possível de ser representada por um polinômio. Estes algoritmos são denominados de não-polinomiais ou NP. Por exemplo: $O(n!)$, $O(n^n)$, $O(n^{\log n})$, etc.

Para os problemas de otimização combinatorial, existem algumas classificações que vêm sendo utilizadas pelo mundo acadêmico como as propostas por Ibaraki(1988), figura 2.2. e Müller-Merbach (1981), figura 2.3. (Apud Mayerle (1996)):

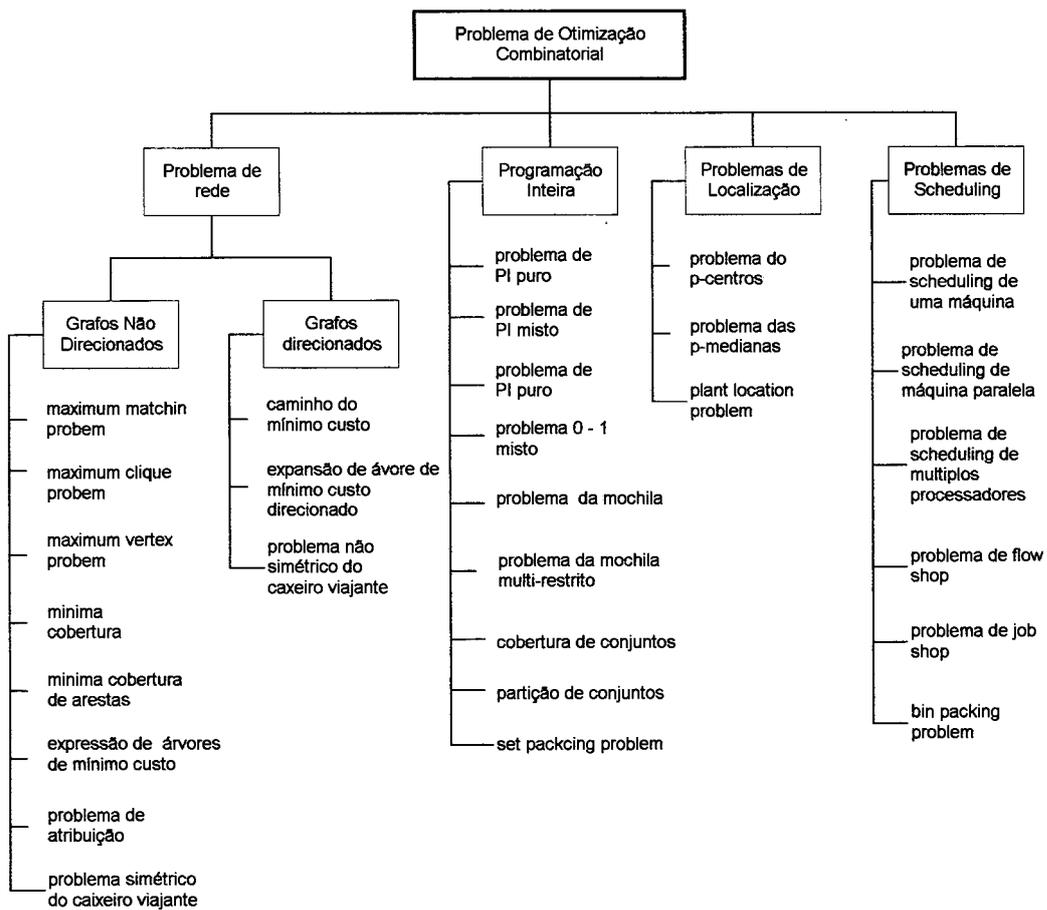


Figura 2.2. : Classificação dos problemas de otimização combinatorial, adaptado de Ibaraki. Fonte: Mayerle (1996).

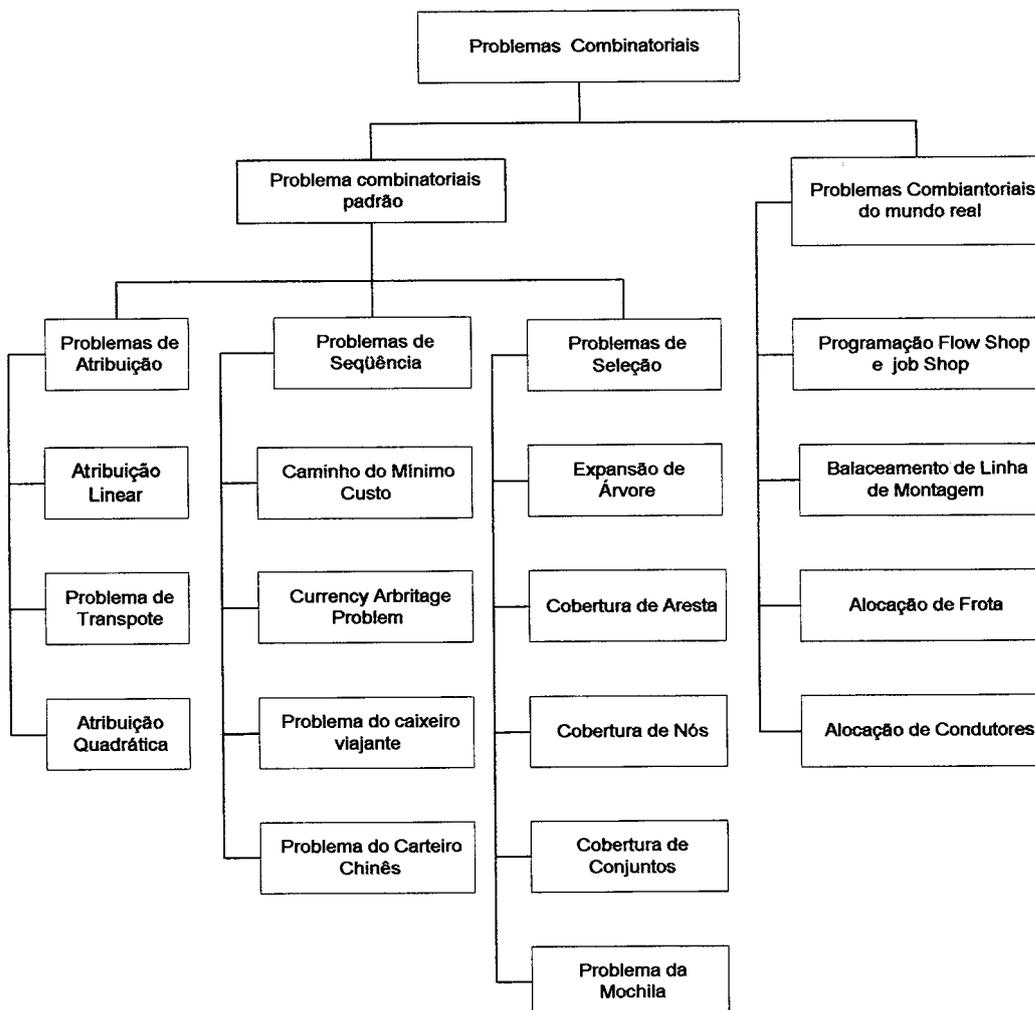


Figura 2.3. : Classificação dos problemas de otimização combinatorial, segundo Müller-Merbach. Fonte: Mayerle (1996).

2.3. O PROBLEMA DE ROTEAMENTO

No problema padrão de roteamento (VRP), um número de veículos é designado para atender a um serviço ou a uma quantidade geograficamente dispersa de serviços. Nele cada veículo tem uma capacidade e cada serviço tem uma demanda. Este tipo de problema tem recebido bastante atenção pelos pesquisadores como é mostrado em Golden & Assad (1988).

Formalmente, o problema VRP pode ser representado pelo seguinte grafo

$$G = (N, A, \Gamma, C), \quad (2.3)$$

onde,

- $N = \{ 1, \dots, n \}$ é o conjunto dos nós que representam cidades ou serviços;
- $A \subseteq N \times N$ é o conjunto de arcos que representam possibilidade de seguimento de serviço na composição de uma rota;
- $\Gamma = (d_1, \dots, d_n)$ é um vetor de pesos não-negativos associados aos nós, podendo representar, por exemplo, as demandas associadas aos nós;
- $C = (c_{ij})$ é uma matriz de distâncias ou custos associados aos arcos.

O VRP inclui duas situações especiais, conhecidas por *problema do caixeiro viajante* e *problema do carteiro chinês*, que são clássicos da literatura e possuem formas de solução bem conhecidas, como as apresentadas em Christofides (1975).

O problema do caixeiro viajante tem merecido uma grande atenção por parte dos pesquisadores por auxiliar na solução de diversos problemas de seqüenciamento de atividades. Esse problema consiste na determinação da rota de menor custo para uma pessoa que parta de uma cidade e deva visitar diversas outras.

Para resolver esse problema, muitos autores usam métodos exatos ou heurísticos, como pode ser visto em Weber (cf. Graciolli (1994)), em Papadimitriou & Steiglitz (1978) e em Mayerle (1994).

Segundo Weber, os métodos exatos para resolver o problema do caixeiro viajante consistem basicamente em três abordagens: a programação inteira mista, a programação dinâmica e *branch and bound*. O fato do problema ser NP, dificulta consideravelmente a solução do mesmo através de modelos exatos. Dessa forma, apenas a solução de problemas de pequeno porte podem ser considerados por estes métodos.

Para Papadimitriou & Steiglitz (1978), os métodos heurísticos na resolução do problema do caixeiro viajante são plenamente justificados pelo fato de o problema ser NP, provocando com isso pesquisas no

desenvolvimento de heurísticas para possibilitar a solução de problemas maiores. Podem ser destacadas algumas heurísticas, tais como: procedimento de construção de rotas (método de inserção do vizinho mais distante) e procedimentos de melhoria de rotas (2-opt, 3-opt e 4-opt). Além das heurísticas mencionadas acima, para resolver o problema do caixeiro viajante pode ser usado o algoritmo genético, conforme Mayerle (1994), onde é proposto um algoritmo para a obtenção de uma solução do problema.

Com o problema de roteamento pode ocorrer uma situação na qual o mesmo conjunto de serviços pode ser visitado várias vezes ao dia. O problema de designar um conjunto de rotas para operar sem mudanças em um período de tempo fixo é conhecido como problema de rota fixa (FRP).

Segundo Savelsbergh & Goetschalckx (1992), foi Christofides (1971) quem pesquisou a primeira vez o FRP. Para tanto foi proposta uma solução aproximada. Em cada etapa, num conjunto de amostras baseadas em exemplos de dados históricos, o problema é resolvido como um VRP determinístico. Savelsbergh & Goetschalckx (1992) propõem uma solução diferente da de Christofides (1971) na qual os autores resolvem o problema real de FRP.

A grande dificuldade do problema de rota fixa é o fato de sua demanda ser flutuante, isto é, sua demanda deve ser considerada estocástica, contrário ao problema padrão (VRP), onde toda a demanda é conhecida antecipadamente. Uma luz para a solução deste tipo de dificuldade encontrada pelo FRP pode estar no problema de rotas estocásticas de veículos (SVRP). Uma metodologia de solução do SVRP pode ser encontrada em Dror, Laporte e Trudeau (1989).

Outros modelos são definidos através da descrição dos critérios e restrições adotadas. Estes modelos, segundo Mayerle (1996), podem ser encontrados nos trabalhos apresentados por Solomon (1987), Kolen et al (1987) e Thangiah et al (1993). Nestes é discutida uma classe de problemas conhecidos por problemas de roteamento com janelas de tempo. Estes modelos prevêm que o veículo deva executar um roteiro que passe por um conjunto de locais e que esta passagem deva ser executada em um intervalo

de tempo especificado. O critério de otimização é a minimização da distância total percorrida no roteiro.

O problema da programação de veículos de uma frota é tarefa que vem merecendo especial atenção no que se refere à administração de uma empresa de transportes. Segundo Turnquist (1986), a programação de veículos é um problema dos operadores de frota que deve ser resolvido em um espaço de tempo preestabelecido. Este problema atinge a todos os modais. Um modelo geral deverá incorporar os seguintes procedimentos interrelacionados:

- 1) projetar um conjunto de rotas sobre as quais os veículos irão operar;
- 2) alocar toda a capacidade da frota disponível entre as várias rotas;
- 3) alocar os veículos para os movimentos programados;
- 4) determinar o fluxo de carga através da rede, dadas as frotas e as programações; e
- 5) alocar tripulações aos veículos.

Podem ser utilizados, para resolver o problema de distribuição, modelos clássicos mais genéricos, tais como, modelos de programação linear inteira; os problemas de transporte e designação; e modelos que utilizam grafos, como por exemplo: o problema do carteiro chinês, o problema do caixeiro viajante, e os algoritmos de *Disjkstra* e *Floyd*. Também podem ser utilizados modelos mais específicos como, por exemplo, os modelos estocásticos e os modelos que utilizam o método do gradiente efetivo.

Existe na literatura um número considerável de modelos, alguns dos quais serão mencionados a seguir, a fim de fornecer uma visão do tipo de modelos disponíveis para resolver o problema de distribuição.

Powell (1985) apresentou um modelo estocástico para resolver o problema de alocação dos veículos, considerando a alocação dinâmica de veículos, através de um algoritmo que pretende resolver o problema e de

alguns experimentos numéricos, utilizados para comparar algoritmos anteriores.

Em Valente (1994), é apresentada uma opção para resolver o problema de programação de veículos, baseada no método do gradiente efetivo, introduzido por Toyoda (1975). Esta opção é recomendada como uma excelente alternativa para a solução de problemas do tipo 0-1. Segundo o autor, sua utilização pode ser verificada em vários trabalhos como os de Ahmed (1983), que trabalha com alocação de recursos; de Watanatada et al (1987), em métodos de análise de projetos e orçamento junto ao Banco Mundial; e também no pacote computacional EBM (*Expenditure Budgeting Model*), muito utilizado e recomendado por tal Banco.

Como pode ser observado em Toyoda (1975), o gradiente efetivo representa uma medida de valor relativo de cada uma das unidades a ser distribuída, em relação às demais. Ele é calculado para cada unidade do conjunto e serve como referência à construção de um *rank*, possibilitando, desta forma, a escolha do elemento que será distribuído. Uma adaptação do modelo do gradiente efetivo, a partir da utilizada por Valente (1994), será implementada pelo modelo proposto neste trabalho, na etapa de distribuição dos veículos que irão atuar em uma determinada linha.

Em muitos casos, o problema a ser resolvido é determinar a rota que um dado veículo deverá assumir e quais as tarefas a serem cumpridas. Para resolver este tipo de problema pode ser encontrada na literatura uma variedade de modelos que propõem soluções, cada um limitado às suas características, ou melhor, adaptado apenas para certas situações.

Para resolver estes problemas pode ser lançado mão de ferramentas clássicas de otimização, a programação linear 0-1 e a designação; na área de grafos, os modelos do caixeiro viajante, do carteiro chinês, *Dijkstra* e *branch and bound*, cuja estrutura básica pode ser utilizada para auxiliar na solução do problema de alocação.

Na literatura, são encontrados algoritmos mais específicos para resolver o problema de roteamento de veículos, como, por exemplo, o apresentado por Laporte et al (1992), que se utiliza do algoritmo *branch and*

bound, e, baseado no trabalho de Carpaneto & Toth (1980), resolve o problema do caixeiro viajante. O algoritmo proposto por Laporte et ali (1992) incorpora vários outros tipos, tais como:

- o problema do caixeiro viajante com nós especificados (STSP) (cf. Laporte et all (1984));
- o problema do caixeiro viajante generalizado através de muitos *clusters* (GTSP) (cf. Laporte et. all (1987));
- o problema de roteamento de veículos com restrição de distância (DVRP) (cf. Laporte, Norbert e Taillefer (1987));
- o problema de roteamento de veículos com restrição de capacidade (CVRP) (cf. Laporte et all (1986)).

Como sugere o autor, o desempenho deste algoritmo pode ser verificado em outros VRPs que podem ser encontrados em: Bodin et ali (1983), Cristofides (1985), Laporte & Norbert (1987) e Golden & Assad (1988).

No caso do transporte público urbano, existem alguns algoritmos bem específicos como os apresentados em Bodin et all (1983). A complexidade da alocação das frotas nesta área pode ser determinada por três diferentes restrições impostas pela peculiaridade do problema:

- 1) limite de comprimento da seqüência de viagens alocadas, com relação ao problema de abastecimento de combustível;
- 2) heterogeneidade na composição da frota, como restrição de alocação de viagens;
- 3) existência de múltiplas garagens.

No caso de transporte rodoviário urbano de passageiros, os dados de entrada básicos consistem em um conjunto de tarefas (viagens) a serem realizadas. Para cada viagem deverá ser especificado o horário e o local de saída e o horário e o local de chegada da viagem que deverá ser executada

por um determinado veículo. Para efeito de ilustração, na figura 2.4., é apresentada uma tabela de horários.

Viagem	Saída		Chegada	
	Local	Horário	Local	Horário
1	Terminal	08:00	Terminal	09:00
2	Terminal	08:30	Terminal	09:30
3	Terminal	08:15	Terminal	09:30
4	Terminal	09:50	Terminal	10:50
5	Terminal	09:40	Terminal	10:40
6	Terminal	09:15	Terminal	10:15
7	Terminal	10:45	Terminal	11:45
8	Terminal	11:30	Terminal	12:30
9	Terminal	11:20	Terminal	12:20
10	Terminal	12:15	Terminal	13:15

Figura 2.4. Quadro de horários de uma empresa fictícia, referente ao exemplo apresentado em Bodin et al (1983), fonte Mayerle (1996).

Levando-se em consideração as restrições descritas anteriormente, os problemas de alocação de frotas são divididos por Bodin et al (1983) em quatro situações básicas que passarão a ser descritas nos parágrafos a seguir.

A alocação de frotas com uma garagem (VSP) (*Vehicle scheduling problem*) implica em particionar o conjunto de nós do grafo acíclico que representa as viagens a serem executadas em um conjunto de caminhos e, desta forma, minimizar uma função de custos. Um caminho representa uma seqüência de viagens que será executada por um veículo da frota. Assim, minimizando o número de caminhos, automaticamente será minimizado o número de veículos a ser utilizado da frota. Admitindo um custo c_{ij} associado a cada arco do grafo, este custo representa o custo associado à execução de uma viagem j , considerando que anteriormente este veículo tenha executado a viagem i , desta forma é possível montar uma função que determine o custo mínimo total dos caminhos. Neste caso, é possível minimizar o custo operacional de uma frota homogênea.

A alocação de frota com restrição no comprimento da seqüência de viagens (VSPLPR) (*Vehicle scheduling problem with length of path restrictions*) diferencia-se do modelo anterior porque considera restrições no tempo total de operação e na quilometragem percorrida durante a execução de um caminho. Na prática, isto implica na necessidade de abastecimento, manutenção, etc. O VSP é considerado um problema de complexidade polinomial, mas o VSPLPR é um problema de complexidade NP (cf. Ball (1980)), por este motivo, para a resolução do mesmo, são utilizados algoritmos heurísticos.

A alocação de frota com múltiplos tipos de veículos (VSPMVT) (*Vehicle scheduling problem problem with multiple vehicle types*), na prática, é um modelo que faz com que seja necessário escolher os veículos mais adequados para cada linha, como, por exemplo: os veículos maiores são mais adequados para serem utilizados na linha com maior demanda; os veículos menores devem ser utilizados em linhas com pouca demanda; e outras restrições que evitem, por exemplo, que veículos velhos viajem em linhas acidentadas ou veículos longos sejam alocados em linhas com trajetos estreitos.

A alocação de frota com múltiplas garagens (VSPMD) (*Vehicle scheduling problem with multiple depots*) é considerado um modelo que permite a existência de duas ou mais garagens, nas quais os veículos irão permanecer quando não estiverem sendo utilizados. Como no modelo VSP, cada veículo deverá sair e voltar à sua garagem de origem quando concluídas as viagens.

Existem também na literatura alguns modelos chamados de modelos integrados (VCSP – *vehicle and crew scheduling problem*), os quais se propõem a resolver o problema da alocação dos veículos de uma frota e a distribuição da tripulação disponível de forma integrada, o que diferencia da proposta deste trabalho, que se propõe a tratar de forma integrada a distribuição e alocação dos veículos de uma frota não levando em consideração a distribuição da tripulação. A forma de como resolver o problema VCSP é apresentada em Richard et all (1997).

2.4. EXPERIÊNCIAS COMPUTACIONAIS

2.4.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

Como já foi mencionado anteriormente, o problema de distribuição e alocação de veículos pode ser tratado como um problema de programação linear inteira e com isto, teoricamente, é possível encontrar a solução ótima do mesmo, mas esta solução ótima vai se tornando cada vez mais difícil quanto maior for o problema, pois o número de variáveis aumenta muito rapidamente. Por este motivo, até a década de 70, eram desenvolvidos somente sistemas computacionais heurísticos que imitavam os procedimentos manuais, como por exemplo Elias (1964). Apesar de os sistemas obterem alguns ganhos, estes eram baseados na simples utilização de heurísticas que eram suficientes para a resolução dos problemas gerais.

A partir dos anos 70, surgiram estudos direcionados na produção de sistemas baseados em métodos mistos, em que são combinados métodos heurísticos e programação matemática. A seguir serão apresentados alguns desses sistemas implementados computacionalmente, como por exemplo o da VSPX, HASTUS, HOT, ALOC, TCA, BUSMAN, OferBus e o WinBUS 95. Esses sistemas estão sempre direcionados a uma determinada aplicação.

2.4.2. SISTEMA VSPX

Este sistema pode ser considerado como um dos primeiros no setor de transportes, tendo sido desenvolvido pela IBM em 1972. A Kibon adotou, no Brasil, este roteirizador para ajudá-la na distribuição de sorvetes, onde cada caminhão fazia em média 40 entregas diárias. Apesar do ceticismo da época, os benefícios foram enormes, pois só recentemente a empresa estaria trocando-o por um sistema mais atualizado, em virtude de uma política de descentralização, pois este só roda em *mainframe*, segundo Valente (1994).

2.4.3. SISTEMA HASTUS

O sistema HASTUS se propõe a resolver o problema de distribuição de condutores de veículos, utilizando-se de um procedimento de decomposição

padrão. A decomposição é feita dividindo os blocos em *pieces*, que serão combinados de forma a produzir os FWSs (*full work schedules*). A solução é melhorada com o uso de heurísticas ou pelo próprio usuário que pode intervir no processo interativamente.

O primeiro passo da construção da solução é definir o tamanho do período em que será dividido o dia de trabalho. Essa divisão é utilizada para permitir uma alocação inicial dos veículos da frota, onde cada veículo deve começar e terminar a operação dentro de um período. O segundo passo é encontrar todos os FWSs, que contenham dois ou mais *pieces*, que obedeçam as regras trabalhistas e estejam dentro de um mesmo período. Finalmente, na última etapa de geração da solução, um algoritmo de *matching* é utilizado para a formação dos FWSs. Neste ponto, são utilizadas algumas heurísticas com o objetivo de melhorar os resultados (cf. Lessard et al (1989)).

A partir de 1990, a empresa GIRO, que desenvolveu e administra o HASTUS, passou a produzir algumas versões do sistema com o método Crew-Opt desenvolvido por Desrochers *et al* (1988); (1989) e (1992). Os autores usam uma formulação de *set covering* e geração de colunas na resolução de problemas de alocação de condutores.

2.4.4. SISTEMA TCA

A empresa Transporte Coletivo Anápolis (TCA) em 1986 (cf. TCA (1996)) começou a desenvolver um sistema de controle do seu sistema de transporte coletivo. Esse sistema tem como proposta controlar a seqüência com que os veículos irão executar determinada tarefa em tempo real como, por exemplo, ao chegar no terminal o motorista é informado de forma eletrônica qual a viagem que ele deverá executar.

Para acionar o sistema é utilizada uma placa de leitura digital por rádio freqüência, desenvolvida por uma indústria texana para monitorar o transporte de carga intermodal em contêineres. Essas placas se adaptaram perfeitamente às necessidades da TCA.

No sistema, uma placa de transmissão é colocada em cada ônibus, mais dois leitores são conectados à rede de computadores e, desta forma, a TCA garante que atualmente atenda a 100% das viagens programadas, com atraso nunca superior a três minutos no horário de partida.

2.4.5. SISTEMA ALOC

O ALOC (cf. ALOC (1996)) é um sistema operacional de transporte coletivo desenvolvido pela Tectran Engenheiros Consultores S/C Ltda, com sede em Belo Horizonte. Esse sistema já está sendo utilizado pelo sindicato de empresas de transporte coletivo da capital mineira e pela prefeitura de São Luiz, no Maranhão. Também será adotado pela prefeitura de Juiz de Fora, em Minas.

O sistema estabelece o número de linhas e de ônibus para atender com eficiência à demanda de uma determinada região. A partir das diversas variáveis de custo do transporte coletivo, calculam-se a necessidade de mão-de-obra, o tamanho da frota de ônibus e a tarifa a ser cobrada. Tudo levando-se em consideração o nível de conforto que se quer para o usuário do transporte coletivo.

A definição do tamanho da frota necessária é feita numa etapa posterior, depois de levantada a demanda potencial de usuários do sistema coletivo e definidos o número de motoristas e cobradores e os intervalos entre horários, que já contemplam o grau de conforto que planejadores e operadores pretendam dar ao usuário de ônibus. Os cálculos já são feitos levando-se em conta a legislação trabalhista.

2.4.6. SISTEMA OferBus

O sistema OferBus foi iniciado em 1995 com os pesquisadores Cruz et al (1996), a partir do projeto de redimensionamento operacional do transporte público de passageiros de Florianópolis, que foi realizado através de um convênio entre a prefeitura de Florianópolis e a Universidade Federal de Santa Catarina. O objetivo desse projeto é o redimensionamento dos quadros

de horários de todas as linhas em operação, ajustando-os às demandas existentes.

Para o processamento, o programa OferBus necessita de informações sobre o sistema, tais com:

- características da linha (identificação, extensão, índice de renovação, custo por quilômetro e tarifa vigente);
- características das viagens (horário de partida, passageiros transportados e tempo de viagem); e
- características da frota (quantidade de assentos e área útil para passageiros em pé).

Também devem ser fornecidos ao programa os níveis de serviço que se pretende operar, uma vez que o modelo tem possibilidade de analisar mais de um nível.

2.4.7. SISTEMA WinBUS 95

O sistema WinBUS (cf. Mayerle (1996)) divide o problema de planejamento operacional do transporte público em três etapas:

- a) alocação de veículos;
- b) geração de escalas;
- c) distribuição das escalas entre os condutores.

Além dessas etapas, o WinBUS possui alguns recursos adicionais que permitem a manutenção da base de dados, a geração de relatórios e a consulta aos planos gerados.

Será descrito apenas o modelo utilizado na primeira etapa do problema resolvido por WinBUS, por se tratar de um modelo de alocação de veículos.

Mayerle (1996) trata o modelo de alocação de frota como um grafo $G(V, A)$, onde $V = \{v_1, v_2, \dots, v_N\}$ é o conjunto dos vértices que representa as viagens que deverão ser alocadas e $A = \{a_1, a_2, \dots, a_N\}$ é o conjunto de arcos que indica as possibilidades de viagens (cf. Mayerle (1996)). Neste grafo, os vértices são dispostos em camadas:

$$a) V_1 = \{ v_i \in V / \Gamma^{-1} (v_i) \cap V = \emptyset \};$$

$$b) V_2 = \{ v_i \in (V - V_1) / \Gamma^{-1} (v_i) \cap (V - V_1) = \emptyset \};$$

$$c) V_3 = \{ v_i \in (V - V_1 - V_2) / \Gamma^{-1} (v_i) \cap (V - V_1 - V_2) = \emptyset \};$$

onde,

$$\Gamma^{-1} (v_j) = \{ v_i / (v_i, v_j) \in A \}$$

é o conjunto de vértices predecessores do vértice v_j .

Os custos de alocação de uma seqüência de viagens a um veículo da frota são determinados levando-se em consideração os custos de:

- a) depreciação da frota;
- b) juro sobre o capital imobilizado na frota;
- c) custo dos combustíveis, óleos lubrificantes, filtros e graxas;
- d) custos dos pneus;
- e) custo da manutenção preventiva e corretiva;
- f) custo da mão-de-obra operacional.

Os veículos são escolhidos para atender a um conjunto de viagens, levando-se em consideração os parâmetros acima e calculando-se o que o autor chama de adequação do mesmo à tarefa. Essas informações são obtidas com o auxílio de um modelo difuso (cf. Mayerle (1996)).

2.5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O problema de planejamento operacional do transporte rodoviário urbano tem merecido uma atenção constante por parte dos administradores

do setor, por se tratar de um problema de difícil solução. Apesar de o esforço em se desenvolver modelos e sistemas de uso geral, o que tem dado melhores resultados até o momento são os modelos de aplicações mais específicas, como aqueles desenvolvidos para cidades ou até mesmo para empresas.

Em geral, analisando os modelos desenvolvidos na literatura, pode ser observado que eles se preocupam muito com a minimização da frota, quando, na verdade, para os administradores do ramo do transporte coletivo, esta prática não é muito bem aceita. O problema destes administradores é encontrar uma solução para a distribuição e alocação da frota existente. Estas decisões normalmente estão ligadas a questões econômicas conjunturais como, por exemplo, a abertura de linhas de crédito ou descontos especiais.

Nos trabalhos publicados, que tratam do problema operacional de transporte, não foi encontrado nenhum que resolvesse o problema de forma modular e a questão de frotas heterogêneas ao mesmo tempo, o que permitiria obter uma solução rápida e representativa da realidade.

O modelo que será apresentado no capítulo III apresenta uma proposta de solução modular para frotas heterogêneas. Foi desenvolvido a partir de estudos baseados nos trabalhos anteriormente citados. Dos modelos de Valente (1994) e Toyoda (1975), por exemplo, foi tirada a idéia de utilizar um gradiente efetivo possibilitando desta forma avaliar a influência de cada veículo quando este fosse designado para trabalhar em uma linha. Já a partir dos modelos como o de Mayerle (1996) e o de Bodin et al (1983) foi estudada uma forma de fazer a alocação dos veículos designados para atuarem em uma linha nos horários da mesma.

CAPÍTULO III

3. MODELO PROPOSTO

3.1. MODELO DE DISTRIBUIÇÃO

3.1.1. INTRODUÇÃO

Neste modelo, serão apresentadas todas as ferramentas utilizadas para fazer o cálculo do número de veículos necessários em cada linha, bem como, para fazer a escolha dos veículos que devem atender às linhas com o menor custo global de distribuição, de forma que sejam atendidos a todos os horários das mesmas.

Para resolver o problema proposto, calcula-se a demanda de veículos em cada linha, isto é, o número de veículos necessários para atender àquela linha, através do uso de uma heurística baseada no gradiente efetivo, que será chamado de vetor de prioridades, a partir dos seguintes parâmetros: horários da linha; custo do veículo; tempo de viagem e ajuste do veículo na linha. Esse vetor nos dá a prioridade de distribuição de cada veículo em cada linha e, desta forma, procura-se encontrar uma solução que minimize os custos ou, no mínimo, que seja uma boa distribuição, segundo os critérios estabelecidos por ele.

A seguir, será mostrada a formulação matemática necessária para a determinação da demanda de veículos, e para calcular o vetor de prioridades.

3.1.2. FORMULAÇÃO MATEMÁTICA

3.1.2.1. DEMANDA

A demanda de veículos em uma linha é o número de veículos necessário para atender aos horários da mesma. O cálculo desta demanda é de fundamental importância, pois é através dele que o sistema vai garantir que a quantidade de veículos designados para atender a uma linha satisfaz todos os horários da mesma e, ao mesmo tempo, que não apresenta excesso de veículos.

Na prática, os horários não são distribuídos uniformemente durante o dia, existem períodos em que a frequência de horários é mais concentrada e outros em que ela é menos concentrada que na média. Os tempos de viagem de uma rota (tempo que um veículo leva para completar uma rota estipulada em um determinado horário) muitas vezes também variam dependendo do horário que a mesma será executada durante o dia. Essas variações podem criar algumas distorções no momento do cálculo da demanda de veículos da linha como, por exemplo, a necessidade de muitos veículos para atender a um curto intervalo de tempo e no restante do dia vários veículos que poderão ficar ociosos, o que é uma característica da própria estrutura do problema.

Para fazer o cálculo da demanda de veículos de uma linha corretamente, é necessário que se levem em consideração todas as variações mencionadas acima.

Levando-se em consideração as observações feitas, o objetivo da demanda é verificar se com uma determinada frota é possível ou não atender a todos os horários da linha. Para tanto, serão criados três conjuntos de horários; conforme mostra na figura 3.1.

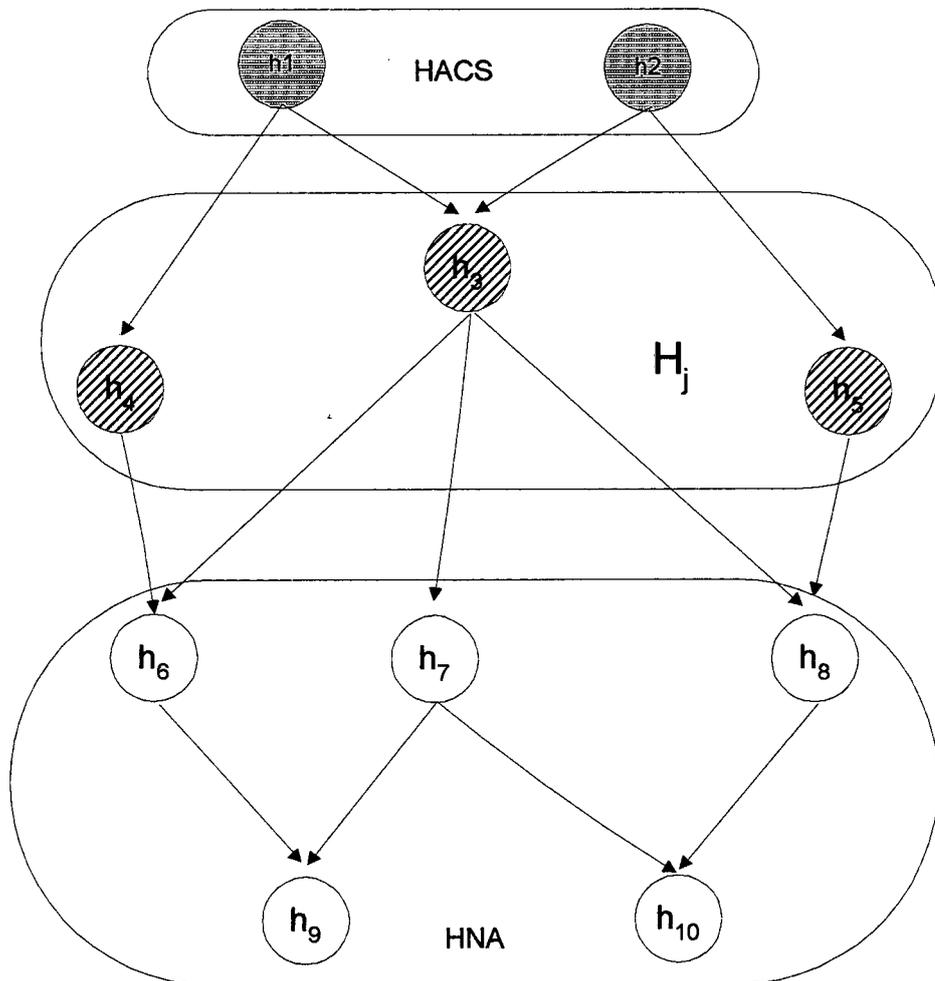


Figura 3.1. : grafo representativo das origens de viagens de uma linha.

- (1) horário não atendido (HNA) - é aquele horário da linha que ainda não foi escolhido para ser atendido;
- (2) horário atendido sem sucessor (H_j) - é aquele que já foi indicado para ser atendido, mas o veículo que o atendeu ainda não foi indicado para atender a nenhum outro horário;
- (3) horário atendido com sucessor (HACS) - é aquele que já foi indicado para ser atendido e o veículo que o atendeu também foi indicado para atender a outro horário, após o mesmo.

Inicialmente, o conjunto HNA é formado por todos os horários da linha, e os conjuntos H_j e HACS são vazios, pois nenhum horário foi atendido.

Considerando que os horários são apresentados em ordem crescente, onde $h_1 \geq h_2 \geq \dots \geq h_{nh}$, o cálculo da demanda de veículos em uma linha é determinado através da seguinte expressão:

$$\text{demanda} = \sum_{j=1}^{nh} \delta_j \quad (3.1.)$$

onde,

$$\delta_j = \begin{cases} 0 & \text{se } \exists h_k \in H_{j-1} \text{ tal que } h_j \geq h_k - t_{kj} \\ 1 & \text{caso contrario} \end{cases} \quad (3.2.)$$

onde,

- $k = 1, \dots, nh$;
- $j = 1, \dots, nh$;
- nh é o número de horários da linha;
- h_k é o horário de saída da k -ésimo viagem;
- h_j é o horário de saída da j -ésimo viagem;
- t_{kj} é a duração da k -ésima viagem acrescida do tempo necessário à preparação para a realização da j -ésima viagem.
- H_{j-1} é o conjunto de viagens alocadas e sem sucessor, imediatamente antes do cálculo de δ_j .

O valor de todos os δ_j , onde $j = 1, \dots, NH$, é calculado determinando o valor para todos os H_j até obter $H_j = \phi$, a forma para atualizar o conjunto H_j é dada pela seguinte formulação

$$H_j = \begin{cases} H_{j-1} \cup \{h_j\} - \{h_k\} & \text{se } h_j \geq h_k + t_{kj} \\ H_{j-1} \cup \{h_j\} & \text{em caso contrario.} \end{cases} \quad (3.3.)$$

onde h_k é um horário antecessor de h_j .

Como pode ser observado, no cálculo da demanda não é indicado qual veículo irá atender a uma determinada linha, mas apenas o número de veículos necessários para atender a esta linha. Por este motivo, nesta altura do modelo, não são levados em consideração os custos dos veículos em relação à linha.

3.1.2.2. CUSTOS

Os custos considerados para cada veículo são: custo de operação, depreciação e custo de manutenção. Neste modelo, os custos são considerados independentes da linha em que tenham sido distribuídos os respectivos veículos. Para facilitar a operação do sistema, os custos serão todos transformados em custos por quilômetro rodado; isto é possível usando um sistema que determine um índice que transforma cada custo em custo por quilômetro rodado, como aquele usado pela URBS (Urbanização de Curitiba S. A.) (veja anexo I).

Os custos associados à linha j a que o veículo i deverá ser distribuído serão analisados pelo sistema de programação obtidos através da informação do custo por quilômetro rodado do veículo e do comprimento da rota.

O custo do veículo é calculado da seguinte forma:

$$\text{custo}_i = \text{operacao}_i + \text{depreciacao}_i * d\text{-indice}_i + \text{manutencao}_i * m\text{-indice}_i \quad (3.4.)$$

onde,

operação_i - é o custo de operação por quilômetro rodado do veículo i ;

depreciação_i - é a depreciação do veículo i ;

d-índice_i - é o índice que transforma a depreciação do veículo i em um custo por quilômetro rodado;

manutenção_i - é o custo de manutenção do veículo i ; e

m-índice_i - é o índice que transforma a manutenção do veículo i em um custo por quilômetro rodado;

O cálculo acima deve ser realizado para todos os veículos. Como se pode observar na equação (3.4.), o custo calculado não é afetado pela linha, pois os veículos ainda não foram distribuídos à linha e muito menos se sabe qual a rota que eles irão assumir.

Como os custos acima não se alteram durante o processo de distribuição, optou-se por considerá-los como dados de entrada do modelo.

3.1.2.3. CAPACIDADE DE REALIZAÇÃO DE VIAGENS

A capacidade de realização de viagens é o número máximo de horários que um veículo pode fazer em uma determinada linha. Para determinar esta capacidade, o sistema terá como informações os tempos de viagem para cumprir cada horário da linha e o tempo de preparação da próxima viagem. Então a capacidade de realização de viagens de uma linha n será dada pelo seguinte procedimento:

- 1- numere os horários da linha n em ordem crescente de h_1 até h_{NH} e faça $cv = 0$ (contador de veículos);
- 2- crie uma lista de horários LH com os horários que ainda não foram indicados para serem atendidos por um veículo, inicialmente esta lista contém todos os horários da linha n ;
- 3- identifique o primeiro horário h_k da lista LH e faça $m = 1$, se não existir nenhum vá para o passo 7;

4- Testa se

$$h_{k+n} \geq h_k + t_{k,k+n} \quad 3.5.$$

onde

- $t_{k,k+m}$ é a duração da k-ésima viagem acrescida do tempo necessário à preparação para a realização da k+m-ésima viagem.

tira h_{k+m} da lista LH, faça $k := k + m$, $m = 1$ e repita o passo 4 ;

5- Se $m \leq nh$, faça $m := m + 1$ e vá para o passo 4;

6- Faça $cv := cv + 1$ e vá para o passo 3;

7- A capacidade da linha n é

$$\text{capacidade}_n = cv. \quad 3.6.$$

3.1.2.4. VETOR DE PRIORIDADES

O vetor de prioridades direciona a escolha do veículo a ser distribuído em uma determinada linha. Isso é feito levando-se em consideração a maior prioridade, ou seja, o maior componente do vetor, o que significa que será escolhido para ser distribuído na linha aquele veículo que o vetor indicar ser o com maior oportunidade de minimizar o custo global. O vetor de prioridades é calculado da seguinte forma:

$$\text{prioridade}_m = \frac{\text{capacidade}_n * \text{comprimento}_n * \text{ajuste}_m}{\text{custo}_i} \quad (3.7.)$$

onde,

capacidade_n - como calculada na seção 3.1.2.3.

comprimento_n - é a média de comprimento em km das rotas da linha n.

ajuste_m - é o ajuste do veículo i na linha n segundo as características do mesmo. Este ajuste pode assumir valores entre 0 e 1, inclusive. Por exemplo, se o veículo tem $\text{ajuste}_m = 1$ então este veículo i é perfeitamente adequado para ser utilizado na

linha n , ou se tem $\text{ajuste}_{in} = 0$ isto indica que o veículo i não pode ser utilizado na linha n e os valores intermediários nos indicam o grau de adequação do veículo i na linha n .

custo_i - como calculado na seção 2.2.

Como se pode observar, o produto $\text{capacidade}_n \times \text{comprimento}_n$ representa a distância percorrida por um veículo se ele for distribuído na linha n . Dividindo este produto pelo custo_i obtém-se uma relação entre o número de quilômetros percorridos por um veículo i na linha n e o custo deste veículo. Isso significa que quanto maior o custo, menor a prioridade e quanto menor o custo, maior a prioridade, considerando capacidade e comprimento da linha n constantes. A relação anteriormente mencionada será multiplicada pelo ajuste_{in} , o que pode alterar a escolha do veículo.

Analisando as observações acima, pode-se verificar que usando o vetor de prioridades o modelo deve escolher sempre o veículo i para a linha n onde o veículo de menor custo irá percorrer a maior distância, desde que este seja adequado para aquela linha. O vetor de prioridades é, de fato, o ponto central do modelo, pois partindo dele faz-se toda a distribuição dos veículos nas linhas, garantindo, desta forma, as informações fundamentais para o bom desempenho dos modelos seguintes.

3.1.2.5. DISTRIBUIÇÃO DO VEÍCULOS NAS LINHAS

Nesta seção, será apresentada uma forma de escolha dos veículos mais adequados para atender aos horários de uma determinada linha. Este processo será denominado de distribuição dos veículos na linha. Para tanto, será utilizado o vetor de prioridades, calculado na seção 2.4., que direciona a escolha dos veículos. O referido vetor utiliza como parâmetros de escolha o custo do veículo, a demanda da linha, a adequação do veículo à linha e a capacidade do veículo na linha.

A distribuição do veículo na linha é feita de acordo com o vetor de prioridades, ou seja, a cada iteração é distribuído o veículo i na linha n tal que a prioridade_{in} seja a maior possível. Após uma distribuição, alguns parâmetros desta linha se alteram, mais precisamente, sua demanda e

capacidade. Com a distribuição realizada determinou-se um veículo para atender parte dos horários da linha. Logo a demanda por veículo desta linha passa a ter menos um veículo e, também, como este veículo atende a alguns horários, haverá menos horários para serem atendidos na próxima iteração. Portanto, a capacidade desta linha pode mudar e, por consequência, a prioridade dos veículos nesta linha.

A mudança da capacidade da linha mencionada anteriormente é muito importante a fim de evitar que um veículo com custo baixo seja distribuído em uma linha e percorra poucos quilômetros, em detrimento de outro com custo maior que irá atender a outra linha e percorrer uma distância muito maior. Logo, se um veículo foi distribuído numa linha e ele irá atender a parte dos horários desta, é fácil de observar que a capacidade da linha tende a se alterar.

Além de escolher o veículo i e a linha n de acordo com a $Prioridade_{in}$ deve ser garantido também que serão satisfeitas as restrições de demanda da linha n . A forma de verificar se essas restrições estão sendo atendidas é a seguinte: uma vez escolhido o veículo i para ser distribuído na linha n , verifica-se se ainda existe demanda n , através das equações (3.8.) e (3.9.).

$$demanda_n > 0 \quad (3.8.)$$

caso afirmativo faz-se

$$demanda_n := demanda_n - 1 \quad (3.9.)$$

e o veículo i será designado para atuar na linha n . Se a demanda ficar zero, faça

$$prioridade_{in} = 0. \quad (3.10)$$

Isto não afetará a escolha dos próximos veículos, porque eles só serão distribuídos a uma linha n se a demanda desta for maior que zero.

Desta forma, o processo é repetido até que a demanda de todas as linhas sejam atendidas ou a frota disponível se esgote. Caso a frota se esgote, então o sistema gera um veículo fictício (ou alugado) que garante desta forma uma solução, mesmo com a demanda não satisfeita, a fim de cobrir as demandas não atendidas. Os parâmetros destes veículos fictícios devem ser de forma que os tornem muito pouco competitivos como, por exemplo, custos muito elevados para a escolha na alocação em uma linha. Com isto, eles serão minimamente utilizados nas linhas, ou seja, estes veículos deverão percorrer poucos quilômetros.

3.1.2.6. PASSOS ALGORÍTMICOS

Nesta seção serão apresentados os passos algoritmos necessários para a implementação computacional do modelo de distribuição.

- 1- entrada dos dados;
- 2- cálculo dos custos de cada veículo;
- 3- cálculo das capacidades de cada linha:
 - se ainda não houver distribuição, fazer o cálculo para todas as linhas,
 - senão fazer o cálculo somente para a linha onde houver a última distribuição;
- 4- cálculo das prioridades:
 - se ainda não houver distribuição, fazer o cálculo para todas as linhas e veículos;
 - senão fazer o cálculo para todos os veículos somente para a linha onde houver a última distribuição;

- 5- fazer a designação de um veículo para uma linha, de acordo com o vetor de prioridade,
 - se houver alguma linha com demanda maior que zero, vá para o passo 3;
- 6- fim

3.2. MODELO DE ALOCAÇÃO DOS VEÍCULOS

3.2.1. INTRODUÇÃO

O objetivo desta seção é apresentar a formulação matemática do modelo de alocação dos veículos que foram distribuídos às linhas, em seus respectivos horários. O modelo de alocação dos veículos gera uma solução viável que pode ser a ótima ou pelo menos uma boa solução. Como já foi discutido anteriormente, a obtenção da solução ótima por métodos não heurísticos, ou seja, aqueles onde é garantida sempre uma solução ótima, é praticamente impossível devido ao número elevado de variáveis associado ao problema.

A alocação dos veículos nos horários das linhas é feita usando um modelo heurístico, o qual é baseado na idéia de um algoritmo de busca em árvore. Os cortes desta árvore serão feitos de forma mais acelerada que em outros modelos de otimização como, por exemplo, no algoritmo de programação linear inteira (*branch and bound*), evitando-se com isto um aumento muito grande do número de nós, o que inviabilizaria a solução do problema. Com a aceleração dos cortes, o modelo pode chegar a uma situação em que a solução não seja ótima. Entretanto, para minimizar esse problema, o modelo utiliza-se de heurísticas que geralmente mostram boa eficiência, tendo desta forma uma resposta computacional muito rápida para a solução do problema. Em caso de necessidade, esta possibilidade de resposta rápida permite resolver o mesmo problema mais de uma vez, com parâmetros diferentes, como será utilizado no modelo de simulação (cf. seção 3.3.).

Para a resolução do modelo, são necessárias as seguintes informações: a frota distribuída à linha; os horários da linha; o tempo de viagem de cada horário (em caso de simulação, os tempos de viagem médios e o desvio padrão); as rotas da linha; o comprimento da rota; as ligações possíveis entre os pontos de saída e/ou chegada dos veículos e a distância entre esses pontos.

O tratamento matemático que será feito a seguir vai considerar o fato de a distribuição já ter sido feita através do modelo discutido anteriormente, uma vez que todas as considerações serão feitas para a linha e os veículos já distribuídos à mesma. Portanto, quando for mencionado frota, nesta seção, entende-se os veículos distribuídos àquela linha.

3.2.2. FORMULAÇÃO MATEMÁTICA

3.2.2.1. ACESSIBILIDADE

Uma das preocupações de decisão na alocação dos veículos, em seus respectivos horários, é saber quais desses horários um determinado veículo poderá fazer, dado que ele já foi designado para executar um horário anterior de uma determinada rota. Se for possível um veículo executar uma viagem que tem como origem o horário j e destino o horário k , então será dito que o horário k pode ser acessado a partir do horário j . A acessibilidade do horário j ao horário k será determinada através da inequação (3.11.) a seguir:

$$h_k \geq h_j + tv_j + tv_{jk} \quad (3.11.)$$

onde,

h_k - é o horário k de destino da viagem;

h_j - é o horário j de origem da viagem;

tv_{jk} - é o tempo de viagem necessário para executar a viagem com origem no horário j e destino no horário k ;

tvv_{jk} - é o tempo necessário para a preparação da viagem do horário k , dado que o veículo realizou a viagem do horário j .

A inequação (3.11.) permitirá verificar quais os veículos da frota que estarão disponíveis para o horário que se pretende alocar. Para efeito de análise da inequação (3.11.), uma hora é menor que outra quando ela ocorre antes desta. Por exemplo, suponha uma situação em que o veículo $v1$ executa o horário das 08:00 horas, cujo tv da rota é de 50 minutos e o tvv igual a zero, e também uma situação em que o veículo $v2$ executa o horário das 08:15 horas, cujo tv da rota é de 45 minutos e o tvv igual a zero. Pretende-se saber se alguns destes veículos pode fazer o horário das 08:55. Para verificar isso, utiliza-se a inequação (3.11.):

1) verificar se $v1$ pode acessar o horário das 08:55

$$08:55 \geq 08:00 + 50 + 0 \Rightarrow 08:55 \geq 08:50$$

Como 08:55 é maior que 08:50, $v1$ pode acessar o horário das 08:55.

2) verificar se $v2$ pode acessar o horário das 08:55

$$08:55 \leq 08:15 + 45 + 0 \Rightarrow 08:55 \leq 09:00$$

Como 08:55 é menor que 09:00, $v2$ não pode acessar o horário das 08:55.

Nesse caso, o sistema teria à sua disposição, para fazer o horário das 08:55, apenas o veículo $v1$.

3.2.2.2. CUSTOS DO VEÍCULO NA LINHA

Os custos do veículo devido a sua alocação nos horários não depende apenas do veículo, mas também da estrutura da linha na qual ele irá atuar. Como já foi dito, na prática, as linhas têm situações que provocam a

realização de custos adicionais, que no caso ideal seriam insignificantes ou nulos. Por exemplo, o custos ocorridos devido ao tempo parado dos veículos, as viagens vazias e o excesso de veículos na frota. Esses seriam os principais custos decorrentes da estrutura das linhas. O problema de determinação do número de veículo na frota é tratado na seção 3.1.

A avaliação correta desses custos é importante porque eles irão influenciar diretamente na alocação dos veículos nos horários. Para facilitar a análise desses custos, cada um deles será analisado separadamente; primeiro será vista a forma de calcular o custo do veículo devido ao comprimento da rota.

$$cvr_{ir} = custo_i * cr_r \quad (3.12.)$$

onde,

cvr_{ir} - custo do veículo i para fazer a rota r ;

$custo_i$ - o custo em R\$/km do veículo i calculado em (3.4.);

cr_r - o comprimento em km da rota r .

Como pode ser observado, o custo (3.12.) é referente ao veículo i e à rota r , logo o custo só será ativado, ou irá influenciar, quando a linha j utilizar a rota r . Isso ocorre porque as rotas são independentes das linhas, nada impede, portanto, de uma rota ser utilizada por várias linhas, embora esse não seja um procedimento comum.

Agora será calculado o custo de um veículo parado, ou seja, qual o custo de hora parada para o veículo i , que está no horário j , atender ao horário k . O cálculo do custo do tempo parado é dado por:

$$cvp_{ijk} = cp_i * tvv_{ijk} \quad (3.13.)$$

onde,

$cv_{p_{ijk}}$ - o custo de tempo parado para o veículo i fazer uma viagem com origem no horário j e destino no horário k .

cp_i - o custo de tempo parado do veículo i por unidade de tempo;

$tv_{v_{jk}}$ - definido em (3.11.).

O custo calculado em (3.13.) só tem sentido quando se está fazendo a alocação dos horários de uma linha, pois ele depende estritamente desta. Esse custo influencia diretamente na escolha dos veículos, porque pode tornar um veículo muito pouco atrativo no momento da escolha entre os candidatos que deverão atender a um determinado horário. Por isso, deve-se ter muito critério ao determinar o valor de cp_i (este parâmetro será melhor discutido na seção 4.3.5.) para evitar que alguns bons candidatos deixem de ser utilizados.

Em algumas situações é necessário andar com um veículo vazio para atender a um determinado horário, desta forma muitas vezes é evitado que seja adicionado um novo veículo à frota e, por conseqüência, aumentar o custo com os veículos parados. A seguir será mostrada a forma de calcular esse custo.

$$CVV_{ir} = CVR_{ir} * \text{indicevazio} \quad (3.14.)$$

onde,

$cv_{v_{ir}}$ - custo do veículo i andar vazio na rota r ;

cvr_{ir} - calculado em (3.12.);

indicevazio - é a parcela, ou porcentagem, do custo de uma viagem vazia em relação a uma viagem normal de um veículo em uma rota.

Quanto mais alto o ÍndiceVazio, menor o número de viagens vazias, portanto, além de ser uma medida de custo esse parâmetro pode funcionar como um controlador do número de viagens vazias.

O custo de designar um veículo para fazer um horário, dado que ele foi designado para fazer um horário anterior, pode ser calculado usando as fórmulas (3.12.), (3.13.) e (3.14.). Essas equações fornecem as informações necessárias para se encontrar o custo de um veículo que foi designado anteriormente para atender a um horário j, atender a um horário k. Esse custo está representado pela equação abaixo:

$$cal_{ijk} = cvr_{ir} + cvp_{ijk} + cvv_{ir} \quad (3.15.)$$

Ao componente custo de alocação, será acrescentado o fator de ajuste do veículo à linha. Esse fator poderá ser utilizado para penalizar os custos devido ao fato de o veículo não ser adequado para atuar na linha, pois isto afetará sensivelmente o seu desempenho. Logo, a fórmula final de cálculo do custo é a seguinte:

$$cal_{ijk} := cal_{ijr} * \frac{1}{ajuste_{in}} \quad (3.16.)$$

onde,

- $ajuste_{in}$ é o fator de adaptação do veículo i na linha atual n, na qual está sendo feita a alocação (este fator será discutido na seção 4.2.5).

3.2.2.3. MONTAGEM DA ÁRVORE

O modelo matemático utilizado na alocação dos veículos, designados para uma linha, nos horários respectivos a esta, utiliza-se de uma estrutura de busca em árvore (*branch and bound*) e das características particulares inerentes ao problema, que permite tomar algumas decisões de forma a

acelerarem os cálculos matemáticos, possibilitando, desta forma, um bom desempenho do modelo em termos de tempo de execução do problema e de qualidade da solução.

Quanto à otimalidade da solução, ela não pode ser garantida devido à forma como são utilizados os cortes da árvore, os quais evitam que aumente excessivamente o número de nós. Esses cortes podem levar o modelo a uma decisão que elimine um caminho no qual se encontraria a solução ótima. Para problemas desta natureza, pensar na solução ótima passa a ser uma utopia, devido ao elevado número de variáveis quando se trabalha com situações reais. Por exemplo, supondo um problema de pequeno porte onde se teria 20 linhas com 50 horários em cada linha, todas as linhas com o mesmo número de horários (para facilitar os cálculos) e uma frota de 50 veículos, o número de nós para o último nível da árvore levando em consideração todas as situações seria de 50^{1000} , o que é inviável devido ao tempo de processamento.

3.2.2.3.1. ESCOLHA DOS VEÍCULOS CANDIDATOS A ATENDER AOS HORÁRIOS

A escolha dos veículos para atender a um horário é feita obedecendo às restrições de acessibilidade dada pela equação 3.11. e os custos envolvidos nesta escolha dados pela equação 3.16.. A forma de encontrar quais os veículos da frota que estão disponíveis para atender a um horário k , será dada pelo conjunto VH_k a seguir:

$$VH_k = \{v_i / v_i \in VAH_{ik}\} \quad (3.17.)$$

onde,

VH_k - é o conjunto dos veículos candidatos a atender o horário k .

VAH_{ik} - é o conjunto dos veículos i cuja última viagem executada tinha como origem um horário acessível ao horário k e os veículos i que ainda não executaram nenhuma viagem.

Para efeito de análise, o conjunto VH_0 é formado pelo conjunto dos veículos designados para a linha. Pela forma de obtenção do conjunto VH_k , pode-se observar que é fundamental o conhecimento do último horário em que o veículo foi alocado, a fim de poder determinar o custo de ele ser designado como candidato a atender ao horário em questão.

Uma outra informação importante é o veículo do horário antecessor. Isto é dado informando qual o veículo que irá atender ao horário anterior de cada veículo, escolhido no conjunto VH_k . Estes antecessores serão obtidos da seguinte forma:

$$ca_{ik} = \underset{v_t \in VH_{k-1}}{\text{Min}} \{ ca_{tk-1} + cal_{ijk_r} \} \quad (3.18.)$$

onde,

ca_{ik} - é o custo acumulado até o horário k , considerando que a viagem deste horário será executada pelo veículo v_i .

$$av_{ik} = ca_{tk} \quad (3.19.)$$

onde,

av_{ik} - é o veículo $v_t \in VH_{k-1}$ que satisfaz a equação (3.18.) v_i no horário anterior $k-1$, este veículo será chamado de antecessor de v_i ;

O custo acumulado inicial do veículo, que ainda não foi alocado para nenhum horário, é nulo.

O processo de alocação acima é repetido até que todos os horários sejam atendidos. Caso em algum horário não tenha nenhum veículo que possa acessá-lo, ou seja, $VH_k = \phi$ para este horário, será designado um veículo fictício, que pode ser um veículo da frota de reserva ou mesmo um veículo alugado que complementar a frota já existente. Este problema de

falta de veículo com certeza já foi identificado anteriormente quando do momento em que foi feita a distribuição dos veículos da frota nas linhas. Caso a falta de veículo permaneça até o ponto de alocação da frota, deve-se verificar em que horário, ou horários, isto ocorrerá, pois durante o cálculo da demanda de veículos é identificado apenas o número de veículos que irá faltar para atender à linha.

3.2.2.3.2. A ALOCAÇÃO DOS VEÍCULOS NOS HORÁRIOS

A alocação de cada veículo em seu respectivo horário é feita analisando os resultados do item anterior. No último horário da linha, isto é, no horário K , tem-se os candidatos à alocação neste horário, que são os $v_i \in VH_k$. Então o modelo escolherá o veículo de menor custo, v_{uh} que é dado por:

$$v_{uh} = v_i \text{ tal que } v_i \text{ satisfaz } \underset{v_i \in VH_k}{\text{Min}} \{CA_{ik}\} \quad (3.20.)$$

onde,

- v_{uh} é o veículo que irá executar o último horário com o menor custo acumulado, considerando que todos os horários anteriores já foram atendidos.

Caso tenha mais de um veículo que atenda à equação (3.20), toma-se qualquer um dos veículos, pois o custo acumulado será o mesmo, ou seja, existe mais de uma alocação com o mesmo custo. Como se pode observar, ao determinar o veículo v_{uh} , será escolhida a alocação de menor custo segundo o modelo.

O passo a seguir é fazer a alocação dos veículos nos seus respectivos horários de forma a satisfazer as condições já mantidas anteriormente. Este processo será feito usando uma informação muito importante obtida no item anterior que é o antecessor de cada veículo segundo o horário a que ele foi alocado. Os antecessores de um mesmo veículo podem mudar de um horário para outro. Essa alocação é feita seguindo os passos abaixo:

- 1- encontre o veículo v_{uh} através da equação (3.20.) que será designado para executar o último horário k , da linha;
- 2- se $k \geq 1$, vá para o passo 3; caso contrário a alocação está concluída;
- 3- realize a alocação do veículo v_{uh} para executar o horário k ; faça $v_{uh} = a_{vik}$, $k := k - 1$ e volte ao passo 2.

3.2.2.3.3. REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA ÁRVORE

Para um melhor entendimento da forma de alocação dos veículos em uma linha, utilizando-se do modelo, será feita uma representação gráfica da árvore. Neste exemplo, cada nível da árvore representa um horário, através de um exemplo, conforme figura 3.1. Dada uma linha com cinco horários, para atender a estes horários, foram alocados três veículos. Por efeito de simplificação serão considerados apenas os custos por quilômetro rodado e de viagem vazia. O índice de ajuste dos três veículos à linha será 1. Será considerado que os cinco horários correspondem a duas rotas, rota 1 e rota 2. O comprimento das rotas é igual e é de 10 km. O custo dos veículos é de R\$ 2/km, R\$ 1/km e R\$ 3/km respectivamente e o custo de uma viagem vazia é de 50% do custo de uma viagem normal. A distância entre as rotas, para efeito de simplificação, será também de 10 km. O tempo para percorrer esta distância é de 30 minutos. O tempo de viagem da rota 1 é de 1:30 horas e o da rota 2 é de 1:00 hora.

FROTA

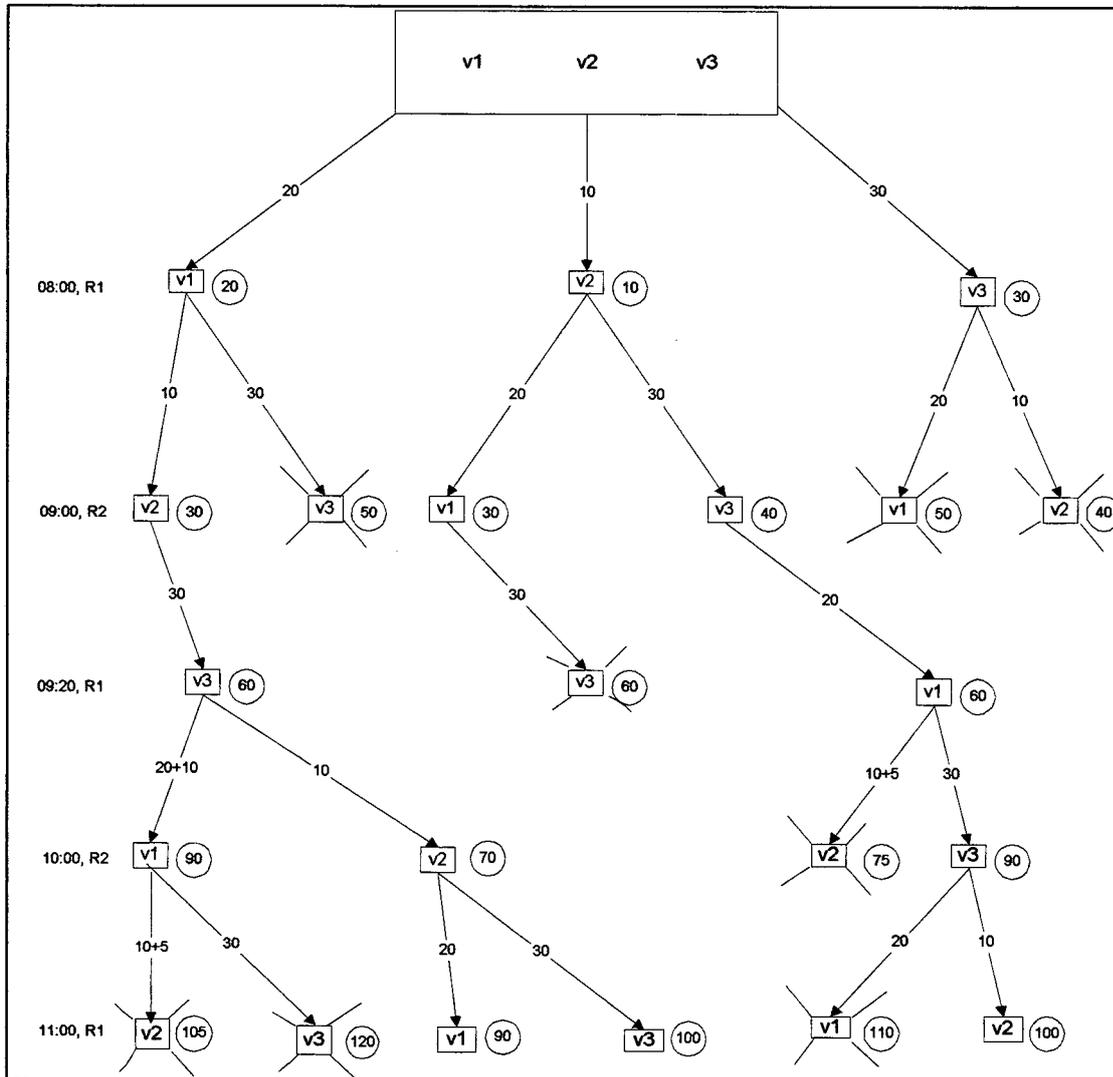


Figura 3.2. : Árvore da alocação de uma linha

Esta é a árvore montada pelo modelo durante o processo de escolha dos candidatos, entre os veículos indicados pelo modelo de distribuição à linha, no caso v_1 , v_2 e v_3 , os quais irão atender aos horários da mesma. Como pode-se observar, a cada nível da árvore o número máximo de veículos como candidatos para atender a este horário é a frota da linha, o que diminui muito o número de variáveis a serem analisadas pelo modelo e permite ao mesmo tempo uma solução viável e de boa qualidade.

Para facilitar a compreensão do modelo de alocação será apresentado um exemplo baseando-se na figura 3.1.. Considere que o modelo alocou o veículo v_3 no horário das 09:20 R1, o seu próximo passo será fazer uma alocação para o horário das 10:00 R2, então deverá ser determinado o

$$H_{10:00} = \{ v_1, v_2 \},$$

para verificar se os veículos v_1 e v_2 são candidatos a executar o horário das 10:00. A seguir verifica-se o custo de alocar o v_1 ou o v_2 no horário das 10:00, este custo é:

$$v_1 = R\$ 20 + R\$ 10,$$

os R\$ 20,00 são obtidos multiplicando o custo por km pela distância da viagem e os R\$ 10,00 são obtidos multiplicando a distância entre as duas rotas pelo custo por km e dividindo por 2;

$$v_2 = R\$ 10,00,$$

é obtido multiplicando o custo por km pela distância da viagem.

Este processo deve ser repetido para o outro veículo candidato a executar o horário das 09:20, R1 (v1). Concluindo este processo pode-se verificar que o veículo v2 aparece duas vezes como candidato para atender o horário das 10:00 R2, nesta situação o modelo elimina a opção de maior custo.

O próximo passo é encontrar a alocação dos veículos nos seus respectivos horários, que será dada pelos negritos da árvore da figura 3.2. a seguir:

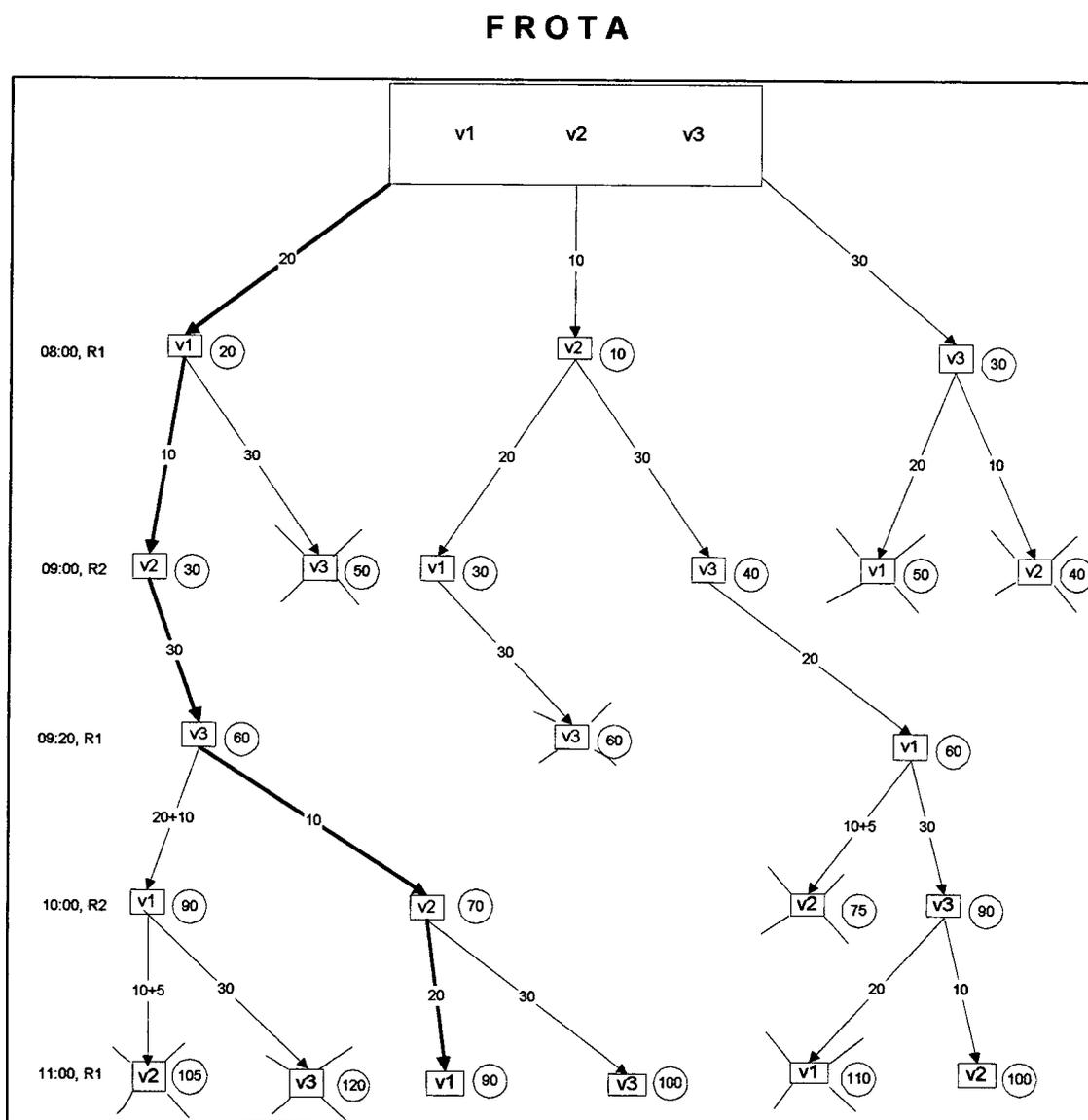


Figura 3.3. : Árvore da solução da alocação de uma linha.

No último nível da árvore, ou seja, no horário das 11:00 horas da rota R1, há dois veículos que satisfazem a equação (3.20.), v_1 e v_2 , o que possibilita duas alocações diferentes com o mesmo custo. Para efeito de solução será considerado $v_{uh} = v_1$ que tem como antecessor no horário das 10:00 horas da rota R2 o veículo v_2 , e este tem por sua vez como antecessor no horário das 09:20 horas da rota R1 o veículo v_3 , e este tem como antecessor no horário das 09:00 horas da rota R2 o v_2 , e finalmente, no horário das 08:00 horas da rota R1 o v_1 . Portanto a alocação é a seguinte:

- O veículo v_1 vai executar o horário das 08:00 horas da rota R1;
- O veículo v_2 vai executar o horário das 09:00 horas da rota R2;
- O veículo v_3 vai executar o horário das 09:20 horas da rota R1;
- O veículo v_2 vai executar o horário das 10:00 horas da rota R2;
- O veículo v_1 vai executar o horário das 11:00 horas da rota R1.

O custo de alocação é dado pelo custo acumulado até o último nível da árvore, ou seja, o custo acumulado do veículo v_1 executar o horário das 11:00 horas da rota R1 após os seus antecessores terem executado os horários para os quais foram alocados, portanto, neste caso, o custo total para atender a todos os horários da linha é de 90.

3.2.2.4. PASSOS ALGORÍTMICOS DO MODELO DE ALOCAÇÃO DOS VEÍCULOS ALOCADOS NA LINHA

Nesta seção serão apresentados os passos algoritmos necessários para implementação computacional do modelo de alocação.

1. Entrada de dados:

- ajuste do veículo à linha,
- parâmetros associados à viagem vazia,

- custo da hora parada,
 - comprimento da rota,
 - tempo de viagem,
 - IVL o conjunto dos índices dos veículos designados para a linha;
2. faça $k = 1$ e n o número de horários;
 3. faça conjunto $VH_1 = IVL$;
 4. faça $AV_{i1} = v_i$ para todo $v_i \in IVL$ e o $CA_{ik} = CVR_{ir}$;
 5. se $k = n$ vá para o passo 9, senão encontre VH_k ;
 6. calcule o custo acumulado AV_{ik} para todo $v_i \in VH_k$;
 7. calcule o antecessor CA_{ik} para todo $v_i \in VH_k$;
 8. faça $k := k + 1$ e vá para o passo 5;
 9. encontre o VUH para executar o horário k ;
 10. se $k > 1$ faça, $VUH = AV_{ik}$ e faça $k := k - 1$; senão, alocação concluída;
 11. indique o VUH para fazer o horário k e vá para o passo 10.

3. 3. MODELO DE SIMULAÇÃO DO TEMPO DE VIAGEM

3.3.1. INTRODUÇÃO

Na prática, os tempos de viagem variam de um horário para outro e o mesmo horário varia de um dia para outro; por exemplo, se hoje o horário das 9:30 teve um tempo de viagem de 55 minutos, amanhã o tempo de viagem deste mesmo horário poderá ser de 52 minutos. Para que não faltem veículos no atendimento de uma linha é comum que se faça o cálculo da necessidade de veículos na linha levando-se em consideração os tempos máximos de cada horário. Para o exemplo acima seria considerado como tempo de viagem os 55 minutos, desconsiderando, desta forma, a aleatoriedade do sistema. Isto pode onerar sensivelmente o sistema.

O modelo de simulação, aqui apresentado, tem como objetivo fazer uma análise do sistema de distribuição e alocação, possibilitando, desta forma, diminuir os custos provocados com a variação do tempo de viagem.

Para tanto, será necessária ao sistema a informação da média e do desvio padrão de cada horário, pois o comportamento destes horários variam consideravelmente com o passar dos dias. Isto não quer dizer que os tempos de viagem (TV) utilizados no cálculo da demanda e alocação serão as médias. Estas servirão como um parâmetro estatístico utilizado no modelo de simulação, podendo eventualmente ser utilizadas como o TV do horário.

3.3.2. PARÂMETROS

Os parâmetros do modelo de simulação serão determinados através de coleta de dados. Essa coleta é feita verificando o tempo real de cada viagem durante alguns dias. Com essas informações será determinada a média e o desvio padrão de cada horário em cada linha. Apesar do esforço despendido na realização deste trabalho, os resultados são compensadores, pois permite a realização da análise do comportamento do sistema de transporte representado pelo modelo, levando-se em consideração as suas variações.

Neste trabalho optou-se por uma distribuição *gama* modificada, com o objetivo de descrever o comportamento dos tempos de viagem de cada horário. A escolha desta distribuição se deve ao fato de ter a mesma um perfil no qual as dispersões dos valores não são simétricos em relação à média. De fato, as variações da distribuição para menor em relação à média, em geral são menos amplas que as observadas acima da média.

Na prática, entretanto, tal escolha deve ser alvo de um estudo que considere as diversas distribuições disponíveis e a realização de um ajuste através de critérios estatísticos.

3.3.3. GERADOR DE NÚMEROS PSEUDO ALEATÓRIOS SEGUNDO A FUNÇÃO GAMA MODIFICADA

Optou-se pelo desenvolvimento de um algoritmo tomando como base uma função já conhecida. Para obter os resultados desejados, foram feitos os ajustes necessários nos parâmetros desta função. Este algoritmo foi desenvolvido a partir do gerador de números pseudo aleatórios, desenvolvido por Ripley (1987), segundo a função de distribuição de probabilidade *gama* abaixo (veja PAPOULIS, (1965)).

$$P(X \leq x) = \frac{\alpha^\delta}{\delta - 1} \cdot X^\delta \cdot e^{-\alpha \cdot x}$$

onde $(0, \infty)$, $\alpha > 0$.

Para este problema, α é o tempo médio de viagem e δ é o desvio padrão deste.

O passos algorítmicos do gerador de números pseudo aleatórios serão apresentados a seguir:

1. Faça:

$$c1 = \alpha + 0,5\delta ;$$

$$c = \frac{2}{c1}$$

$$c2 = \frac{\alpha - \frac{1}{\delta \cdot \alpha}}{c1} ;$$

$$c3 = \frac{1}{c1} ;$$

$$c4 = c + 1 ;$$

$$c5 = \frac{0,4\delta}{\sqrt{\alpha}} .$$

2. Gere os números pseudo aleatórios uniformemente distribuídos $x1$ e $x2$;

- se $\alpha > 2,5$ faça:

$$x1 = x2 (1 + c5 (1 - 1,76.x1));$$

- se $x1 \notin (0, 1)$, vá para o passo 2.

3. Faça:

$$w = c2 \cdot \frac{x2}{x1} .$$

4. Se

$$c3.x1 + w + w^{-1} \leq c4 , \text{ vá para o passo 6.}$$

5. Se

$$c3.\ln(x1) - \ln(w) + w \leq 1 , \text{ vá para o passo 2.}$$

6. Faça:

$$x = c1.w .$$

O gráfico abaixo representa o número de ocorrências, em um intervalo de tempo, considerando o tempo dividido em intervalos de tempos de 1

minuto para uma média de tempo de viagem de 30 minutos e um desvio padrão de 3 minutos. Como pode ser observado na figura 3.3., as ocorrências abaixo da média são menos dispersas do que as acima da média.

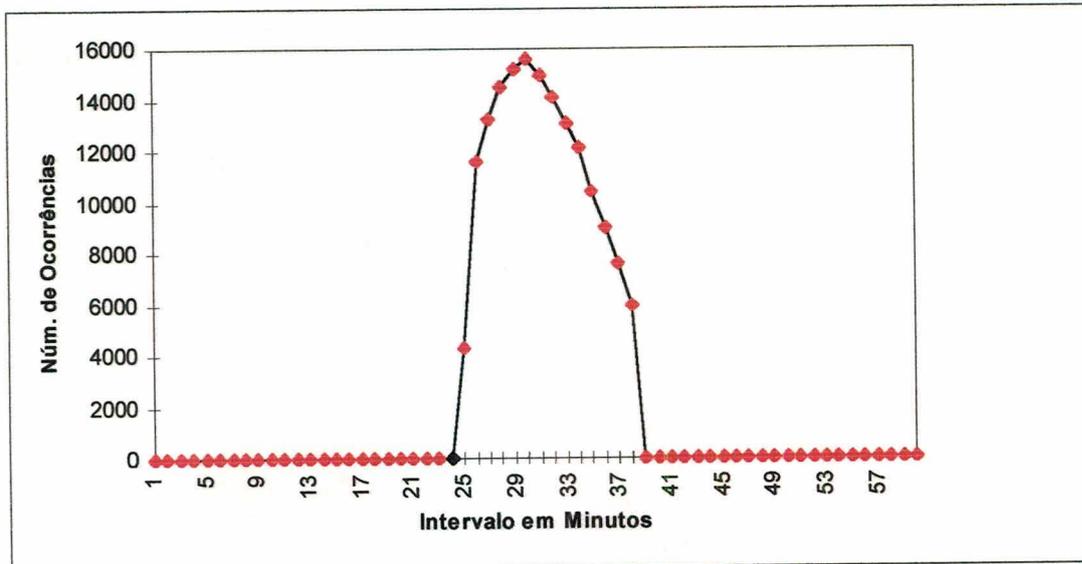


Figura 3.4.: Gráfico do número de ocorrências dos tempos de viagem com desvio padrão de 3 minuto e média de 30 minutos (dados de entrada para gerador de números aleatórios) e o números gerados tiveram um desvio padrão 3,49 e uma média 30,65.

Quando o desvio padrão diminui, a tendência é das ocorrências ficarem cada vez mais próximas da média, como pode-se observar na figura 3.4., onde a média é de 30 minutos e o desvio padrão é de um minuto.

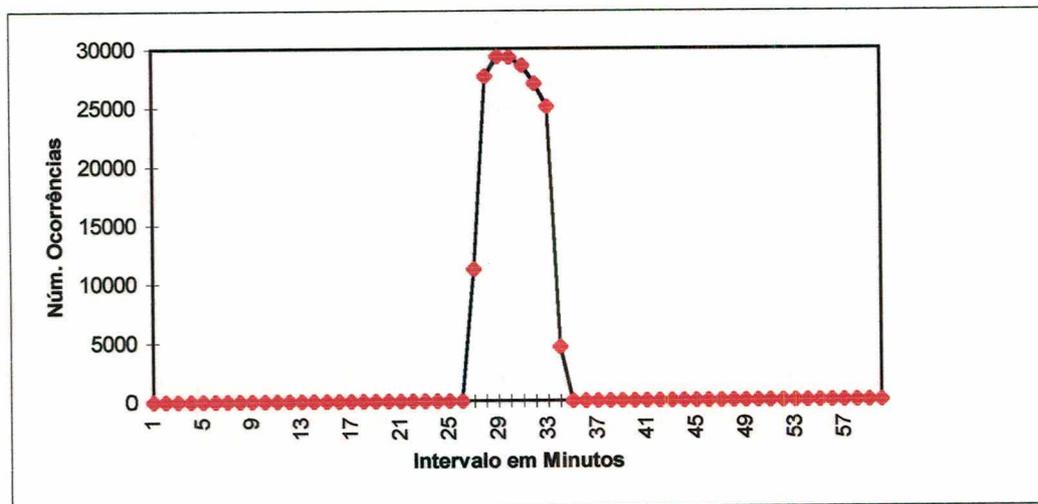


Figura 3.5.: Gráfico do número de ocorrências dos tempos de viagem com desvio padrão de 1 minuto e média de 30 minutos (dados de entrada para gerador de números aleatórios) e o números gerados tiveram um desvio padrão 1,56 e uma média 29,82.

Como pode ser observado, tanto na figura 3.5. como na figura 3.5., a distribuição do número de ocorrências antes da média é diferente da que ocorre depois da média. Isso é explicado pelo fato de que existe um considerável número de ocorrências antes da média, mas estas quase sempre estão próximas dela, pois a probabilidade de um veículo adiantar muito tempo é muito pequena, em contrapartida o aumento de tempo em relação à média pode ocorrer com uma freqüência acentuada.

3.3.3. SIMULAÇÃO DE UMA LINHA

Como já foi discutido anteriormente, o tempo de viagem em um horário não é determinístico, portanto para ter um melhor resultado na alocação de uma frota é necessário levar em consideração essa característica do problema. Com o objetivo de avaliar o desempenho das alocações feitas pelo modelo, será feita uma simulação do comportamento da alocação dos veículos de cada linha, levando-se em consideração que a distribuição já foi realizada.

O sistema de simulação considera a distribuição atual dos veículos (seção 3.1.), a média do tempo de viagem, obtida através da pesquisa de

campo, e o desvio padrão de cada horário na linha em que os veículos foram distribuídos. O planejador deverá determinar o período de planejamento que se pretende analisar e o tempo máximo de atraso permitido para que um veículo possa assumir um horário. Com estes parâmetros o planejador obtém as informações necessárias para fazer uma análise do desempenho da distribuição e da alocação dos veículos em uma linha.

Esta análise é feita refazendo a alocação dos veículos da linha a partir da distribuição original, utilizando como tempos de viagem para esta alocação os valores obtidos pelo gerador de números aleatórios proposto. Se os resultados não forem os desejados, pode-se então alterar os tempos de viagem fornecidos para o cálculo da demanda de todos os horários ou apenas dos horários nos quais foram detectados problemas.

Assim, ao acrescentar ou diminuir um *delta*, sobre o tempo de viagem pré-estipulado para os horários, refaz-se a distribuição dos veículos na linha. Esse processo pode ser repetido até que o custo de alocação dos veículos na linha (incluindo movimentação de veículo, tempo parado, veículo ocioso e perda de viagem), não possa mais ser minimizado. Quando as condições acima forem atingidas, será feita uma nova distribuição para toda a frota e uma posterior alocação, e com isto o ajuste de uma linha é levado em consideração no resto do sistema. Este ajuste é importante porque um veículo que eventualmente não está mais sendo utilizado em uma linha pode atender a uma outra linha possibilitando desta forma uma diminuição dos custos ou, no caso contrário, onde a linha necessite de mais um veículo, a escolha deste novo veículo para atender às necessidades desta linha será feita levando-se em consideração toda a frota.

3.4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo, foi apresentado um modelo que permite fazer a distribuição, alocação e a simulação de um sistema de planejamento operacional de transporte. Para facilitar a solução do problema de distribuição e alocação dos veículos de uma frota em um sistema de planejamento, ele foi tratado de forma modular, permitindo analisar cada módulo isoladamente.

Como pode ser observado no item 3.2.2.3., quando o problema é tratado de forma global, o número de variáveis tende a crescer muito rápido, logo inviabiliza uma solução em um tempo computacional aceitável.

O desempenho do modelo acima apresentado pode ser verificado nas figuras 3.6., 3.7., 3.8. e 3.9.:

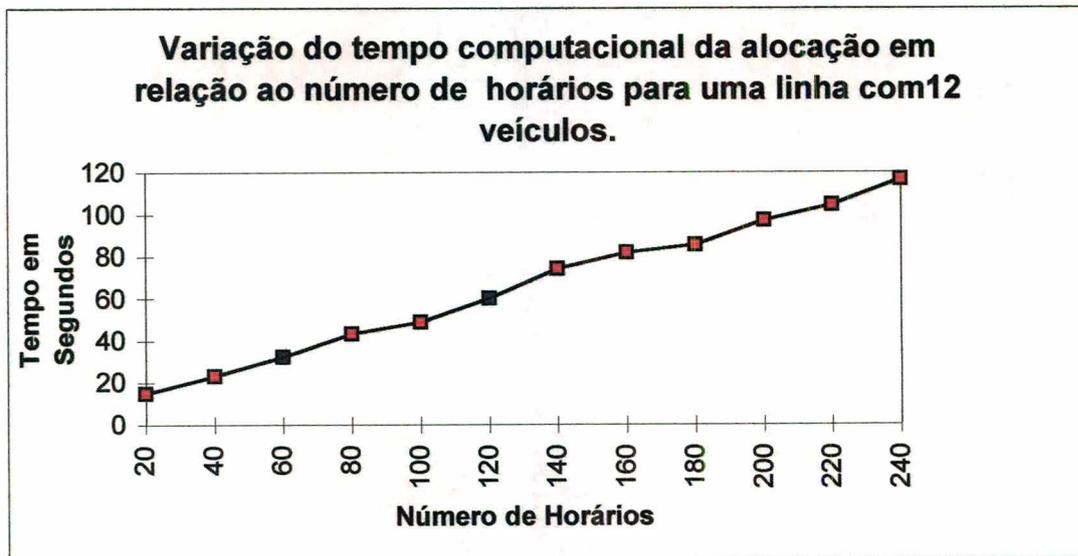


Figura 3.6.: Variação do tempo de processamento da alocação com aumento do número de horários para uma linha com 12 veículos.

Na figura 3.6., pode ser observado que mantendo o número de veículos constante e aumentando o número de horários, o tempo de processamento da alocação aumenta basicamente de forma linear, o que é um resultado importante para este tipo de problema.

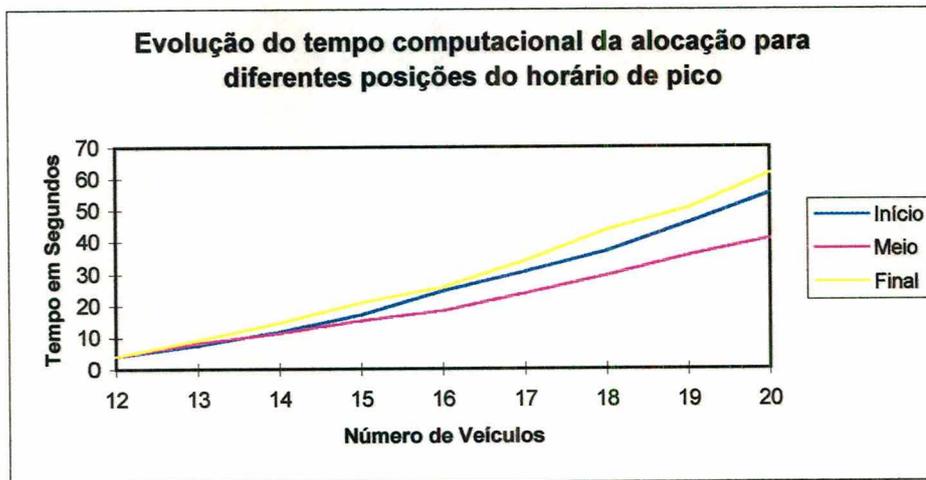


Figura 3.7.: Evolução do tempo computacional da alocação para diferentes posições do horário de pico.

Na figura 3.7., pode ser verificado que a posição do horário de pico influencia o tempo computacional, mas mantém (no intervalo observado) a sua taxa de aumento próximo da linear. Quando o pico ocorre no início do dia, todos os veículos estão disponíveis para o uso logo no início da alocação, aumentando consideravelmente o número de veículos a serem testados nas alocações posteriores. Quando o pico ocorre no final da alocação, o número total de veículos disponíveis para serem testados ocorrerá no final do período, mas os testes do último horário que eles atenderam anteriormente remetem o processamento à raiz da árvore de busca, aumentando, com isto, o tempo desses testes. No caso do horário de pico ocorrer no meio do período de alocação, tem-se uma situação intermediária onde parte do período é trabalhado com um número menor de veículos em uso e o restante deste com a frota total, fazendo com que os testes do último horário realizado pelo veículo tornem-se menos demorados.

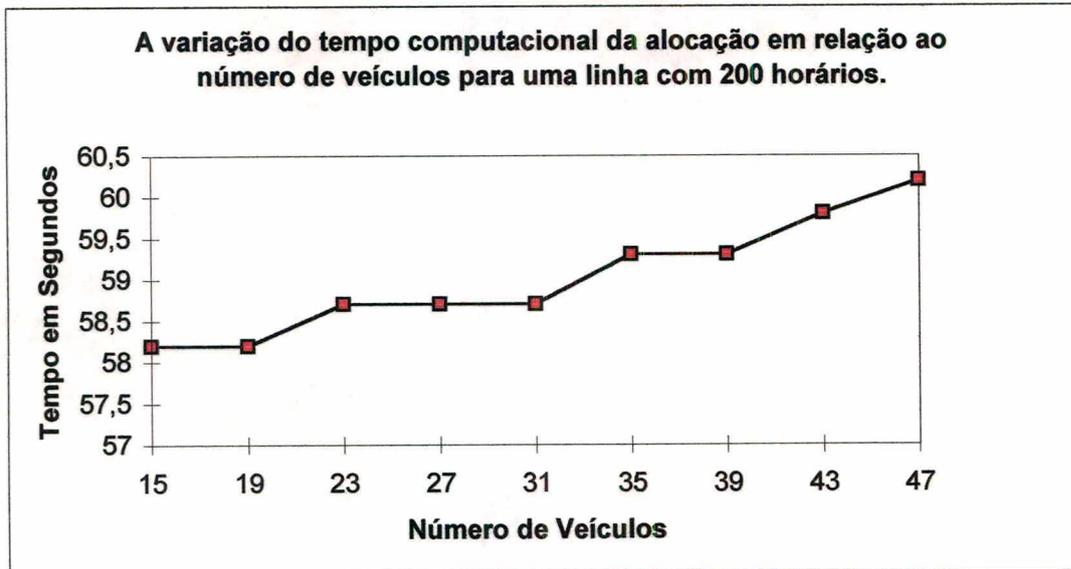


Figura 3.8.: Variação do tempo computacional da alocação em relação ao número de veículos para uma linha com 200 horários.

Como pode ser visto na figura 3.8., o tempo computacional de processamento aumenta praticamente de forma linear mantendo o número de horários fixos e aumentando o número de veículos.

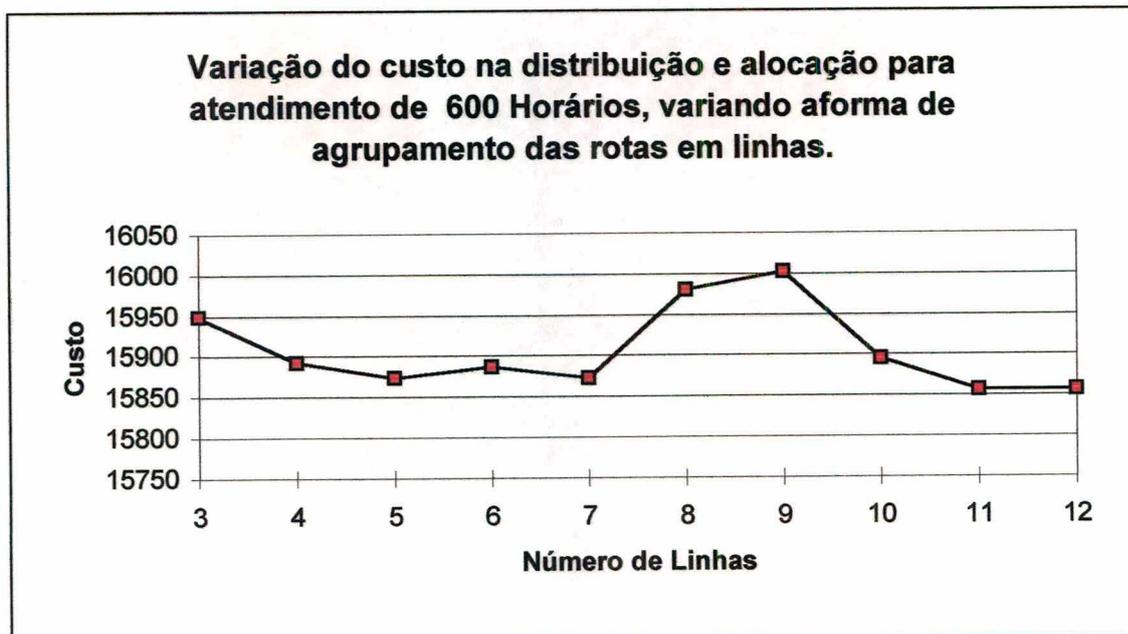


Figura 3.9.: Variação do custo na distribuição e alocação para atendimento de 600 horários, variando a forma de agrupamento das rotas em linhas.

A variação verificada na figura 3.9. é devida aos custos de viagens vazias e/ou ao custo do tempo parado dos veículos, principalmente.

Conforme pode, ainda, ser observado tal opção por divisão em linhas não mantém uma relação direta de causa e efeito com os custos. De fato, o resultado obtido na figura 3.8. é bastante influenciado pela forma de como os horários e as rotas são agrupadas na formação das linhas. Outra consequência que pode aparecer com este tipo de opção é o aumento do tempo computacional que tem sua taxa de crescimento maior com o aumento do número de horários da linha do que com o número de linhas, basta comparar as figuras 3.6. e 3.7..

Além de uma solução para o problema de planejamento operacional, o modelo oferece uma opção de análise dos resultados desse planejamento, através de um sistema de simulação, o qual permite ao planejador verificar se a frota escolhida consegue atender aos horários estabelecidos, dentro de uma certa margem de segurança.

CAPÍTULO IV

4. IMPLEMENTAÇÃO DO MODELO

4.1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo, será apresentada a implementação computacional do modelo proposto no capítulo III, que é formada de três partes. Na primeira parte, será apresentada a implementação do modelo de distribuição dos veículos que irão atender às respectivas linhas; na segunda parte, será apresentada a implementação do modelo de alocação que irá determinar os horários que os veículos distribuídos a cada linha irão atender; e, na última parte, será apresentada a implementação do modelo de simulação que permite ao usuário fazer uma análise sobre a distribuição e a alocação feitas pelo primeiro e segundo modelos, respectivamente.

Uma das grandes vantagens do modelo proposto é a rapidez na solução do problema, como, por exemplo, para achar a distribuição e alocação de uma frota de 48 veículos em 12 linhas com um total de 600 horários, leva-se aproximadamente dois minutos em um micro computador 486 Dx-4, o que pode ser considerado um tempo muito bom, dadas as características do problema. Esta eficiência é obtida devido ao fato de o problema ser tratado de forma modular e também devido às heurísticas utilizadas no modelo. A vantagem de tempo não teria nenhum valor se a solução obtida fosse totalmente inadequada e isto, como pode-se verificar nos resultados dos anexos II, III, IV e V, não ocorre, apesar de a solução obtida não ser necessariamente a ótima. Para esse tipo de problema, uma solução não necessariamente ótima não significa uma perda de qualidade,

uma vez que ainda não foi encontrado um algoritmo com complexidade polinomial que encontre a solução ótima.

A seguir, será apresentado o sistema computacional WinBus 98, que possibilita ao planejador fazer a programação da frota dos veículos nas linhas.

4.2. ENTRADA DE DADOS

A parte de entrada de dados do sistema WinBus 98 é feita com a ajuda de uma janela que facilita consideravelmente esta função, além disso, o programa faz uma crítica dos dados evitando, desta forma, alguns erros de digitação. Quando o programa é acionado, ele mostra uma janela onde serão encontrados quatro ícones: Arquivos, Procedimentos, Relatórios e Ajuda. A janela está representada na figura 4.1.:

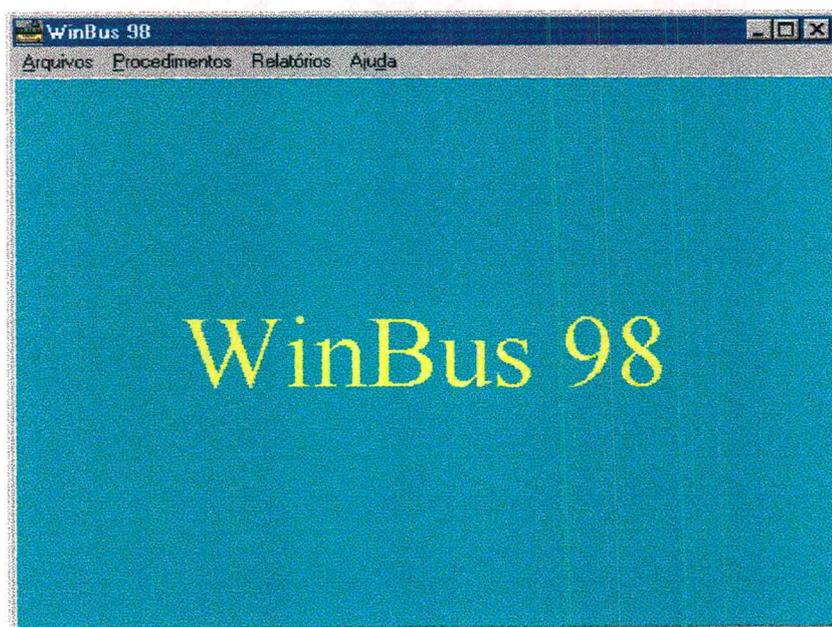


Figura 4.1. : Tela ativada quando o programa é iniciado.

A seguir serão descritos os ícones da janela acima e as janelas abertas a partir deles. O ícone "Arquivo" abre um conjunto de opções que

permite ao usuário fazer a entrada de dados ou a atualização dos mesmos. Estas opções aparecem na janela que está representada pela figura 4.2.:

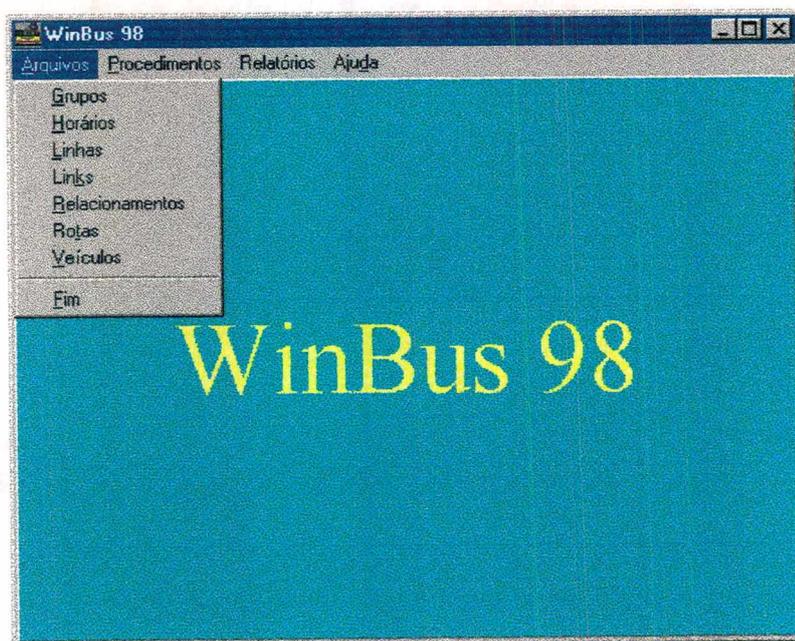


Figura 4.2. : Tela utilizada para escolher o item de entrada de dados ou a alteração de um dado

A seguir serão descritas as funções das opções que aparecem ao acionar o ícone “Arquivos”, com exceção da opção “Fim” que, ao ser acionada, desliga o programa.

4.2.1. GRUPOS

Os grupos são formados pelos veículos que têm características idênticas ou funções idênticas, desta maneira, estes veículos podem atender à mesma linha, com o mesmo desempenho. A forma de entrada dessas informações é feita através de uma janela, que está representada pela figura 4.3.:

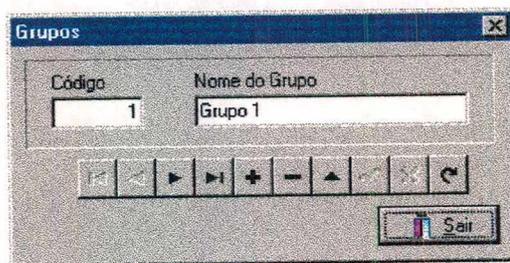


Figura 4.3. : Tela utilizada para adicionar ou eliminar um Grupo.

- Código: neste campo deve ser digitado o código do grupo;
- Nome do grupo: neste campo deve ser digitado o nome do grupo.

Através dos ícones localizados na parte de baixo da janela, é possível simplesmente observar quais os grupos existentes, ou adicionar um novo grupo, ou corrigir um grupo existente ou eliminar um grupo. Com essas opções é possível manter sempre o banco de dados atualizado.

4.2.2. HORÁRIOS

Aqui são informados os horários de partida dos veículos referentes a cada linha; o tempo de viagem que será utilizado para o cálculo do número de veículos necessários para atender à linha (este tempo é que será utilizado para calcular a demanda); o tempo médio de viagem; o desvio padrão deste horário; se este horário vai ocorrer em um dia de semana, num sábado ou em um domingo; e a que rota ele pertence. Ao acionar esta opção, aparece uma janela que está representada pela figura 4.4.

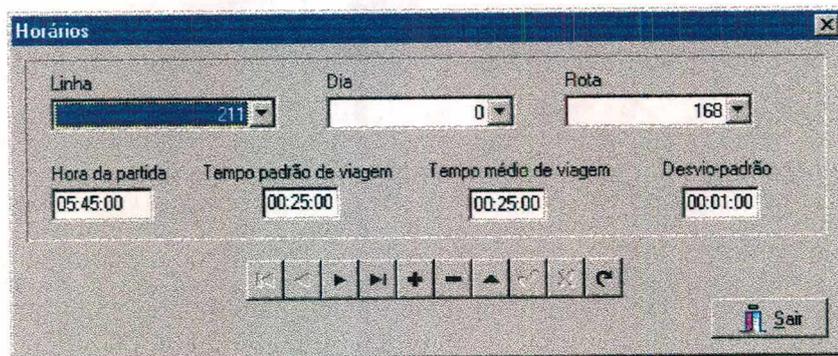


Figura 4.4. : Tela utilizada para alterar, adicionar ou eliminar um horário de uma linha em uma rota de um tipo de dia.

- Linha: neste espaço é indicada a linha do horário a ser criado. Veja na figura 4.5.:

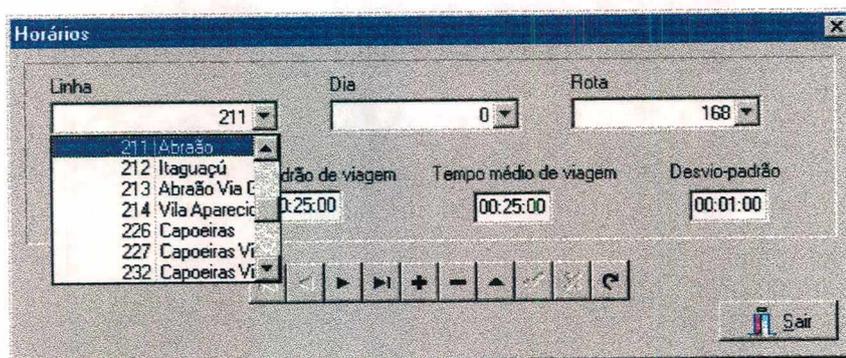


Figura 4.5. : Tela utilizada para indicar a linha em que o horário foi alterado ou adicionado

- Dia: neste espaço é escolhido o tipo de dia a que pertence este horário a ser criado. Veja na figura 4.6.:

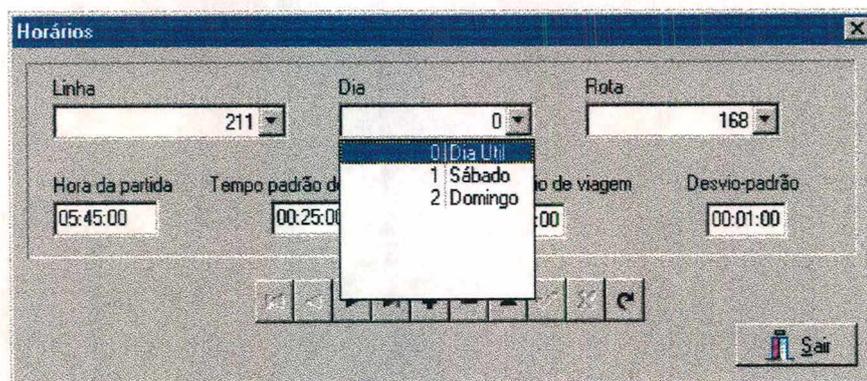


Figura 4.6. : Tela utilizada para escolher o tipo de dia do horário que foi alterado e/ou adicionado

- Rota: neste espaço é indicada a rota a que pertence este horário. Veja na figura 4.7.:

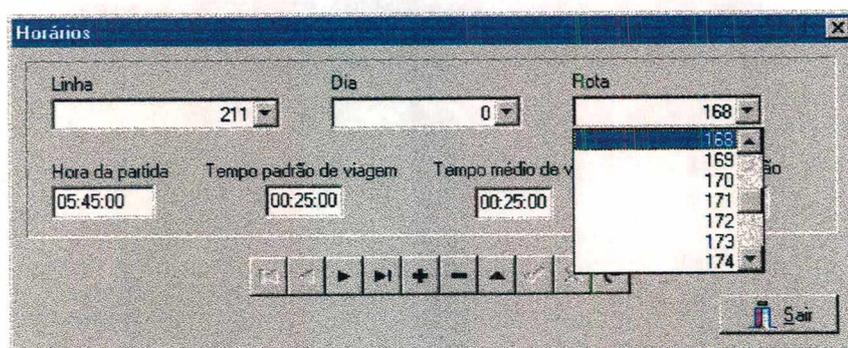


Figura 4.7. : Tela utilizada para escolher a rota do horário que foi adicionado e/ou alterado.

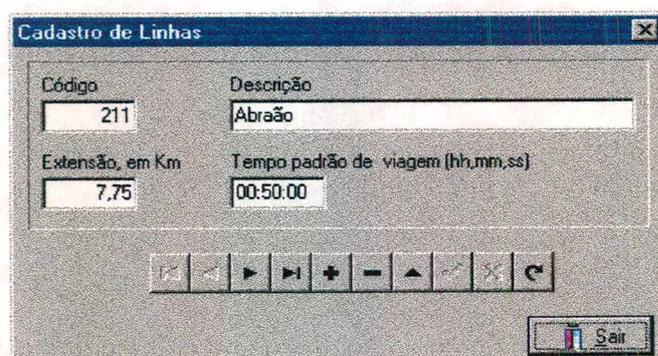
- Hora de partida: neste espaço será digitada a hora de partida (hora, minuto e segundo);
- Tempo de viagem: neste espaço será digitado o tempo necessário para executar a rota escolhida neste horário;
- Tempo médio de viagem: neste espaço será digitado o tempo médio de viagem, calculado estatisticamente a partir de observações;

- Desvio padrão: é o desvio padrão dos tempos de viagem calculados neste horário.

O fato de existir um TV fornecido pelo usuário que pode ser diferenciado daquele TV-médio calculado, possibilita a este usuário influenciar no cálculo da demanda e com isto determinar um novo resultado no seu plano operacional. Para poder tomar estas decisões devem-se levar em consideração as análises feitas através do modelo de simulação.

4.2.3. LINHAS

Uma linha é um conjunto de rotas que a princípio atende a uma mesma região. Este ícone serve para adicionar uma linha; retirar uma linha; ou simplesmente alterar informações de uma linha. Ao ser acionado o ícone "Linha", vai aparecer uma janela, que está representada pela figura 4.8.:



A imagem mostra uma janela de software intitulada "Cadastro de Linhas". Ela contém quatro campos de entrada:

Código	Descrição
211	Abraão
Extensão, em Km	Tempo padrão de viagem (hh:mm:ss)
7,75	00:50:00

Abaixo dos campos, há uma barra de ferramentas com ícones para navegação e edição, e um botão "Sair" no canto inferior direito.

Figura 4.8. : Tela utilizada para cadastrar, alterar ou eliminar uma linha.

- Código: neste espaço deve ser preenchido o código da linha, ou seja, uma identificação da mesma;
- Descrição: como o próprio nome diz, aqui será preenchida uma descrição mais completa da linha para facilitar sua identificação.
- Extensão, em km: este espaço será preenchido com a distância esperada que um veículo irá percorrer se ele for distribuído àquela linha.

- Tempo padrão de viagem (hh:mm:ss): neste espaço será digitado o tempo esperado que um veículo levará para cumprir uma rota desta linha. Este tempo é dado em hora, minuto e segundo.

Para que os dados informados nesta figura sejam aceitos e não provoquem nenhuma interpretação errada dos resultados do programa, eles devem ser preenchidos corretamente. Para minimizar estes erros, o programa faz uma crítica prévia na entrada de dados, por exemplo, se for digitado um tempo de 2:80:00 o mesmo será rejeitado.

4.2.4. LINKS

Os links são as ligações permitidas entre os pontos de parada dos veículos, ou seja, quando o modelo permite que um veículo se desloque de um ponto para outro. Esta informação é importante para evitar que o programa teste opções de trocas de rotas inviáveis. Este ícone é usado para fazer uma atualização das informações dos links ou adicionar ou trocar um link. Ao acionar o ícone, irá aparecer uma janela que está representada pela figura 4.9.:

Figura 4.9. : Tela utilizada para determinar as ligações possíveis entre os terminais de viagens.

- Origem: neste espaço será digitado o código do ponto onde o veículo se encontra;
- Destino: neste espaço será digitado o código do ponto para onde o veículo será mandado;

- Tempo: neste espaço será digitado o tempo de viagem (horas, minutos e segundos) entre origem e destino de um link;
- Distância: neste espaço será digitada a distância em km entre origem e destino de um link.

4.2.5. INTER-RELAÇÃO

A inter-relação entre os grupos de veículos e as linhas é dada por um índice entre 0 e 1 que indica o nível de adaptação dos veículos deste grupo com a linha que eles deveriam atuar. Quanto maior este índice, maior a adequação dos veículos deste grupo para atuarem nesta linha. Caso um grupo de veículos seja totalmente inadequado para atuar em uma linha, basta dar a este grupo índice zero que com certeza nenhum veículo deste grupo irá atuar nesta linha. Ao acionar esta opção irá aparecer uma janela que está representada pela figura 4.10.:

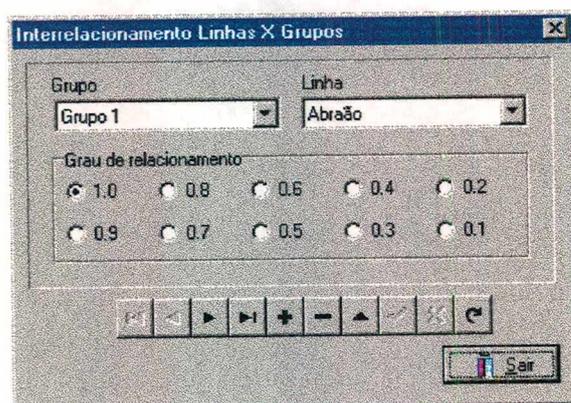


Figura 4.10. : Tela utilizada para determinar a inter-relação entre um grupo e uma determinada linha.

Como pode-se observar na figura acima, os veículos do Grupo 1 são totalmente adequados para atuarem na linha do Abraão.

- Grupo: neste espaço é permitido escolher com que grupo será feita a inter-relação. Veja figura 4.11.:

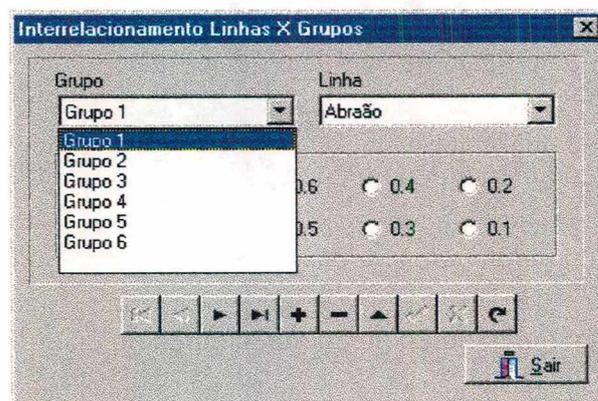


Figura 4.11. : Tela utilizada para escolher o grupo com o qual será feita a inter-relação.

- Linha: neste espaço é permitido escolher com que linha será feita a inter-relação. Veja figura 4.12.:

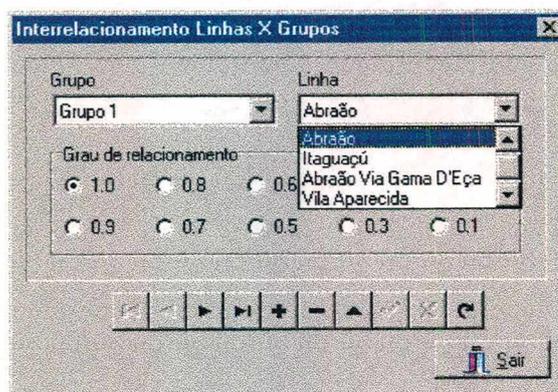


Figura 4.12. : Tela utilizada para escolher a linha com a qual será feita a inter-relação.

- Grau de relacionamento: para determinar o grau de relacionamento basta acionar um dos valores da tabela. Caso não sejam acionados nenhum deles, assume-se que o grau é zero.

4.2.6. ROTAS

Uma rota é aquela trajetória a ser cumprida por um conjunto de veículos. Em uma linha pode haver uma ou mais rotas. O ícone “Rotas” serve para adicionar, eliminar ou atualizar uma rota. Após acioná-lo, o programa apresenta a figura 4.13.:

Código	Origem	Destino	Distância
181	423	427	16.96

Observações
Somente no período escola

Figura 4.13. : Tela utilizada para cadastrar e/ou alterar uma rota.

- Código: neste espaço será digitada uma identificação da rota;
- Origem: neste espaço será digitado o código do ponto onde inicia a rota;
- Destino: neste espaço será digitado o código do ponto onde termina a rota;
- Distância: é a quantidade em quilômetros que um veículo vai percorrer nesta rota.
- Observações: são informações que facilitam a identificação de uma rota.

4.2.7. VEÍCULOS

Este ícone é acionado quando se pretende alterar as informações sobre os veículos, adicionar ou eliminar alguns veículos. Após acionar o ícone “Veículos” irá aparecer a janela que está representada pela figura 4.14.:

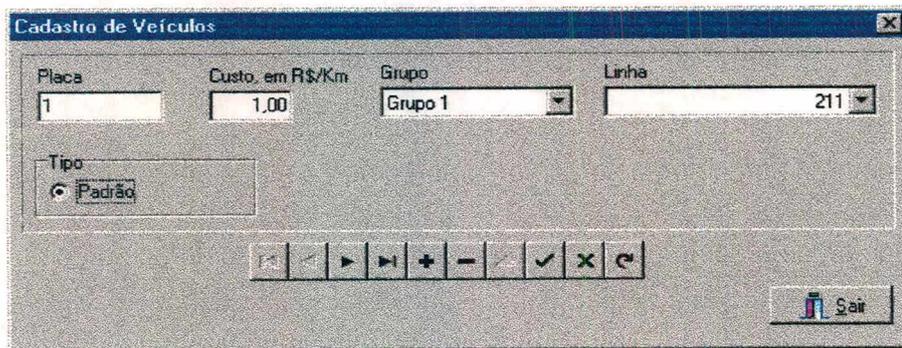


Figura 4.14. : Tela utilizada para cadastrar os veículos.

Como pode ser observado, há vários espaços a serem preenchidos ou atualizados:

- Placa: neste espaço será colocada uma identificação para o veículo;
- Custo de operação em R\$/km: neste espaço será colocado o custo de um veículo para fazer um km.
- Grupo: neste espaço há o ícone que lhe permite escolher o grupo a que o veículo pertence, esta informação serve posteriormente para o modelo distribuir o veículo na linha, devido a sua adaptação à mesma. Veja figura 4.15.:

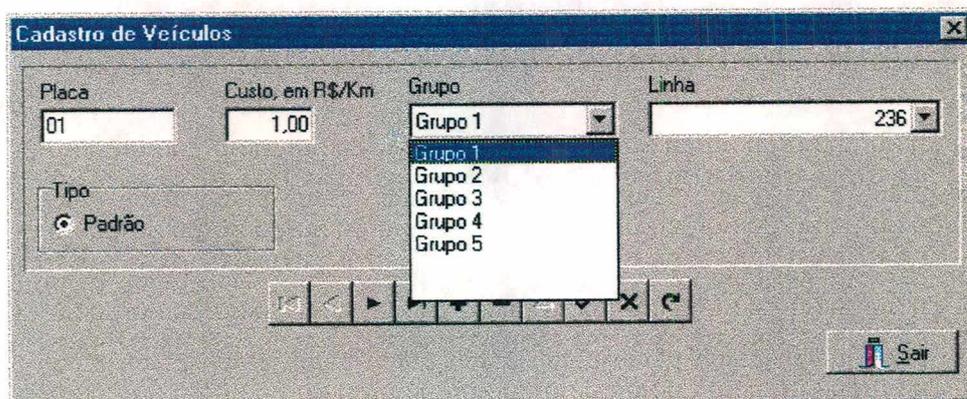


Figura 4.15. : Tela utilizada para indicar o grupo do veículo a ser cadastrado.

- Linha: este espaço será preenchido pelo programa durante a sua execução, nele estará a linha na qual o veículo foi distribuído.

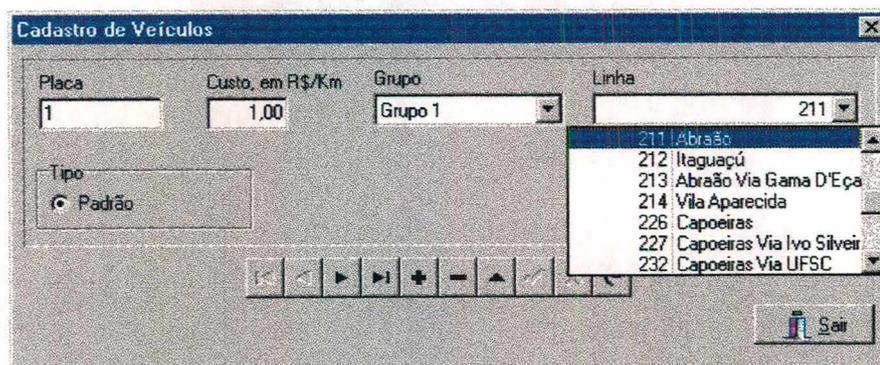


Figura 4.16. : Tela utilizada para indicar a linha onde o veículo foi distribuído.

- Tipo de veículo: neste ponto é informado se o veículo é padrão ou não;

Os símbolos ao pé da figura 4.16. são ícones auto-explicativos e, como em todas as demais janelas de entrada de dados, auxiliam na alteração das informações que podem ser mudadas, adicionadas ou eliminadas; basta colocar o cursor sobre eles para saber suas funções. Por exemplo, quando o cursor ficar sobre o ícone “+” aparecerá a informação “adiciona registro”, e assim funciona para todos os outros ícones.

4. 3. PROCESSAMENTO

A parte de processamento computacional do modelo propriamente dito é feita acionando o ícone “Procedimentos”. Ao acionar este ícone ficará disponível ao usuário um conjunto de opções, como, por exemplo, a distribuição dos veículos da frota nas linhas ou a simulação do desempenho de uma distribuição previamente feita. Cada uma destas opções serão discutidas a seguir. A janela onde o usuário poderá encontrar estas opções pode ser observada na figura 4.17.:

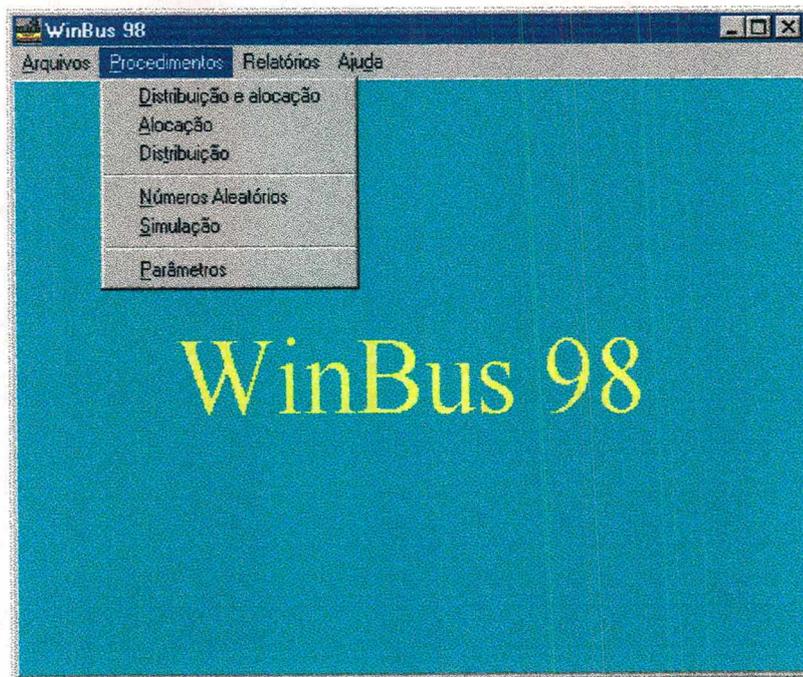


Figura 4.17. : Tela utilizada para escolher o tipo de processamento a ser feito.

4.3.1 DISTRIBUIÇÃO E ALOCAÇÃO

Após ser acionada esta opção, o programa abre uma janela para que o usuário possa indicar para que tipo de dia será feito o processamento. A janela está representada pela figura 4.18.:

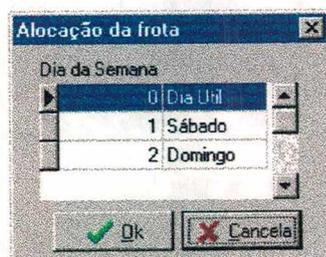


Figura 4.18. : Tela utilizada para determinar o tipo de dia que será considerado no processamento

Após a escolha do dia, o modelo calcula a distribuição dos veículos da frota nas linhas, usando o algoritmo da seção 3.1.; e calcula a alocação dos

mesmos, escolhidos para cada uma das linhas em todos os seus horários, usando o algoritmo da seção 3.2.. Este tipo de escolha não leva em consideração as possíveis variações nos tempos de viagem.

4.3.2 ALOCAÇÃO

Nesta opção, o modelo faz apenas a alocação dos veículos de uma ou mais linhas que serão escolhidas na janela, levando-se em consideração que já houve a distribuição dos mesmos, usando o algoritmo da seção 3.2.. A janela que permite a escolha da linha ou das linhas e do tipo de dia, para que seja feita a alocação dos veículos, está representada pela figura 4.19.:

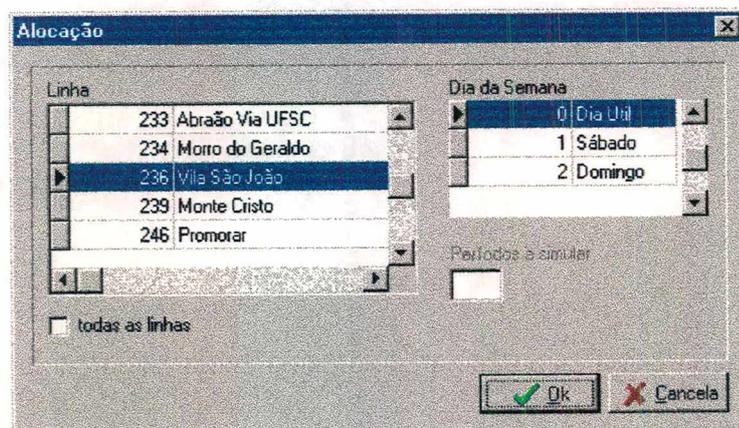


Figura 4.19. : Tela utilizada para escolher a linha (ou todas as linhas) onde será feita a alocação e o tipo de dia a ser usado.

4.3.3. DISTRIBUIÇÃO

Ao acionar esta opção, o modelo, através do algoritmo da seção 3.1., vai determinar quais os veículos da frota que irão atender a esta ou àquela linha com o menor custo. Como na seção 4.3.2., esta opção do programa pede ao usuário o tipo de dia abrindo a janela, representada pela figura 4.20.:

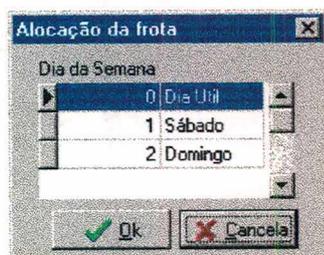


Figura 4.20. : Tela usada para determinar o tipo de dia utilizado para fazer a distribuição da frota nas linhas.

Após escolhido o tipo de dia, o modelo de distribuição é acionado imediatamente e aparece para o usuário a seguinte mensagem:

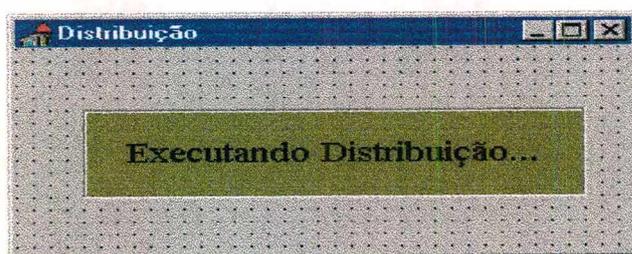


Figura 4.21. : Tela avisando que o sistema está executando a distribuição da frota nas linhas

4.3.4. SIMULAÇÃO

Nesta opção, é acionado o programa de simulação da seção 3.3., o que significa analisar o comportamento da alocação dos veículos nas linhas. Esta análise poderá ser feita em cada linha separadamente ou em todas as linhas ao mesmo tempo. Esta escolha é possível usando a janela que está representada pela figura 4.22.:

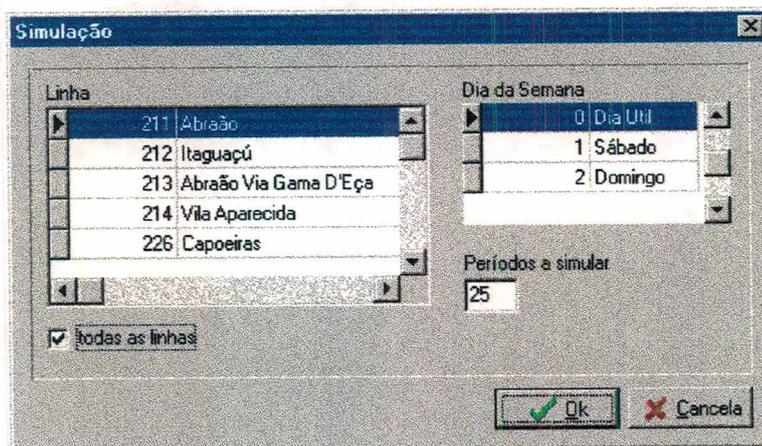


Figura 4.22. : Tela utilizada para escolher a linha (ou todas as linhas) que deverá ser simulada e o tipo de dia a ser considerado na simulação

Como pode ser observado na janela acima, o usuário pode escolher o período de planejamento que irá fazer a simulação; se irá fazer em uma linha ou em todas as linhas; e o tipo de dia que pretende simular.

4.3.5. PARÂMETROS

Esta opção permite ao usuário mudar alguns parâmetros que influenciam no desempenho e na análise do modelo. Estes parâmetros estão representados na figura 4.23.:

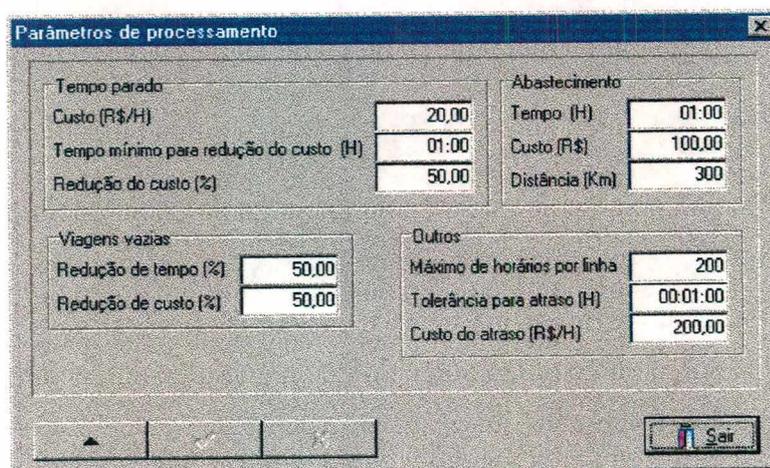


Figura 4.23. : Tela utilizada para entrar com os parâmetros necessários para ajustar o processamento de acordo com as necessidades do usuário.

Parâmetros relativos ao tempo parado:

- Custo (R\$/H): qual o custo do veículo por hora parada;
- Tempo mínimo para redução do custo (h): a partir desse tempo, o custo de hora parada de um veículo será reduzido;
- Redução do custo (%): a porcentagem de redução após passar o tempo mínimo para redução de custo.

Parâmetros relativos a viagens vazias:

- Redução de tempo (%): a porcentagem de redução no tempo de viagem, dado que o veículo está viajando vazio;
- Redução de custo (%): a porcentagem de redução no custo/km, dado que o veículo está viajando vazio.

Parâmetros relativos ao abastecimento:

- Tempo (H): o tempo que um veículo leva para abastecer;
- Custo (R\$/Km): custo por quilômetro;
- Distância (km): a distância para abastecer.

Parâmetros relativos a outros:

- Máximo de horários por linha: é o número máximo de horários que pode ser alocado em uma linha;
- Tolerância por atraso (H): é o tempo máximo que um veículo pode chegar atrasado e ainda assumir um horário para o qual estava alocado.

Todos esses parâmetros possibilitam ao usuário um controle sobre o desempenho da frota, como, por exemplo, no caso do parâmetro tempo

mínimo para redução do custo, será determinado um tempo mínimo para que o veículo possa ficar parado e não tenha a ele associada uma guarnição completa, o que aumentaria consideravelmente o custo da hora parada. Caso contrário, quando esse tempo mínimo não é atingido, considera-se o custo da hora parada maior por haver uma guarnição associada ao veículo.

Um outro parâmetro interessante é o da tolerância por atraso. Ele permite ao usuário uma flexibilidade na determinação dos horários a serem atendidos pela sua frota, o que pode diminuir o número de veículos necessários ao atendimento de suas necessidades.

Não menos importante é a determinação de todos os outros parâmetros, pois um ajuste correto desses permite um melhor desempenho de toda a frota e um atendimento adequado das necessidades do sistema de transporte. Esta importância pode ser observada nos gráficos abaixo: no gráfico da figura 4.24. é mostrada a variação do percentual de atraso e dos gastos com horas paradas quando é variado o valor do custo do atraso; já no gráfico da figura 4.25. é mostrada a relação entre o custo da hora parada e o percentual de atraso.

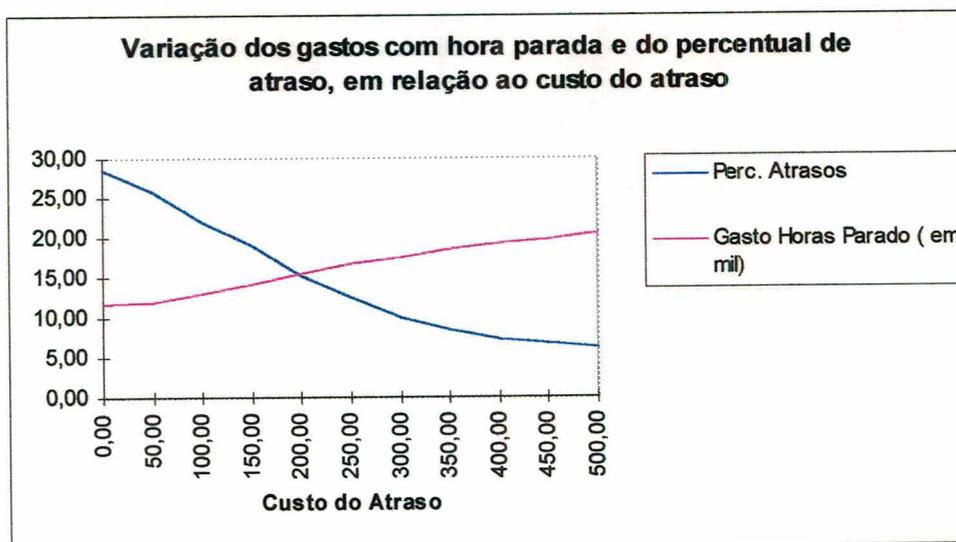


Figura 4.24. : Variação dos gastos com hora parada e do percentual de atraso, em relação ao custo do atraso.

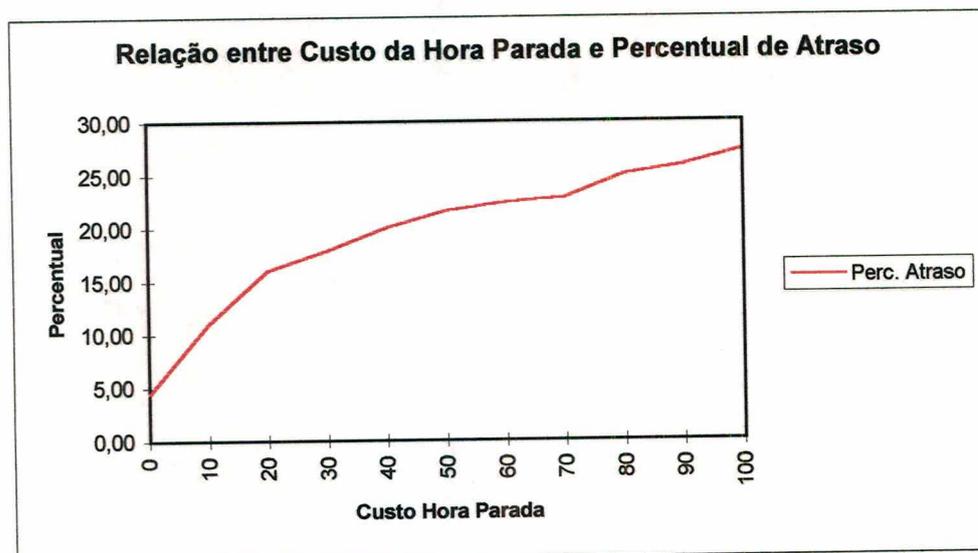


Figura 4.25.: Variação do percentual de atraso, em relação ao custo da hora do veículo parado.

Como pode ser visto nas figuras 4.24. e 4.25., os valores dos parâmetros atuam diretamente nos custos e/ou no tipo de solução que o usuário pretende obter. Considerando os outros parâmetros constantes, com a variação do custo do atraso, o percentual de atrasos e os gastos com hora parada também variam e com isto tem-se uma mudança no tipo de solução que é: uma solução com mais atrasos ou menos atrasos; e uma mudança nos gastos com hora parada.

4.4. RELATÓRIOS

O objetivo de um relatório é fornecer ao usuário informações confiáveis, claras e de qualidade de forma que as decisões sobre o funcionamento operacional do sistema sejam confiáveis. Os relatórios emitidos durante o processamento fornecem os resultados necessários para o usuário tomar as decisões corretas na operação do sistema.

Este modelo oferece ao usuário, na prática, um conjunto de relatórios, contendo uma proposta de programação da frota e uma análise do comportamento desta frota durante um determinado número de aplicações de

sua programação. Para acessar os relatórios, deve ser acionado o ícone “Relatórios” e, posteriormente, deve ser escolhida uma das opções, que estão representadas na figura 4.26.:

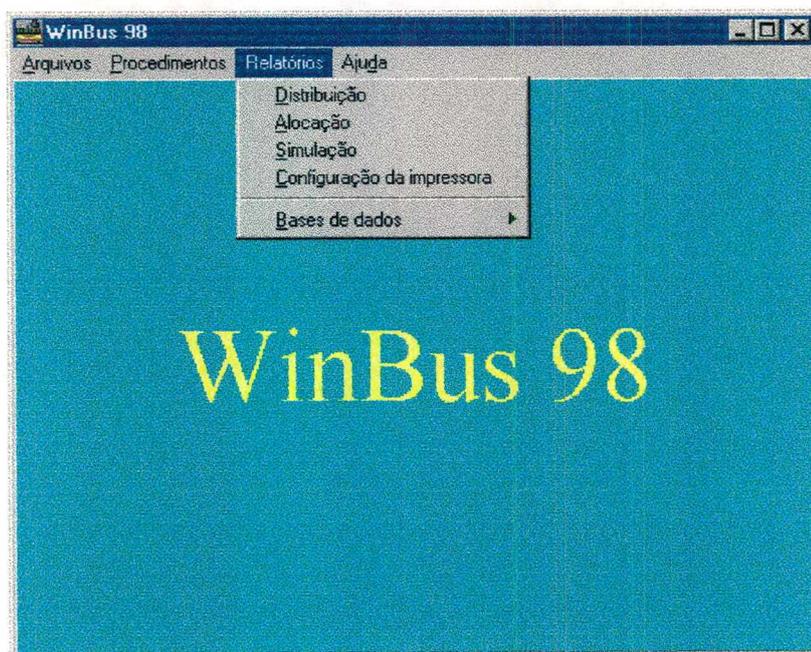


Figura 4.26. : Tela utilizada para escolher o tipo de relatório que se deseja.

4.4.1. DISTRIBUIÇÃO

Neste relatório, é apresentada a relação dos veículos que estarão disponíveis para a alocação na linha. Ao acionar esta opção, o programa vai mostrar para o usuário a janela abaixo, para que ele possa escolher o relatório referente à distribuição da linha em um tipo de dia específico. No anexo II, é mostrado um exemplo de distribuição dos veículos na linha 211 Abraão, em um dia útil. Esta escolha está representada pela figura 4.26.:

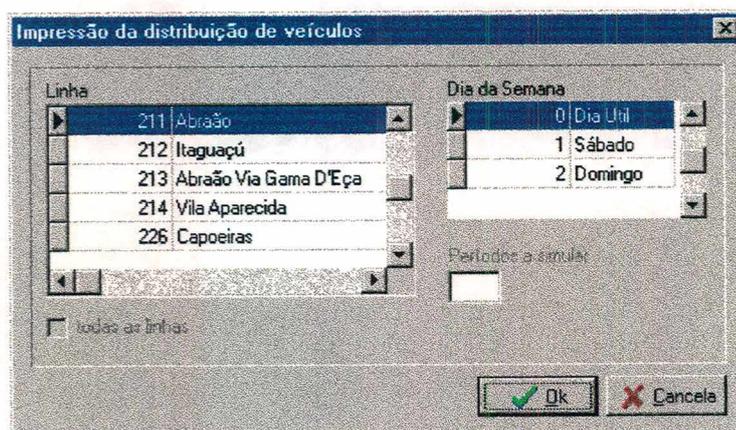


Figura 4.27. : Tela utilizada para pedir o relatório de distribuição de veículos em uma linha, referente a um tipo de dia.

4.4.2. ALOCAÇÃO

Ao acionar esta opção, o programa apresentará ao usuário uma janela que lhe permite escolher o relatório da alocação em uma determinada linha. Neste relatório, constam as informações referentes aos horários dos veículos designados para atender à respectiva linha. No anexo III, é mostrado um exemplo do relatório da alocação dos veículos nos horários da linha 211 Abraão, em um dia útil. Esta escolha está representada pela figura 4.28.:

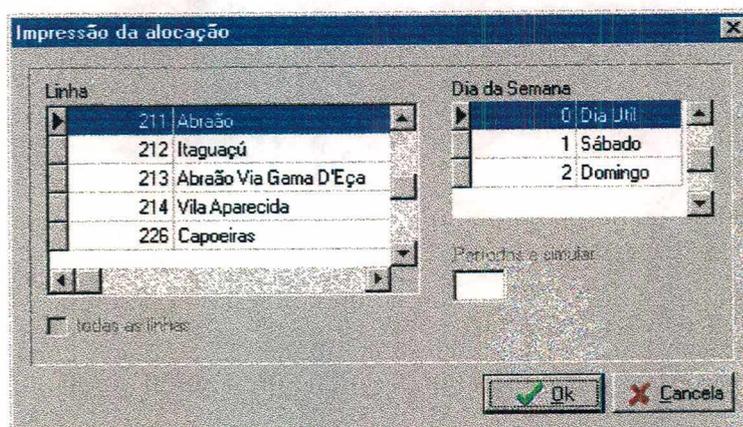


Figura 4.28. : Tela utilizada para pedir o relatório de alocação de veículos em uma linha, referente a um tipo de dia.

4.4.3. SIMULAÇÃO

Nesta opção, serão apresentados os relatórios da simulação. Esses relatórios são compostos por: (1) o relatório dos horários que não foram atendidos durante a simulação; (2) o relatório dos tempos em que os veículos ficaram parados; (3) o relatório dos tempos de atraso dos veículos; (4) o relatório do custo em hora parada e o total de hora parada dos veículos.

O primeiro relatório fornece a linha, o horário e o número de ocorrências da falta de atendimento, durante a simulação, por exemplo, se o horário das 8:00 horas da linha 211 não foi atendido na terceira simulação, o relatório avisa: "horário não atendido: 8:00, linha 211, simulação 3".

O segundo relatório separa em intervalos de tempo o número de ocorrências de veículos esperando para atender a um determinado horário, ou seja, nesse relatório o tempo é dividido em intervalos, como, por exemplo, se em um intervalo de 1 a 2 minutos houve 50 ocorrências, isso indica que durante a simulação teve 50 veículos (ou um mesmo veículo) esperando entre 1 e 2 minutos para atender ao horário para o qual estavam designados.

O terceiro relatório é idêntico ao primeiro quanto à forma de tratar o tempo, isso significa que ele também divide em intervalos, entretanto, ele trata do tempo de atraso dos veículos no atendimento dos horários para os quais estavam designados. Por exemplo, se em um intervalo de tempo de 0 a 1 minuto houve 80 ocorrências, isso significa que durante a simulação foram atendidos com atraso de 0 a 1 minuto 80 horários.

O último relatório fornece o custo e o tempo total de horas paradas dos veículos durante a simulação. Ele é importante para avaliar se alguma mudança dos parâmetros de entrada vai ou não acarretar maior ou menor custo, no desempenho relativo às horas paradas, como, por exemplo, o parâmetro do tempo mínimo para redução do custo.

Esses relatórios podem ser encontrados no anexo IV.

4.4.4. CONFIGURAÇÃO DA IMPRESSORA

Neste item, o usuário poderá fazer a configuração da impressora a ser utilizada, o que permite uma adaptação dos relatórios ao tipo de impressora que o usuário tem disponível.

4.4.5. BASE DE DADOS

Ao acionar esta opção, o usuário tem à sua disposição as informações sobre a base de dados que o modelo utilizou para fazer o seu processamento, tendo com isso a possibilidade de verificar se alguma informação não está correta e, desta forma, poder corrigir erros de entrada de dados no modelo. As opções disponíveis ao usuário estão representadas na figura 4.29.:

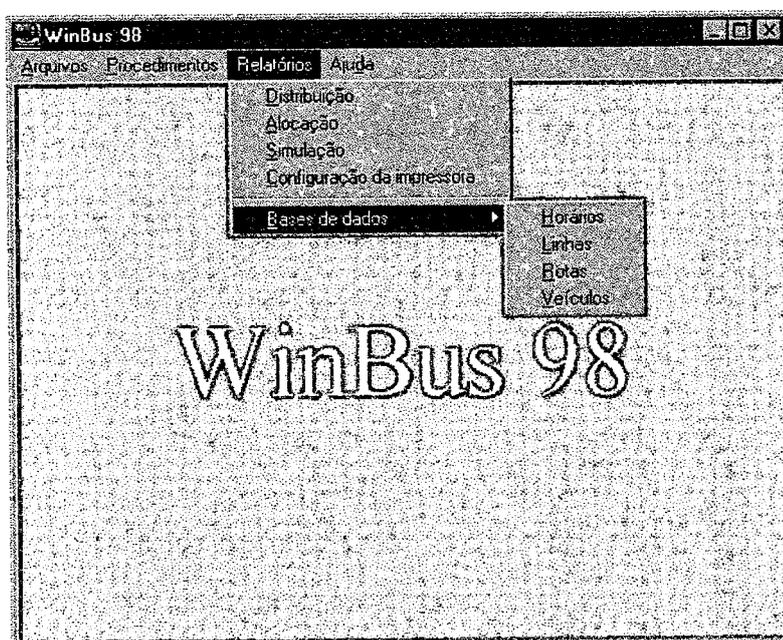


Figura 4.29. : Janela utilizada para escolher o relatório da base de dados.

4.4.5.1. HORÁRIO

Nesta opção, o usuário escolhe a linha e o tipo de dia a fim de fazer a impressão dos horários a serem atendidos, como no exemplo da figura 4.30. abaixo, em que o usuário escolheu a linha 214 (Vila Aparecida) e o tipo de dia 1 (Sábado).

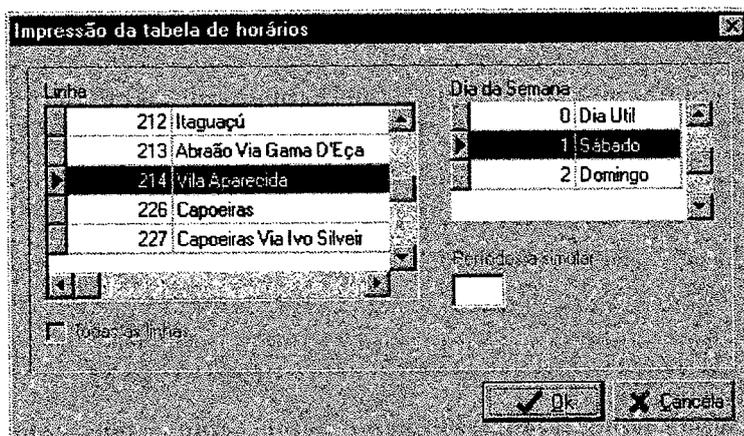


Figura 4.30 : Janela utilizada para escolher a impressão da tabela de horários.

Na figura 4.31., está a tabela de impressão dos horários da escolha feita na figura 4.30.: linha 214 Vila Aparecida, dia de semana - sábado. Esta tabela mostra a linha e o tipo de dia com os seguintes parâmetros: a rota que deverá ser cumprida; o horário de início dessa rota; o tempo padrão escolhido pelo usuário, que é um tempo importante na hora de determinar o número de veículos necessários para atender a essa linha; o tempo médio que é calculado estatisticamente, fazendo um levantamento dos horários realmente ocorridos; e o desvio-padrão. Esses dois últimos parâmetros são utilizados na simulação do sistema.

Tabela de horários					
Linha: 214 Vila Aparecida			Dia da semana: Sábado		
No.	rota	horário	tempo padrão	tempo médio	desvio-padrão
1	173	06:20:00	00:20:00	00:20:00	00:01:00
2	172	06:40:00	00:40:00	00:40:00	00:01:00
3	172	07:20:00	00:40:00	00:40:00	00:01:00
4	172	08:00:00	00:40:00	00:40:00	00:01:00
5	172	08:50:00	00:40:00	00:40:00	00:01:00
6	172	09:40:00	00:40:00	00:40:00	00:01:00
7	172	10:35:00	00:40:00	00:40:00	00:01:00
8	172	11:20:00	00:40:00	00:40:00	00:01:00
9	172	12:10:00	00:40:00	00:40:00	00:01:00
10	172	13:00:00	00:40:00	00:40:00	00:01:00
11	172	13:50:00	00:40:00	00:40:00	00:01:00
12	172	14:40:00	00:40:00	00:40:00	00:01:00
13	172	15:30:00	00:40:00	00:40:00	00:01:00
14	172	16:25:00	00:40:00	00:40:00	00:01:00
15	172	17:10:00	00:40:00	00:40:00	00:01:00
16	172	18:00:00	00:40:00	00:40:00	00:01:00
17	172	18:50:00	00:40:00	00:40:00	00:01:00
18	174	19:40:00	00:20:00	00:20:00	00:01:00

Figura 4.31. : Impressão da tabela de horários da escolha feita na figura 4.30..

4.4.5.2. LINHA

Quando acionada esta opção, o programa fornecerá ao usuário a impressão de um relatório com a relação de todas as linhas que deverão ser atendidas, como pode ser observado na figura 4.32.. Este relatório traz as informações relativas às linhas, como o código da linha, o nome, a extensão e o tempo padrão. Como pode ser observado, neste relatório, não aparecem nem o tempo médio nem o desvio-padrão, pois esses parâmetros são inerentes aos horários e variam de um horário para outro, o que os tornaria impossível de serem representados na linha como um todo.

Linhas				
No.	código	nome	extensão (Km)	tempo padrão
1	211	Abraão	7,75	00:50:00
2	212	Itaguaçu	7,00	00:40:00
3	213	Abraão Via Gama D'Eça	8,80	00:50:00
4	214	Vila Aparecida	5,60	00:40:00
5	226	Capoeiras	8,55	00:45:00
6	227	Capoeiras Via Ivo Silveir	7,50	00:30:00
7	232	Capoeiras Via UFSC	13,20	00:35:00
8	233	Abraão Via UFSC	17,00	00:45:00
9	234	Morro do Ceraldo	3,40	00:30:00
10	236	Vila São João	8,15	00:45:00
11	239	Monte Cristo	9,10	01:00:00
12	246	Promorar	8,90	01:00:00

Figura 4.32 : Relação de todas as linhas a serem atendidas

4.4.5.3. ROTAS

Ao acionar esta opção, o programa fornecerá ao usuário um relatório com todas as rotas, como pode ser observado na figura 4.33., abaixo. Este relatório apresenta: o código da rota; o local de partida; o local de destino; a extensão dessa rota; e algumas observações, quando necessárias, para uma melhor identificação da rota e de sua função, como, por exemplo, se for utilizada a rota 180, esta é acionada somente no período escolar.

Rotas					
No.	código	origem	destino	extensão (Km)	Observação
1	168	423	424	7,75	
2	169	424	423	7,75	
3	170	424	424	15,50	
4	171	424	424	15,50	Linha Expressa
5	172	424	424	11,27	
6	173	425	424	5,80	
7	174	424	425	5,80	
8	175	423	424	8,80	
9	176	424	423	8,80	
10	177	424	426	7,00	
11	178	426	424	7,00	
12	179	424	424	13,98	
13	180	427	423	16,96	Somente no período escola
14	181	423	427	16,96	Somente no período escola
15	182	428	428	11,73	
16	183	424	429	8,50	
17	184	429	424	8,60	
18	185	424	424	17,10	
19	186	430	424	8,90	
20	187	424	430	8,90	
21	188	424	424	17,90	
22	189	432	424	3,40	
23	190	424	424	6,70	
24	191	431	424	9,10	
25	192	424	431	9,10	
26	193	424	424	18,20	
27	194	424	424	16,30	
28	195	424	433	8,15	

Figura 4.33. : Relação de todas as rotas.

4.4.5.4. VEÍCULOS

Ao acionar esta opção, o programa fornecerá ao usuário um relatório de todos os veículos da frota e suas características, tais como: a placa do veículo ou uma outra forma qualquer de identificação que melhor convier ao usuário; o custo por quilômetro rodado; o tipo de veículo que pode facilitar na identificação da frota; e o grupo ao qual o veículo pertence. A função do grupo já foi explicada na seção 4.2.1.. Este relatório pode ser observado na figura 4.34..

CAPÍTULO V

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Há muitos anos, o empirismo vem sendo a tônica na forma de tomada de decisões no setor de transporte no Brasil. Logo uma ferramenta de fácil utilização e que venha dar uma resposta rápida, o fornecimento de informações, tem uma grande chance de ser assimilada pelo setor.

A tese se propôs a oferecer ao planejador uma opção que facilite a sua tomada de decisão permitindo a ele fazer uma programação da frota disponível nas linhas, e de seus respectivos horários, levando-se em consideração a heterogeneidade da mesma.

Para atingir os objetivos propostos no capítulo I, foi desenvolvido um modelo matemático composto de três algoritmos. Estes algoritmos permitem fazer a distribuição dos veículos da frota as linhas com eficiência, de forma que os custos de atuação destes veículos nestas linhas seja o menor possível, após a distribuição o planejador pode fazer a alocação dos veículos designados para atuar em uma linha nos horários da mesma, também de forma que os custos dos veículos executarem nesta linha seja o menor possível, e finalmente pode ser feita uma simulação da atuação dos veículos nas linhas.

A implementação do modelo proposto foi feita através da montagem do sistema computacional WinBus 98 com o auxílio do compilador *Delphi*. Este sistema põe à disposição do usuário uma entrada de dados amigável, bem como, uma forma de escolha de opções para o processamento destes dados fornecidos por ele. Através dessas escolhas, pode-se determinar o número e

quais os veículos que irão atender às linhas ou qual veículo deverá atender a um determinado horário ou, ainda, está disponível a opção de análise do comportamento dos veículos designados para atender a uma determinada linha.

Na entrada de dados, além das informações sobre as linhas e os veículos, será possível determinar alguns ajustes no comportamento do sistema com o uso de alguns parâmetros como, por exemplo, a tolerância no atraso para que um veículo designado ainda possa atender àquele horário. Este tipo de tolerância permite uma maior flexibilidade na tomada de decisões e uma maior interação com o sistema.

A opção que determina a escolha dos veículos que irão atender a uma determinada linha permite, além da distribuição dos veículos nas linhas de acordo com as suas características, verificar se uma determinada frota é suficiente e/ou adequada para atender às linhas para as quais se pretende fazer o planejamento de operação.

A alocação dos veículos, designados para atender a uma determinada linha, nos horários das rotas correspondentes a esta linha, é feita levando-se em consideração os custos operacionais dos veículos e também alguns parâmetros como, por exemplo, a informação de que se o mesmo já se encontra em operação ou se ele ainda está na garagem. É importante salientar que o sistema privilegia sempre os veículos já em uso.

O sistema oferece, ainda, uma opção que permite fazer uma análise do comportamento dos veículos designados para atuarem em um determinada linha. Esta análise é feita levando-se em consideração a possibilidade de variação nos tempos de viagem. Para tanto, é simulado o sistema de alocação, considerando como dado de entrada a média do tempo de viagem e seu desvio padrão.

Como pode ser visto nos parágrafos anteriores, os objetivos propostos no capítulo I foram alcançados com sucesso, pois o sistema proposto coloca à disposição do usuário um rol de opções que facilita consideravelmente a entrada de dados e a formulação e análise de um plano de operação.

Entretanto, como todo trabalho científico, este também permite alguns estudos adicionais, alguns dos quais serão aqui levantados. Este sistema deve ser considerado como um ponto de partida para a continuação de seu desenvolvimento, pois diversos aspectos ainda podem ser acrescentados:

- 1) um passo importante para possibilitar uma melhor segurança e com isto permitir ao usuário obter melhores resultados seria montar um sistema de análise dos parâmetros que possibilitasse defini-los, já sabendo antecipadamente o reflexo no comportamento do sistema;
- 2) desenvolver um sistema de tomada de decisões em tempo real que leve em consideração todas as situações consideradas no sistema desenvolvido neste trabalho, a fim de comparação;
- 3) estudar uma forma de fazer a alocação dos condutores tipo a desenvolvida por Mayerle (1996), levando-se em consideração as alocações dos veículos feitas pelo sistema WinBus 98.

ANEXO I

(Sistema de cálculo dos custos por quilômetro utilizado pela URBS)

MÉTODO DE CÁLCULO DOS CUSTOS EM RELAÇÃO AO QUILÔMETRO RODADO, UTILIZADO PELA URBS

1. CUSTOS OPERACIONAIS

1.1. Custos Dependentes

1.1.1. Combustível

A apropriação dos parâmetros da pesquisa realizada considerou a seguinte metodologia:

Para não haver prejuízos, nem estímulo à ineficiência, as empresas foram divididas em dois grupos, cujas regiões de atendimento e características operacionais são semelhantes. As medidas obtidas foram por tipo de veículo.

Através da pesquisa, foi obtida a média por categoria, ponderada por tipo de veículo, eliminando-se veículos fora de desvio padrão.

Índice de consumo (Litro/KM)

Tipo de Veículo	Comum	Semi-Padron	Padron	Articulado	Bi-Articulado	Micro
Grupo 1	0,3524	0,4659	0,5368	0,7057	0,7620	0,2683
Grupo 2	0,3822	0,5145	0,5517	0,7057	0,8786	0,2683

1.1.2. Lubrificantes

Foram calculados os índices para óleo motor e óleo de caixa e diferencial, de acordo com parecer técnico, a partir de setembro/93 e abril/94 respectivamente, os índices passam a variar de acordo com o tipo de veículo, a saber:

Tipo Veículo	Motor	Caixa/Diferencial	Fluido	Graxa
Comum	0,0035110	0,0001660	0,0000883	0,0002034
Semi-Padron	0,0040030	0,0001660	0,0000883	0,0002034
Padron	0,0047090	0,0005630	0,0000883	0,0002034
Articulado	0,0059650	0,0004790	0,0000883	0,0002034
Bi-Articulado	0,0064590	0,0008500	0,0000883	0,0002034
Micro	0,0021640	0,0001660	0,0000883	0,0002034

1.1.3. Rodagem

O cálculo para os índices de consumo de rodagem adaptou o seguinte critério:

- Levantamento do consumo das empresas operadoras no período de janeiro a dezembro de 1988.
- Levantamento da quilometragem percorrida nesse mesmo período.
- Cálculo das médias.
- Cálculo do desvio padrão das médias, eliminando-se as médias fora do desvio.

Os índices de consumo obtidos foram para todos os sistemas e categorias:

Componente	Índice de Consumo
Pneu Diagonal	0,0000194
Pneu Radial	0,0000351
Câmaras	0,0001034
Protetores	0,0000961
Recapagem	0,0000709
Recauchutagem	0,0000787

1.2. Custos de Manutenção

1.2.1. Pessoal

Para execução do plano de manutenção preventiva, a diretoria de manutenção da URBS dimensionou o quadro base de cada empresa, vinculando a frota operante.

1.2.2. Peças e Acessórios

As autorizadas sugerem o parâmetro de 10% do valor do veículo novo ao ano. A partir de levantamento histórico foi adotado um percentual médio de 9% do valor do veículo novo ao ano.

1.3. Custo de Pessoal de Tráfego

1.3.1. Motoristas, Cobradores, Porteiros e Controladores de Tráfego

Foi quantificado o dimensionamento em função da escala elaborada pela URBS, com uma média de até 36 horas semanais contadas as horas efetivamente trabalhadas e pegada e recolhida do veículo.

Para os motoristas e cobradores, considerou-se meia hora na chegada do veículo e meia hora no término da jornada para prestação de contas.

Para os porteiros e guardadores dos terminais, nas 20 horas de operação, dimensionou-se três turnos, em função das atividades desenvolvidas e da frota operante.

2. CUSTO ADMINISTRATIVO

2.1. Pessoal administrativo

O levantamento foi realizado nas folhas de pagamento no período de janeiro a dezembro de 1988, obtendo-se índices otimizados após a eliminação das empresas fora do desvio padrão.

2.2. Despesas Administrativas

O índices foram obtidos através de levantamento realizado no período de março de 87 a fevereiro de 88, otimizados após a eliminação das empresas fora do desvio padrão.

2.3. Depreciação do Equipamento

São valores atualizados em OTN, baseados no balanço de 1984 das empresas, estabelecendo-se um valor compatível com a frota de cada empresa.

2.4. Remuneração do Equipamento

Adotou-se os mesmos valores das planilhas de junho a dezembro de 1985, atualizadas em OTN, os quais foram baseados no balanço de 1984 das empresas, estabelecendo-se um valor compatível com a frota de cada empresa.

2.5. Remuneração do Almojarifado

Adotou-se o valor correspondente a um estoque médio para 60 dias do custo mensal por empresa, de peças e acessórios.

2.6. Depreciação das Instalações

Adotou-se os valores integrais, constantes no laudo de avaliação, o qual foi executado por sugestão da comissão de verificação de custos em 1987, sendo estes valores por empresa, corrigido em OTN.

2.7. Remuneração das Instalações

Adotou-se os valores integrais, constantes no laudo de avaliação, o qual foi executado por sugestão da comissão de verificação de custos em 1987, sendo estes valores por empresa, corrigido em OTN.

3. CUSTO DO CAPITAL

3.1. Remuneração do capital privado

Utilizou-se a remuneração de 1% ao mês do capital empregado na compra do veículo, corrigido mensalmente pelo índice monetário determinado pelo Governo Federal.

3.2. Depreciação do capital privado

Utilizou-se a depreciação linear do capital empregado em 08, 10 ou 12 anos, conforme categoria corrigida mensalmente pelo valor do veículo. A depreciação deverá providenciar a reposição do veículo similar com correção pela variação do preço do mesmo e valor residual de 10% ao final da sua vida útil. A renovação e expansão das frotas é obrigação das empresas.

Distribuição dos veículos nas linhas

Linha \ Veículo	Comum	Semi-Padron	Padron	Articulado	Bi-Articulado	Ligeirinho
Convencional	18	5	31			
Expresso		4	4			
Articulado				5	22	
Alimentador	37	17	4			
Interbairros			15			
Ligeirinho						30

Tabela de Índice de Custo R\$/Km

	Conven	Expresso	Articulado	Ligeirinho	Interbairro	Alimentad	Bi-Articul.
1.Operacional	0,9769	1,0248	1,1822	1,0630	1,0157	0,9589	1,4200
- Combustível	0,1423	0,1631	0,2143	0,1646	0,1606	0,1355	0,2438
- Lubrificantes	0,0071	0,0080	0,0095	0,0081	0,0078	0,0066	0,0110
- Rodagem	0,0334	0,0386	0,0390	0,0390	0,0377	0,0314	0,0547
- Manutenção	0,2166	0,2376	0,3419	0,2738	0,2321	0,2079	0,5330
- Motoristas	0,3288	0,3288	0,3288	0,3288	0,3288	0,3288	0,3288
- Cobradores	0,2169	0,2169	0,2169	0,2169	0,2169	0,2169	0,2169
- Cont. Tráfego	0,0161	0,0161	0,0161	0,0161	0,0161	0,0161	0,0161
- Porteiro	0,0117	0,0117	0,0117	0,0117	0,0117	0,0117	0,0117
- Uniforme	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040
2.Administração	0,1270	0,1332	0,1537	0,1382	0,1320	0,1247	0,1846
3. Capital	0,3742	0,1513	0,3265	0,4275	0,3440	0,2043	1,2532
4.TOTAL	1,4781	1,3093	1,6624	1,6287	1,4917	1,2879	2,8578

ANEXO II

(Relatório dos dados de entrada do sistema WinBus 98)

Este anexo contém vários tipos de relatórios que são:

Tabela de Horários: este relatório apresentará a lista de horários de cada linha com: a rota, o horário, o tempo padrão, o tempo médio e o desvio padrão; que foram digitados durante a entrada de dados do sistema.

Linhas: este relatório apresentará a lista das linhas com: código, extensão e tempo padrão; que foram digitados durante a entrada de dados do sistema.

Rotas: este relatório apresentará a lista das rotas com: código, origem, destino extensão e observação; que foram digitados durante a entrada de dados do sistema.

Veículos da Frota: este relatório apresentará a lista dos veículos da frota com: placa, custo, tipo e grupo; que foram digitados durante a entrada de dados do sistema.

Tabela de horários

Pag.:1

Linha: 211 Abraão

Dia da semana: Dia Útil

No.	rota	horário	tempo padrão	tempo médio	desvio-padrão
1	168	05:45:00	00:25:00	00:24:00	00:01:00
2	170	05:55:00	00:50:00	00:46:00	00:01:00
3	170	06:10:00	00:50:00	00:47:00	00:01:00
4	168	06:30:00	00:25:00	00:23:00	00:01:00
5	170	06:30:00	00:50:00	00:48:00	00:01:00
6	170	06:45:00	00:50:00	00:46:00	00:01:00
7	168	06:50:00	00:25:00	00:24:00	00:01:00
8	170	06:55:00	00:50:00	00:45:00	00:01:00
9	168	07:05:00	00:25:00	00:25:00	00:01:00
10	170	07:05:00	00:50:00	00:48:00	00:01:00
11	170	07:15:00	00:50:00	00:50:00	00:01:10
12	170	07:25:00	00:50:00	00:50:00	00:01:20
13	170	07:30:00	00:50:00	00:52:00	00:01:30
14	168	07:35:00	00:25:00	00:27:00	00:01:30
15	170	07:35:00	00:50:00	00:53:00	00:01:20
16	170	07:40:00	00:50:00	00:54:00	00:01:30
17	170	07:45:00	00:50:00	00:54:00	00:01:30
18	170	07:50:00	00:50:00	00:55:00	00:01:35
19	170	07:55:00	00:50:00	00:58:00	00:01:40
20	170	08:00:00	00:50:00	00:54:00	00:01:30
21	170	08:07:00	00:50:00	00:52:00	00:01:20
22	170	08:15:00	00:50:00	00:50:00	00:01:00
23	170	08:22:00	00:50:00	00:50:00	00:01:00
24	170	08:30:00	00:50:00	00:50:00	00:01:00
25	170	08:37:00	00:50:00	00:50:00	00:01:00
26	170	08:45:00	00:50:00	00:50:00	00:01:00
27	170	08:52:00	00:50:00	00:50:00	00:01:00
28	170	09:00:00	00:50:00	00:49:00	00:01:10
29	170	09:07:00	00:50:00	00:50:00	00:01:00
30	170	09:15:00	00:50:00	00:50:00	00:01:00
31	170	09:22:00	00:50:00	00:47:00	00:01:00
32	170	09:30:00	00:50:00	00:47:00	00:01:00
33	170	09:37:00	00:50:00	00:46:00	00:01:00
34	170	09:45:00	00:50:00	00:46:00	00:01:00
35	170	09:52:00	00:50:00	00:45:00	00:01:00
36	170	10:00:00	00:50:00	00:47:00	00:01:00
37	170	10:07:00	00:50:00	00:46:00	00:01:00
38	170	10:15:00	00:50:00	00:46:00	00:01:00
39	170	10:22:00	00:50:00	00:45:00	00:01:00
40	170	10:30:00	00:50:00	00:46:00	00:01:00
41	170	10:37:00	00:50:00	00:46:00	00:01:00
42	170	10:45:00	00:50:00	00:47:00	00:01:00
43	170	10:52:00	00:50:00	00:48:00	00:01:00
44	170	11:00:00	00:50:00	00:47:00	00:01:00
45	170	11:07:00	00:50:00	00:46:00	00:01:00
46	170	11:15:00	00:50:00	00:47:00	00:01:00
47	170	11:22:00	00:50:00	00:48:00	00:01:00
48	170	11:30:00	00:50:00	00:48:00	00:01:00
49	170	11:35:00	00:50:00	00:47:00	00:01:00
50	170	11:40:00	00:50:00	00:49:00	00:01:00
51	170	11:45:00	00:50:00	00:50:00	00:01:00
52	170	11:50:00	00:50:00	00:50:00	00:01:20
53	170	11:55:00	00:50:00	00:50:00	00:01:20
54	170	12:00:00	00:50:00	00:52:00	00:01:30
55	170	12:05:00	00:50:00	00:55:00	00:01:30

Tabela de horários

Pag.:2

Linha: 211 Abraão

Dia da semana: Dia Util

No.	rota	horário	tempo padrão	tempo médio	desvio-padrão
56	171	12:06:00	00:50:00	00:53:00	00:01:20
57	170	12:10:00	00:50:00	00:53:00	00:01:20
58	170	12:15:00	00:50:00	00:50:00	00:01:10
59	171	12:16:00	00:50:00	00:52:00	00:01:00
60	170	12:20:00	00:50:00	00:50:00	00:01:00
61	170	12:25:00	00:50:00	00:50:00	00:01:00
62	170	12:30:00	00:50:00	00:50:00	00:01:00
63	170	12:35:00	00:50:00	00:45:00	00:01:00
64	170	12:40:00	00:50:00	00:48:00	00:01:00
65	170	12:45:00	00:50:00	00:47:00	00:01:00
66	170	12:50:00	00:50:00	00:50:00	00:01:00
67	170	12:55:00	00:50:00	00:50:00	00:01:00
68	170	13:00:00	00:50:00	00:54:00	00:01:20
69	170	13:05:00	00:50:00	00:55:00	00:01:30
70	170	13:10:00	00:50:00	00:52:00	00:01:30
71	170	13:15:00	00:50:00	00:50:00	00:01:00
72	170	13:20:00	00:50:00	00:50:00	00:01:00
73	170	13:25:00	00:50:00	00:50:00	00:01:00
74	170	13:30:00	00:50:00	00:53:00	00:01:20
75	170	13:35:00	00:50:00	00:52:00	00:01:00
76	170	13:40:00	00:50:00	00:54:00	00:01:00
77	170	13:45:00	00:50:00	00:53:00	00:01:00
78	170	13:50:00	00:50:00	00:51:00	00:01:00
79	170	13:55:00	00:50:00	00:53:00	00:01:00
80	170	14:00:00	00:50:00	00:50:00	00:01:00
81	170	14:07:00	00:50:00	00:50:00	00:01:00
82	170	14:15:00	00:50:00	00:50:00	00:01:00
83	170	14:22:00	00:50:00	00:50:00	00:01:00
84	170	14:30:00	00:50:00	00:50:00	00:01:00
85	170	14:37:00	00:50:00	00:50:00	00:01:00
86	170	14:45:00	00:50:00	00:48:00	00:01:00
87	170	14:52:00	00:50:00	00:47:00	00:01:00
88	170	15:00:00	00:50:00	00:47:00	00:01:00
89	170	15:07:00	00:50:00	00:46:00	00:01:00
90	170	15:15:00	00:50:00	00:46:00	00:01:00
91	170	15:22:00	00:50:00	00:48:00	00:01:00
92	170	15:30:00	00:50:00	00:47:00	00:01:00
93	170	15:37:00	00:50:00	00:47:00	00:01:00
94	170	15:45:00	00:50:00	00:48:00	00:01:00
95	170	15:52:00	00:50:00	00:47:00	00:01:00
96	170	16:00:00	00:50:00	00:48:00	00:01:00
97	170	16:07:00	00:50:00	00:50:00	00:01:00
98	170	16:15:00	00:50:00	00:49:00	00:01:00
99	170	16:22:00	00:50:00	00:50:00	00:01:00
100	170	16:30:00	00:50:00	00:50:00	00:01:00
101	170	16:37:00	00:50:00	00:48:00	00:01:00
102	170	16:45:00	00:50:00	00:50:00	00:01:00
103	170	16:52:00	00:50:00	00:49:00	00:01:00
104	170	17:00:00	00:50:00	00:50:00	00:01:00
105	170	17:07:00	00:50:00	00:47:00	00:01:00
106	170	17:15:00	00:50:00	00:49:00	00:01:00
107	170	17:22:00	00:50:00	00:50:00	00:01:00
108	170	17:30:00	00:50:00	00:50:00	00:01:00
109	170	17:35:00	00:50:00	00:51:00	00:01:00
110	170	17:40:00	00:50:00	00:53:00	00:01:00

Tabela de horários

Pag.:3

Linha: 211 Abraão

Dia da semana: Dia Útil

No.	rota	horário	tempo padrão	tempo médio	desvio-padrão
111	170	17:45:00	00:50:00	00:52:00	00:01:00
112	170	17:50:00	00:50:00	00:54:00	00:01:00
113	170	17:55:00	00:50:00	00:56:00	00:01:00
114	170	18:00:00	00:50:00	00:57:00	00:01:00
115	170	18:05:00	00:50:00	00:58:00	00:01:00
116	171	18:06:00	00:50:00	00:58:00	00:01:00
117	170	18:10:00	00:50:00	00:57:00	00:01:00
118	170	18:15:00	00:50:00	00:56:00	00:01:00
119	171	18:16:00	00:50:00	00:54:00	00:01:00
120	170	18:20:00	00:50:00	00:55:00	00:01:00
121	170	18:25:00	00:50:00	00:56:00	00:01:00
122	170	18:30:00	00:50:00	00:56:00	00:01:00
123	170	18:35:00	00:50:00	00:57:00	00:01:00
124	170	18:40:00	00:50:00	00:55:00	00:01:00
125	170	18:45:00	00:50:00	00:53:00	00:01:00
126	170	18:50:00	00:50:00	00:50:00	00:01:00
127	170	18:55:00	00:50:00	00:50:00	00:01:00
128	170	19:00:00	00:50:00	00:50:00	00:01:00
129	170	19:05:00	00:50:00	00:50:00	00:01:00
130	170	19:10:00	00:50:00	00:50:00	00:01:00
131	170	19:15:00	00:50:00	00:49:00	00:01:00
132	170	19:20:00	00:50:00	00:50:00	00:01:00
133	170	19:25:00	00:50:00	00:49:00	00:01:00
134	170	19:35:00	00:50:00	00:48:00	00:01:00
135	170	19:45:00	00:50:00	00:46:00	00:01:00
136	170	19:55:00	00:50:00	00:47:00	00:01:00
137	170	20:02:00	00:50:00	00:48:00	00:01:00
138	170	20:25:00	00:50:00	00:46:00	00:01:00
139	170	20:35:00	00:50:00	00:46:00	00:01:00
140	170	20:45:00	00:50:00	00:47:00	00:01:00
141	170	20:55:00	00:50:00	00:46:00	00:01:00
142	170	21:05:00	00:50:00	00:48:00	00:01:00
143	170	21:20:00	00:50:00	00:46:00	00:01:00
144	170	21:35:00	00:50:00	00:47:00	00:01:00
145	170	21:50:00	00:50:00	00:46:00	00:01:00
146	170	22:00:00	00:50:00	00:46:00	00:01:00
147	170	22:10:00	00:50:00	00:47:00	00:01:00
148	170	22:20:00	00:50:00	00:46:00	00:01:00
149	170	22:30:00	00:50:00	00:46:00	00:01:00
150	170	22:45:00	00:50:00	00:48:00	00:01:00
151	170	23:00:00	00:50:00	00:46:00	00:01:00
152	169	23:20:00	00:25:00	00:22:00	00:01:00
153	169	23:40:00	00:25:00	00:23:00	00:01:00

Tabela de horários

Pag.:1

Linha: 212 Itaguaçu

Dia da semana: Dia Util

No.	rota	horário	tempo padrão	tempo médio	desvio-padrão
1	178	06:40:00	00:20:00	00:20:00	00:01:00
2	178	07:00:00	00:20:00	00:20:00	00:01:00
3	179	07:00:00	00:40:00	00:40:00	00:01:00
4	179	07:20:00	00:40:00	00:40:00	00:01:00
5	179	07:40:00	00:40:00	00:40:00	00:01:00
6	179	08:00:00	00:40:00	00:40:00	00:01:00
7	179	08:40:00	00:40:00	00:40:00	00:01:00
8	179	09:20:00	00:40:00	00:40:00	00:01:00
9	179	10:00:00	00:40:00	00:40:00	00:01:00
10	179	10:40:00	00:40:00	00:40:00	00:01:00
11	179	11:20:00	00:40:00	00:40:00	00:01:00
12	179	11:40:00	00:40:00	00:40:00	00:01:00
13	179	12:00:00	00:40:00	00:40:00	00:01:00
14	179	12:20:00	00:40:00	00:40:00	00:01:00
15	179	12:40:00	00:40:00	00:40:00	00:01:00
16	179	13:00:00	00:40:00	00:40:00	00:01:00
17	179	13:20:00	00:40:00	00:40:00	00:01:00
18	179	13:40:00	00:40:00	00:40:00	00:01:00
19	179	14:00:00	00:40:00	00:40:00	00:01:00
20	179	14:40:00	00:40:00	00:40:00	00:01:00
21	179	15:20:00	00:40:00	00:40:00	00:01:00
22	179	16:00:00	00:40:00	00:40:00	00:01:00
23	179	16:40:00	00:40:00	00:40:00	00:01:00
24	179	17:20:00	00:40:00	00:40:00	00:01:00
25	179	17:40:00	00:40:00	00:40:00	00:01:00
26	179	18:00:00	00:40:00	00:40:00	00:01:00
27	179	18:20:00	00:40:00	00:40:00	00:01:00
28	179	18:40:00	00:40:00	00:40:00	00:01:00
29	179	19:00:00	00:40:00	00:40:00	00:01:00
30	179	19:40:00	00:40:00	00:40:00	00:01:00
31	179	20:20:00	00:40:00	00:40:00	00:01:00
32	179	21:00:00	00:40:00	00:40:00	00:01:00
33	179	21:40:00	00:40:00	00:40:00	00:01:00
34	179	22:20:00	00:40:00	00:40:00	00:01:00
35	177	23:00:00	00:20:00	00:20:00	00:01:00

Tabela de horários

Pag.:1

Linha: 213 Abraão Via Garra D'Eça

Dia da semana: Dia Útil

No.	rota	horário	tempo padrão	tempo médio	desvio-padrão
1	175	06:50:00	00:50:00	00:50:00	00:01:00
2	175	06:55:00	00:50:00	00:50:00	00:01:00
3	176	11:50:00	00:50:00	00:50:00	00:01:00
4	176	11:55:00	00:50:00	00:50:00	00:01:00
5	175	12:45:00	00:50:00	00:50:00	00:01:00
6	175	12:50:00	00:50:00	00:50:00	00:01:00
7	176	17:40:00	00:50:00	00:50:00	00:01:00
8	176	17:55:00	00:50:00	00:50:00	00:01:00

Tabela de horários

Pag.:1

Linha: 214 Vila Aparecida			Dia da semana: Dia Util		
No.	rota	horário	tempo padrão	tempo médio	desvio-padrão
1	173	06:30:00	00:20:00	00:20:00	00:01:00
2	172	06:50:00	00:40:00	00:40:00	00:01:00
3	173	06:50:00	00:20:00	00:20:00	00:01:00
4	172	07:10:00	00:55:00	00:45:00	00:01:00
5	172	07:30:00	00:40:00	00:40:00	00:01:00
6	172	07:50:00	00:40:00	00:40:00	00:01:00
7	172	08:20:00	00:40:00	00:40:00	00:01:00
8	172	09:00:00	00:40:00	00:40:00	00:01:00
9	172	09:40:00	00:40:00	00:40:00	00:01:00
10	172	10:20:00	00:40:00	00:40:00	00:01:00
11	172	11:00:00	00:40:00	00:40:00	00:01:00
12	172	11:30:00	00:40:00	00:40:00	00:01:00
13	172	11:50:00	00:40:00	00:40:00	00:01:00
14	172	12:10:00	00:40:00	00:40:00	00:01:00
15	172	12:30:00	00:40:00	00:40:00	00:01:00
16	172	12:50:00	00:40:00	00:40:00	00:01:00
17	172	13:10:00	00:40:00	00:40:00	00:01:00
18	172	13:50:00	00:40:00	00:40:00	00:01:00
19	172	14:20:00	00:40:00	00:40:00	00:01:00
20	172	15:00:00	00:40:00	00:40:00	00:01:00
21	172	15:40:00	00:40:00	00:40:00	00:01:00
22	172	16:20:00	00:40:00	00:40:00	00:01:00
23	172	17:00:00	00:40:00	00:40:00	00:01:00
24	172	17:30:00	00:40:00	00:40:00	00:01:00
25	172	17:50:00	00:40:00	00:40:00	00:01:00
26	172	18:10:00	00:40:00	00:40:00	00:01:00
27	172	18:30:00	00:40:00	00:40:00	00:01:00
28	172	18:50:00	00:40:00	00:40:00	00:01:00
29	172	19:20:00	00:40:00	00:40:00	00:01:00
30	172	20:00:00	00:40:00	00:40:00	00:01:00
31	172	20:40:00	00:40:00	00:40:00	00:01:00
32	172	21:20:00	00:40:00	00:40:00	00:01:00
33	172	22:00:00	00:40:00	00:40:00	00:01:00
34	174	22:40:00	00:20:00	00:20:00	00:01:00

Tabela de horários

Pag.:1

Linha: 226 Capoeiras

Dia da semana: Dia Util

No.	rota	horário	tempo padrão	tempo médio	desvio-padrão
1	184	05:15:00	00:20:00	00:20:00	00:01:00
2	168	05:30:00	00:25:00	00:25:00	00:01:00
3	184	05:30:00	00:20:00	00:20:00	00:01:00
4	185	05:35:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
5	184	05:45:00	00:20:00	00:20:00	00:01:00
6	185	06:00:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
7	184	06:10:00	00:20:00	00:20:00	00:01:00
8	185	06:10:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
9	185	06:25:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
10	184	06:35:00	00:20:00	00:20:00	00:01:00
11	185	06:35:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
12	185	06:45:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
13	184	06:50:00	00:20:00	00:20:00	00:01:00
14	185	06:55:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
15	185	07:00:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
16	185	07:10:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
17	185	07:20:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
18	184	07:22:00	00:20:00	00:20:00	00:01:00
19	184	07:25:00	00:20:00	00:20:00	00:01:00
20	185	07:30:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
21	184	07:37:00	00:20:00	00:20:00	00:01:00
22	185	07:40:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
23	184	07:45:00	00:20:00	00:20:00	00:01:00
24	185	07:50:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
26	185	08:00:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
26	185	08:10:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
27	185	08:20:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
28	185	08:30:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
29	185	08:40:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
30	185	08:50:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
31	185	09:00:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
32	185	09:10:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
33	185	09:20:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
34	185	09:30:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
35	185	09:40:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
36	185	09:50:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
37	185	10:00:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
38	185	10:10:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
39	185	10:20:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
40	185	10:30:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
41	185	10:40:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
42	185	10:50:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
43	185	11:00:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
44	185	11:10:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
45	185	11:20:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
46	185	11:30:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
47	185	11:37:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
48	185	11:45:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
49	185	11:52:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
50	185	12:00:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
51	185	12:07:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
52	185	12:15:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
53	185	12:22:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
54	185	12:30:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
55	185	12:40:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00

Impresso em 21/08/98 20:41:00

Tabela de horários

Pag.:2

Linha: 226 Capoeiras

Dia da semana: Dia Util

No.	rota	horário	tempo padrão	tempo médio	desvio-padrão
56	185	12:50:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
57	185	13:00:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
58	185	13:07:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
59	184	13:15:00	00:20:00	00:20:00	00:01:00
60	185	13:15:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
61	185	13:22:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
62	185	13:30:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
63	185	13:40:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
64	185	13:50:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
65	185	14:00:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
66	185	14:10:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
67	185	14:20:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
68	185	14:30:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
69	185	14:40:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
70	185	14:50:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
71	185	15:00:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
72	185	15:10:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
73	185	15:20:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
74	185	15:30:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
75	185	15:40:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
76	185	15:50:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
77	185	16:00:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
78	185	16:10:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
79	185	16:20:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
80	185	16:30:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
81	185	16:40:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
82	185	16:50:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
83	185	17:00:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
84	185	17:07:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
85	185	17:15:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
86	185	17:22:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
87	185	17:30:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
88	185	17:37:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
89	185	17:45:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
90	185	17:52:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
91	185	18:00:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
92	185	18:07:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
93	185	18:15:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
94	185	18:22:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
95	185	18:30:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
96	185	18:37:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
97	185	18:45:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
98	185	18:52:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
99	185	19:00:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
100	185	19:10:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
101	185	19:20:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
102	185	19:30:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
103	185	19:40:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
104	185	19:50:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
105	185	20:00:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
106	185	20:15:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
107	185	20:30:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
108	185	20:45:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
109	185	21:00:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
110	185	21:15:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00

Tabela de horários

Pag.:3

Linha: 226 Capoeiras

Dia da semana: Dia Util

No.	rota	horário	tempo padrão	tempo médio	desvio-padrão
111	185	21:30:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
112	185	21:45:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
113	185	22:00:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
114	185	22:15:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
115	185	22:30:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
116	185	22:45:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
117	183	23:00:00	00:20:00	00:20:00	00:01:00
118	185	23:20:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
119	183	23:40:00	00:20:00	00:20:00	00:01:00
120	169	23:59:59	00:25:00	00:25:00	00:01:00
121	183	23:59:59	00:20:00	00:20:00	00:01:00

Tabela de horários

Pag.:1

Linha: 227 Capoeiras Via Ivo Silveir

Dia da semana: Dia Util

No.	rota	horário	tempo padrão	tempo médio	desvio-padrão
1	198	07:30:00	00:20:00	00:20:00	00:01:00
2	197	12:10:00	00:20:00	00:20:00	00:01:00
3	198	13:30:00	00:20:00	00:20:00	00:01:00
4	197	18:10:00	00:20:00	00:20:00	00:01:00

Tabela de horários

Pag.:1

Linha: 232 Capoeiras Via UFSC

Dia da semana: Dia Util

No.	rota	horário	tempo padrão	tempo médio	desvio-padrão
1	200	06:45:00	00:35:00	00:35:00	00:01:00
2	199	12:10:00	00:35:00	00:35:00	00:01:00
3	200	12:45:00	00:35:00	00:35:00	00:01:00
4	199	18:05:00	00:35:00	00:35:00	00:01:00

Tabela de horários

Pag.:1

Linha: 233 Abraão Via UFSC

Dia da semana: Dia Útil

No.	rota	horário	tempo padrão	tempo médio	desvio-padrão
1	181	07:00:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
2	180	12:05:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
3	181	12:50:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
4	180	18:05:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00

Tabela de horários

Pag.:1

Linha: 234 Morro do Geraldo

Dia da semana: Dia Util

No.	rota	horário	tempo padrão	tempo médio	desvio-padrão
1	189	07:00:00	00:15:00	00:15:00	00:01:00
2	190	07:20:00	00:30:00	00:30:00	00:01:00
3	190	08:10:00	00:30:00	00:30:00	00:01:00
4	190	08:50:00	00:30:00	00:30:00	00:01:00
5	190	09:40:00	00:30:00	00:30:00	00:01:00
6	190	10:30:00	00:30:00	00:30:00	00:01:00
7	190	11:15:00	00:30:00	00:30:00	00:01:00
8	190	11:55:00	00:30:00	00:30:00	00:01:00
9	190	12:40:00	00:30:00	00:30:00	00:01:00
10	190	13:25:00	00:30:00	00:30:00	00:01:00
11	190	14:10:00	00:30:00	00:30:00	00:01:00
12	190	15:00:00	00:30:00	00:30:00	00:01:00
13	190	15:40:00	00:30:00	00:30:00	00:01:00
14	190	16:30:00	00:30:00	00:30:00	00:01:00
15	190	17:20:00	00:30:00	00:30:00	00:01:00
16	190	18:00:00	00:30:00	00:30:00	00:01:00
17	190	18:45:00	00:30:00	00:30:00	00:01:00
18	190	19:30:00	00:30:00	00:30:00	00:01:00
19	190	20:10:00	00:30:00	00:30:00	00:01:00

Tabela de horários

Pag.:1

Linha: 236 Vila São João

Dia da semana: Dia Util

No.	rota	horário	tempo padrão	tempo médio	desvio-padrão
1	195	00:00:00	00:20:00	00:20:00	00:01:00
2	196	05:30:00	00:25:00	00:25:00	00:01:00
3	194	05:55:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
4	196	05:55:00	00:25:00	00:25:00	00:01:00
5	194	06:20:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
6	196	06:30:00	00:25:00	00:25:00	00:01:00
7	194	06:40:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
8	196	06:50:00	00:25:00	00:25:00	00:01:00
9	194	06:55:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
10	194	07:05:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
11	194	07:15:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
12	194	07:25:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
13	194	07:40:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
14	194	07:50:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
15	194	08:00:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
16	194	08:25:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
17	194	08:45:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
18	194	09:10:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
19	194	09:30:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
20	194	09:55:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
21	194	10:15:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
22	194	10:40:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
23	194	11:00:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
24	194	11:25:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
25	194	11:35:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
26	194	11:50:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
27	194	12:00:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
28	194	12:10:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
29	194	12:20:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
30	194	12:35:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
31	194	12:45:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
32	194	12:55:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
33	194	13:05:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
34	194	13:20:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
35	194	13:30:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
36	194	13:40:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
37	194	13:50:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
38	194	14:05:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
39	194	14:25:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
40	194	14:50:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
41	194	15:10:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
42	194	15:35:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
43	194	15:55:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
44	194	16:10:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
45	194	16:25:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
46	194	16:40:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
47	194	16:55:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
48	194	17:10:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
49	194	17:25:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
50	194	17:35:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
51	194	17:45:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
52	194	17:55:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
53	194	18:10:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
54	194	18:20:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
55	194	18:30:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00

Tabela de horários

Pag.:2

Linha: 236 Via São João

Dia da semana: Dia Util

No.	rota	horário	tempo padrão	tempo médio	desvio-padrão
56	194	18:40:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
57	194	18:55:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
58	194	19:15:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
59	194	19:40:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
60	194	20:00:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
61	194	20:25:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
62	194	20:45:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
63	194	21:10:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
64	194	21:30:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
65	194	21:55:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
66	194	22:15:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
67	194	22:40:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
68	194	23:00:00	00:45:00	00:45:00	00:01:00
69	195	23:30:00	00:20:00	00:20:00	00:01:00

Tabela de horários

Pag.:1

Linha: 239 Monte Cristo

Dia da semana: Dia Util

No.	rota	horário	tempo padrão	tempo médio	desvio-padrão
1	192	00:00:00	00:30:00	00:30:00	00:01:00
2	191	05:30:00	00:30:00	00:30:00	00:01:00
3	191	05:45:00	00:30:00	00:30:00	00:01:00
4	191	06:00:00	00:30:00	00:30:00	00:01:00
5	193	06:00:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
6	191	06:10:00	00:30:00	00:30:00	00:01:00
7	193	06:15:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
8	191	06:20:00	00:30:00	00:30:00	00:01:00
9	193	06:30:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
10	191	06:40:00	00:30:00	00:30:00	00:01:00
11	193	06:40:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
12	193	06:50:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
13	191	06:54:00	00:30:00	00:30:00	00:01:00
14	193	07:00:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
15	193	07:08:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
16	193	07:16:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
17	193	07:27:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
18	193	07:35:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
19	193	07:45:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
20	193	07:55:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
21	193	08:05:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
22	193	08:15:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
23	193	08:25:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
24	193	08:35:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
25	193	08:45:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
26	193	08:55:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
27	193	09:05:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
28	193	09:15:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
29	193	09:25:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
30	193	09:35:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
31	193	09:45:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
32	193	09:55:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
33	193	10:05:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
34	193	10:15:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
35	193	10:25:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
36	193	10:35:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
37	193	10:45:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
38	193	10:55:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
39	193	11:05:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
40	193	11:15:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
41	193	11:25:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
42	193	11:35:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
43	193	11:45:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
44	193	11:55:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
45	193	12:05:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
46	193	12:15:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
47	193	12:25:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
48	193	12:35:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
49	193	12:45:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
50	193	12:55:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
51	193	13:05:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
52	193	13:15:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
53	193	13:25:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
54	193	13:35:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
55	193	13:45:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00

Tabela de horários

Pag.:2

Linha: 239 Monte Cristo

Dia da semana: Dia Util

No.	rota	horário	tempo padrão	tempo médio	desvio-padrão
56	193	13:55:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
57	193	14:05:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
58	193	14:15:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
59	193	14:25:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
60	193	14:35:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
61	193	14:45:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
62	193	14:55:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
63	193	15:05:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
64	193	15:15:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
65	193	15:25:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
66	193	15:35:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
67	193	15:45:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
68	193	15:55:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
69	193	16:05:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
70	193	16:15:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
71	193	16:25:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
72	193	16:35:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
73	193	16:45:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
74	193	16:55:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
75	193	17:05:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
76	193	17:15:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
77	193	17:25:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
78	193	17:32:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
79	193	17:39:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
80	193	17:46:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
81	193	17:53:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
82	193	18:00:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
83	193	18:07:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
84	193	18:15:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
85	193	18:25:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
86	193	18:35:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
87	193	18:45:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
88	193	18:55:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
89	193	19:05:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
90	193	19:15:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
91	193	19:25:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
92	193	19:35:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
93	193	19:45:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
94	193	19:55:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
95	193	20:05:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
96	193	20:15:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
97	193	20:30:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
98	193	20:45:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
99	193	21:00:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
100	193	21:15:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
101	193	21:30:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
102	193	21:45:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
103	193	22:00:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
104	193	22:15:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
105	193	22:30:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
106	193	23:00:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
107	192	23:30:00	00:30:00	00:30:00	00:01:00

Tabela de horários

Pag.:1

Linha: 246 Promorar

Dia da semana: Dia Útil

No.	rota	horário	tempo padrão	tempo médio	desvio-padrão
1	186	06:10:00	00:30:00	00:30:00	00:01:00
2	186	06:35:00	00:30:00	00:30:00	00:01:00
3	188	06:40:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
4	186	06:55:00	00:30:00	00:30:00	00:01:00
5	188	07:05:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
6	188	07:25:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
7	188	07:35:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
8	188	08:20:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
9	188	09:10:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
10	188	10:00:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
11	188	10:50:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
12	188	11:40:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
13	188	12:00:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
14	188	12:15:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
15	188	12:35:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
16	188	13:00:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
17	188	13:15:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
18	188	13:40:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
19	188	14:30:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
20	188	15:20:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
21	188	16:10:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
22	188	17:00:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
23	188	17:30:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
24	188	17:50:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
25	188	18:15:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
26	188	18:25:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
27	188	18:45:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
28	188	19:35:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
29	188	20:25:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
30	188	21:15:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
31	188	22:05:00	01:00:00	01:00:00	00:01:00
32	187	23:00:00	00:30:00	00:30:00	00:01:00

Linhas

Pag.:1

No.	código	nome	extensão (Km)	tempo padrão
1	211	Abraão	7,75	00:50:00
2	212	Itaguaçu	7,00	00:40:00
3	213	Abraão Via Gama D'Eça	8,80	00:50:00
4	214	Via Aparecida	5,60	00:40:00
5	226	Capoeiras	8,55	00:45:00
6	227	Capoeiras Via Ivo Silveir	7,50	00:30:00
7	232	Capoeiras Via UFSC	13,20	00:35:00
8	233	Abraão Via UFSC	17,00	00:45:00
9	234	Morro do Geraldo	3,40	00:30:00
10	236	Via São João	8,15	00:45:00
11	239	Monte Cristo	9,10	01:00:00
12	246	Promorar	8,90	01:00:00

Rotas

Pag.:1

No.	código	origem	destino	extensão (Km)	Observação
1	168	423	424	7,75	
2	169	424	423	7,75	
3	170	424	424	15,50	
4	171	424	424	15,50	Linha Expressa
5	172	424	424	11,27	
6	173	425	424	5,60	
7	174	424	425	5,60	
8	175	423	424	8,80	
9	176	424	423	8,80	
10	177	424	426	7,00	
11	178	426	424	7,00	
12	179	424	424	13,98	
13	180	427	423	16,96	Somente no período escola
14	181	423	427	16,96	Somente no período escola
15	182	428	428	11,73	
16	183	424	429	8,50	
17	184	429	424	8,60	
18	185	424	424	17,10	
19	186	430	424	8,90	
20	187	424	430	8,90	
21	188	424	424	17,90	
22	189	432	424	3,40	
23	190	424	424	6,70	
24	191	431	424	9,10	
25	192	424	431	9,10	
26	193	424	424	18,20	
27	194	424	424	16,30	
28	195	424	433	8,15	
29	196	433	424	8,15	
30	197	424	429	7,50	
31	198	429	424	7,50	
32	199	427	429	13,20	
33	200	429	427	13,20	

No.	placa	custo (R\$/Km)	tipo	grupo
1	01	1,00	1	Grupo 1
2	02	2,20	1	Grupo 1
3	03	2,31	1	Grupo 1
4	04	2,33	1	Grupo 2
5	05	1,50	1	Grupo 1
6	06	2,34	1	Grupo 1
7	07	1,70	1	Grupo 2
8	08	1,52	1	Grupo 1
9	09	2,35	1	Grupo 3
10	10	2,10	1	Grupo 2
11	11	2,11	1	Grupo 1
12	12	2,12	1	Grupo 1
13	13	2,13	1	Grupo 2
14	14	2,14	1	Grupo 1
15	15	2,15	1	Grupo 1
16	16	2,16	1	Grupo 2
17	17	2,17	1	Grupo 1
18	18	2,18	1	Grupo 3
19	19	2,19	1	Grupo 2
20	20	2,21	1	Grupo 1
21	21	2,22	1	Grupo 1
22	22	2,23	1	Grupo 2
23	23	2,24	1	Grupo 1
24	24	2,25	1	Grupo 3
25	25	2,26	1	Grupo 2
26	26	2,27	1	Grupo 1
27	27	2,28	1	Grupo 1
28	28	2,29	1	Grupo 2
29	29	2,30	1	Grupo 1
30	30	2,32	1	Grupo 3
31	w01	1,80	1	Grupo 1
32	w02	1,85	1	Grupo 1
33	w03	1,90	1	Grupo 1
34	w04	1,95	1	Grupo 3
35	w05	2,36	1	Grupo 1
36	w06	1,96	1	Grupo 1
37	w07	1,97	1	Grupo 1
38	w08	1,86	1	Grupo 2
39	w09	1,87	1	Grupo 1
40	w10	1,88	1	Grupo 1
41	w11	1,89	1	Grupo 3
42	w12	1,91	1	Grupo 1
43	w13	1,92	1	Grupo 1
44	w14	1,93	1	Grupo 3
45	w15	1,94	1	Grupo 1
46	w16	1,98	1	Grupo 2
47	w17	1,99	1	Grupo 1
48	w18	2,01	1	Grupo 1
49	w19	2,02	1	Grupo 1
50	w20	1,70	1	Grupo 3

ANEXO III

(Relatório da distribuição dos veículos da frota nas linhas, gerado pelo sistema WinBus 98)

Linha: 211 - Abraão

Extensão: 7,75 Km-

Demanda: 12 veículos

Dia: Dia Util

Identificação dos veículos

Placa:	15	Tipo:	1	Custo (R\$/Km):	2,15	Grupo:	Grupo 1
Placa:	16	Tipo:	1	Custo (R\$/Km):	2,16	Grupo:	Grupo 2
Placa:	17	Tipo:	1	Custo (R\$/Km):	2,17	Grupo:	Grupo 1
Placa:	18	Tipo:	1	Custo (R\$/Km):	2,18	Grupo:	Grupo 3
Placa:	19	Tipo:	1	Custo (R\$/Km):	2,19	Grupo:	Grupo 2
Placa:	27	Tipo:	1	Custo (R\$/Km):	2,28	Grupo:	Grupo 1
Placa:	28	Tipo:	1	Custo (R\$/Km):	2,29	Grupo:	Grupo 2
Placa:	30	Tipo:	1	Custo (R\$/Km):	2,32	Grupo:	Grupo 3
Placa:	w 07	Tipo:	1	Custo (R\$/Km):	1,97	Grupo:	Grupo 1
Placa:	w 14	Tipo:	1	Custo (R\$/Km):	1,93	Grupo:	Grupo 3
Placa:	w 18	Tipo:	1	Custo (R\$/Km):	2,01	Grupo:	Grupo 1
Placa:	w 20	Tipo:	1	Custo (R\$/Km):	1,70	Grupo:	Grupo 3

Linha: 226 - Capoeiras

Extensão: 8,55 Km-

Demanda: 9 veículos

Dia: Dia Util

Identificação dos veículos

Placa:	03	Tipo: 1	Custo (R\$/Km):	2,31	Grupo: Grupo 1
Placa:	04	Tipo: 1	Custo (R\$/Km):	2,33	Grupo: Grupo 2
Placa:	05	Tipo: 1	Custo (R\$/Km):	1,50	Grupo: Grupo 1
Placa:	06	Tipo: 1	Custo (R\$/Km):	2,34	Grupo: Grupo 1
Placa:	07	Tipo: 1	Custo (R\$/Km):	1,70	Grupo: Grupo 2
Placa:	24	Tipo: 1	Custo (R\$/Km):	2,25	Grupo: Grupo 3
Placa:	w 04	Tipo: 1	Custo (R\$/Km):	1,95	Grupo: Grupo 3
Placa:	w 16	Tipo: 1	Custo (R\$/Km):	1,98	Grupo: Grupo 2
Placa:	w 17	Tipo: 1	Custo (R\$/Km):	1,99	Grupo: Grupo 1

Linha: 236 - Vila São João

Extensão: 8,15 Km-

Demanda: 4 veículos

Dia: Dia Util

Identificação dos veículos

Placa:	01	Tipo: 1	Custo (R\$/Km): 1,00	Grupo: Grupo 1
Placa:	02	Tipo: 1	Custo (R\$/Km): 2,20	Grupo: Grupo 1
Placa:	20	Tipo: 1	Custo (R\$/Km): 2,21	Grupo: Grupo 1
Placa:	22	Tipo: 1	Custo (R\$/Km): 2,23	Grupo: Grupo 2

Linha: 239 - Monte Cristo

Extensão: 9,1 Km

Demanda: 8 veículos

Dia: Dia Util

Identificação dos veículos

Placa:	08	Tipo: 1	Custo (R\$/Km): 1,52	Grupo: Grupo 1
Placa:	09	Tipo: 1	Custo (R\$/Km): 2,35	Grupo: Grupo 3
Placa:	10	Tipo: 1	Custo (R\$/Km): 2,10	Grupo: Grupo 2
Placa:	11	Tipo: 1	Custo (R\$/Km): 2,11	Grupo: Grupo 1
Placa:	12	Tipo: 1	Custo (R\$/Km): 2,12	Grupo: Grupo 1
Placa:	13	Tipo: 1	Custo (R\$/Km): 2,13	Grupo: Grupo 2
Placa:	26	Tipo: 1	Custo (R\$/Km): 2,27	Grupo: Grupo 1
Placa:	w06	Tipo: 1	Custo (R\$/Km): 1,96	Grupo: Grupo 1

Linha: 246 - Promorar

Extensão: 8,9 Km

Demanda: 4 veículos

Dia: Dia Util

Identificação dos veículos

Placa:	25	Tipo:	1	Custo (R\$/Km):	2,26	Grupo:	Grupo 2
Placa:	29	Tipo:	1	Custo (R\$/Km):	2,30	Grupo:	Grupo 1
Placa:	w 03	Tipo:	1	Custo (R\$/Km):	1,90	Grupo:	Grupo 1
Placa:	w 08	Tipo:	1	Custo (R\$/Km):	1,86	Grupo:	Grupo 2

ANEXO IV

(Relatório da alocação dos veículos nos horários da linha, gerado pelo sistema WinBus 98)

Vnibus 98 - Alocação de veículos

Identificação do veículo

Paca:	23	Tpo:	1	Custo (R\$/Km):	2.24	Grupo:	Grupo 1	Linha:	Via Aparecida	Da:	Da Util
-------	----	------	---	-----------------	------	--------	---------	--------	---------------	-----	---------

Origem	local	hora	Destino	local	hora	Tempos						Custo (R\$)					total	acumulado
						viagem	abast.	parado	vazio	viagem	abast.	parado	vazio	vazio				
424		07:50:00	424		08:30:00	00:40:00	00:00:00	00:00:00	00:00:00	25.24	0.00	0.000	0.00		25.24	25.24		
424		11:30:00	424		12:10:00	00:40:00	00:00:00	03:00:00	00:00:00	25.24	0.00	1.500	0.00		26.74	51.99		
424		12:10:00	424		12:50:00	00:40:00	00:00:00	00:00:00	00:00:00	25.24	0.00	0.000	0.00		25.24	77.23		
424		12:50:00	424		13:30:00	00:40:00	00:00:00	00:00:00	00:00:00	25.24	0.00	0.000	0.00		25.24	102.48		
						02:40:00	00:00:00	03:00:00	00:00:00	100.98	0.00	1.500	0.00					

Identificação do veículo															
Placa:	w 02	Tpo:	1	Custo (R\$/km):	1.85	Grupo:	Grupo 1	Linha:	Vila Aparecida	Da:	Da Uffl				
Origem	local	hora	Destino	local	hora	Tempos						Custo (R\$)			
						viagem	abast.	parado	vazio	viagem	abast.	parado	vazio	total	acumulado
424		06:30:00	424		06:50:00	00:20:00	00:00:00	00:00:00	00:00:00	10.36	0.00	0.000	0.00	10.36	10.36
424		06:50:00	424		07:30:00	00:40:00	00:00:00	00:00:00	00:00:00	20.85	0.00	0.000	0.00	20.85	31.21
424		07:30:00	424		08:10:00	00:40:00	00:00:00	00:00:00	00:00:00	20.85	0.00	0.000	0.00	20.85	52.06
424		08:20:00	424		09:00:00	00:40:00	00:00:00	00:10:00	00:00:00	20.85	0.00	3.333	0.00	24.18	76.24
424		09:00:00	424		09:40:00	00:40:00	00:00:00	00:00:00	00:00:00	20.85	0.00	0.000	0.00	20.85	97.09
424		09:40:00	424		10:20:00	00:40:00	00:00:00	00:00:00	00:00:00	20.85	0.00	0.000	0.00	20.85	117.94
424		10:20:00	424		11:00:00	00:40:00	00:00:00	00:00:00	00:00:00	20.85	0.00	0.000	0.00	20.85	138.79
424		11:00:00	424		11:40:00 *	00:40:00	00:00:00	00:00:00	00:00:00	20.85	0.00	0.000	0.00	20.85	159.64
424		11:50:00	424		12:30:00	00:40:00	00:00:00	00:10:00	00:00:00	20.85	0.00	3.333	0.00	24.18	183.82
424		12:30:00	424		13:10:00	00:40:00	00:00:00	00:00:00	00:00:00	20.85	0.00	0.000	0.00	20.85	204.67
424		13:10:00	424		13:50:00	00:40:00	00:00:00	00:00:00	00:00:00	20.85	0.00	0.000	0.00	20.85	225.52
424		13:50:00	424		14:30:00 *	00:40:00	00:00:00	00:00:00	00:00:00	20.85	0.00	0.000	0.00	20.85	246.37
424		17:30:00	424		18:10:00	00:40:00	00:00:00	03:00:00	00:00:00	20.85	0.00	1.500	0.00	22.35	268.72
424		18:10:00	424		18:50:00	00:40:00	00:00:00	00:00:00	00:00:00	20.85	0.00	0.000	0.00	20.85	289.57
424		18:50:00	424		19:30:00	00:40:00	00:00:00	00:00:00	00:00:00	20.85	0.00	0.000	0.00	20.85	310.42
424		20:40:00	424		21:20:00	00:40:00	00:00:00	01:10:00	00:00:00	20.85	0.00	2.167	0.00	23.02	333.44
424		21:20:00	424		22:00:00 *	00:40:00	00:00:00	00:00:00	00:00:00	20.85	0.00	0.000	0.00	20.85	354.29
424		22:00:00	424		22:40:00	00:40:00	00:00:00	00:00:00	00:00:00	20.85	0.00	0.000	0.00	20.85	375.13
425		22:40:00	425		23:00:00	00:20:00	00:00:00	00:00:00	00:00:00	10.36	0.00	0.000	0.00	10.36	385.49
						12:00:00	00:00:00	04:30:00	00:00:00	375.16	0.00	10.333	0.00		

Identificação do veículo			
Placa: w 19	Tpo: 1	Custo (R\$/Km): 2.02	Grupo: Grupo 1
		Linha: Vila Aparecida	Da: Da Util

Origem	local	hora	Destino	local	hora	Tempos						Custo (R\$)					
						viagem	abast	parado	vazio	viagem	abast	parado	vazio	total	acumulado		
424		06:50:00	424		07:10:00	00:20:00	00:00:00	00:00:00	00:00:00	11.31	0.00	0.000	0.00	11.31	11.31		
424		07:10:00	424		08:05:00	00:55:00	00:00:00	00:00:00	00:00:00	22.77	0.00	0.000	0.00	22.77	34.08		
424		14:20:00	424		15:00:00	00:40:00	00:00:00	06:15:00	00:00:00	22.77	0.00	5.500	0.00	28.27	62.34		
424		15:00:00	424		15:40:00	00:40:00	00:00:00	00:00:00	00:00:00	22.77	0.00	0.000	0.00	22.77	85.11		
424		15:40:00	424		16:20:00	00:40:00	00:00:00	00:00:00	00:00:00	22.77	0.00	0.000	0.00	22.77	107.87		
424		16:20:00	424		17:00:00	00:40:00	00:00:00	00:00:00	00:00:00	22.77	0.00	0.000	0.00	22.77	130.64		
424		17:00:00	424		17:40:00	00:40:00	00:00:00	00:00:00	00:00:00	22.77	0.00	0.000	0.00	22.77	153.40		
424		17:50:00	424		18:30:00	00:40:00	00:00:00	00:10:00	00:00:00	22.77	0.00	3.333	0.00	26.10	179.50		
424		18:30:00	424		19:10:00	00:40:00	00:00:00	00:00:00	00:00:00	22.77	0.00	0.000	0.00	22.77	202.27		
424		19:20:00	424		20:00:00	00:40:00	00:00:00	00:10:00	00:00:00	22.77	0.00	3.333	0.00	26.10	228.37		
424		20:00:00	424		20:40:00	00:40:00	00:00:00	00:00:00	00:00:00	22.77	0.00	0.000	0.00	22.77	251.13		
						07:15:00	00:00:00	06:35:00	00:00:00	238.97	0.00	12.167	0.00				

Minibus 98 - Alocação de veículos

Identificação do veículo					
Paca:	Tpo:	Custo (R\$/km):	Grupo:	Grupo 2	Linha:
25	1	2,26	Grupo 2		Promorar
					Da: Da Util

Origem	local	hora	Destino	local	hora	Tempos					Custo (R\$)					total	acumulad
						viagem	abast.	parado	vazio	viagem	abast.	parado	vazio				
424		06:55:00	424		07:25:00	00:30:00	00:00:00	00:00:00	00:00:00	20,11	0,00	0,000	0,00	20,11	20,11		
424		07:25:00	424		08:25:00	01:00:00	00:00:00	00:00:00	00:00:00	40,45	0,00	0,000	0,00	40,45	60,57		
424		12:35:00	424		13:35:00	01:00:00	00:00:00	04:10:00	00:00:00	40,45	0,00	3,667	0,00	44,12	104,69		
424		13:40:00	424		14:40:00	01:00:00	00:00:00	00:05:00	00:00:00	40,45	0,00	1,667	0,00	42,12	146,81		
424		17:00:00	424		18:00:00	01:00:00	00:00:00	02:20:00	00:00:00	40,45	0,00	4,333	0,00	44,79	191,60		
424		18:15:00	424		19:15:00	01:00:00	00:00:00	00:15:00	00:00:00	40,45	0,00	5,000	0,00	45,45	237,05		
424		20:25:00	424		21:25:00	01:00:00	00:00:00	01:10:00	00:00:00	40,45	0,00	2,167	0,00	42,62	279,67		
						06:30:00	00:00:00	08:00:00	00:00:00	262,84	0,00	16,833	0,00				

Mnibus 98 - Alocação de veículos

Página: 2

Paca:		Tipo: 1		Custo (R\$/Km): 2,30		Grupo: Grupo 1		Linha: Promorar		Dia: Dia Util					
Identificação do veículo															
Origem			Destino			Tempos						Custo (R\$)			
local	hora		local	hora		viagem	abast.	parado	vazio	viagem	abast.	parado	vazio	total	acumulado
424	07:35:00	424	424	08:35:00		01:00:00	00:00:00	00:00:00	00:00:00	41,17	0,00	0,000	0,00	41,17	41,17
424	10:00:00	424	424	11:00:00		01:00:00	00:00:00	01:25:00	00:00:00	41,17	0,00	4,667	0,00	45,84	87,01
424	12:15:00	424	424	13:15:00		01:00:00	00:00:00	01:15:00	00:00:00	41,17	0,00	3,000	0,00	44,17	131,18
424	13:15:00	424	424	14:15:00		01:00:00	00:00:00	00:00:00	00:00:00	41,17	0,00	0,000	0,00	41,17	172,35
424	15:20:00	424	424	16:20:00		01:00:00	00:00:00	01:05:00	00:00:00	41,17	0,00	1,333	0,00	42,50	214,85
424	17:50:00	424	424	18:50:00		01:00:00	00:00:00	01:30:00	00:00:00	41,17	0,00	5,500	0,00	46,67	261,52
430	23:00:00	430	430	23:30:00		00:30:00	00:00:00	04:10:00	00:00:00	20,47	0,00	3,667	0,00	24,14	285,66
						06:30:00	00:00:00	09:25:00	00:00:00	267,49	0,00	18,167	0,00		

Minibus 98 - Alocação de veículos

Página: 3

Identificação do veículo			
Placa: W03	Tpo: 1	Custo (R\$/km): 1,90	Grupo: Grupo 1
		Linha: Promorar	Diá: Dia Util

Origem	local	hora	Destino	local	hora	Tempos						Custo (R\$)					
						viagem	abast.	parado	vazio	viagem	abast.	parado	vazio	total	acumulado		
424		06:35:00	424		07:05:00	00:30:00	00:00:00	00:00:00	00:00:00	16,91	0,00	0,000	0,00	16,91	16,91		
424		07:05:00	424		08:05:00	01:00:00	00:00:00	00:00:00	00:00:00	34,01	0,00	0,000	0,00	34,01	50,92		
424		08:20:00	424		09:20:00	01:00:00	00:00:00	00:15:00	00:00:00	34,01	0,00	5,000	0,00	39,01	89,93		
424		10:50:00	424		11:50:00	01:00:00	00:00:00	01:30:00	00:00:00	34,01	0,00	5,500	0,00	39,51	129,44		
424		12:00:00	424		13:00:00	01:00:00	00:00:00	00:10:00	00:00:00	34,01	0,00	3,333	0,00	37,34	166,78		
424		13:00:00	424		14:00:00	01:00:00	00:00:00	00:00:00	00:00:00	34,01	0,00	0,000	0,00	34,01	200,79		
424		16:10:00	424		17:10:00	01:00:00	00:00:00	02:10:00	00:00:00	34,01	0,00	2,667	0,00	36,68	237,47		
424		18:25:00	424		19:25:00	01:00:00	00:00:00	01:15:00	00:00:00	34,01	0,00	3,000	0,00	37,01	274,48		
424		19:35:00	424		20:35:00	01:00:00	00:00:00	00:10:00	00:00:00	34,01	0,00	3,333	0,00	37,34	311,82		
424		22:05:00	424		23:05:00	01:00:00	00:00:00	01:30:00	00:00:00	34,01	0,00	5,500	0,00	39,51	351,33		
						09:30:00	00:00:00	07:00:00	00:00:00	323,00	0,00	28,333	0,00				

Minibus 98 - Alocação de veículos

Página: 4

Identificação do veículo			
Placa: w08	Tipo: 1	Custo (R\$/km): 1,86	Grupo: Grupo 2
			Linha: Promorar
			Data: Dia Util

Origem	local	hora	Destino	local	hora	Tempos					Custo (R\$)					total	acumulado
						viagem	abast.	parado	vazio	viagem	abast.	parado	vazio				
424		06:10:00	424		06:40:00	00:30:00	00:00:00	00:00:00	00:00:00	16,55	0,00	0,000	0,00	16,55	16,55		
424		06:40:00	424		07:40:00	01:00:00	00:00:00	00:00:00	00:00:00	33,29	0,00	0,000	0,00	33,29	49,85		
424		09:10:00	424		10:10:00	01:00:00	00:00:00	01:30:00	00:00:00	33,29	0,00	5,500	0,00	38,79	88,64		
424		11:40:00	424		12:40:00	01:00:00	00:00:00	01:30:00	00:00:00	33,29	0,00	5,500	0,00	38,79	127,44		
424		14:30:00	424		15:30:00	01:00:00	00:00:00	01:50:00	00:00:00	33,29	0,00	8,833	0,00	42,13	169,56		
424		17:30:00	424		18:30:00	01:00:00	00:00:00	02:00:00	00:00:00	33,29	0,00	1,000	0,00	34,29	203,86		
424		18:45:00	424		19:45:00	01:00:00	00:00:00	00:15:00	00:00:00	33,29	0,00	5,000	0,00	38,29	242,15		
424		21:15:00	424		22:15:00	01:00:00	00:00:00	01:30:00	00:00:00	33,29	0,00	5,500	0,00	38,79	280,95		
						07:30:00	00:00:00	08:35:00	00:00:00	249,61	0,00	31,333	0,00				

ANEXO V

(Relatório da simulação da alocação feita na linha, gerado pelo sistema WinBus 98)

SIMULAÇÃO DE 250 DIAS UTEIS DA ALOCAÇÃO DE 602 HORÁRIOS EM 12 LINHAS

Veículo: 30 não foi utilizado Simulação: 1
Veículo: 30 não foi utilizado Simulação: 10
Veículo: 30 não foi utilizado Simulação: 13
Veículo: 30 não foi utilizado Simulação: 16
Veículo: 30 não foi utilizado Simulação: 21
Veículo: 30 não foi utilizado Simulação: 23
Veículo: 30 não foi utilizado Simulação: 24
Veículo: 30 não foi utilizado Simulação: 26
Veículo: 30 não foi utilizado Simulação: 27
Veículo: 30 não foi utilizado Simulação: 30
Veículo: 30 não foi utilizado Simulação: 31
Veículo: 30 não foi utilizado Simulação: 39
Veículo: 30 não foi utilizado Simulação: 42
Veículo: 30 não foi utilizado Simulação: 43
Veículo: 30 não foi utilizado Simulação: 50
Veículo: 30 não foi utilizado Simulação: 52
Veículo: 30 não foi utilizado Simulação: 54
Veículo: 30 não foi utilizado Simulação: 58
Veículo: 30 não foi utilizado Simulação: 59
Veículo: 30 não foi utilizado Simulação: 66
Veículo: 30 não foi utilizado Simulação: 72
Veículo: 30 não foi utilizado Simulação: 75
Veículo: 30 não foi utilizado Simulação: 78
Veículo: 30 não foi utilizado Simulação: 82
Veículo: 30 não foi utilizado Simulação: 85

Veículo: 30 não foi utilizado Simulação: 86
Veículo: 30 não foi utilizado Simulação: 88
Veículo: 30 não foi utilizado Simulação: 89
Veículo: 30 não foi utilizado Simulação: 92
Veículo: 30 não foi utilizado Simulação: 95
Veículo: 30 não foi utilizado Simulação: 96
Veículo: 30 não foi utilizado Simulação: 98
Veículo: 30 não foi utilizado Simulação: 101
Veículo: 30 não foi utilizado Simulação: 109
Veículo: 30 não foi utilizado Simulação: 112
Veículo: 30 não foi utilizado Simulação: 116
Veículo: 30 não foi utilizado Simulação: 122
Veículo: 30 não foi utilizado Simulação: 123
Veículo: 30 não foi utilizado Simulação: 128
Veículo: 30 não foi utilizado Simulação: 131
Veículo: 30 não foi utilizado Simulação: 134
Veículo: 30 não foi utilizado Simulação: 136
Veículo: 30 não foi utilizado Simulação: 142
Veículo: 30 não foi utilizado Simulação: 146
Veículo: 30 não foi utilizado Simulação: 147
Veículo: 30 não foi utilizado Simulação: 148
Veículo: 30 não foi utilizado Simulação: 156
Veículo: 30 não foi utilizado Simulação: 160
Veículo: 30 não foi utilizado Simulação: 161
Veículo: 30 não foi utilizado Simulação: 164
Veículo: 30 não foi utilizado Simulação: 171
Veículo: 30 não foi utilizado Simulação: 175

Veículo: 30 não foi utilizado	Simulação: 177
Veículo: 30 não foi utilizado	Simulação: 184
Veículo: 30 não foi utilizado	Simulação: 192
Veículo: 30 não foi utilizado	Simulação: 196
Veículo: 30 não foi utilizado	Simulação: 197
Veículo: 30 não foi utilizado	Simulação: 199
Veículo: 30 não foi utilizado	Simulação: 204
Veículo: 30 não foi utilizado	Simulação: 209
Veículo: 30 não foi utilizado	Simulação: 212
Veículo: 30 não foi utilizado	Simulação: 218
Veículo: 30 não foi utilizado	Simulação: 220
Veículo: 30 não foi utilizado	Simulação: 226
Veículo: 30 não foi utilizado	Simulação: 230
Veículo: 30 não foi utilizado	Simulação: 234
Veículo: 30 não foi utilizado	Simulação: 244
Veículo: 30 não foi utilizado	Simulação: 246
Veículo: 30 não foi utilizado	Simulação: 247
Veículo: 6 não foi utilizado	Simulação: 12
Veículo: 6 não foi utilizado	Simulação: 22
Veículo: 6 não foi utilizado	Simulação: 53
Veículo: 6 não foi utilizado	Simulação: 61
Veículo: 6 não foi utilizado	Simulação: 89
Veículo: 6 não foi utilizado	Simulação: 98
Veículo: 6 não foi utilizado	Simulação: 207
Veículo: 6 não foi utilizado	Simulação: 227
Veículo: 6 não foi utilizado	Simulação: 241

Horários não atendidos - Linha : 236 Simulação: 13

horário rota
18:55:00 194

Horários não atendidos - Linha : 236 Simulação: 31

horário rota
18:55:00 194

Horários não atendidos - Linha : 236 Simulação: 41

horário rota
18:55:00 194

Horários não atendidos - Linha : 236 Simulação: 51

horário rota
18:55:00 194

Horários não atendidos - Linha : 236 Simulação: 54

horário rota
18:55:00 194

Horários não atendidos - Linha : 236 Simulação: 55

horário rota
18:55:00 194

Horários não atendidos - Linha : 236 Simulação: 58

horário rota
19:15:00 194

Horários não atendidos - Linha : 236 Simulação: 61

horário rota
18:55:00 194

Horários não atendidos - Linha : 236 Simulação: 62

horário rota
18:55:00 194

Horários não atendidos - Linha : 236 Simulação: 85

horário rota
18:55:00 194

Horários não atendidos - Linha : 236 Simulação: 93

horário rota
18:55:00 194

Horários não atendidos - Linha : 236 Simulação: 97

horário rota
18:55:00 194

Horários não atendidos - Linha : 236 Simulação: 105

horário rota
18:55:00 194

Horários não atendidos - Linha : 236 Simulação: 121

horário rota
18:55:00 194

Horários não atendidos - Linha : 236 Simulação: 130

horário rota
18:55:00 194

Horários não atendidos - Linha : 236 Simulação: 133

horário rota
18:55:00 194

Horários não atendidos - Linha : 236 Simulação: 136

horário rota
18:55:00 194

Horários não atendidos - Linha : 236 Simulação: 154

horário rota
18:55:00 194

Horários não atendidos - Linha : 236 Simulação: 158

horário rota
18:55:00 194

Horários não atendidos - Linha : 236 Simulação: 174

horário rota
18:55:00 194

Horários não atendidos - Linha : 236 Simulação: 179

horário rota
18:55:00 194

Horários não atendidos - Linha : 236 Simulação: 181

horário rota
18:55:00 194

Horários não atendidos - Linha : 236 Simulação: 192

horário rota
18:55:00 194

Horários não atendidos - Linha : 236 Simulação: 194

horário rota
18:40:00 194

Horários não atendidos - Linha : 236 Simulação: 249

horário rota
18:55:00 194

Veículo: 29 não foi utilizado Simulação: 57

Veículo: 29 não foi utilizado Simulação: 94

Veículo: 29 não foi utilizado Simulação: 114

Veículo: 29 não foi utilizado Simulação: 121

Veículo: 29 não foi utilizado Simulação: 195

Veículo: 29 não foi utilizado Simulação: 204

Veículo: 29 não foi utilizado Simulação: 208

Tabela de frequência - Tempo parado

Intervalo	frequência	(%)
De 0 min até 1 min	23761	18.23
De 1 min até 2 min	12377	9.50
De 2 min até 3 min	10767	8.26
De 3 min até 4 min	10192	7.82
De 4 min até 5 min	9483	7.28
De 5 min até 6 min	8956	6.87
De 6 min até 7 min	8110	6.22
De 7 min até 8 min	4958	3.80
De 8 min até 9 min	3189	2.45
De 9 min até 10 min	2238	1.72
De 10 min até 15 min	6250	4.80
De 15 min até 20 min	3748	2.88
De 20 min até 30 min	2112	1.62
De 30 min até 40 min	254	0.19
De 40 min até 50 min	158	0.12
De 50 min até 1:00 H	160	0.12
De 1:00 H até 1:30 H	10810	8.30
De 1:30 H até 2:00 H	1812	1.39
De 2:00 H até 3:00 H	3611	2.77
Acima de 3:00 H	7364	5.65

Tabela de frequência - Atraso

Intervalo	frequência	(%)
De 0 min até 1 min	7422	43.24
De 1 min até 2 min	4434	25.83
De 2 min até 3 min	2942	17.14
De 3 min até 4 min	1779	10.36
De 4 min até 5 min	587	3.42
De 5 min até 6 min	1	0.01
De 6 min até 7 min	0	0.00
De 7 min até 8 min	0	0.00
De 8 min até 9 min	0	0.00
De 9 min até 10 min	0	0.00
De 10 min até 11 min	0	0.00
De 11 min até 12 min	0	0.00
De 12 min até 13 min	0	0.00
De 13 min até 14 min	0	0.00
De 14 min até 15 min	0	0.00
De 15 min até 16 min	0	0.00
De 16 min até 25 min	0	0.00
De 25 min até 35 min	0	0.00
De 35 min até 1:00 H	0	0.00
Acima de 1:00 H	0	0.00

Custo dos veículos parados : 247078.83

Total tempo das viagens vazias : 14:50:00