

MINISTÉRIO DA DEFESA  
EXÉRCITO BRASILEIRO  
SECRETARIA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA  
CURSO DE MESTRADO EM ENGENHARIA DE TRANSPORTES

ERNESTO SABOYA DE FIGUEIREDO NETO

ROTEIRIZAÇÃO DE VEÍCULOS DE CARGA UTILIZANDO A  
EXPERIÊNCIA DO OPERADOR

Rio de Janeiro

2005

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

**INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA**

**ERNESTO SABOYA DE FIGUEIREDO NETO**

**ROTEIRIZAÇÃO DE VEÍCULOS DE CARGA UTILIZANDO A  
EXPERIÊNCIA DO OPERADOR**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Curso de Mestrado em Engenharia de Transportes do Instituto Militar de Engenharia, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciências em Engenharia de Transportes.

Orientador: Prof. Luiz Antônio Silveira Lopes D. Sc.

Rio de Janeiro

2005

c2005

INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA

Praça General Tibúrcio, 80 – Praia Vermelha

Rio de Janeiro – RJ CEP: 22290-270

Este exemplar é de propriedade do Instituto Militar de Engenharia, que poderá incluí-lo em base de dados, armazenar em computador, microfilmear ou adotar qualquer forma de arquivamento.

É permitida a menção, reprodução parcial ou integral e a transmissão entre bibliotecas deste trabalho, sem modificação de seu texto, em qualquer meio que esteja ou venha a ser fixado, para pesquisa acadêmica, comentários e citações, desde que sem finalidade comercial e que seja feita a referência bibliográfica completa.

Os conceitos expressos neste trabalho são de responsabilidade do(s) autor(es) e do(s) orientador(es).

F475 Figueiredo Neto, Ernesto Saboya

Roteirização de veículos de carga utilizando a experiência do operador/  
Ernesto Saboya de Figueiredo Neto– Rio de Janeiro : Instituto Militar de  
Engenharia, 2005.  
244 p.: il., tab.

Dissertação (mestrado) – Instituto Militar de Engenharia, 2004.

1. Logística. 2. Roteirização. 3. Sistema de informação geográfica. I.  
Instituto Militar de Engenharia. II. Título.

CDD 629.04

**INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA**

**ERNESTO SABOYA DE FIGUEIREDO NETO**

**ROTEIRIZAÇÃO DE VEÍCULOS DE CARGA UTILIZANDO A  
EXPERIÊNCIA DO OPERADOR**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Curso de Mestrado em Engenharia de Transportes do Instituto Militar de Engenharia, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciências em Engenharia de Transportes.

Orientador: Prof. Luiz Antônio Silveira Lopes- D. Sc.

Aprovada em 03 de Março de 2005 pela seguinte Banca Examinadora:

---

Prof. Luiz Antônio Silveira Lopes- D. Sc..do IME-Presidente

---

Prof. Antonio Edmundo Rezende- Ph.D. Diretor de Logística da Lafarge Brasil

---

Profa. Maria Cristina Fogliatti de Sinay-Ph.D.do IME

Rio de Janeiro

2005

Aos meus avós e meus pais por terem sempre me mostrado o caminho certo a seguir nessa incansável batalha que é a vida.

## AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Militar de Engenharia, pela realização deste curso de mestrado, bem como a CAPES pelo apoio financeiro durante o curso.

Ao meu orientador, professor Luiz Antônio Silveira Lopes, pelo apoio, ensinamento e ferramentas apresentadas para que eu pudesse chegar ao fim desta dissertação.

À professora Maria Cristina Fogliatti de Sinay, pelos seus ensinamentos tanto técnicos como de vida.

Ao professor Antonio Edmundo Rezende, por ter gentilmente aceito o convite para a participação na banca examinadora deste trabalho.

Aos meus amigos Carlos André Gomes de Lima e Cícero Nogueira que me agüentaram durante um ano e meio e dividiram comigo não só um apartamento, mas toda uma vida de dificuldades e de vitórias.

À Iva e a Lucélia grandes amigas, que sempre ao me verem cansado elas me levantavam e faziam eu olhar para frente.

À todos os outros colegas e professores que de uma forma ou de outra contribuíram por dias agradáveis e ensinamentos importantes.

À meus Avós, meus pais, meus irmãos e meu padrasto que me ajudaram não só financeiramente como também psicologicamente e intelectualmente para que eu pudesse chegar até aqui.

Aos amigos que eu deixei no Rio e aos que deixaram o Rio, Maria Ana, Flávia Pires, Eduarda, Lauro, Barahona, Jussara, Isolina, Jeff, Aurélio Murta, Bianca, Raquel Fanti, Dilermando, entre tantos outros.

À todos os meus familiares e amigos por estarem sempre ao meu lado.

“Eu prefiro ser uma metamorfose ambulante do que ter aquela velha opinião formada sobre tudo”.

RAUL SEIXAS



## SUMÁRIO

LISTA DE ILUSTRAÇÕES.....	11
LISTA DE TABELAS .....	16
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>25</b>
1.1 Logística e Roteirização .....	25
1.2 Objetivo .....	28
1.3 Justificativas .....	28
1.4 Estrutura da Dissertação.....	29
<b>2 LOGÍSTICA E TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO.....</b>	<b>31</b>
2.1 Introdução Sobre Logística .....	31
2.2 Definições de Logística.....	32
2.3 Gerenciamento Logístico .....	33
2.4 A Tecnologia da Informação Aplicada a Logística.....	35
2.4.1 Histórico da Utilização da Tecnologia de Informação nas Empresas.....	36
2.5 Distribuição Física.....	37
2.6 Considerações Finais.....	39
<b>3 ROTEIRIZAÇÃO DE VEÍCULOS.....</b>	<b>41</b>
3.1 Considerações Preliminares .....	41
3.2 Teoria dos Grafos .....	41
3.2.1 Rede.....	42
3.3 Os Problemas do Carteiro Chinês e do Caixeiro Viajante .....	43
3.3.1 Métodos de Roteirização sem restrições .....	44
3.3.1.1 Métodos de Construção do Roteiro.....	44
3.3.1.2 Método de Melhoria do Roteiro .....	45
3.4 O PRV Básico e Suas Extensões.....	46
3.5 Classificação do PRV.....	48
3.6 Métodos de Resolução do PRV.....	50
3.6.1 Métodos Heurísticos.....	51
3.6.2 Métodos Meta-Heurísticos .....	55

3.7	Princípios Para uma Boa Roteirização .....	56
3.8	Requisitos de um Software Para Roteirização de Veículos .....	58
3.9	Considerações Finais .....	58
<b>4</b>	<b>ELEMENTOS CARTOGRÁFICOS E SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA .....</b>	<b>60</b>
4.1	Cartografia.....	60
4.1.1	Mapa.....	61
4.1.2	Representação Cartográfica.....	62
4.1.3	Sistemas de coordenadas .....	62
4.1.3.1	Coordenadas Geográficas.....	63
4.1.3.2	Distância entre dois pontos a partir de Coordenadas Geográficas .....	66
4.1.4	Azimute .....	67
4.1.4.1	Cálculo do Azimute a Partir das Coordenadas Geográficas .....	68
4.2	Sistemas de Informação Geográfica (SIG).....	69
4.2.1	Funções básicas de um SIG.....	69
4.2.2	Modelos de SIG.....	71
4.2.3	As três gerações de SIG .....	72
4.2.4	Manipulação de dados .....	73
4.2.5	Usos para o SIG.....	74
4.2.5.1	Uso do SIG no nível operacional .....	74
4.2.5.2	Uso do SIG no nível gerencial .....	74
4.2.5.3	Uso do SIG no nível estratégico.....	75
4.2.6	Considerações finais sobre SIG.....	76
<b>5</b>	<b>PROCEDIMENTO DESENVOLVIDO PARA O PROBLEMA DE ROTEIRIZAÇÃO DE VEÍCULOS.....</b>	<b>78</b>
5.1	Considerações Preliminares Sobre o Procedimento Desenvolvido.....	78
5.2	Escolha do Método DE ROTEIRIZAÇÃO Para Adotar no Procedimento .....	78
5.3	Procedimento Desenvolvido .....	80
5.3.1	Procedimento com o método SWEEP.....	81
5.3.2	Procedimento com o método CLARK and WRIGHT .....	83
5.4	Estrutura de Dados do Protótipo Desenvolvido .....	84

5.5	Prototipo Desenvolvido.....	86
5.6	Exemplo do Protótipo Desenvolvido .....	89
5.7	Considerações Finais.....	94
<b>6</b>	<b>AVALIAÇÃO DOS MÉTODOS PERTENCENTES AO PROCEDIMENTO DESENVOLVIDO .....</b>	<b>96</b>
6.1	Avaliação do Procedimento .....	96
6.2	Problemas Teste .....	97
6.3	Avaliação dos Resultados.....	99
6.4	Considerações Finais.....	103
<b>7</b>	<b>CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>104</b>
7.1	Conclusões .....	104
7.2	Recomendações.....	105
<b>8</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>107</b>
<b>9</b>	<b>BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR.....</b>	<b>114</b>
<b>10</b>	<b>APÊNDICES.....</b>	<b>117</b>
10.1	Apêndice 1: Problemas Formulados por CHRISTOFIDES <i>ET AL</i> (1979) e Coordenadas Geográficas Calculadas, de Acordo com o Apresentado no Capítulo 7 .....	118
10.2	Apêndice 2: Localização dos Pontos de Parada e do Centro de Distribuição nos Problemas Formulados por CHRISTOFIDES <i>et al</i> (1979).....	160
10.3	Apêndice 3: Resultados Obtidos com os métodos e os Melhores Resultados Encontrados para os Problemas Formulados por CHRISTOFIDES <i>ET AL</i> (1979).....	163
10.3.1	Resultados Obtidos para o Problema VPRNC1 .....	163
10.3.2	Resultados Obtidos para o Problema VPRNC2 .....	168
10.3.3	Resultados Obtidos para o Problema VPRNC3 .....	173
10.3.4	Resultados Obtidos para o Problema VPRNC4.....	179
10.3.5	Resultados Obtidos para o Problema VPRNC5 .....	186
10.3.6	Resultados Obtidos para o Problema VPRNC6.....	191
10.3.7	Resultados Obtidos para o Problema VPRNC7 .....	196
10.3.8	Resultados Obtidos para o Problema VPRNC8.....	201
10.3.9	Resultados Obtidos para o Problema VPRNC9 .....	207

10.3.10	Resultados Obtidos para o Problema VPRNC 10 .....	215
10.3.11	Resultados Obtidos para o Problema VPRNC 11 .....	221
10.3.12	Resultados Obtidos para o Problema VPRNC 12 .....	228
10.3.13	Resultados Obtidos para o Problema VPRNC 13 .....	234
10.3.14	Resultados Obtidos para o Problema VPRNC 14 .....	239

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIG. 1.1 Assuntos relacionados necessários para o desenvolvimento da dissertação.....	30
FIG. 2.1 Cadeia Tradicional de distribuição, fonte:EMMELHAINZ (1996) .....	33
FIG. 2.2 Cadeia de abastecimento baseada no fluxo de informações, adaptado de EMMELHAINZ (1996) .....	34
FIG. 2.3 Componentes Básicos de um Sistema de Informação Gerencial.....	36
FIG. 3.1 Método de roteirização OPT-2 .....	45
FIG. 3.2 União de dois nós para formar um roteiro único .....	52
FIG. 3.3 Método de varredura.....	55
FIG. 4.1 Coordenada unidimensional .....	63
FIG. 4.2 Latitude .....	65
FIG. 4.3 Longitude .....	65
FIG. 4.4 Arco distância .....	66
FIG. 4.5 Azimute.....	67
FIG. 4.6 (a) Três pontos quaisquer. (b) Cálculo do ângulo entre 3 pontos quaisquer utilizando o azimute .....	68
FIG. 5.1 Procedimentos de permutação de nós.....	82
FIG. 5.2 Relacionamentos do banco de dados .....	86
FIG. 5.3 Formulário de roteirização preliminar .....	87
FIG. 5.4 Exemplo de uma roteirização realizada pelo protótipo .....	88
FIG. 5.5 Janela principal do <i>RotLog</i> .....	89
FIG. 5.6 Janela da vista no <i>RotLog</i> .....	90
FIG. 5.7 Exemplo de cadastro de Clientes .....	91
FIG. 5.8 Clientes e CD cadastrados na vista .....	91
FIG. 5.9 Formulário de pedidos .....	92
FIG. 5.10 Formulário de cadastro de caminhões .....	92
FIG. 5.11 Formulário de cadastro dos parâmetros .....	92
FIG. 5.12 Formulário de pré-roteirização .....	93
FIG. 5.13 Exemplo de tabela de roteiros gerados .....	93
FIG. 5.14 Exemplo de roteiros gerados em na vista .....	94

FIG. 5.15 Exemplo dos resultados gerados por cada roteiro .....	94
FIG. 10.1 Legenda para as ilustrações pertencentes a este apêndice .....	160
FIG. 10.2 VPRNC 1 e 6 .....	160
FIG. 10.3 VPRNC 2 e 7 .....	160
FIG. 10.4 VPRNC 3 e 8 .....	161
FIG. 10.5 VPRNC 4 e 9 .....	161
FIG. 10.6 VPRNC 5 e 10 .....	161
FIG. 10.7 VPRNC 11 e 13 .....	162
FIG. 10.8 VPRNC 12 e 14 .....	162
FIG. 10.9 Roteiros para o problema VPRNC 1 utilizando o método de CLARK and WRIGHT .....	164
FIG. 10.10 Roteiros para o problema VPRNC 1 utilizando o método de CLARK and WRIGHT e OPT-2 .....	165
FIG. 10.11 Roteiros para o problema VPRNC 1 utilizando o método SWEEP .....	166
FIG. 10.12 Roteiros para o problema VPRNC 1 utilizando o método SWEEP e OPT-2.....	167
FIG. 10.13 Melhores roteiros encontrados na literatura para o problema VPRNC 1 .....	168
FIG. 10.14 Roteiros para o problema VPRNC 2 utilizando o método de CLARK and WRIGHT.....	169
FIG. 10.15 Roteiros para o problema VPRNC 2 utilizando o método DE CLARK and WRIGHT e OPT-2 .....	170
FIG. 10.16 Roteiros para o problema VPRNC 2 utilizando o método SWEEP .....	171
FIG. 10.17 Roteiros para o problema VPRNC 2 utilizando o método SWEEP e OPT-2.....	172
FIG. 10.18 Melhores roteiros encontrados na literatura para o problema VPRNC 2 .....	173
FIG. 10.19 Roteiros para o problema VPRNC 3 utilizando o método de CLARK and WRIGHT.....	174
FIG. 10.20 Roteiros para o problema VPRNC 3 utilizando o método DE CLARK and WRIGHT e OPT-2 .....	175
FIG. 10.21 Roteiros para o problema VPRNC 3 utilizando o método SWEEP .....	176
FIG. 10.22 Roteiros para o problema VPRNC 3 utilizando o método SWEEP e OPT-2.....	177
FIG. 10.23 Melhores roteiros encontrados na literatura para o problema VPRNC 3 .....	178
FIG. 10.24 Roteiros para o problema VPRNC 4 utilizando o método de CLARK and WRIGHT.....	180

FIG. 10.25 Roteiros para o problema VPRNC 4 utilizando o método DE CLARK and WRIGHT e OPT-2 .....	181
FIG. 10.26 Roteiros para o problema VPRNC 4 utilizando o método SWEEP .....	183
FIG. 10.27 Roteiros para o problema VPRNC 4 utilizando o método SWEEP e OPT-2.....	184
FIG. 10.28 Melhores roteiros encontrados na literatura para o problema VPRNC 4 .....	186
FIG. 10.29 Roteiros para o problema VPRNC 5 utilizando o método SWEEP .....	187
FIG. 10.30 Roteiros para o problema VPRNC 5 utilizando o método SWEEP e OPT-2.....	189
FIG. 10.31 Melhores roteiros encontrados na literatura para o problema VPRNC 5 .....	191
FIG. 10.32 Roteiros para o problema VPRNC 6 utilizando o método de CLARK and WRIGHT .....	192
FIG. 10.33 Roteiros para o problema VPRNC 6 utilizando o método DE CLARK and WRIGHT e OPT-2 .....	193
FIG. 10.34 Roteiros para o problema VPRNC 6 utilizando o método SWEEP .....	194
FIG. 10.35 Roteiros para o problema VPRNC 6 utilizando o método SWEEP e OPT-2.....	195
FIG. 10.36 Melhores roteiros encontrados na literatura para o problema VPRNC 6 .....	196
FIG. 10.37 Roteiros para o problema VPRNC 7 utilizando o método de CLARK and WRIGHT .....	197
FIG. 10.38 Roteiros para o problema VPRNC 7 utilizando o método DE CLARK and WRIGHT e OPT-2 .....	198
FIG. 10.39 Roteiros para o problema VPRNC 7 utilizando o método SWEEP .....	199
FIG. 10.40 Roteiros para o problema VPRNC 7 utilizando o método SWEEP e OPT-2.....	200
FIG. 10.41 Melhores roteiros encontrados na literatura para o problema VPRNC 7 .....	201
FIG. 10.42 Roteiros para o problema VPRNC 8 utilizando o método de CLARK and WRIGHT .....	202
FIG. 10.43 Roteiros para o problema VPRNC 8 utilizando o método de CLARK and WRIGHT e OPT-2 .....	203
FIG. 10.44 Roteiros para o problema VPRNC 8 utilizando o método SWEEP .....	204
FIG. 10.45 Roteiros para o problema VPRNC 8 utilizando o método SWEEP e OPT-2.....	206
FIG. 10.46 Melhores roteiros encontrados na literatura para o problema VPRNC 8 .....	207
FIG. 10.47 Roteiros para o problema VPRNC 9 utilizando o método de CLARK and WRIGHT .....	208
FIG. 10.48 Roteiros para o problema VPRNC 9 utilizando o método DE CLARK and	

WRIGHT e OPT-2 .....	210
FIG. 10.49 Roteiros para o problema VPRNC 9 utilizando o método SWEEP .....	211
FIG. 10.50 Roteiros para o problema VPRNC 9 utilizando o método SWEEP e OPT-2.....	213
FIG. 10.51 Melhores roteiros encontrados na literatura para o problema VPRNC 9 .....	214
FIG. 10.52 Roteiros para o problema VPRNC 10 utilizando o método SWEEP .....	216
FIG. 10.53 Roteiros para o problema VPRNC 10 utilizando o método SWEEP e OPT-2....	218
FIG. 10.54 Melhores roteiros encontrados na literatura para o problema VPRNC 10 .....	220
FIG. 10.55 Roteiros para o problema VPRNC 11 utilizando o método de CLARK and WRIGHT .....	222
FIG. 10.56 Roteiros para o problema VPRNC 11 utilizando o método de CLARK and WRIGHT e OPT-2 .....	223
FIG. 10.57 Roteiros para o problema VPRNC 11 utilizando o método SWEEP .....	225
FIG. 10.58 Roteiros para o problema VPRNC 11 utilizando o método SWEEP e OPT-2....	226
FIG. 10.59 Melhores roteiros encontrados na literatura para o problema VPRNC 11 .....	228
FIG. 10.60 Roteiros para o problema VPRNC 12 utilizando o método de CLARK and WRIGHT .....	229
FIG. 10.61 Roteiros para o problema VPRNC 12 utilizando o método de CLARK and WRIGHT e OPT-2 .....	230
FIG. 10.62 Roteiros para o problema VPRNC 12 utilizando o método SWEEP .....	231
FIG. 10.63 Roteiros para o problema VPRNC 12 utilizando o método SWEEP e OPT-2....	232
FIG. 10.64 Melhores roteiros encontrados na literatura para o problema VPRNC 12 .....	233
FIG. 10.65 Roteiros para o problema VPRNC 13 utilizando o método de CLARK and WRIGHT .....	235
FIG. 10.66 Roteiros para o problema VPRNC 13 utilizando o método DE CLARK and WRIGHT e OPT-2 .....	236
FIG. 10.67 Roteiros para o problema VPRNC 13 utilizando o método SWEEP .....	237
FIG. 10.68 Roteiros para o problema VPRNC 13 utilizando o método SWEEP e OPT-2....	238
FIG. 10.69 Melhores roteiros encontrados na literatura para o problema VPRNC 13 .....	239
FIG. 10.70 Roteiros para o problema VPRNC 14 utilizando o método de CLARK and WRIGHT .....	240
FIG. 10.71 Roteiros para o problema VPRNC 14 utilizando o método DE CLARK and WRIGHT e OPT-2 .....	241



FIG. 10.72 Roteiros para o problema VPRNC 14 utilizando o método SWEEP .....	242
FIG. 10.73 Roteiros para o problema VPRNC 14 utilizando o método SWEEP e OPT-2....	243
FIG. 10.74 Melhores roteiros encontrados na literatura para o problema VPRNC 14 .....	244

## LISTA DE TABELAS

TAB. 5.1 Resultados dos testes de CHRISTOFIDES at al. (1979) .....	79
TAB. 5.2 Tempo computacional para o método de BUSCA TABU .....	79
TAB. 6.1 Tabela dos resultados obtidos na roteirização utilizando os possíveis métodos citados anteriormente e comparando com os resultados obtidos por PELIZARO (2000). ....	100
TAB. 6.2 Tabela de comparação dos resultados em relação a melhor solução encontrada...	101
TAB. 6.3 Tabela de comparação do número de veículos para cada roteirização. ....	101
TAB. 6.4 Tabela de comparação entre os diversos tempos computacionais gastos para obtenção da roteirização através dos métodos pertencentes ao procedimento desenvolvido e as soluções apresentadas por PELIZARO (2000) para dois softwares (em segundos).....	102
TAB. 10.1 Problema adaptado do VPRNC1 CHRISTOFIDES (1979) (tabela 1).....	118
TAB. 10.2 Problema adaptado do VPRNC1 CHRISTOFIDES (1979) (tabela 2).....	119
TAB. 10.3 Problema adaptado do VPRNC2 CHRISTOFIDES (1979) (tabela 1).....	119
TAB. 10.4 Problema adaptado do VPRNC2 CHRISTOFIDES (1979) (tabela 2).....	120
TAB. 10.5 Problema adaptado do VPRNC2 CHRISTOFIDES (1979) (tabela 3).....	121
TAB. 10.6 Problema adaptado do VPRNC3 CHRISTOFIDES (1979) (tabela 1).....	121
TAB. 10.7 Problema adaptado do VPRNC3 CHRISTOFIDES (1979) (tabela 2).....	122
TAB. 10.8 Problema adaptado do VPRNC3 CHRISTOFIDES (1979) (tabela 3).....	123
TAB. 10.9 Problema adaptado do VPRNC3 CHRISTOFIDES (1979) (tabela 3).....	124
TAB. 10.10 Problema adaptado do VPRNC4 CHRISTOFIDES (1979) (tabela 1).....	124
TAB. 10.11 Problema adaptado do VPRNC4 CHRISTOFIDES (1979) (tabela 2).....	125
TAB. 10.12 Problema adaptado do VPRNC4 CHRISTOFIDES (1979) (tabela 3).....	126
TAB. 10.13 Problema adaptado do VPRNC4 CHRISTOFIDES (1979) (tabela 4).....	127
TAB. 10.14 Problema adaptado do VPRNC5 CHRISTOFIDES (1979) (tabela 1).....	128
TAB. 10.15 Problema adaptado do VPRNC5 CHRISTOFIDES (1979) (tabela 2).....	129
TAB. 10.16 Problema adaptado do VPRNC5 CHRISTOFIDES (1979) (tabela 3).....	130
TAB. 10.17 Problema adaptado do VPRNC5 CHRISTOFIDES (1979) (tabela 4).....	131
TAB. 10.18 Problema adaptado do VPRNC5 CHRISTOFIDES (1979) (tabela 5).....	132
TAB. 10.19 Problema adaptado do VPRNC6 CHRISTOFIDES (1979) (tabela 1).....	133
TAB. 10.20 Problema adaptado do VPRNC6 CHRISTOFIDES (1979) (tabela 2).....	134

TAB. 10.21 Problema adaptado do VPRNC7 CHRISTOFIDES (1979) (tabela 1).....	134
TAB. 10.22 Problema adaptado do VPRNC7 CHRISTOFIDES (1979) (tabela 2).....	135
TAB. 10.23 Problema adaptado do VPRNC7 CHRISTOFIDES (1979) (tabela 3).....	136
TAB. 10.24 Problema adaptado do VPRNC8 CHRISTOFIDES (1979) (tabela 1).....	136
TAB. 10.25 Problema adaptado do VPRNC8 CHRISTOFIDES (1979) (tabela 2).....	137
TAB. 10.26 Problema adaptado do VPRNC8 CHRISTOFIDES (1979) (tabela 3).....	138
TAB. 10.27 Problema adaptado do VPRNC9 CHRISTOFIDES (1979) (tabela 1).....	139
TAB. 10.28 Problema adaptado do VPRNC9 CHRISTOFIDES (1979) (tabela 2).....	140
TAB. 10.29 Problema adaptado do VPRNC9 CHRISTOFIDES (1979) (tabela 3).....	141
TAB. 10.30 Problema adaptado do VPRNC9 CHRISTOFIDES (1979) (tabela 4).....	142
TAB. 10.31 Problema adaptado do VPRNC10 CHRISTOFIDES (1979) (tabela 1).....	143
TAB. 10.32 Problema adaptado do VPRNC10 CHRISTOFIDES (1979) (tabela 2).....	144
TAB. 10.33 Problema adaptado do VPRNC10 CHRISTOFIDES (1979) (tabela 3).....	145
TAB. 10.34 Problema adaptado do VPRNC10 CHRISTOFIDES (1979) (tabela 4).....	146
TAB. 10.35 Problema adaptado do VPRNC10 CHRISTOFIDES (1979) (tabela 5).....	147
TAB. 10.36 Problema adaptado do VPRNC10 CHRISTOFIDES (1979) (tabela 6).....	148
TAB. 10.37 Problema adaptado do VPRNC11 CHRISTOFIDES (1979) (tabela 1).....	148
TAB. 10.38 Problema adaptado do VPRNC11 CHRISTOFIDES (1979) (tabela 2).....	149
TAB. 10.39 Problema adaptado do VPRNC11 CHRISTOFIDES (1979) (tabela 3).....	150
TAB. 10.40 Problema adaptado do VPRNC11 CHRISTOFIDES (1979) (tabela 4).....	151
TAB. 10.41 Problema adaptado do VPRNC12 CHRISTOFIDES (1979) (tabela 1).....	151
TAB. 10.42 Problema adaptado do VPRNC12 CHRISTOFIDES (1979) (tabela 2).....	152
TAB. 10.43 Problema adaptado do VPRNC12 CHRISTOFIDES (1979) (tabela 3).....	153
TAB. 10.44 Problema adaptado do VPRNC13 CHRISTOFIDES (1979) (tabela 1).....	154
TAB. 10.45 Problema adaptado do VPRNC13 CHRISTOFIDES (1979) (tabela 2).....	155
TAB. 10.46 Problema adaptado do VPRNC13 CHRISTOFIDES (1979) (tabela 3).....	156
TAB. 10.47 Problema adaptado do VPRNC14 CHRISTOFIDES (1979) (tabela 1).....	157
TAB. 10.48 Problema adaptado do VPRNC14 CHRISTOFIDES (1979) (tabela 2).....	158
TAB. 10.49 Problema adaptado do VPRNC14 CHRISTOFIDES (1979) (tabela 2).....	159
TAB. 10.50 Resultados obtidos com o método CLARK and WRIGHT para o VPRNC1 ....	163
TAB. 10.51 Roteiros gerados com o método CLARK and WRIGHT para o VPRNC1 .....	163
TAB. 10.52 Resultados obtidos com o método CLARK and WRIGHT e OPT-2 para o	

VPRNC1.....	164
TAB. 10.53 Roteiros gerados com o método CLARK and WRIGHT e OPT-2 para o VPRNC1 .....	164
TAB. 10.54 Resultados obtidos com o método SWEEP para o VPRNC1 .....	165
TAB. 10.55 Roteiros gerados com o método SWEEP para o VPRNC1.....	165
TAB. 10.56 Resultados obtidos com o método SWEEP e OPT-2 para o VPRNC1.....	166
TAB. 10.57 Roteiros gerados com o método SWEEP e OPT-2 para o VPRNC1 .....	166
TAB. 10.58 Melhores resultados encontrados na literatura para o VPRNC1 .....	167
TAB. 10.59 Melhores roteiros encontrados na literatura para o VPRNC1 .....	167
TAB. 10.60 Resultados obtidos com o método CLARK and WRIGHT para o VPRNC2 ....	168
TAB. 10.61 Roteiros gerados com o método CLARK and WRIGHT para o VPRNC2 .....	169
TAB. 10.62 Resultados obtidos com o método CLARK and WRIGHT e OPT-2 para o VPRNC2.....	169
TAB. 10.63 Roteiros gerados com o método CLARK and WRIGHT e OPT-2 para o VPRNC2 .....	170
TAB. 10.64 Resultados obtidos com o método SWEEP para o VPRNC2 .....	170
TAB. 10.65 Roteiros gerados com o método SWEEP para o VPRNC2.....	171
TAB. 10.66 Resultados obtidos com o método SWEEP e OPT-2 para o VPRNC2.....	171
TAB. 10.67 Roteiros gerados com o método SWEEP e OPT-2 para o VPRNC2.....	172
TAB. 10.68 Melhores resultados encontrados na literatura para o VPRNC2.....	172
TAB. 10.69 Melhores roteiros encontrados na literatura para o VPRNC2.....	173
TAB. 10.70 Resultados obtidos com o método CLARK and WRIGHT para o VPRNC3 ....	173
TAB. 10.71 Roteiros gerados com o método CLARK and WRIGHT para o VPRNC3 .....	174
TAB. 10.72 Resultados obtidos com o método CLARK and WRIGHT e OPT-2 para o VPRNC3.....	174
TAB. 10.73 Roteiros gerados com o método CLARK and WRIGHT e OPT-2 para o VPRNC3 .....	175
TAB. 10.74 Resultados obtidos com o método SWEEP para o VPRNC3 .....	176
TAB. 10.75 Roteiros gerados com o método SWEEP para o VPRNC3.....	176
TAB. 10.76 Resultados obtidos com o método SWEEP e OPT-2 para o VPRNC3.....	177
TAB. 10.77 Roteiros gerados com o método SWEEP e OPT-2 para o VPRNC3.....	177
TAB. 10.78 Melhores resultados encontrados na literatura para o VPRNC3.....	178

TAB. 10.79 Melhores roteiros encontrados na literatura para o VPRNC3.....	178
TAB. 10.80 Resultados obtidos com o método CLARK and WRIGHT para o VPRNC4 ....	179
TAB. 10.81 Roteiros gerados com o método CLARK and WRIGHT para o VPRNC4 .....	179
TAB. 10.82 Resultados obtidos com o método CLARK and WRIGHT e OPT-2 para o VPRNC4.....	180
TAB. 10.83 Roteiros gerados com o método CLARK and WRIGHT e OPT-2 para o VPRNC4 .....	181
TAB. 10.84 Resultados obtidos com o método SWEEP para o VPRNC4 .....	182
TAB. 10.85 Roteiros gerados com o método SWEEP para o VPRNC4.....	182
TAB. 10.86 Resultados obtidos com o método SWEEP e OPT-2 para o VPRNC4.....	183
TAB. 10.87 Roteiros gerados com o método SWEEP e OPT-2 para o VPRNC4.....	184
TAB. 10.88 Melhores resultados encontrados na literatura para o VPRNC4.....	185
TAB. 10.89 Melhores roteiros encontrados na literatura para o VPRNC4.....	185
TAB. 10.90 Resultados obtidos com o método SWEEP para o VPRNC5 .....	186
TAB. 10.91 Roteiros gerados com o método SWEEP para o VPRNC5.....	187
TAB. 10.92 Resultados obtidos com o método SWEEP e OPT-2 para o VPRNC5.....	188
TAB. 10.93 Roteiros gerados com o método SWEEP e OPT-2 para o VPRNC5 .....	189
TAB. 10.94 Melhores resultados encontrados na literatura para o VPRNC5.....	190
TAB. 10.95 Melhores roteiros encontrados na literatura para o VPRNC5.....	190
TAB. 10.96 Resultados obtidos com o método CLARK and WRIGHT para o VPRNC6 ....	191
TAB. 10.97 Roteiros gerados com o método CLARK and WRIGHT para o VPRNC6 .....	191
TAB. 10.98 Resultados obtidos com o método CLARK and WRIGHT e OPT-2 para o VPRNC6.....	192
TAB. 10.99 Roteiros gerados com o método CLARK and WRIGHT e OPT-2 para o VPRNC6 .....	192
TAB. 10.100 Resultados obtidos com o método SWEEP para o VPRNC6 .....	193
TAB. 10.101 Roteiros gerados com o método SWEEP para o VPRNC6.....	193
TAB. 10.102 Resultados obtidos com o método SWEEP e OPT-2 para o VPRNC6.....	194
TAB. 10.103 Roteiros gerados com o método SWEEP e OPT-2 para o VPRNC6.....	194
TAB. 10.104 Melhores resultados encontrados na literatura para o VPRNC6.....	195
TAB. 10.105 Melhores roteiros encontrados na literatura para o VPRNC6.....	195
TAB. 10.106 Resultados obtidos com o método CLARK and WRIGHT para o VPRNC7 ..	196

TAB. 10.107 Roteiros gerados com o método CLARK and WRIGHT para o VPRNC7 .....	196
TAB. 10.108 Resultados obtidos com o método CLARK and WRIGHT e OPT-2 para o VPRNC7.....	197
TAB. 10.109 Roteiros gerados com o método CLARK and WRIGHT e OPT-2 para o VPRNC7.....	197
TAB. 10.110 Resultados obtidos com o método SWEEP para o VPRNC7 .....	198
TAB. 10.111 Roteiros gerados com o método SWEEP para o VPRNC7.....	198
TAB. 10.112 Resultados obtidos com o método SWEEP e OPT-2 para o VPRNC7.....	199
TAB. 10.113 Roteiros gerados com o método SWEEP e OPT-2 para o VPRNC7.....	199
TAB. 10.114 Melhores resultados encontrados na literatura para o VPRNC7.....	200
TAB. 10.115 Melhores roteiros encontrados na literatura para o VPRNC7.....	200
TAB. 10.116 Resultados obtidos com o método CLARK and WRIGHT para o VPRNC8..	201
TAB. 10.117 Roteiros gerados com o método CLARK and WRIGHT para o VPRNC8 .....	202
TAB. 10.118 Resultados obtidos com o método CLARK and WRIGHT e OPT-2 para o VPRNC8.....	202
TAB. 10.119 Roteiros gerados com o método CLARK and WRIGHT e OPT-2 para o VPRNC8.....	203
TAB. 10.120 Resultados obtidos com o método SWEEP para o VPRNC8 .....	204
TAB. 10.121 Resultados obtidos com o método SWEEP e OPT-2 para o VPRNC8.....	205
TAB. 10.122 Roteiros gerados com o método SWEEP e OPT-2 para o VPRNC8.....	205
TAB. 10.123 Melhores resultados encontrados na literatura para o VPRNC8.....	206
TAB. 10.124 Melhores roteiros encontrados na literatura para o VPRNC8.....	206
TAB. 10.125 Resultados obtidos com o método CLARK and WRIGHT para o VPRNC9 ..	207
TAB. 10.126 Roteiros gerados com o método CLARK and WRIGHT para o VPRNC9 .....	208
TAB. 10.127 Resultados obtidos com o método CLARK and WRIGHT e OPT-2 para o VPRNC9.....	209
TAB. 10.128 Roteiros gerados com o método CLARK and WRIGHT e OPT-2 para o VPRNC9.....	209
TAB. 10.129 Resultados obtidos com o método SWEEP para o VPRNC9 .....	210
TAB. 10.130 Roteiros gerados com o método SWEEP para o VPRNC9 (parte I).....	211
TAB. 10.131 Roteiros gerados com o método SWEEP para o VPRNC9 (parte II) .....	211
TAB. 10.132 Resultados obtidos com o método SWEEP e OPT-2 para o VPRNC9.....	212

TAB. 10.133 Roteiros gerados com o método SWEEP e OPT-2 para o VPRNC9 (parte I).	212
TAB. 10.134 Roteiros gerados com o método SWEEP e OPT-2 para o VPRNC9 (parte II)	213
TAB. 10.135 Melhores resultados encontrados na literatura para o VPRNC9.....	213
TAB. 10.136 Melhores roteiros encontrados na literatura para o VPRNC9.....	214
TAB. 10.137 Resultados obtidos com o método SWEEP para o VPRNC10 .....	215
TAB. 10.138 Roteiros gerados com o método SWEEP para o VPRNC10 (parte I).....	216
TAB. 10.139 Roteiros gerados com o método SWEEP para o VPRNC10 (parte II) .....	216
TAB. 10.140 Resultados obtidos com o método SWEEP e OPT-2 para o VPRNC10.....	217
TAB. 10.141 Roteiros gerados com o método SWEEP e OPT-2 para o VPRNC10 (parte I)	217
TAB. 10.142 Roteiros gerados com o método SWEEP e OPT-2 para o VPRNC10 (parte II) .....	218
TAB. 10.143 Melhores resultados encontrados na literatura para o VPRNC10.....	219
TAB. 10.144 Melhores roteiros encontrados na literatura para o VPRNC10 (parte I).....	219
TAB. 10.145 Melhores roteiros encontrados na literatura para o VPRNC10 (parte II) .....	220
TAB. 10.146 Resultados obtidos com o método CLARK and WRIGHT para o VPRNC11	221
TAB. 10.147 Roteiros gerados com o método CLARK and WRIGHT para o VPRNC11 ...	221
TAB. 10.148 Resultados obtidos com o método CLARK and WRIGHT e OPT-2 para o VPRNC11.....	222
TAB. 10.149 Roteiros gerados com o método CLARK and WRIGHT e OPT-2 para o VPRNC11.....	223
TAB. 10.150 Resultados obtidos com o método SWEEP para o VPRNC11 .....	224
TAB. 10.151 Roteiros gerados com o método SWEEP para o VPRNC11.....	224
TAB. 10.152 Resultados obtidos com o método SWEEP e OPT-2 para o VPRNC11.....	225
TAB. 10.153 Roteiros gerados com o método SWEEP e OPT-2 para o VPRNC11 .....	226
TAB. 10.154 Melhores resultados encontrados na literatura para o VPRNC11.....	227
TAB. 10.155 Melhores roteiros encontrados na literatura para o VPRNC11.....	227
TAB. 10.156 Resultados obtidos com o método CLARK and WRIGHT para o VPRNC12	228
TAB. 10.157 Roteiros gerados com o método CLARK and WRIGHT para o VPRNC12 ...	229
TAB. 10.158 Resultados obtidos com o método CLARK and WRIGHT e OPT-2 para o VPRNC12.....	229
TAB. 10.159 Roteiros gerados com o método CLARK and WRIGHT e OPT-2 para o VPRNC12.....	230

TAB. 10.160 Resultados obtidos com o método SWEEP para o VPRNC12 .....	230
TAB. 10.161 Roteiros gerados com o método SWEEP para o VPRNC12.....	231
TAB. 10.162 Resultados obtidos com o método SWEEP e OPT-2 para o VPRNC12.....	231
TAB. 10.163 Roteiros gerados com o método SWEEP e OPT-2 para o VPRNC12.....	232
TAB. 10.164 Melhores resultados encontrados na literatura para o VPRNC12.....	232
TAB. 10.165 Melhores roteiros encontrados na literatura para o VPRNC12.....	233
TAB. 10.166 Resultados obtidos com o método CLARK and WRIGHT para o VPRNC13	234
TAB. 10.167 Roteiros gerados com o método CLARK and WRIGHT para o VPRNC13 ...	234
TAB. 10.168 Resultados obtidos com o método CLARK and WRIGHT e OPT-2 para o VPRNC13.....	235
TAB. 10.169 Roteiros gerados com o método CLARK and WRIGHT e OPT-2 para o VPRNC13.....	235
TAB. 10.170 Resultados obtidos com o método SWEEP para o VPRNC13 .....	236
TAB. 10.171 Roteiros gerados com o método SWEEP para o VPRNC13.....	236
TAB. 10.172 Resultados obtidos com o método SWEEP e OPT-2 para o VPRNC13.....	237
TAB. 10.173 Roteiros gerados com o método SWEEP e OPT-2 para o VPRNC13 .....	237
TAB. 10.174 Melhores resultados encontrados na literatura para o VPRNC13.....	238
TAB. 10.175 Melhores roteiros encontrados na literatura para o VPRNC13.....	238
TAB. 10.176 Resultados obtidos com o método CLARK and WRIGHT para o VPRNC14	239
TAB. 10.177 Roteiros gerados com o método CLARK and WRIGHT para o VPRNC14 ...	240
TAB. 10.178 Resultados obtidos com o método CLARK and WRIGHT e OPT-2 para o VPRNC14.....	240
TAB. 10.179 Roteiros gerados com o método CLARK and WRIGHT e OPT-2 para o VPRNC14.....	241
TAB. 10.180 Resultados obtidos com o método SWEEP para o VPRNC14 .....	241
TAB. 10.181 Roteiros gerados com o método SWEEP para o VPRNC14.....	242
TAB. 10.182 Resultados obtidos com o método SWEEP e OPT-2 para o VPRNC14.....	242
TAB. 10.183 Roteiros gerados com o método SWEEP e OPT-2 para o VPRNC14.....	243
TAB. 10.184 Melhores resultados encontrados na literatura para o VPRNC14.....	243
TAB. 10.185 Melhores roteiros encontrados na literatura para o VPRNC14.....	244



## RESUMO

Esta dissertação tem como objetivo contribuir para o gerenciamento da logística de distribuição de carga fracionada, buscando uma maior eficiência e produtividade na roteirização de veículos através do desenvolvimento de um procedimento para o trato deste problema logístico.

Em um processo de distribuição, existem várias restrições operacionais como: a localização dos clientes, a capacidade disponível de carga nos veículos, os horários possíveis para atendimento dos clientes e o tempo de percurso de uma rota. Estes fatores, entre outros, tornam o processo de roteirização bastante complexo, necessitando-se de ferramentas que auxiliem a tomada de decisão. Com esta constatação, nesta dissertação apresenta-se o desenvolvimento de uma ferramenta computacional a partir do procedimento desenvolvido.

A ferramenta computacional foi desenvolvida utilizando a linguagem de programação *Visual Basic* com um componente *ActiveX* denominado *MapObjects*. Esta ferramenta associa um banco de dados a um mapa georreferenciado, facilitando o cadastramento dos clientes e a visualização das rotas geradas.

Para ilustrar o procedimento desenvolvido e por consequência esta ferramenta computacional, foram feitos testes e comparados com resultados obtidos utilizando outras ferramentas computacionais de custo elevado existentes no mercado.

## ABSTRACT

This work has as objective to contribute for the logistic management distribution of fractioned loads, searching a bigger efficiency and productivity in the routing of vehicles through the development of a procedure for the treatment of this logistic problem.

In a distribution process, there exist operational restrictions such: the localization of the customers, the available load capacity in the vehicles, the possible schedules for attendance of the customers and route travel time. These factors, among others, contribute to make the process of routing a complex one, needing then, tools to assist the decision making process. With this evidence, this work presents the development of a computational tool for the developed procedure.

The computational tool was developed using the *Visual Basic* programming language with the component *ActiveX* called *MapObjects*. This tool associates a data base to a map, easing the identification of the customers and the visualization of the generated routes.

To illustrate the developed procedure as well as the functioning of the computational tool, some tests were run in order to compare the results with those obtaining with existing software of higher cost in the market.

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 LOGÍSTICA E ROTEIRIZAÇÃO

Segundo EILTON *et al* (1971) *apud* PELIZARRO (2000), logística pode ser definida como “a provisão de bens e serviços de um ponto de oferta para um ponto de demanda”. Um completo sistema logístico abrange o processo de movimentação de matéria-prima (e outros insumos necessários à produção) de fornecedores para a fábrica, a conversão desses insumos em produtos na fábrica, o movimento destes produtos para vários armazéns ou depósitos e a eventual entrega destes produtos ao consumidor final.

Logística pode também ser definida como o planejamento e a operação de sistemas físicos, informacionais e gerenciais necessários para que insumos e produtos vençam condicionantes espaciais e temporais de forma econômica (DASKIN, 1985). Segundo NOVAES (1996), a logística não se atém aos aspectos físicos do sistema (veículos, armazéns, rede de transporte, etc). Os aspectos informacionais e gerenciais, envolvendo processamento de dados, tele-informática, processos de controle gerenciais, etc integram a análise logística.

Para BALLOU (1993) a logística associa o estudo e a administração dos fluxos de bens e serviços à informação que os põe em movimento. Caso fosse viável produzir todos os bens e serviços no ponto onde eles são consumidos ou caso as pessoas desejassem viver onde as matérias-primas e a produção se localizam, então a logística seria pouco importante. Mas isto não ocorre. Uma região tende a especializar-se na produção daquilo que lhe der vantagem econômica. Isto cria um hiato de tempo e espaço entre matérias-primas e produção e entre produção e consumo. Vencer tempo e distância na movimentação de bens ou na entrega de serviços de forma eficaz e eficiente é tarefa do profissional de logística. Ou seja, sua missão é colocar as mercadorias ou os serviços certos no lugar e no instante correto e na condição desejada, ao menor custo possível.

BALLOU (1993) ainda identifica que os custos logísticos de produtos tangíveis representam cerca de 23% do Produto Nacional Bruto (PNB) norte americano, e o transporte em si representa algo em torno de dois terços desse valor.

Já no Brasil, segundo FLEURY *et al.* (2000) *apud* MELO JR (2003), os custos logísticos correspondem a 19% do faturamento de uma empresa industrial típica e a margem de lucro,

normalmente gira em torno de 8%. MELO JR (2003), constata que os custos logísticos representam mais do que o dobro da margem de lucro resultando um fator extremamente relevante para o custeio de uma empresa.

MELO JR (2003) conclui ainda que diante dessa relação de custos logísticos versus margem de lucro, uma estratégia de transporte eficiente é fator-chave para o sucesso comercial de empresas produtoras e distribuidoras de mercadorias, principalmente quando se trata de produtos com grande peso e baixo valor agregado, como cimento, por exemplo. Este é um produto qualificado como “commodity”, ou seja, não há muito diferencial quanto ao favorecimento de marcas.

Segundo READ e MULLER (1991) *apud* PELIZARO (2000), um estudo realizado para conceituar a qualidade em logística, com uma pesquisa realizada em 225 empresas americanas e européias de diferentes setores industriais, revelou que mais de 75% dos pesquisados apontam os serviços realizados no prazo um dos três itens mais importantes para atingir a qualidade em logística.

Já a geoinformação durante os últimos 15 anos esteve se consolidando, definitivamente, como ferramenta essencial de planejamento e por consequência também essencial aos processos logísticos. O Sistema de Posicionamento Global (GPS), o Sistema de Informação Geográfica (SIG), o mapeamento digital, a automação topográfica, os modelos digitais de terreno, os sistemas de varredura automática, os computadores e principalmente os programas feitos para tratar e visualizar toda a massa de dados gerada ampliaram as possibilidades de mapeamento e de análise da informação geográfica.

O uso mais intensivo de Sistema de Informação Geográfica (SIG) no Brasil ainda tem como limitante, na maioria das vezes, a escassez de bases de dados confiáveis e atualizadas, tanto em relação a dados espaciais (mapas digitalizados) quanto a dados demográficos e sócio-econômicos.

O termo roteirização de veículos, embora não encontrado nos dicionários de língua portuguesa, é a forma que vem sendo utilizada como equivalente ao inglês *routing* (ou *routening*) para designar o processo de determinação de um ou mais roteiros ou seqüências de paradas a serem cumpridos por veículos de uma frota, objetivando visitar um conjunto de pontos geograficamente dispersos, em locais pré-determinados, que necessitam de atendimento. O termo roteamento de veículos também é utilizado alternativamente por alguns autores (CUNHA, 1997).

Segundo LAPORTE *et al.* (2000) *apud* CUNHA (2003), o problema de roteirização de veículos consiste em definir roteiros de veículos que minimizem o custo total de atendimento, cada um dos quais iniciando e terminando no depósito ou base dos veículos, assegurando que cada ponto seja visitado exatamente uma vez e a demanda em qualquer rota não exceda a capacidade do veículo que atende.

De acordo com ASSAD (1988) *apud* CUNHA (2003), a roteirização de veículos consiste em uma das histórias de grande sucesso da pesquisa operacional nas últimas décadas. Isto pode ser medido pelo expressivo número de artigos que vêm sendo publicados ao longo dos anos na literatura especializada, incluindo os anais de congressos da ANPET.

O primeiro problema de roteirização a ser estudado foi o do Caixeiro viajante, que consiste em encontrar o roteiro ou seqüência de cidades a serem visitadas por um caixeiro viajante que minimize a distância total percorrida e assegure que cada cidade seja visitada exatamente uma vez.

Desde então, novas restrições vêm sendo incorporadas ao problema do caixeiro viajante, de modo a melhor representar os diferentes tipos de problemas que envolvem roteiros de pessoas e veículos, entre as quais: restrições de horário de atendimento (conhecidas na literatura como janelas de tempo); capacidades dos veículos; frota composta por veículos de diferentes tamanhos; duração máxima dos roteiros dos veículos (tempo ou distância); restrições de tipos de veículos que podem atender determinados clientes.

Os roteirizadores, baseados em mapas e sistemas de coordenadas, desempenham um papel bem definido na cadeia de suprimentos, não apenas otimizando as rotas e reduzindo substancialmente os custos do transporte, como também por serem uma poderosa ferramenta de análise e simulação de estratégias de distribuição. Com o uso de roteirizadores, o processo de distribuição ganha novos contornos. Maior controle, otimização dos recursos e redução de custos são apenas alguns dos benefícios mais imediatos, mas eles podem ser usados, também, no planejamento estratégico das empresas, fornecendo subsídios para novos investimentos e a melhoria da dinâmica da cadeia logística.

FIORAVANTE (2003) *apud* TECNOLOGISTICA (2003), destaca que o uso dos roteirizadores vem aumentando substancialmente nos últimos anos. “Muitas empresas ainda acham que saber o Código de Endereçamento Postal do cliente resolve o problema de entrega. Elas esquecem que é preciso dispor de soluções mais complexas para garantir a eficiência e a rapidez desses processos, que lidam com altos volumes e entregas fracionadas”.

## 1.2 OBJETIVO

O objetivo desta dissertação é desenvolver um procedimento para roteirização de veículos de carga fracionada (coleta ou entrega) com diferentes capacidades e que permita a interação do operador (pessoa responsável pela roteirização) com o intuito de melhorar a rota gerada.

## 1.3 JUSTIFICATIVAS

A base de todo o sistema de operação dos roteirizadores são os mapas viários. É importante ressaltar que os mapas do sistema são apenas o ponto de partida, pois os softwares operam com uma malha viária construída sobre essa base, como se fosse uma segunda camada. Desta forma, todas as modificações de trajeto, que envolvem o bloqueio temporário de vias ou mesmo a exclusão de ruas, podem ser incluídas no sistema mantendo-o sempre atualizado e garantindo sua eficiência contínua.

Segundo NAZÁRIO, o uso mais intensivo de SIG no Brasil ainda tem como limitante, na maioria das vezes, a escassez de bases de dados confiáveis e atualizadas, tanto em relação a dados espaciais (mapas digitalizados) quanto a dados demográficos e sócio-econômicos.

A maioria dos roteirizadores existentes no mercado é proveniente de países desenvolvidos, nos quais existem mapas digitalizados constantemente atualizados. No Brasil, além de haver dificuldade na confecção destes mapas, estes são caros e imprecisos devido as constantes mudanças na malha viária nacional.

A partir destas constatações, uma justificativa pertinente para a realização deste trabalho é o fato do procedimento calcular a distância euclidiana entre os pontos, baseada nas suas coordenadas geográficas, não necessitando assim de uma base de dados georreferenciada e atualizada da rede viária.

Existem muitos softwares de roteamento no mercado, o grande problema é que a maioria desses possui várias facilidades além de gerar rotas, tornando-os complexos e caros para empresas de pequeno porte. O presente trabalho tem o objetivo de desenvolver um procedimento simples e ao mesmo tempo capaz de gerar otimizações de rotas de entregas ou coletas trazendo uma economia de tempo e distância similar as geradas por outros softwares

já existentes no mercado com alto custo de aquisição e implantação. Para isto o procedimento desenvolvido partirá de uma roteirização preliminar por meio de alguns algoritmos de roteirização e permitirá que o operador tenha a possibilidade de fazer alterações nas rotas geradas.

A consequência mais imediata com a implantação deste método será a redução dos custos das rotas, mas outros ganhos também devem ser contabilizados como o aumento de produtividade das viagens conseguido pela redução da quilometragem percorrida, a diminuição das horas extras pagas a motoristas e ajudantes, o balanceamento da carga e o aumento de utilização do veículo.

#### 1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

No primeiro capítulo desta dissertação é apresentado o objetivo e a justificativa do trabalho assim como a sua estrutura.

Para se chegar ao desenvolvimento de um procedimento que faça a roteirização de veículos, foi necessário estudar sobre diversos assuntos, estes assuntos foram então separados em capítulos como apresentado a seguir.

No segundo capítulo apresenta-se uma visão geral sobre logística, posicionando-se o problema de roteirização de veículos.

No terceiro capítulo apresenta-se um estudo do estado da arte sobre roteirização de veículos. Mencionando-se desde a teoria dos grafos até as necessidades de um software de roteirização.

No quinto capítulo, já que o desenvolvimento da ferramenta computacional é baseado em coordenadas geográficas, apresentam-se alguns conceitos de cartografia bem como algumas fórmulas necessárias para os cálculos dos algoritmos que serão utilizados. No capítulo descreve-se um sistema de informação geográfica e algumas de suas características e funcionalidades.

No sexto capítulo descreve-se o procedimento desenvolvido, justifica-se a escolha dos métodos de roteirização a serem adotados no procedimento e apresenta-se o protótipo do software que foi desenhado para servir de ferramenta operacional para roteirização de veículos.

No sétimo capítulo avaliam-se os métodos relacionados ao procedimento desenvolvido

fazendo uma comparação com dois softwares existentes no mercado e com os melhores resultados encontrados para 14 problemas propostos. Para avaliar o desempenho da metodologia proposta são testados os problemas tipo de CHRISTOFIDES *et al* (1979), que são problemas com resultado ótimo já conhecido.

Observe a correlação entre os assuntos no diagrama da figura 1.1, a seguir:



FIG. 1.1 Assuntos relacionados necessários para o desenvolvimento da dissertação

No oitavo e último capítulo são apresentadas as conclusões finais e recomendações para prosseguimento das pesquisas.

Em seguida são apresentadas as referências bibliográficas e um apêndice com informações complementares do trabalho.



## 2 LOGÍSTICA E TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO

### 2.1 INTRODUÇÃO SOBRE LOGÍSTICA

Hoje se observa uma dinâmica nunca antes constatada na oferta de produtos. De um lado, os produtos vão se aprimorando ao longo do tempo, incorporando novos elementos e novas tecnologias, numa rapidez crescente. No caso de produtos envolvendo componentes eletrônicos, esse dinamismo é ainda mais acentuado, mas mesmo produtos de consumo corrente, oferecidos em supermercados, sofrem alterações e melhorias com muita frequência. O leite, por exemplo, inicialmente comercializado nas padarias em garrafas de vidro, passou a ser oferecido em sacos plásticos, e hoje vem em embalagens mais sofisticadas, com vida mais longa, do tipo *tetra-pak* e similares. Por outro lado, um mesmo tipo de produto normalmente apresenta um número grande de variações, em termos de sabor, tamanho, componentes, qualidade e obviamente, de preço (NOVAES, 2001).

A logística está muito ligada ao produto. Na nova conceituação de cadeia varejista, todo o processo logístico que vai da matéria prima até o consumidor final é hoje considerado entidade única, sistêmica, em que cada parte do sistema depende das demais e deve ser ajustado visando o todo. É a logística que dá condições reais de garantir a posse do produto, por parte do consumidor, no momento desejado. No caso de bens duráveis, é comum no Brasil o vendedor prometer a entrega do produto numa certa data, promessa que não é cumprida por deficiências no sistema de informação, nas operações do depósito ou no transporte. O efeito negativo que tais situações acarretam na imagem da empresa ainda não foi convenientemente avaliado no país, mas é sem dúvida, significativo (adaptado de NOVAES, 2001).

Segundo RODRÍGUEZ (1996), a logística é uma função essencial e estratégica da empresa. Ela existe há muito tempo, mas atualmente, tem se transformado numa função em pleno desenvolvimento nos seguintes aspectos:

- Integração e coordenação das atividades ao longo da cadeia logística.
- Coordenação com outras funções da empresa e com outros fatores exteriores.

A logística procura resolver problemas de suprimento de insumos ao setor produtivo, de um lado, e de distribuição de produtos acabados ou semi-acabados na outra ponta do processo

de fabricação. No lado dos insumos (logística de suprimentos) pode-se mencionar, dentre outros, os problemas ligados às fontes de suprimento (diversificação, preço, custos de transporte, etc.), à política de estocagem, aos meios de transportes utilizados, etc (NOVAES, 1996).

Na ponta oposta que trata do produto acabado ou semi-acabado, os principais problemas de logística referem-se à armazenagem, processamento de pedidos, transferências (fábrica-depósito, depósito-depósito), distribuição física, etc (Logística de Distribuição) (NOVAES, 1996).

## 2.2 DEFINIÇÕES DE LOGÍSTICA

Logística é o processo de planejamento, implementação e controle do fluxo eficiente e economicamente eficaz de matérias-primas, estoques em processo, produtos acabados, e informações relativas desde o ponto de origem até o ponto de consumo (incluindo movimentos de entradas e saídas, internos e externos), com propósito de atender às exigências dos clientes (Definição promulgada pelo conselho de administração logística - CML - BALLOU, 2001).

BALLOU (2001), entretanto, prefere definir que a missão da logística é dispor a mercadoria ou o serviço certo, no lugar certo, no tempo certo e nas condições desejadas, ao mesmo tempo em que fornece a maior contribuição à empresa.

Para a sua realização, a logística gera gastos necessários de movimentação de material (transporte, manuseio, estocagem, processamento da informação, etc.). Como resultado da logística, ao produto agregasse, por tanto, um valor, sendo neste caso valor de lugar e de tempo (RODRÍGUEZ, 1996). Aliado a isto deve se considerar que o principal objetivo da logística é prover o maior nível de serviço com os menores custos totais.

NOVAES (1996), ressalta que o enfoque logístico implica em vencer condicionantes espaciais e temporais. Esse aspecto é fundamental para se entender os conceitos envolvidos no moderno enfoque dos problemas logísticos. Enquanto o transporte tradicional de mercadorias cuida de vencer restrições espaciais, deslocando os produtos dos pontos de produção para os centros de consumo, a logística no seu enfoque moderno, não se restringe a isso. Ao contrário, as restrições temporais ocupam hoje papel de destaque na resolução de problemas.

FABBE-COSTES (1993) *apud* DIAS *et al* (1996) diz que a logística é uma função do gerenciamento que se encarrega do fluxo físico dentro e entre empresas. Para se obter sucesso nesta missão deve-se construir sistemas de informação e comunicação que auxiliem o desenho das cadeias, das rotas assim como a manutenção da eficiência das organizações.

### 2.3 GERENCIAMENTO LOGÍSTICO

Nos últimos anos a logística vem apresentando uma evolução constante sendo hoje um dos elementos-chave na estratégia competitiva das empresas. No início, era confundida com o transporte e a armazenagem de produtos. Hoje, é o ponto nevrálgico da cadeia produtiva integrada, atuando em estreita consonância com o moderno gerenciamento da cadeia de suprimentos (NOVAES, 2001).

A gerência logística evoluiu desde uma primeira fase em que a ênfase era a administração de materiais por meio da gestão de estoques, compras e movimentação de materiais, até os dias de hoje quando as empresas líderes praticam a gerência da cadeia logística baseada na visão sistêmica em que estão incluídos, além da própria empresa, os seus fornecedores e os canais de distribuição. Neste modo de gerência o fluxo de mercadorias está sincronizado com a demanda real.

Em uma cadeia tradicional de distribuição como a representada na figura 2.1, mesmo quando as atividades logísticas são bem administradas, pode haver uma falta de coordenação e integração entre as organizações acarretando o aumento dos custos de transporte, a alocação ineficiente de recursos e a elevação dos níveis de estoque quando os fluxos de produção e de demanda estão segregados e fora de sincronia. Para que isto não aconteça, a produção deve ser programada de acordo com dados históricos e a informação dividida entre os membros da cadeia de distribuição, figura 2.2.

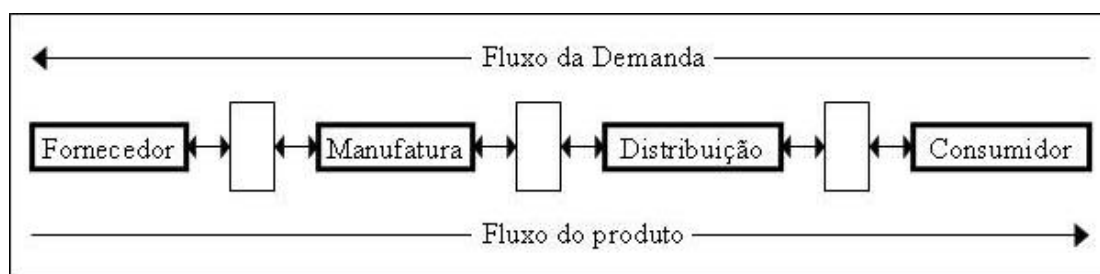


FIG. 2.1 Cadeia Tradicional de distribuição, fonte:EMMELHAINZ (1996)

Atualmente verifica-se que as empresas líderes de mercado estão usando informação para integrar as atividades e os processos dos membros da cadeia de suprimentos de modo a criar um fluxo de produtos sincronizado com a demanda real.

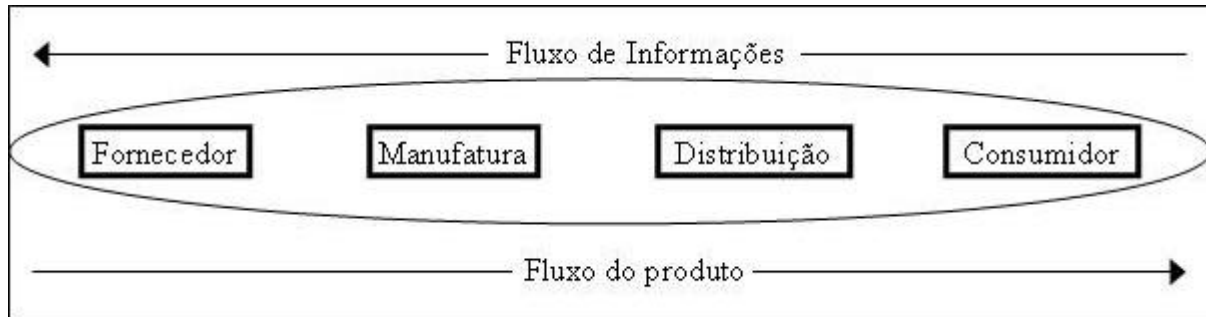


FIG. 2.2 Cadeia de abastecimento baseada no fluxo de informações, adaptado de EMMELHAINZ (1996)

Conforme EMMELHAINZ (1996), a evolução da logística ocorreu porque o baixo preço e a boa qualidade do produto fornecido não são mais fatores únicos/ primordiais de competitividade. A situação atual dos mercados aponta para a excelência em logística como o elemento que não pode ser atingido facilmente pelas empresas, se tornando assim em uma vantagem competitiva sustentável. O ciclo de vida dos produtos está cada vez menor, tendo passado de anos para semanas, não sendo mais uma vantagem competitiva de longa duração, e as atividades de promoção de preço podem ser facilmente imitadas por competidores.

Segundo RIBEIRO (2002), manter-se competitivo significa, além de manter o ciclo de entrega o menor possível e de exigir a mínima participação do comprador na relação de troca de dinheiro versus mercadoria, estar apto a fornecer um serviço diferenciado visto que os clientes têm se tornado cada vez mais exigentes demandando entregas com hora marcada, ser capaz de atender requisitos específicos para a mercadoria, como embalagens especiais, remessas menores e mais frequentes. Para que isso ocorra é fundamental que se trabalhe o fator tempo e a integração de todos os participantes da cadeia logística.

NOVAES (2001) afirma que para se conseguir melhorar o nível de serviço ao cliente e reduzir custos, as empresas lançaram mão, em larga escala, da tecnologia da informação, passaram a terceirizar muitas de suas atividades e buscaram parcerias com fornecedores e clientes. O gerenciamento da cadeia de suprimentos surge dando ênfase a satisfação plena do consumidor final, a formação de parcerias entre fornecedores e clientes ao longo da cadeia de suprimentos, a abertura plena entre parceiros possibilitando acesso mútuo às informações operacionais e estratégicas e a aplicação de esforços de forma sistêmica e continuada visando

agregar o máximo valor para o consumidor final e eliminar os desperdícios, reduzindo custos e aumentando a eficiência.

RIBEIRO (2002) conclui que a competição está deixando de existir entre empresas para se manifestar entre cadeias de suprimento fazendo com que a gerência logística tenha crescido a sua importância.

## 2.4 A TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO APLICADA A LOGÍSTICA

O conceito de informação envolve um processo de redução de incerteza. A informação é o conhecimento disponível para uso imediato e que permite orientar a ação, ao reduzir a margem de incerteza que cerca as decisões cotidianas. Os sistemas de informação são sistemas específicos de busca, coleta, armazenamento, classificação e tratamento das informações importantes e relevantes criados pelas organizações para facilitar seu funcionamento e melhorar o seu processo de decisão.

Enquanto muitos fatores têm promovido o crescimento da logística, pode-se identificar um fator que tem uma grande influência positiva nos sistemas logísticos: o desenvolvimento e implementação da (poderosa e de baixo custo) tecnologia da informação através da cadeia logística (LALONDE E MASTERS, 1994 *apud* MURTA 1999).

De acordo com MURTA (1999), o GLOBAL LOGISTICS RESEARCH TEAM na MICHIGAN STATE UNIVERSITY (1995) observou que a tecnologia de informação é uma das sete capacidades que se combinam para a integração dos processos logísticos e performance de classe mundial. Ao fazer esta observação esse grupo de pesquisas definiu a capacidade de informação tecnológica como “a aplicação do *hardware*, *software* e redes para incrementar o fluxo de informações e facilitar as decisões”. A adoção e implementação correta da tecnologia de informação (TI) é tida como pré-requisito para o sucesso logístico.

Como pode ser visto na figura 2.3 a seguir, tanto as fontes de informação internas como externas à organização influenciam na tomada de decisão. Estas decisões causam efeitos no ambiente externo e na organização. Estes efeitos pressupõem a necessidade do atendimento de uma demanda e devem ser comparados com as metas previamente estabelecidas. Caso os efeitos obtidos difiram dos padrões preestabelecidos são geradas novas informações que realimentam a tomada de decisão. Normalmente, só se consegue atingir os resultados desejados após sucessivas aplicações do processo descrito. Espera-se que quanto mais

precisas forem as informações menor será o número de interações necessárias à obtenção dos resultados esperados. Por outro lado, caso se disponha de informações com baixo nível de confiabilidade, mesmo que em grande quantidade, deve-se esperar dificuldade na obtenção dos objetivos.

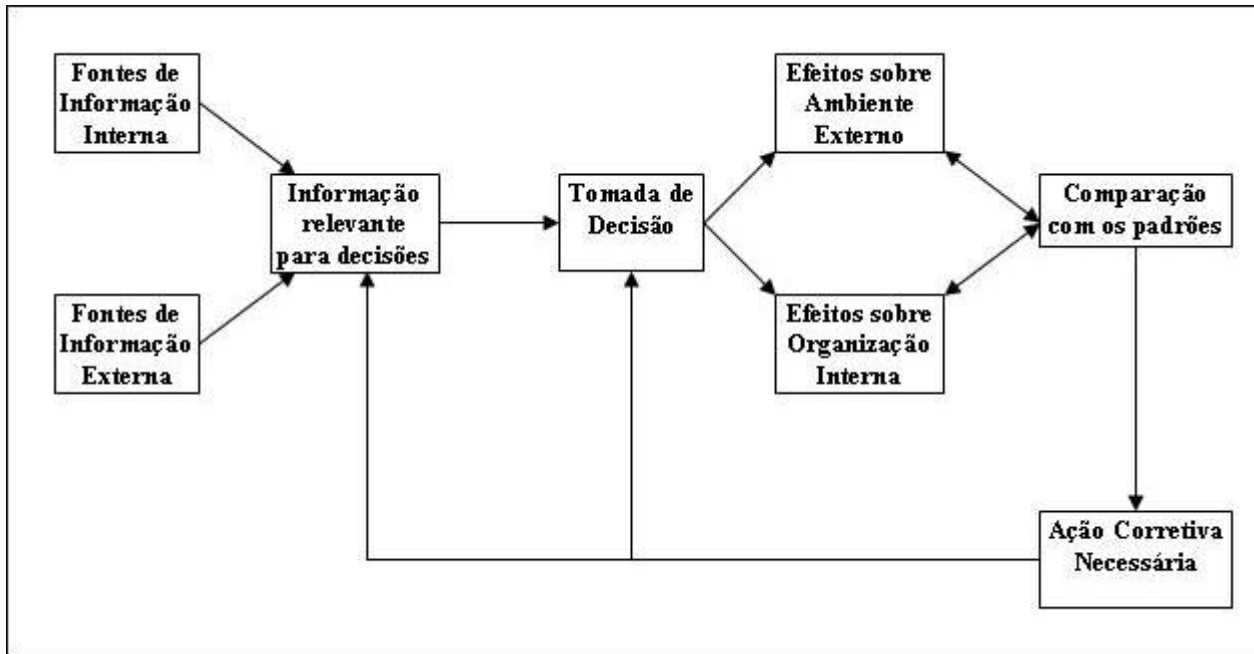


FIG. 2.3 Componentes Básicos de um Sistema de Informação Gerencial

Fonte – HERBERT G. HICKS E C.RAY GULLET, *The Management of Organization*, New York, McGraw-Hill Book Co., 1976, p.527

O fluxo de informação é fundamental na integração dos processos da cadeia logística, pois só a informação compartilhada entre os sistemas de informação e os diversos participantes envolvidos possibilita a visão permanente da demanda real, tornando possível que as atividades sejam ajustadas e coordenadas, permitindo facilitar seu funcionamento e melhorar o seu processo de decisão, aumentar o nível de serviço e também reduzir incertezas que levam os membros da cadeia de abastecimento a manter grandes estoques de segurança.

#### 2.4.1 Histórico da Utilização da Tecnologia de Informação nas Empresas

O aparecimento do computador para fins comerciais na década de 50 marcou o início da revolução dos sistemas de informações nas empresas, pois possibilitou que os processos administrativos que na época já demandavam a manipulação de grande volume de informações recebessem um tratamento mais eficaz. Nas décadas de 60 e 70 em que

ocorreram grandes alterações nas atividades empresariais e administrativas como o aumento significativo do volume de papel nos processos, a integração de sistemas, possibilitando o acesso de um terminal a várias aplicações, a automação de tarefas administrativas e a oferta de novos serviços de telecomunicações, influenciaram as decisões no campo da informática e das telecomunicações. Do início da década de 80 até os dias atuais as alterações no cotidiano das empresas continuam, porém de uma maneira muito mais profunda e rápida baseadas na evolução das tecnologias de informação. As novas tecnologias da informação dentro das empresas melhoraram a eficiência da rotina diária de trabalho e serviram como ponto de partida para inovações visando a sobrevivência e a expansão.

Atualmente, tornou-se uma necessidade premente para as empresas ter um maior acompanhamento da evolução das novas tecnologias, principalmente das tecnologias de informação que incluem as tecnologias de comunicação e computação, que vêm demonstrando capacidade de agregar valor ao produto e ao serviço, de reduzir os custos das transações comerciais e de aumentar a competitividade das empresas, em virtude da maior velocidade de operação que elas possibilitam.

## 2.5 DISTRIBUIÇÃO FÍSICA

A distribuição física cobre os segmentos que vão desde a saída do produto na fábrica, até sua entrega final ao consumidor. Algumas vezes o produto é despachado da fábrica para o depósito de um atacadista. Outras vezes, o produto é transportado do fabricante para o centro de distribuição do varejista. São também comuns os casos em que o fabricante abastece diretamente a loja de varejo. Na prática, podem também ocorrer outros esquemas de distribuição física, mas os mencionados são os mais comuns.

Para operar um sistema de distribuição é necessário dispor de informações variadas. Por exemplo, no caso de distribuição para vários pontos de varejo, como é o caso de bebidas, cigarros, biscoitos e outros produtos, é fundamental se dispor de um cadastro de clientes, composto pela razão social, endereço, coordenadas geográficas (para uso de SIG e/ ou software de roteirização) e demais elementos considerados importantes para a operação logística. Outros tipos de informações utilizados na operação de distribuição são: a quantidade de produtos a serem entregues a cada cliente, condições (horários para entrega, tipo de

acondiçõamento) e roteiros de distribuição (seqüência de clientes a serem atendidos) (NOVAES, 2001).

Segundo OGDEN (1992), o transporte de produtos é essencialmente uma atividade econômica. Os produtos não são movimentados em função de seus próprios desejos; eles somente são movimentados se tiverem um maior valor em um outro local. A única função do transporte de produtos é deslocar as mercadorias de um local para outro, para serem consumidos, transformados, consertados, modificados, armazenados, processados, depositados como lixo, etc. Em sua essência, portanto, o transporte de produtos é o meio pelo qual as mercadorias são transferidas, como parte do processo econômico de produção e consumo. Por conseguinte, são necessários, previamente, que processos sejam ativados para que as mercadorias sejam transferidas, como parte do processo econômico de produção e consumo, no qual estão envolvidos diversos participantes.

O transporte desempenha importante papel na cadeia logística, sendo ele responsável por cerca de dois terços dos custos logísticos na maioria das firmas. Por ter tal importância, deve também, utilizar-se das novas tecnologias de informação para seu melhor gerenciamento e integração com os demais membros.

BALLOU (1993), define a distribuição física como o ramo da logística que trata de movimentação, estocagem e processamento de pedidos dos produtos finais da empresa. Significa dizer que a distribuição física está atuando nas transferências dos produtos entre fábricas e armazéns próprios ou de terceiros, nos seus estoques, nos subsistemas de entrega urbana e interurbana de mercadorias, nos armazéns e depósitos do sistema, além de outros aspectos, sendo a área que possui maior interação com a área de marketing.

MURTA (1999), afirma que o problema da distribuição física está presente principalmente em empresas transportadoras de carga fracionada ou parcelada (pacotes, pequenas caixas e encomendas) e nas empresas varejistas que atendem a vários clientes pulverizados geograficamente.

Nestes casos o processo de distribuição dos produtos é bastante complexo, envolvendo problemas de desenho da rede, operações nos depósitos, características da frota, estratégias de marketing, roteirização e um número bastante grande de itens a processar, documentar e coordenar.

Segundo MURTA (1999), a distribuição física pode ser classificada quanto às suas diferentes necessidades e aspectos em função do ramo de atividade em que se dá a



distribuição em:

- Estática: Os clientes são basicamente sempre os mesmos, com poucas alterações. As rotas podem ser determinadas algumas vezes por mês ou por ano. Exemplos: transporte escolar ou de funcionários de empresas (passageiros), coleta de lixo, etc.
- Dinâmica: Os clientes mudam a cada dia, entrando e saindo do sistema. Exemplos: distribuição de eletrodomésticos, de móveis, a entrega a domicílio realizada por supermercados, etc.

A estratégia das empresas para se adaptarem à nova configuração econômica tem sido a adoção de uma abordagem logística em suas atividades. A cadeia de transporte está inserida na cadeia logística, sendo caracterizada pelo conjunto de operações de transporte ou de atividades associadas ao transporte – carga/ descarga, armazenagem, embalagem, gestão de estoques, tratamento de pedidos – dentro do processo de produção. Participam dos processos de transporte fornecedores, produtores, concorrentes e consumidores, de forma direta e o governo e a sociedade de forma indireta.

Os tipos de sistema de distribuição, segundo NOVAES (2001):

Distribuição “um para um” em que o veículo é totalmente carregado no depósito da fábrica ou num centro de distribuição do varejista e transporta a carga para um outro ponto de destino, podendo ser outro CD, uma loja, ou outra instalação qualquer.

Distribuição “um para muitos”, ou compartilhada em que o veículo é carregado no CD do varejista com mercadorias destinadas a diversas lojas ou clientes, e executando um roteiro de entregas predeterminado.

Na distribuição física, são bastante comuns roteiros compartilhados por vários clientes, com o veículo realizando uma seqüência de entregas numa única viagem. Há clientes que demoram muito tempo para receber a mercadoria, forçando o veículo e sua equipagem a esperar em fila por longos períodos, ou empregando rotinas excessivamente burocráticas na recepção do pedido. Essas práticas não implicam nenhum aumento na quilometragem percorrida pelo veículo, mas oneram o custo do serviço como resultado das horas inativas do pessoal e do equipamento alocado à distribuição física.

## 2.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com uma tendência de integração entre os participantes da cadeia de

abastecimento, o transporte multi-modal nos corredores de transporte está adotando também o enfoque sistêmico, passando do conceito de eficiência modal para o de integração modal, procurando a melhoria da eficiência da cadeia de transporte como um todo. Para buscar maior eficiência na área de transportes, é fundamental além de melhorar sua infra-estrutura, manuseio adequado da informação na gestão do negócio. Neste contexto as novas tecnologias de informação e comunicação, que tiveram excepcional desenvolvimento nas últimas décadas, têm papel essencial.

Inicialmente, na busca por maior eficiência da atividade de transporte, dentro da cadeia logística, destacam-se os estudos relacionados aos processos de coleta e distribuição da carga associados ao controle de estoques. Neste contexto, várias técnicas de melhoria referentes ao desenvolvimento de aplicativos computacionais levaram a um planejamento mais eficiente de transporte. Atualmente, numa evolução natural, verifica-se a associação destas técnicas as modernas tecnologias de informação em tempo real e a elaboração e envio de documentos e informações necessários à operação do transporte de mercadorias, como forma de agilizar ainda mais as etapas de coleta e de distribuição.

O fluxo de informação é fundamental na integração dos processos da cadeia logística. Desta forma é essencial que este fluxo seja bem administrado fazendo com que cada participante tenha, no tempo correto, informação confiável.

O transporte como integrante importante da cadeia logística, responsável por absorver de um a dois terços dos custos logísticos, deve utilizar-se das novas tecnologias de informação para seu melhor gerenciamento e integração confiável.

Segundo RIBEIRO (2002), dentro do processo logístico, o sistema de distribuição é o grande responsável pelos custos logísticos. Demanda um grande cuidado em seu dimensionamento por envolver muitos aspectos relacionados direta ou indiretamente com o transporte. Este mesmo Autor coloca que o surgimento de políticas de estoque zero por parte das empresas forçou uma maior demanda por transporte, necessitando-se, então, de ferramentas que otimizem o processo de distribuição física. Para isso, se faz necessário conhecer os modelos de resolução deste tipo de problema.

O próximo capítulo tratará sobre este assunto de fundamental importância nos processos logísticos.

### 3 ROTEIRIZAÇÃO DE VEÍCULOS

#### 3.1 CONSIDERAÇÕES PRELIMINARES

CHRISTOFIDES (1985) *apud* PELIZARO (2000) considera o problema de distribuição como aquele em que os veículos localizados em um depósito central são requisitados para visitar - durante um dado período de tempo - clientes geograficamente dispersos, para cumprir suas exigências. Este problema aparece em um grande número de situações práticas relativas a distribuição de mercadorias e é conhecido com nome genérico de Problema de Roteirização de Veículos (PRV). Frequentemente, ele aparece também em situações que não estão relacionadas com entregas de mercadorias. Por exemplo, a coleta de cartas de caixas de correio, roteirização para serviços de atendimento médico domiciliar, roteirização de coleta de lixo, etc.

Existem muitas variações do PRV nas quais as operações podem ser de coleta e/ ou entregas e as “exigências dos clientes” e os “veículos” podem assumir muitas variedades.

O PRV básico roteiriza os veículos considerando uma rota por veículo, começando e terminando no mesmo depósito, de forma que todos os clientes sejam atendidos em suas demandas e o custo total da viagem seja minimizado.

Muitas técnicas foram desenvolvidas para tratar dos PRV, satisfazendo diversas restrições. Tais técnicas são a base para a estruturação do processo de coleta ou entrega a ser desenvolvido. Sendo assim é necessário o estudo das mesmas.

#### 3.2 TEORIA DOS GRAFOS

Segundo NOVAES (1989) problemas logísticos específicos envolvendo situações concretas com maior nível de detalhamento são em geral representados sobre uma rede de transporte real. Os nós dessa rede são os pontos de entrega de mercadorias e os depósitos, sendo suas conexões de arcos. O estudo de nós e arcos fazem parte da teoria dos grafos.

Segundo GERSTING (2001), um grafo é um conjunto de nós (vértices) e um conjunto de arcos (arestas) tais que cada arco conecta dois nós. Para uma definição mais formal, considera-se que um grafo é uma tripla ordenada  $(N, A, g)$ , onde:

- $N$  = conjunto não vazio de nós (vértices)
- $A$  = conjunto de arcos (arestas)
- $g$  = função que associa cada arco  $a$  a um par não ordenado  $x$ - $y$  de nós, localizados nas extremidades de  $a$ .

Segundo CAMPOS (1998), um grafo pode ser classificado quanto às características de seus arcos em:

1. Orientados e não orientados: são orientados quando um nó do arco é definido como origem e o outro como destino. Caso contrário os arcos se dizem não orientados.
2. Valorados e não valorados: são valorados aqueles grafos que possuem pesos atribuídos a seus arcos. Um exemplo disto ocorre na representação de uma rede viária ao se atribuir distâncias ou velocidades a cada arco. Caso contrário os arcos se dizem não valorados.
3. Planares e não planares: São planares aqueles em que os arcos somente se cruzam sobre um nó, podendo conseqüentemente ser projetados sobre um plano, sem perder suas características. Grafos não planares são aqueles que quando projetados sobre um plano, apresentam interseções de arcos não coincidentes com um nó, em função de sua estrutura espacial.

### 3.2.1 Rede

De forma geral, uma rede é um grafo com um ou mais valores associados a cada arco e algumas vezes aos nós.

Segundo CAMPOS (1998), os principais valores associados aos arcos  $a(i, j)$  são:

- A capacidade de fluxo  $u(i, j)$  ou capacidade máxima de fluxo que pode passar no arco;
- O custo  $c(i, j)$  no arco que pode ser considerado como um valor monetário, a distância percorrida ou o tempo de viagem no arco;
- Fluxo no arco  $f(i, j)$ .

Ainda segundo CAMPOS (1998), os problemas de otimização de redes podem ser de forma geral assim modelados:

- Minimização de redes (árvore mínima): Trata-se do problema onde se procura interligar pontos de uma rede de forma que a soma total dos valores dos arcos utilizados para ligá-los seja a menor possível.
- Caminho mínimo: Trata-se da determinação da rota de menor tamanho entre dois nós de uma rede.
- Fluxo máximo: Trata-se de determinar a quantidade máxima de fluxo que pode ser enviada de um nó de origem a outro de destino.
- Custo mínimo: Visa determinar os caminhos entre um par de nós pelos quais deve ser distribuído um determinado fluxo com o menor custo possível.

Para a resolução de tais problemas utilizam-se de vários procedimentos, destacando-se: Algoritmo de KRUSKAL, Algoritmo de PRIM, Algoritmo de DIJKSTRA, Algoritmo de FORD, BELLMAN e MOORE, Algoritmo de FLOYD, Algoritmo de DANTZIG, Algoritmo de FORD/ FULKERSON, etc. Tais Algoritmos não são utilizados neste trabalho, caso exista interesse em conhecê-los CAMPOS (1998) relata sucintamente cada um deles.

### 3.3 OS PROBLEMAS DO CARTEIRO CHINÊS E DO CAIXEIRO VIAJANTE

Os problemas do Carteiro Chinês (PCC) e do Caixeiro Viajante (PCV), são problemas clássicos da literatura de otimização de rotas de distribuição ou coleta de mercadorias.

O problema do Carteiro Chinês consiste em fazer com que o veículo (ou indivíduo) saia de um nó e volte a ele (depósito, posto do correio, etc.) cobrindo a rede (passando por todos os arcos) de forma a minimizar a extensão total percorrida. O PCC pode ser utilizado, por exemplo, na roteirização de: coletas de lixo, limpeza de ruas, entrega de cartas, patrulhamento de ruas, etc.

O problema do Caixeiro Viajante consiste em fazer com que o veículo saia de um nó e volte a ele, cobrindo os nós de uma rede, buscando minimizar a extensão total percorrida. No PCV o veículo que vai realizar o roteiro não é limitado por restrições como capacidade, tempo, etc. Na prática essas simplificações não são aceitáveis, surgindo assim os Problemas de Roteirização de Veículos (PRV's) que respeitam algumas restrições como: cada cliente possui uma demanda não negativa, a demanda total carregada por veículo não pode exceder sua capacidade, cada cliente tem um tempo de serviço não negativo e o tamanho total de qualquer rota não pode ultrapassar um limite pré-estabelecido.

O PCV também é utilizado em outras áreas que não a logística, tais como linhas de montagem de componentes eletrônicos, onde se busca encontrar, por exemplo, o roteiro de mínima distância para um equipamento cuja tarefa é soldar todos os componentes de uma placa eletrônica. O menor percurso total do equipamento para percorrer todos os pontos da placa está diretamente associado ao desempenho da linha (SOUZA, 1993 *apud* RIBEIRO, 2002).

### 3.3.1 Métodos de Roteirização sem restrições

Quando não existem restrições quanto ao tempo ou capacidade da rota, ou quando os clientes já foram previamente distribuídos em rotas o problema que resta é o de encontrar a seqüência de visitas aos clientes que torne mínimo o percurso entre eles.

Numerosos métodos foram propostos para resolver o PCV. Encontrar a rota ótima para um problema particular não tem sido prático para aqueles problemas que contêm muitos pontos já que o tempo computacional nos computadores mais rápidos é demasiado longo. Os procedimentos cognitivos e heurísticos de solução têm sido boas alternativas (BALLOU, 2001).

Segundo NOVAES (2001), há vários métodos heurísticos para resolver um PCV. De uma forma geral, esses métodos podem ser agrupados em duas categorias:

- Métodos de Construção do Roteiro
- Métodos de melhoria do Roteiro

#### 3.3.1.1 Métodos de Construção do Roteiro

Os métodos de construção do roteiro partem de um ou dois pontos e vão formando o roteiro através do acréscimo paulatino de pontos adicionais. A sistemática mais simples é ir ligando cada ponto ao seu vizinho mais próximo. Elege-se um dos pontos como ponto inicial e se procura, dentre os demais pontos, aquele que estiver mais perto do primeiro. Toma-se o seguinte ponto repetindo-se o mesmo procedimento, tomando o cuidado de excluir todos aqueles que já fazem parte do roteiro. Esse método não é dos mais eficazes, mas é rápido e fornece uma solução que pode ser adotada como configuração inicial para aplicação dos métodos de melhoria.

Em geral os métodos de construção não são satisfatórios, exigindo a aplicação de um

método de melhoria sobre o resultado obtido anteriormente. Por exemplo, a solução de um PCV não pode apresentar percursos cruzados nos roteiros, pois isto indica que a solução pode ser melhorada (NOVAES, 2001), observe fig. 3.1.

Um processo de construção mais eficiente do que o do vizinho mais próximo é o método de inserção do ponto mais distante. Procura-se inicialmente o ponto mais distante do ponto inicial, ligam-se os dois pontos, formando o chamado roteiro embrionário. A seguir, busca-se o ponto mais distante do roteiro parcial já montado. Dentre os pontos ainda não incluídos no roteiro, busca-se novamente o ponto mais distante dos arcos de que formam o roteiro parcial, esse novo ponto é inserido, repetindo-se esta operação até todos os pontos estarem inseridos no roteiro.

### 3.3.1.2 Método de Melhoria do Roteiro

Os métodos de melhoria do roteiro partem da solução obtida com o auxílio de um outro método qualquer, e procuram aperfeiçoar o resultado obtido utilizando, para isso, uma sistemática predefinida. Os dois métodos de melhoria mais utilizados são o OPT-2 e o OPT-3, desenvolvidos por LIN e KERNIGHAN (1973) *apud* NOVAES (2001).

O método OPT-2, mais simples, tem a seguinte evolução computacional:

Etapa 1: Começa-se com um roteiro qualquer, de preferência um roteiro gerado com o auxílio de um método de construção.

Etapa 2: Removem-se 2 arcos do roteiro e re-conectam-se os nós que formam esses dois arcos, alterando as ligações. Se essa nova ligação produzir um resultado melhor, isto é, gerando um roteiro de extensão menor do que o anterior, substituí-se o roteiro inicial pelo novo roteiro e repete-se a etapa 2. Caso contrário, continua-se com o roteiro anterior e testam-se outros dois arcos, repetindo a etapa 2.

Etapa 3: O processo termina quando não se conseguir nenhuma melhoria ao se fazer todas as trocas de ligações possíveis. Observe a figura 3.1 a seguir:

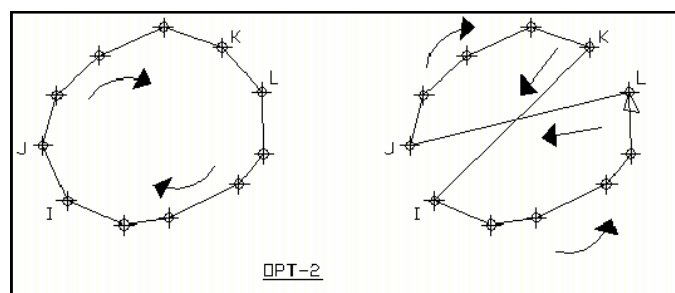


FIG. 3.1 Método de roteirização OPT-2

O método OPT-3 é conceitualmente semelhante ao OPT-2, com a diferença que as alterações são agora realizadas tomando três pares de nós de cada vez. Embora mais complexo do que o OPT-2, o método OPT-3 fornece resultados mais precisos (NOVAES, 2001).

Segundo BALLOU (2001) boas soluções para os PCV de tamanho realístico podem ser encontradas usando as potencialidades de reconhecimento de padrões da mente humana. O mesmo autor ainda afirma que boas seqüências de paradas se formam quando os trajetos não se cruzam e que a forma da rota irá abaular, ou assumir uma forma de gota d'água, quando possível. Baseado nestes dois princípios, um analista pode rapidamente esboçar um plano da rota que um computador demoraria muitas horas para encontrar.

O PCV apresenta dificuldades crescentes de resolução (tempo de processamento) quando o número de clientes aumenta. Problemas de pequeno porte são facilmente resolvidos, enquanto problemas maiores, com número de pontos visitados maior que 100, requerem tempos de processamento apreciavelmente mais elevados (NOVAES, 2001).

BALLOU (2001), relata que um computador pode ser usado para encontrar as seqüências de visita em uma rota. Este pode ser o caso quando há barreiras no percurso, ruas de sentido único ou congestionamento de tráfego. Entretanto, sempre que possível, encontrar paradas geograficamente, tais como com pontos coordenados, pode simplificar o problema reduzindo a quantidade de dados que necessitam ser coletados para representar um problema (podem existir milhares de distâncias ou tempos necessários para resolver um problema relativamente simples). Ao computador é atribuída a tarefa de estimar as distâncias ou os tempos. Os procedimentos computacionais foram desenvolvidos para solucionar rapidamente o problema da apresentação espacial e produzem resultados que estão próximos do ótimo.

### 3.4 O PRV BÁSICO E SUAS EXTENSÕES

O problema básico de roteirização ignora um grande número de restrições adicionais e extensões, que são freqüentemente encontradas em problemas ou situações reais. Algumas destas restrições e extensões são listadas por CHRISTOFIDES (1985):

- i. Cada veículo pode ser operado em mais de uma rota, desde que o tempo total gasto por estas rotas seja menor que um dado período T (que é relativo ao período



de operação do sistema). Tal limitação requer o conhecimento do tempo de viagem entre cada par de clientes.

- ii. Cada cliente deve ser visitado durante seu horário de funcionamento ou em um determinado período compreendido em uma janela de tempo.
- iii. O problema pode envolver tanto entregas como coletas de clientes. Adicionalmente, é possível misturar entregas e coletas em uma única rota, ou alternativamente, pode ser exigido que o veículo execute primeiro todas as entregas na rota antes das coletas. Este último caso é geralmente conhecido como *backhauling*.
- iv. Assim como em (ii), onde cada cliente está relacionado a um horário de funcionamento ou janela de tempo, os veículos (na realidade seus motoristas) podem ter também uma janela de tempo de trabalho durante o período. Assim, o veículo só poderá ser operado durante a janela de tempo especificada.
- v. O tempo consumido para realizar a atividade também deve ser considerado. Isto inclui: tempo de descarga (ou tempo de carregamento, no caso de coletas) em cada cliente; tempo de carregamento do veículo no depósito, para a primeira viagem e para as subseqüentes; tempo de fila do veículo para ser carregado no depósito se o número de baias disponíveis é limitado; etc.

Apesar das limitações e extensões listadas acima serem apenas uma pequena fração daquelas encontradas na prática, elas não mudam a natureza essencial do PRV básico e podem ser incorporadas em um grande número de modelos heurísticos para resolver o problema.

Por outro lado, existem algumas outras considerações práticas que também ocorrem freqüentemente, que não se ajustam adequadamente dentro da ferramenta básica para PRV. Algumas delas são (PELIZARO, 2000):

- Múltiplos depósitos: Empresa com mais de um depósito operando de forma dependente, ou seja, o veículo pode sair de um depósito e depois de visitar os clientes retornar a outro depósito, podendo ser carregado novamente e continuar em uma viagem subseqüente. Neste caso, os depósitos não podem ser considerados isoladamente. Quando o depósito é autônomo, ou seja, cada um tem sua própria frota de veículos e sua própria área de cobertura geográfica para atendimento dos clientes, o problema se converte em vários problemas similares de roteirização de veículos com um único depósito.

- Nível de serviço ao consumidor: O nível de serviço é medido pelo período de tempo durante o qual as exigências dos clientes são cumpridas. Qualquer tentativa para definir o problema de roteirização de veículos para um dado período deve ser, por definição, uma aproximação ou uma arbitrariedade imposta, devido a diversas variáveis não podemos precisar exatamente o horário de visita a determinado cliente.
- Múltiplas mercadorias: Em alguns problemas de roteirização de veículos, os veículos são compartimentados de forma que diferentes mercadorias são armazenadas em compartimentos segregados. Cada cliente pode requerer quantidades específicas de diferentes tipos de mercadorias. Tais problemas aparecem na distribuição de combustível, alimentos (congelados ou não), etc. e envolve – além do problema de roteirização de veículos - aspectos do tipo “problema da mochila”. Neste último, um conjunto de “n” itens está disponível para ser empacotado em uma mochila de capacidade “C” unidades.
- Objetivos múltiplos e conflitantes: Em algumas ocasiões podem surgir situações em que o problema de roteirização de veículos seja simplesmente impossível de ser solucionado (situação em que se pretende cumprir o nível de serviço oferecido, mas o sistema não comporta um dado pico de demanda). Na prática esta inviabilidade é resolvida contratando-se veículos extras e /ou adiando o serviço para alguns clientes. Nestas circunstâncias, o objetivo pode ser minimizar o número de veículos extras contratados e /ou número de clientes não servidos no período presente e /ou a distância total viajada. Em geral, o objetivo pode ser uma combinação linear destes três itens.

### 3.5 CLASSIFICAÇÃO DO PRV

Existe uma grande variedade de problemas de roteamento e programação de veículos. Eles vão desde problemas mais simples e conceituais (sem muitas restrições) até problemas mais elaborados e complexos (como um problema real de roteamento e programação, com muitos pontos de entrega e coleta, vários veículos e depósitos heterogêneos, janelas de tempo, limitações de carga, turno de trabalho, etc.).

BODIN e GOLDEN (1981) *apud* RIBEIRO (2002) apresentaram uma classificação de

problemas de roteamento baseada nos algoritmos de solução existentes. Essa classificação é a seguinte:

- I) Quanto ao tempo de serviço de um nó ou arco da rede
  - Tempo especificado e fixo (problema de programação de veículos);
  - Janelas de tempo (combinação de roteamento e programação de veículos);
  - Tempo não especificado (problema de roteamento de veículos).
- II) Quanto ao número de depósitos
  - Um depósito;
  - Mais de um depósito.
- III) Quanto ao tamanho da frota de veículos disponível
  - Um veículo;
  - Mais de um veículo.
- IV) Quanto ao tipo de frota disponível
  - Homogênea;
  - Heterogênea.
- V) Quanto à natureza de distribuição
  - Determinística;
  - Estocástica.
- VI) Quanto à localização da demanda
  - Nos nós;
  - Nos arcos;
  - Mista.
- VII) Quanto ao tipo de rede
  - Não direcionada;
  - Direcionada;
  - Mista.
- VIII) Quanto à restrição de capacidade do veículo
  - Imposta - a mesma para todos;
  - Imposta - não necessariamente a mesma para todos;
  - Não imposta.
- IX) Quanto ao tempo máximo de tráfego do veículo
  - Imposto – Máximo para todos;

- Imposto – Não necessariamente o mesmo para todos;
  - Não Imposto
- X) Quanto aos custos
- Custos variáveis ou de roteamento;
  - Custos fixos de operação ou aquisição de veículos.
- XI) Quanto às operações
- Coleta;
  - Entrega;
  - Mista.
- XII) Quanto ao objetivo
- Minimizar os custos de roteamento;
  - Minimizar a soma dos custos fixos e variáveis;
  - Minimizar o número de veículos requeridos.

Analisando o problema esta classificação permite identificar na literatura que método de resolução melhor se adequa ao problema.

### 3.6 MÉTODOS DE RESOLUÇÃO DO PRV

Os problemas de nosso interesse são problemas que possuem muitas soluções que satisfazem alguns critérios e restrições e a escolha da melhor solução (solução ótima) que constituem os chamados problemas de otimização combinatória. Para estes não existe, ou não se conhece, um algoritmo que os resolva de forma exata em tempo polinomial proporcional ao tamanho de sua entrada de dados. Esses métodos também podem ser chamados de método de roteirização com restrição.

Existem muitas técnicas desenvolvidas para resolução do PRV que produzem resultados considerados satisfatórios, porém, não é garantida a inexistência de uma solução melhor do que aquela encontrada. Esta incerteza é resultado da impossibilidade de pesquisar, em tempo hábil, todo o universo de opções existentes.

Um dos grandes problemas na escolha de um método adequado para ser utilizado no procedimento para roteirização de veículos é o tempo necessário para processamento dos dados. Verifica-se que é possível relacionar o tempo requerido para resolver um problema em função da quantidade de dados de entrada necessários para descrever a instância.

Freqüentemente o tamanho de uma instância é medido de uma maneira informal. Para o problema do caixeiro viajante, por exemplo, é comum usar o número de cidades. No entanto, uma instância do problema de  $m$  cidades inclui uma quantidade  $m(m-1)/2$  números que definem as distâncias entre as cidades (matriz de transportes) a serem visitadas. Assim, para expressar o tempo de maneira precisa, devem ser levados em consideração estes fatores na definição do tamanho da instância.

Os algoritmos desenvolvidos para solucionar o PRV podem ser agrupados em três gerações (FISHER, 1995). A primeira geração de algoritmos heurísticos foi criada nas décadas de 1960 e 1970, onde se incluem os algoritmos de CLARK and WRIGHT e SWEEP, citados em FISHER (1995) *apud* FRANCO (2005).

Os algoritmos de segunda geração foram desenvolvidos com base em programação matemática, muito embora utilizem heurística em alguma fase. Nesta categoria estão inclusos os algoritmos desenvolvidos por FISHER e JAKUMAR (1981) e SIMCHI-LEVI(1992), citados em FISHER (1995) *apud* FRANCO (2005).

A Terceira geração de algoritmos de roteirização de veículos procura ser mais genérica que as precedentes. Os primeiros trabalhos envolvendo mais de um tipo de busca surgiram com GENDRAU, HERTZ e LAPORTE (1993). Esta geração utiliza os recursos de algoritmos de busca mais elaborados, citado por FISHER (1995) *apud* FRANCO (2005). Por tais algoritmos trabalharem com probabilidades, estes demandam um tempo computacional bem maior que os algoritmos de primeira geração, podemos chamá-los de algoritmos meta-heurísticos.

Os métodos desenvolvidos para resolução do PRV podem ser divididos em métodos heurísticos e meta-heurísticos, como apresentados anteriormente. Os métodos heurísticos são todos os métodos aproximativos criados especificamente para resolver determinado tipo de problema em tempo polinomial e os métodos meta-heurísticos são heurísticas de uso geral, que fornecem boas soluções, mas, também, não garantem soluções ótimas.

### 3.6.1 Métodos Heurísticos

#### ➤ **Algoritmo das economias ou algoritmo de CLARK and WRIGHT:**

O método das economias ou método de CLARK and WRIGHT, é um método bastante conhecido no meio acadêmico devido ser um método robusto e acurado. Segundo BALLOU

(2001), as comparações com resultados ótimos para problemas pequenos com um número limitado de restrições, tem mostrado que o método das economias difere em apenas 2%. O objetivo do método das economias é minimizar a distância total percorrida por todos os veículos e minimizar indiretamente o número de veículos necessários para servir todas as paradas. O método baseia-se no conceito de “ganhos” obtidos ao ser inserido um novo ponto de entrega a uma rota existente.

Admitem que existem “n” pontos a serem visitados (coleta ou entrega) e que o veículo parte do depósito D e retorna ao mesmo após o ciclo. Parte da suposição, inicial, que a solução preliminar do problema de roteirização (a pior) consiste de n veículos, sendo que cada veículo visita um único ponto e retorna ao depósito. O percurso total da frota para realizar esse tipo de serviço é dado por:

$$L = 2 * \sum_{i=1}^n l_{D,i}$$

onde:

$l_{D,i}$  : é a distância entre o depósito e o ponto i

$L$  : a distância total obtida na roteirização

$n$  : número total de paradas (clientes) a serem realizadas visitas.

Supõe-se, a seguir que o veículo, após atender o ponto i visite também o ponto j na mesma viagem. Passa-se da configuração (a) para a configuração (b) de acordo com a figura 3.2 a seguir.

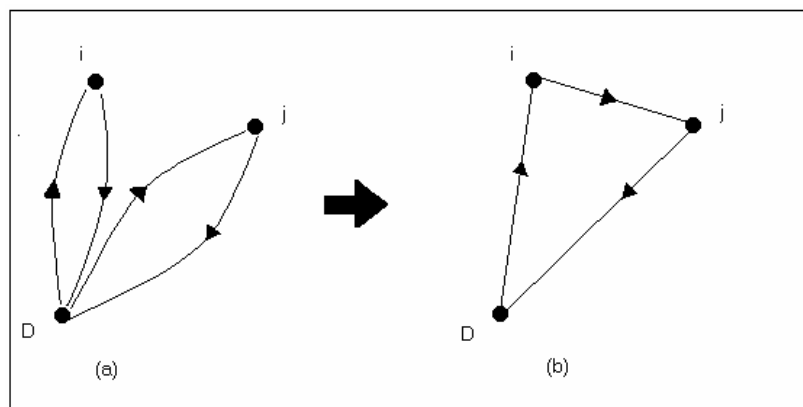


FIG. 3.2 União de dois nós para formar um roteiro único

O “ganho” obtido, em termos de percurso, é dado por:

$$S_{i,j} = L_a - L_b = 2 * d_{D,i} + 2 * d_{D,j} - [d_{D,i} + d_{i,j} + d_{D,j}] = d_{D,i} + d_{D,j} - d_{i,j}$$

$$S_{i,j} = d_{D,i} + d_{D,j} - d_{i,j}$$

Na escolha de dois pontos  $i$  e  $j$  para constituir a seqüência de um roteiro, procura-se seleccionar o par com maior valor do ganho  $S_{i,j}$ . Há combinações, no entanto, que violam as restrições de tempo, capacidade, etc, não sendo por isso factíveis.

O método de CLARK and WRIGHT explora esse conceito e pode ser descrito como a seguir:

1. Calcular os ganhos  $S_{i,j}$  para todos os pares  $i, j$  ( $i \neq j, i \neq D, j \neq D$ ).
2. Ordenar os pares  $i, j$  na ordem decrescente dos valores do ganho  $S_{i,j}$ .
3. Começar pelo par  $i, j$  com maior ganho  $S_{i,j}$  e proceder na seqüência obtida em 2.
4. Para um par de nós  $i, j$ , correspondente ao  $K$ -ésimo elemento da seqüência 2 verificar se  $i$  e  $j$  estão ou não incluídos num roteiro já existente:
  - 4.1. Se  $i$  e  $j$  não estão incluídos em nenhum dos roteiros já abertos, então criar um novo roteiro com os nós  $i$  e  $j$ .
  - 4.2. Se exatamente um dos pontos  $i$  ou  $j$  já pertence a um roteiro pré-estabelecido, verificar se esse ponto é o primeiro ou o último do roteiro (adjacente ao nó  $D$ , depósito). Se isso ocorrer, acrescentar o arco  $i, j$  a esse roteiro. Caso contrário, passar para a etapa seguinte, saltando o par  $i, j$ .
  - 4.3. Se ambos os nós já pertencem a dois roteiros pré-estabelecidos (roteiros diferentes), verificar se ambos são extremos dos respectivos roteiros (adjacentes ao nó  $D$ ). Nesse caso fundir os dois roteiros num só. Caso contrário, passar para a etapa seguinte, pulando o par  $i, j$ .
  - 4.4. Se ambos os nós  $i$  e  $j$  pertencem a um mesmo roteiro, pular para a etapa seguinte.
5. Continuar o processo até que o total de clientes da lista de ganhos tenha sido exaurido. Se sobrar algum ponto não incluído em nenhum roteiro, deverão ser formados roteiros individualizados, ligando o depósito a cada ponto e retornando à base.

➤ **Matching based:**

Esta é uma modificação interessante do método de Clark and Wright, onde em cada

iteração a economia  $S_{i,j}$  obtida juntando as rotas “q” e “p” é computado como  $S_{i,j} = t(S_i) + t(S_j) - t(S_i \cup S_j)$ , onde  $S_k$  é o conjunto de vértices da rota k, e  $t(S_k)$  é o comprimento de uma solução ótima do problema do caixeiro viajante para  $S_k$ .

Um problema de combinação das economias dos conjuntos  $S_k$  é resolvido usando os valores de  $S_{i,j}$  como custos combinados, e as rotas que correspondem as combinações ótimas que foram unidas serão mantidas se forem viáveis. Uma possível variante desse método consiste em aproximar os valores de  $t(S_k)$  em vez de computá-los exatamente.

➤ **Método de varredura ou “SWEEP”:**

O método de varredura é mais simples que o método das economias e menos preciso, porém é também muito conhecido no meio acadêmico. Os cálculos necessários são simples mesmo para problemas grandes. Segundo BALLOU (2001), o percentual de erro médio, quando utilizado este algoritmo em relação a um roteiro ótimo é de 10%. Segundo BALLOU (2001), a desvantagem deste método tem relação com a maneira como as rotas são formadas. O processo tem dois estágios com as paradas sendo atribuídas aos veículos primeiro. Então, é determinada a seqüência de paradas nas rotas. Por causa deste processo em dois estágios, as questões de tempo como o tempo total de uma rota e janelas de tempo, não são bem manipuladas.

O método de varredura funciona como a seguir:

1. Localize todas as paradas incluindo o depósito em um mapa.
2. Estenda uma linha reta do depósito em qualquer direção. Gire a linha no sentido horário, ou no sentido anti-horário, até que cruze uma parada. Se a parada for introduzida na rota, a capacidade do veículo será excedida? Se não, prossiga com a rotação da linha até que a parada seguinte seja cruzada. Quando o volume acumulado das paradas, incluindo esta última exceder a capacidade do veículo, exclua o último ponto e feche a rota. Continuando a varredura da linha, comece uma rota nova com o último ponto que foi excluído da rota precedente. Continue com a varredura até que todos os pontos estejam atribuídos às rotas.
3. Dentro de cada rota, arranje em seqüência as paradas para minimizar a distancia. O que pode ser feito aplicando os métodos OPT-2, OPT-3, mencionados anteriormente.



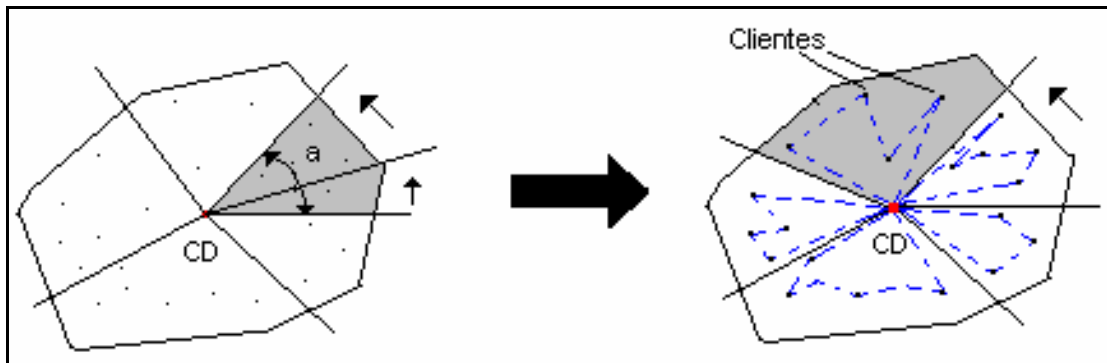


FIG. 3.3 Método de varredura.

### ➤ Algoritmo da Pétala

Algoritmo da Pétala, uma extensão natural do método SWEEP, deve gerar diversas rotas, chamadas de pétalas RYAN, HJORRING e GLOVER (1993), e faz uma seleção final resolvendo um conjunto de problemas particionados:

$$\text{Min} \sum_{K \in S} d_k x_k$$

Sujeito a:

$$\sum_{K \in S} a_{ik} x_k = 1 (i = 1, \dots, n)$$

$$x_k = 0 \text{ ou } 1 \text{ com } (k \in s),$$

Onde S é o conjunto das rotas,  $x_k = 1$  se e somente se a rota k pertencer à solução,  $a_{ik}$  é o parâmetro binário igual a 1 somente se o vértice i pertence à rota k, e  $d_k$  é o custo da rota (Pétala) k. Se as rotas corresponderem aos setores adjacentes dos vértices, então este problema possui a propriedade de coluna circular e será resolvido em tempo polinomial.

### 3.6.2 Métodos Meta-Heurísticos

Os métodos meta-heurísticos, quando implementados, resultam em elevados tempos computacionais. Conforme será exemplificado no capítulo 5, no teste de PUREZA e FRANÇA (1991) com o método busca tabu adaptado para resolver o PRV. Visto que objetiva-se desenvolver uma ferramenta que forneça boas soluções com o menor tempo possível, não será dado ênfase aos métodos meta-heurísticos, que apresentam tempos computacionais relativamente maiores. Maiores informações sobre estes métodos podem ser obtidos VRPWEB (2004). A seguir são apresentados alguns destes métodos:

### ➤ Busca Tabu

- **Ant Algorithms**
- **Constraint Programming**
- **Deterministic Annealing**
- **Genetic Algorithms**
- **Simulated Annealing**

### 3.7 PRINCÍPIOS PARA UMA BOA ROTEIRIZAÇÃO

Além de um método para a roteirização de veículos o operador deve ter conhecimento de alguns princípios para se realizar uma boa roteirização. De acordo com BALLOU (2001), para se desenvolver boas rotas o operador do sistema de roteirização deve estar atento para oito princípios que estão resumidos a seguir:

- Carregar caminhões com paradas próximas entre si. As rotas rodoviárias devem ser formadas em torno dos conjuntos de paradas que estão mais próximas entre si a fim de minimizar o tempo total do trajeto da rota.
- As visitas em dias diferentes devem ser combinadas para produzir agrupamentos densos. Quando as visitas são em dias diferentes da semana, devem ser segmentadas em roteirização separada para cada dia da semana. Os segmentos diários programados devem evitar sobreposições de conjunto de paradas. Isto ajudará a minimizar o número de caminhões necessários para servir a todas as paradas assim como para minimizar o tempo e a distância de viagem do caminhão durante a semana.
- A construção de rotas começando com a visita mais distante do depósito. As rotas eficientes podem ser desenvolvidas construindo-se conjuntos de paradas em torno da parada mais distante do depósito e então trabalhando a volta para o depósito. Uma vez que a parada mais distante é identificada, a capacidade atribuída ao caminhão deve ser preenchida pela seleção do conjunto mais denso de paradas em torno desta primeira parada. Depois que os volumes das paradas foram atribuídos ao veículo, selecionar outro veículo e identificar a parada mais distante do depósito entre as paradas restantes que ainda não foram atribuídas.
- A seqüência das paradas em uma rota rodoviária deve formar um padrão de gota d'água. As paradas devem ser arranjadas em seqüência de modo que nenhum trajeto da rota se cruze e que a rota pareça ter uma forma de gota d'água. As restrições de

janela de tempo e a necessidade de coletas de volumes da parada após entregas podem causar cruzamento da rota.

- As rotas mais eficientes são construídas usando os maiores veículos disponíveis. Idealmente, usar um veículo grande o bastante para cumprir todas as visitas em uma rota minimizará a distância ou o tempo total percorrido para servir as paradas. Conseqüentemente, os veículos maiores entre os diversos tamanhos de uma frota devem ser alocados primeiro, fornecendo uma boa utilização para eles.
- As coletas devem ser combinadas com as rotas de entrega em vez de serem deixadas para o final das rotas. As coletas devem ser feitas, tanto quanto possível durante as entregas para minimizar a quantidade de cruzamentos de trajeto que podem ocorrer quando tais paradas são servidas depois que todas as entregas foram feitas. A extensão com que isto pode ser feito dependerá da configuração do veículo, do tamanho dos volumes de coleta e o quanto eles podem obstruir o acesso aos volumes de entrega dentro do veículo.
- Uma parada que é removível de um agrupamento de rota é uma boa candidata para um meio alternativo de entrega. Paradas isoladas dos conjuntos de parada, em especial aquelas com volume baixo, são servidas com grande tempo de condução e despesas do veículo. O uso de caminhões pequenos para manusear tais paradas pode ser mais econômico dependendo do isolamento de paradas particulares e dos volumes de entrega solicitados. O uso do serviço de transporte contratado pode ser uma boa alternativa.
- As limitações das janelas de tempo estreitas devem ser evitadas. As restrições da janela de tempo nas paradas, quando estreitas, podem forçar a seqüência de parada longe dos padrões ideais. Como estas restrições, freqüentemente, não são absolutas, todas as paradas, que forem forçadas a serem servidas em um padrão de roteirização menor do que o desejado devem ter o limite de seu intervalo renegociado e esperançosamente ampliado.

Segundo BALLOU (2001), estes princípios fornecem diretrizes para o projeto das rotas, ainda que o pessoal operacional tenha que lidar com restrições não tratadas diretamente pela metodologia ou com exceções (pedidos urgentes, retornos da estrada) que podem ocorrer em toda a operação do caminhão. Os projetos de rota desenvolvidos desta maneira podem oferecer melhorias substanciais sobre outros métodos de roteirização não disciplinado.

### 3.8 REQUISITOS DE UM SOFTWARE PARA ROTEIRIZAÇÃO DE VEÍCULOS

ASSAD (1988) *apud* CUNHA (2003), propôs um conjunto de elementos para caracterização geral dos problemas de roteirização, que podem ser utilizados para a especificação dos atributos e requisitos de um modelo de roteirização a ser desenvolvido:

- Natureza e características dos atendimentos: somente coleta ou entrega; coleta de retorno (*backhauls*); um único produto ou múltiplos produtos; atendimento parcial ou total da demanda; conhecimento das demandas a priori; existência de incertezas na demanda; necessidade de programação de visitas periódicas com frequências definidas; prioridade de atendimentos;
- Frota de veículos: homogênea ou heterogênea; restrições de capacidade (peso ou volume); restrições de carregamento/ equipamento; vínculo entre o tipo de veículo e o local da base; compatibilidade entre o tipo de veículo e o tipo de produto a ser transportado; frota fixa ou variável; frota localizada em uma única base ou em múltiplas bases;
- Requisitos de pessoal: Duração da jornada normal de trabalho; opção e número de horas extras; número fixo ou variável de motoristas; horários e locais de início e término das jornadas de trabalho do pessoal; parada para almoço com hora marcada e outros tipos de parada (para descanso, por exemplo); possibilidade de viagens com duração superior a um dia;
- Requisitos de programação: Atendimento de clientes em um dado dia da semana; janelas de tempo para coleta e entrega (rígidas ou flexíveis); tempo de carga e descarga; horários de abertura/ fechamento;
- Requisitos de informações: Disponibilidade de dados geográficos e redes viárias; recursos de localização de endereços dos clientes; tempos de viagem; localização dos veículos; informações sobre créditos dos clientes.

### 3.9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A escolha da metodologia a ser adotada para a roteirização de veículos depende de alguns fatores como: tipo de problema estudado, nível de sofisticação requerido para as soluções e aparelhagem computacional disponível. Além disso, a análise de custos e de tempos

necessários para obtenção das soluções deve ser confrontada com a previsão dos gastos associados ao aumento da eficiência do sistema, resultante da aplicação do modelo ao cálculo da política de operação.

O problema de roteirização possui muitas variações, teve-se a intenção de mostrar algumas destas variações neste capítulo. O que se observa é a existência de uma grande dificuldade para se obter uma solução quando o problema envolve muitas restrições.

Para superar as dificuldades com restrições, uma série de pacotes computacionais surgiram como o TRANSCAD, o ROADSHOW e o DELIVERY. Os pacotes mais usados, segundo RIBEIRO (2002), conseguem uma redução do custo total de transporte que varia de 10 a 20%.

Como pode ser constatado, o problema de roteirização de veículos envolve conhecimentos em diversas áreas, para complementar este assunto multidisciplinar, o próximo capítulo tratará sobre Sistema de Informação Geográfica mais conhecido como SIG e trará algumas noções sobre cartografia.

## 4 ELEMENTOS CARTOGRÁFICOS E SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA

### 4.1 CARTOGRAFIA

A definição elaborada pela ONU, em 1949, estabelece que a “Cartografia é a ciência que trata da elaboração de todos os tipos de cartas, incluindo todas as fases do trabalho, dos primeiros levantamentos até a sua impressão”.

A definição apresentada atribui à cartografia um vasto domínio, que inclui a Geodésia, a Topografia e a Fotogrametria e ainda o estudo da exploração de fotografias aéreas e os métodos e técnicas utilizados na elaboração de todos os tipos de cartas, como também observações e levantamentos estatísticos.

Em 1966 a Associação Cartográfica Internacional (ACI), endossada pela UNESCO (Organização das Nações Unidas para a educação, à ciência e a cultura), elaborou a seguinte definição: “Conjunto de estudos e operações científicas, estatísticas e técnicas, realizadas a partir dos estudos de observações diretas, ou de exploração de documentos, visando a elaboração de cartas, plantas e outros meios de expressão (cartogramas, gráficos e diagramas), bem como a sua utilização”.

Já em 1973, a ACI estabeleceu no Dicionário Multilíngüe de Termos Técnicos em Cartografia a seguinte definição (MENEZES *et al*, 1999):

*“A arte, ciência e tecnologia de construção de mapas, juntamente com seus estudos como documentação científica e trabalhos de arte. Neste contexto mapa deve ser considerado como incluindo todos os tipos de mapas, plantas, cortes, seções, modelos tridimensionais e globos, representando a Terra ou qualquer outro corpo celeste”.*

Os avanços técnicos nos processos de construção de cartas, a necessidade crescente de informação georreferenciada, tanto para a educação, pesquisa, como apoio para tomada de decisões, a nível governamental ou não, caracteriza o mapa como uma ferramenta importante, tanto para análise de informações, como para a divulgação, em quaisquer áreas que trabalhem com a informação distribuída sobre a superfície terrestre (MENEZES *et al*, 1999).

#### 4.1.1 Mapa

A apresentação visual de um mapa pode variar de uma forma altamente precisa e estruturada até algo genérico e impressionista, como um esboço ou croqui.

Devido a esta variedade de representações, não é fácil definir o termo MAPA, muito embora o seu significado seja claro em todos os contextos.

Por outro lado, a palavra “mapa” possui algumas características significantes, seja qual for a forma que se apresente:

- A representação é dimensionalmente sistemática, uma vez que existe um relacionamento matemático entre os objetos representados. Este relacionamento, estabelecido entre a realidade e a representação, é denominado escala.
- Um mapa é uma representação plana, ou seja, esta sobre uma superfície plana. Uma exceção é a representação em um globo.
- Um mapa pode mostrar apenas uma seleção de fenômenos geográficos, que de alguma forma foram generalizados, simplificados ou classificados. É diferente de uma fotografia ou imagem, que exibe tudo que afetou a emulsão do filme ou foi captado pelo sensor.

Recentemente, a conversão dos dados de mapas para a forma digital, criou o termo “mapa digital” ou “mapa numérico”, diferenciado do mapa comum que é uma representação analógica do terreno.

É comum o termo “carta” para referenciar um mapa. Conceitualmente, os mapas são caracterizados por uma escala pequena, menor que 1:1.000.000. As cartas por sua vez são divididas em folhas, são caracterizadas por uma escala média. O conjunto de todas as folhas caracteriza a representação do todo geográfico que se quer mapear. Ainda existem as plantas, que são caracterizadas por grandes escalas, maiores que 1: 10.000, que normalmente não exigem métodos geodésicos para sua elaboração, utilizando a topografia.

A definição formal de mapa, apresentada pela Sociedade Brasileira de Cartografia e aceita no Brasil é:

“A representação cartográfica plana dos fenômenos da natureza e da sociedade observados numa área suficientemente extensa, para que a curvatura da Terra não possa ser desprezada e algum sistema de projeção tenha que ser adotado, para traduzir como finalidade a forma ou as dimensões das minúcias cartografadas”.

Já em relação a planta:

“É a representação cartográfica plana, dos fenômenos da natureza e da sociedade, observados em uma área tão pequena que os erros cometidos nessa representação, desprezada a curvatura da Terra, são negligenciáveis”.

#### 4.1.2 Representação Cartográfica

A geodésia é uma ciência que se ocupa do estudo da forma e tamanho da Terra no aspecto geométrico e do estudo de certos fenômenos físicos tais como a gravidade e o campo gravitacional terrestre, para encontrar explicações sobre as irregularidades menos aparentes da própria forma da Terra. O assunto está intimamente ligado com mapeamento e cartografia.

A maior parte das evidências sobre a forma e tamanho da Terra é baseada em levantamentos geodésicos. Por outro lado é necessário se conhecer o tamanho da Terra e sua grandeza para poder representá-la em mapas, em uma escala desejada.

Sabe-se que a Terra é um planeta de forma aproximadamente esférico e sobre o qual existem irregularidades da superfície física. Sobre a superfície física são realizadas todas as observações e medições.

A Terra é definida como um Geóide, que pode ser definido como a superfície do nível médio dos mares supostamente prolongado sob os continentes. Assim ele está ora acima, ora abaixo da superfície definida como a superfície topográfica da Terra, ou seja, a superfície definida pela massa terrestre (MENEZES *et al*, 1999).

#### 4.1.3 Sistemas de coordenadas

O uso de um sistema de coordenadas ajuda no registro de uma posição no espaço, qualquer que seja a dimensão que se esteja referenciando. Por coordenada entende-se qualquer dos membros de um conjunto que determina precisamente a posição de um ponto no espaço. A coordenada pode ser uma distância um ângulo, um momento, etc.

Para um espaço unidimensional (FIG. 4.1), onde só se percebe uma dimensão, por exemplo, um comprimento ou uma distância entre dois pontos, necessita-se apenas de um ponto origem, e uma escala de unidade que permita, através dessa origem e a quantidade de unidades de medida na escala, estabelecer o posicionamento de um ponto a outro. Neste caso,



a coordenada é definida pela distância da origem O até o ponto P, em unidades especificadas (FIG. 4.1).

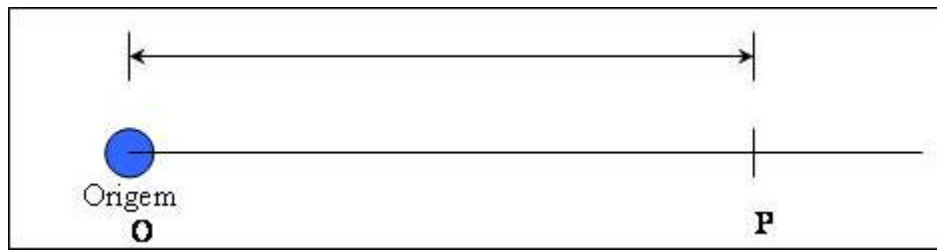


FIG. 4.1 Coordenada unidimensional

Existindo um plano, define-se um sistema bidimensional estabelecendo uma origem única para cada dimensão. O sistema de coordenadas permita, portanto, a locação conjunta de duas dimensões. Em termos de um mapa, isto será possível pela definição de uma grade de referência. Duas coordenadas são o suficiente para posicionar um ponto no espaço. Duas retas que se interceptam definem um plano, também definido por três pontos ou uma reta e um ponto.

A definição da posição de um ponto em 3 dimensões ou tridimensional é um pouco mais difícil, principalmente se essa localização tiver que ser realizada sobre a superfície de uma esfera ou de um esferóide. Sistemas apropriados de representação são desenvolvidos, para que se possa representar com precisão a localização exata de um ponto. Porém necessita-se em qualquer dos sistemas, três coordenadas, as quais posicionarão o ponto no espaço. Um espaço é definido pela intercessão de três planos.

A utilização das geometrias plana e espacial é fundamental para o desenvolvimento e possibilidade de se estabelecer um sistema unívoco de posicionamento, no plano e no espaço. Qualquer posição seja em qual dimensão for, terá apenas uma única representação no sistema e vice-versa.

#### 4.1.3.1 Coordenadas Geográficas

A Terra possui um movimento de rotação em torno de seu eixo. Este eixo, intercepta a superfície em dois pontos, os pólos Sul e Norte. O círculo máximo primário perpendicular ao eixo é denominado Equador.

Não é dado nenhum nome específico aos círculos máximos secundários, mas a palavra meridiano define cada semicírculo de um par, que juntos formam um círculo secundário. A

cada meridiano, opõe o seu antimeridiano, ou seja, o meridiano diametralmente oposto. O círculo secundário completo compreende o meridiano e o seu antimeridiano.

Pelo conceito do uso de ângulos centrais (a partir do centro de uma esfera), para medir distâncias sobre a superfície curva, pode-se inferir um sistema de coordenadas tridimensionais polares como um método de locação de pontos sobre a superfície da esfera, tendo o seu centro como origem.

Um ponto pode ser localizado no espaço através de dois ângulos vetoriais e um raio vetor. Isto define um sistema polar esférico ou coordenadas esféricas polares.

Na esfera o raio do vetor é constante, logo, qualquer ponto na superfície poderá ser então localizado pela definição apenas, dos dois ângulos vetoriais. São escolhidos para isto dois planos ortogonais que se interceptam no centro da esfera, considerados então como origem.

Um plano o Equador que é utilizado como origem para as medições do ângulo vetorial conhecido como Latitude. O outro plano é definido pelo meridiano que passa pelo centro ótico da luneta do observatório de Greenwich, utilizado para as medições do ângulo vetorial denominado de longitude.

Formalmente define-se a latitude de um ponto como o ângulo vetorial entre o Equador e o ponto, medido sobre o meridiano que o contém (FIG. 4.2). É positiva se for medida do Equador para o Norte e negativa se medida em direção ao pólo Sul. A latitude é expressa em unidades sexagesimais, ou seja, graus, minutos e segundos.

Para qualquer valor de latitude, existirão uma infinidade de pontos na superfície terrestre que fazem este mesmo ângulo com o Equador. O lugar geométrico desses pontos é chamado de paralelo.

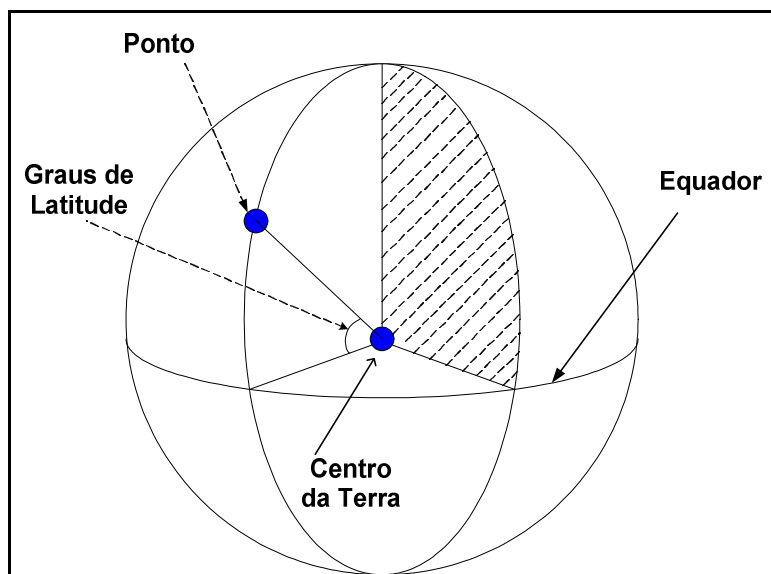


FIG. 4.2 Latitude

A longitude é o ângulo vetorial definido pelo plano do meridiano origem, Greenwich, e o plano do meridiano passante pelo lugar, medido sobre qualquer paralelo ao Equador, uma vez que este ângulo é esférico (FIG. 4.3).

A longitude será positiva se estiver à leste do meridiano de Greenwich e negativa se estiver à oeste. Ela também é expressa em unidades sexagesimais.

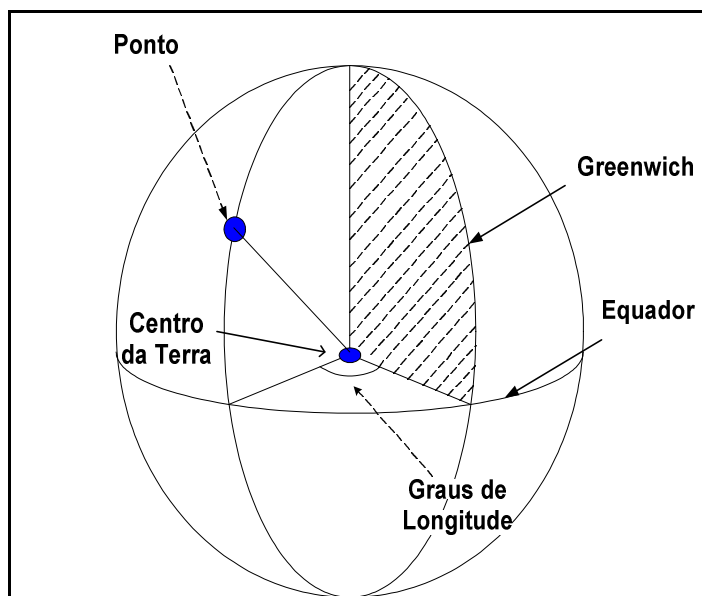


FIG. 4.3 Longitude

A definição de coordenadas de um ponto sobre a superfície terrestre será dada então pelo

par (Latitude, Longitude).

#### 4.1.3.2 Distância entre dois pontos a partir de Coordenadas Geográficas

A distância no espaço curvo tridimensional da Terra esférica é um arco localizado diretamente sobre a linha reta no plano. Este arco é formado pela interseção entre a superfície esférica e um plano que une os dois pontos e o centro da Terra. O círculo formado pela interseção deste plano com a esfera (que é dividida em dois hemisférios) é chamado de “Grande Círculo”, conforme a figura 4.4 a seguir.

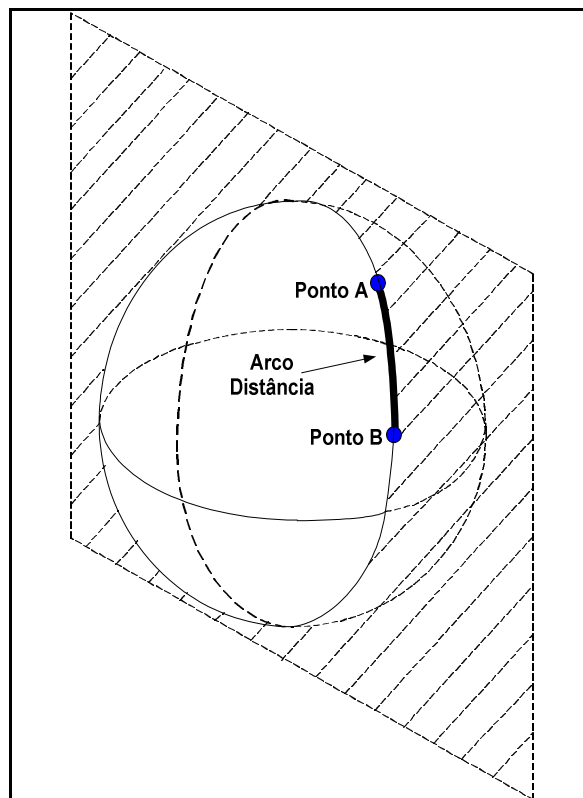


FIG. 4.4 Arco distância

Assim, o cálculo da distância entre dois pontos a partir de suas coordenadas geográficas é dado pela fórmula:

$$\cos D = \sin(a) \cdot \sin(b) + (\cos(a) \cdot \cos(b) \cdot \cos(|\Delta\lambda|))$$

Onde:

D = Arco distância entre dois pontos

“a” e “b” = Latitudes dos pontos “A” e “B”, respectivamente

$|\Delta\lambda|$  = Valor absoluto da diferença entre as longitudes de “A” e “B”

De acordo com a esfera WGS 84, cada grau de latitude corresponde a 111,2 km, logo, basta multiplicar o ângulo encontrado, convertido em graus, por 111,2 para obter a distância em quilômetros entre os dois pontos (MELO JR., 2003).

#### 4.1.4 Azimute

Azimute é o ângulo, medida sobre o horizonte, variando de  $0^\circ$  a  $360^\circ$ , a partir do norte em relação ao horizonte visualizado com este ângulo sendo medido no sentido horário (Azimute Topográfico), (GEOMINAS, 2004), Observe a figura 4.5 a seguir.

Um azimute é o ângulo entre a linha que une o ponto em que o observador encontra-se e o ponto visualizado pelo mesmo com relação a linha Norte-Sul no sentido Norte. É utilizado para transmitir a localização de um ponto na carta, a partir de outro ponto (SANTA ISABEL, 2004). Na figura 4.5, o ponto que o observador encontra-se seria o ponto B e o ponto que estaria sendo visualizando seria o ponto A.

Azimute também pode ser definido como a medida angular de um rumo ou de uma direção com relação ao N verdadeiro, contado em 360 graus no sentido horário, ou seja: Norte =  $0^\circ$  ou  $360^\circ$ ; Leste =  $90^\circ$ ; Sul =  $180^\circ$ ; Oeste =  $270^\circ$ .

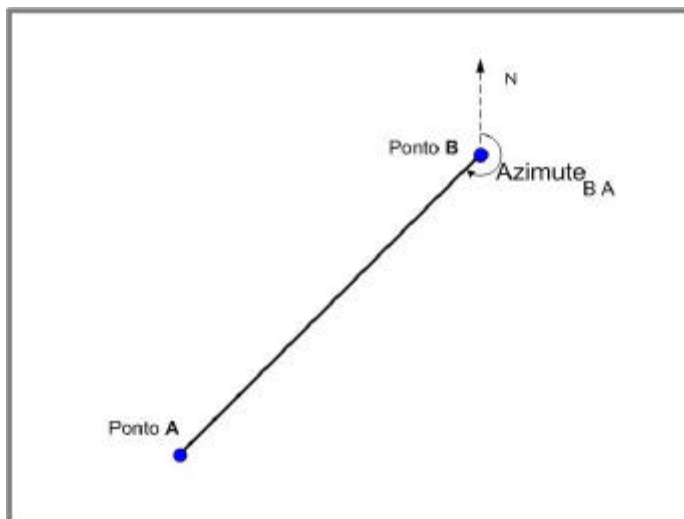


FIG. 4.5 Azimute

Sendo assim, para calcular o ângulo compreendido entre três pontos quaisquer, como mostrado na figura 4.6 (A) a seguir, tem-se que calcular o azimute dos pontos 2 e 3 em relação ao ponto 1. Utilizando-se dos conceitos de geometria (duas paralelas cortadas por uma

transversal) na figura 4.6 (B), transpõe-se a semi-reta 12 para o ponto 3 e observa-se que o ângulo X em questão é a diferença entre os Azimutes A12 e A32.

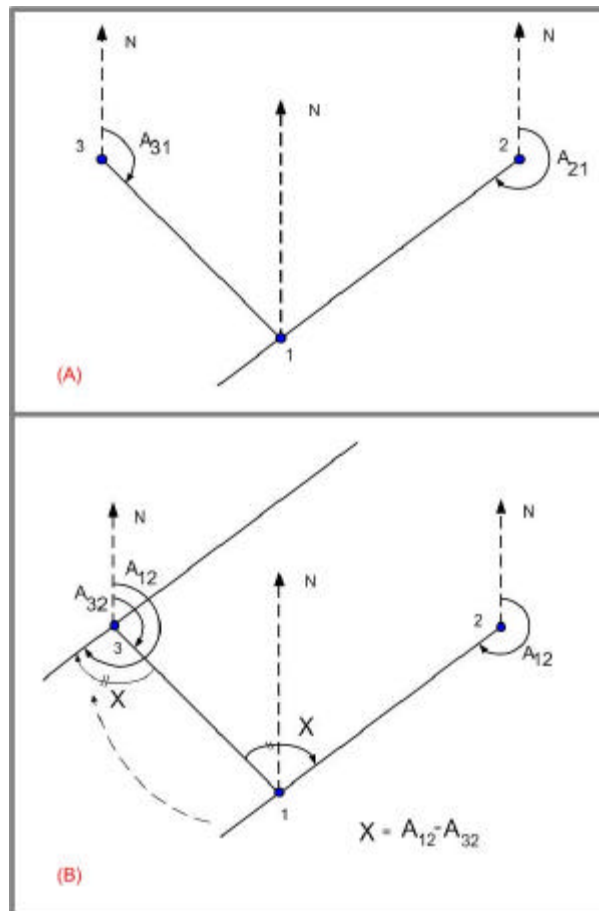


FIG. 4.6 (a) Três pontos quaisquer. (b) Cálculo do ângulo entre 3 pontos quaisquer utilizando o azimute

#### 4.1.4.1 Cálculo do Azimute a Partir das Coordenadas Geográficas

A fórmula proposta por CUNNINGHAM *apud* BOMFORD (1980) pode realizar o cálculo aproximado do azimute de um ponto a partir das coordenadas geográficas dos pontos em questão, como no estudo o intuito é meramente classificatório dos ângulos formados entre dois pontos de parada utilizando como vértice o depósito, esta fórmula se torna adequada por ser simplificada e garantir bons resultados. Ela é apresentada a seguir:

$$\text{Cot} (A_{12}) = [\Lambda_{12} - \cos(\Delta I)] * \text{sen } f_1 * \cos \sec(\Delta I)$$

onde:

$$\Lambda_{12} = \frac{\tan(f_2)}{(1+\epsilon) * \tan(f_1)} + e^2 \sqrt{\frac{(1+\epsilon) + \tan^2(f_2)}{(1+\epsilon) + \tan^2(f_1)}}$$

$$\epsilon = \frac{e^2}{(1-e^2)} \Rightarrow \text{Erro Triangular}$$

$f_1, f_2 \Rightarrow$  Latitude dos pontos 1 e 2 respectivamente

$$\Delta l = l_2 - l_1$$

$l_1, l_2 \Rightarrow$  Longitude dos pontos 1 e 2 respectivamente

## 4.2 SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (SIG)

SIG são sistemas automatizados utilizados para armazenar, analisar e manipular dados geográficos, ou seja, dados que representam objetos e fenômenos em que a localização geográfica é uma característica inerente à informação e indispensável para analisá-la. Com essa definição pode-se dizer que o SIG é um software, uma tecnologia que, utilizando recursos de computação gráfica e processamento digital de imagens, associa informações geográficas a bancos de dados convencionais.

O SIG surgiu na década de 50. Com o desenvolvimento tecnológico, tornou-se uma ferramenta capaz de manipular e armazenar uma grande quantidade de dados, representando a realidade geográfica de uma região. As primeiras aplicações de SIG feitas em Detroit (1955) e Chicago (1956) pretendiam basicamente representar fluxos de tráfego e armazenar dados de forma organizada (TEXEIRA, 1996). Deste então, a tecnologia que envolve a complexidade do SIG tem evoluído para sistemas mais potentes.

### 4.2.1 Funções básicas de um SIG

De modo geral cada SIG foi originalmente projetado para resolver problemas, tendo depois evoluído para se tornar uma ferramenta de uso mais amplo. Esta vocação original dos softwares não limita, propriamente, seu escopo de aplicação, mas o fato é que cada um tem seus pontos fortes e pontos fracos. Não se pode dizer que qualquer um deles é perfeitamente adequado para qualquer aplicação, nem que corresponde perfeitamente aos objetivos ou que teoricamente atende. Não se deve esperar encontrar um SIG que atenda perfeitamente às necessidades de um determinado projeto, pois este sistema possivelmente não existe.

Em geral o SIG é capaz de:

- Representar graficamente informações de natureza espacial, associando a estes gráficos informações alfanuméricas tradicionais. Representar informações gráficas sob a forma de vetores (pontos, linhas e polígonos) e/ ou imagens digitais (matrizes de *pixels*).
- Recuperar informações com base em critérios alfanuméricos, à semelhança de um sistema de gerenciamento de bancos de dados tradicional, e com base em relações espaciais topológicas, tais como continência, adjacência e interceptação.
- Realizar operações de aritmética de polígonos, tais como união, interseção e diferença. Gerar polígonos paralelos (*buffers*) ao redor de elementos ponto, linha e polígono.
- Limitar o acesso e controle a entrada de dados, através de um modelo de dados previamente construído.
- Oferecer recursos para visualização dos dados geográficos na tela do computador, utilizando para isto uma variedade de cores.
- Interagir com o usuário através de uma interface amigável, geralmente gráfica.
- Recuperar de forma ágil as informações geográficas, com o uso de algoritmos de indexação espacial.
- Possibilitar a importação e exportação de dados de/ para outros sistemas semelhantes, ou para outros softwares gráficos.
- Oferecer recursos para a entrada e manutenção de dados, utilizando equipamentos como mouse, mesa digitalizadora e scanner.
- Oferecer recursos para a composição de saídas e geração de resultados sob a forma de mapas, gráficos e tabelas, para uma variedade de dispositivos, como impressoras e *plotters*.
- Oferecer recursos para o desenvolvimento de aplicativos específicos, de acordo com as necessidades do usuário, utilizando para isto alguma linguagem de programação, inclusive possibilitando a customização da interface do SIG com o usuário.



#### 4.2.2 Modelos de SIG

Os SIG disponíveis hoje no mercado variam sensivelmente quanto à sua organização interna. Isto ocorre em função do histórico de desenvolvimento de cada um deles, sempre a partir de um conjunto limitado de aplicações, e evoluindo no sentido de um enfoque mais geral. Neste sentido, podem-se hoje identificar diversos modelos de funcionamento, que refletem diferentes estratégias de organização interna, com conseqüências sobre a funcionalidade e a potencialidade de utilização.

No primeiro modelo, chamado SIG tradicional, as informações geográficas são armazenadas em estruturas proprietárias (ou seja, cuja codificação é segredo comercial do desenvolvedor) e as alfanuméricas são armazenadas em um Sistema Geral de Banco de Dados simples (SGBD simples). Este modelo evoluiu um pouco com a adoção de sistemas gerenciadores de bancos de dados comerciais para cumprir o papel de armazenamento de dados alfanuméricos.

O segundo modelo são os SIG baseados em CAD. Este tipo de sistema foi desenvolvido de modo a aproveitar os recursos de criação e gerenciamento de gráficos vetoriais disponíveis em CAD, integrando estes gráficos as informações alfanuméricas disponíveis em bancos de dados convencionais. Assim, elimina-se a necessidade de utilizar estruturas gráficas proprietárias em favor de uma estrutura mais aberta, e ainda ganhando todos os recursos de edição gráfica vetorial. As desvantagens estão concentradas nas limitações do CAD para lidar com grandes volumes de informação vetorial.

Outra categoria importante é a de SIG baseados em bancos de dados relacionais. Neste modelo, todos os dados, gráficos ou alfanuméricos, estão armazenados sob a forma de tabelas em um SGBD relacional de mercado. Se ganha uma maior segurança no acesso aos dados e a garantia de integridade na relação entre gráficos e alfanuméricos.

Uma alternativa natural ao SIG relacional é o SIG orientado a objetos. Aqui, os dados gráficos e alfanuméricos são armazenados sob a forma de objetos em um SGBD também orientado a objetos. Mantém-se, neste caso, a garantia de integridade e se ganha uma maior flexibilidade na criação de modelos de dados. Perde-se um pouco da confiabilidade, pois os SGBDOO (Sistemas de Banco de Dados Orientado a objetos) são mais recentes e portanto menos confiáveis que os SGBDR (Sistemas de Banco de Dados Relacional).

### 4.2.3 As três gerações de SIG

A primeira geração, baseada em CAD cartográfico, caracteriza-se por sistemas inicialmente concebidos para atender às demandas da cartografia, com limitado apoio de sistemas gerenciadores de banco de dados e forte ênfase no acabamento gráfico. Seu paradigma típico é o mapa (chamado por alguns softwares de cobertura ou plano de informação), e seu funcionamento está apoiado na analogia com o processo físico de empilhamento de mapas para visualização simultânea. As deficiências de acoplamento das informações gráficas às alfanuméricas, e o fato de estes sistemas não serem voltados para a construção de bases de dados geográficos digitais, levou à sua caracterização como “sistema orientado a projeto”. O nome indica que a preocupação principal é a de resolver um problema específico envolvendo cartografia e algumas outras notações de distribuição espacial de fenômenos, e não a promover a integração entre bases.

A segunda geração de SIG, baseada em banco de dados geográficos, caracteriza-se pela adoção do modelo cliente servidor para acoplamento de estruturas proprietárias para gerenciamento dos dados gráficos e gerenciadores de bancos de dados relacionais de mercado. Módulos adicionais provêm à integração com imagens digitais, oferecendo inclusive algumas funções de processamento. A maior profissionalização constatada no desenvolvimento destes sistemas é comprovada pela ação de alternativas de projeto que possibilitam a operação em múltiplas plataformas heterogêneas, além da utilização intensiva de recursos mais adequados de interface com o usuário, apoiados nos sistemas operacionais tipo Windows. Esta geração já é capaz de integrar múltiplas aplicações em torno de uma só base de dados geográfica (embora ainda com limitações), e pode ser caracterizada como “sistema para suporte a instituições”.

A terceira geração de SIG ainda não saiu do papel. Sua vinda pode ser imaginada observando as tendências de desenvolvimento tecnológico na área de SIG e de banco de dados. Esta terceira geração seria baseada em bibliotecas geográficas digitais, ou centros de dados geográficos, que seriam grandes bases de dados geográficos em meio digital acessível a uma variedade de sistemas especializados nas diversas áreas de aplicação. Este acesso seria feito através de redes computadores, locais ou remotas, públicas (Internet) ou privadas (*Intranet*). A necessidade do compartilhamento dos dados entre instituições diferentes está levando a um movimento em direção a uma padronização forte, levando a interoperabilidade

entre diferentes SIG, associado ao uso de tecnologias como bancos de dados distribuídos e orientação a objetos. Esta geração pode, portanto, ser caracterizada pela integração das informações gerenciadas por uma organização aos demais componentes da sociedade.

#### 4.2.4 Manipulação de dados

O valor de um SIG está nos dados e não no hardware ou no software. Um SIG apenas começa a cumprir seu papel quando é alimentado com informações confiáveis e precisas organizadas de forma racional e ordenada, capaz de corresponder às necessidades dos usuários.

Sendo assim, a conversão de dados representa um conjunto de técnicas de fundamental importância para o sucesso de um SIG. Neste contexto, conversão de dados é uma expressão que identifica o trabalho de transformação de informações que estão disponíveis em determinado meio para outro. Naturalmente, como se está tratando de sistemas informatizados, os resultados do trabalho de conversão é um banco de dados, seja ele gráfico, alfanumérico ou misto. O material original pode ser composto de registros manuais (fichas, mapas, plantas, croquis) ou mesmo armazenados em meio magnético.

Para que se perceba a importância da conversão de dados em geoprocessamento, observa-se que o processo de formação da base de dados geográfica é sempre o componente mais custoso da implantação de um SIG. Comparado ao que custa a conversão, o custo de hardware e software torna-se quase irrisório. Mais grave do que isto é o fato de que o SIG não pode realizar nenhuma tarefa útil até que um conjunto básico de informações tenha sido reunido e adquirido, formando uma base de dados inicial ou um mapeamento básico. Ao contrário de outros sistemas de informação, um SIG dificilmente poderá ser concebido, planejado ou implantado sem que se tenha conhecimento prévio sobre as informações que deverão ser tratadas, a forma como se encontram e o uso que se fará delas.

A elaboração de um cronograma realista para a atividade de conversão de dados é muito importante. Deve-se procurar elaborar um cronograma que leve em consideração não apenas as limitações de recursos humanos e materiais, mas também a necessidade de manutenção das informações ao longo do processo de conversão. Resumindo, existem quatro fatores a considerar em trabalhos de conversão de dados, são eles: informações a converter, organização do processo, pessoas envolvidas e tecnologia. Estes quatro fatores são igualmente

importantes e estão intimamente relacionados. Qualquer deficiência em um deles causará danos não apenas ao processo de conversão em si, mas também ao sucesso da implantação e da operação do SIG.

#### 4.2.5 Usos para o SIG

Os SIGs podem ser utilizados tanto no nível operacional, quanto nos níveis gerencial ou estratégico. Como a natureza das atividades em cada um desses níveis é distinta, também serão distintos os benefícios provindos do uso de SIG em cada um dos níveis.

##### 4.2.5.1 Uso do SIG no nível operacional

As atividades do nível operacional são aquelas do dia a dia da organização. Além de rotineiras, geralmente as operações são volumosas e trabalhosas. É observado um benefício imediato do uso do SIG no suporte de atividades de nível operacional, ou seja, a execução das atividades que já vem sendo realizadas manualmente, só que de maneira mais eficiente através de automações, ocasionando o menor gasto de tempo.

Exemplos de uso do SIG a nível operacional:

- Manutenção de mapas ou outras informações geográficas.
- Geração de mapas e outras informações para suporte a projetos de engenharia.
- Suporte ao gerenciamento de redes de infra-estrutura: planejamento de manutenção preventiva, planejamento e monitoramento de tarefas, geração de esquemas de trabalho, suporte a situações de emergência, etc.
- Otimização de rotas de coleta ou distribuição (roteirização de veículos).

##### 4.2.5.2 Uso do SIG no nível gerencial

Decisões de caráter tático são atividades típicas do nível gerencial. Qual a melhor localização para uma nova filial? Qual a região mais carente de um serviço público?

O SIG pode dar suporte a decisões de caráter tático, comuns no planejamento urbano, gerenciamento de franquias e em outros exemplos como a seguir:

- Suporte ao gerenciamento de redes de lojas de franquias: Análise espacial de demanda (consumidores, nível de renda, rede atual, concorrentes) e auxílio a decisões táticas (qual o melhor lugar para uma nova filial).
- Suporte ao planejamento e gerenciamento de equipamentos e serviços públicos: Monitorar a demanda (demografia), a qualidade dos serviços atuais e auxiliar o projeto de novos equipamentos.
- Auxílio à elaboração e ao monitoramento de políticas de desenvolvimento: Análise demográfica, análise fiscal, definição da política de uso e ocupação do solo, política fiscal e de incentivos, suporte à visualização de informações e a discussões entre técnicos e políticos.
- Identificação da distribuição espacial de doenças, crimes ou acidentes de trânsito.

Em todos esses exemplos, o benefício esperado é a eficácia administrativa: Boas informações, bons planos, bom gerenciamento, boas decisões. O uso do SIG a nível gerencial pode gerar outros tipos de benefícios em longo prazo: retorno financeiro, melhoria da imagem, benefícios à população e outros. Mas esses serão benefícios indiretos, consequência do benefício imediato, que é a eficácia administrativa.

#### 4.2.5.3 Uso do SIG no nível estratégico

As atividades do nível estratégico são aquelas que contribuem diretamente para o cumprimento dos objetivos fundamentais da organização. Exemplos de objetivos estratégicos são: aumentar a satisfação dos clientes, melhorar a imagem da empresa junto à (potenciais) clientes e parceiros, aumentar a margem de lucro, aumentar a participação da empresa nos segmentos de mercado em que atua, expandir a participação da empresa a outros segmentos, etc.

Exemplos de uso do SIG no nível estratégico:

- Uso do SIG em projetos para solução de problemas estratégicos, ou seja, problemas com alto impacto político ou econômico no momento.
- Uso de SIG em projetos sociais para melhorar os serviços à população, a satisfação da população com a administração pública e, conseqüentemente, sua imagem.
- Mapeamento e apoio ao gerenciamento da satisfação e das necessidades dos leitores; suporte a ações de marketing político.

- Compartilhamento de bases de dados e de custos operacionais entre prefeituras, concessionárias e outras instituições.
- Fornecimento de uma boa infra-estrutura de informações espaciais ou serviços a setores da indústria ou a outros órgãos de administração pública.
- Venda de dados; mapeamento e gerenciamento da arrecadação de impostos.
- Além de prover subsídios técnicos, o uso de SIG em projetos pode facilitar a comunicação com leigos e dar credibilidade.

#### 4.2.6 Considerações finais sobre SIG

Os SIG são introduzidos em projetos para reduzir custos, aprimorar decisões, aprimorar serviços à população, etc. Um SIG não resolve nada sozinho: Não toma decisões nem reduz custos, ou seja, o SIG é um meio. O SIG viabiliza projetos, facilita o trabalho, provêem subsídios a decisões. O uso do SIG sim, com propósitos bem definidos, é que gera benefícios. Em um projeto sem metas bem definidas, os benefícios demoram mais a surgir, mais recursos são consumidos e os riscos de interrupção são altos.

É errado fazer a implantação de um SIG sem antes saber que objetivos desejam-se obter. Uma organização considerando a implantação ou expansão de um SIG deve primeiramente estabelecer metas quanto a usos e benefícios. O projeto será mais objetivo, os dirigentes saberão o que esperar do projeto, haverá como medir e, portanto, como demonstrar o sucesso do projeto.

Um SIG precisa produzir resultados positivos. Não basta um projeto ser tecnicamente correto, contar com uma base de dados precisa, ou Ter um grande potencial. O que realmente interessa não são perspectivas de resultados, mas sim resultado. Um projeto viável é um projeto que não pára no meio do caminho, que alcança os objetivos, que efetivamente chega lá.

Deve-se salientar que o SIG serve para dar suporte a um projeto maior, para solução de problemas específicos. Dando suporte o SIG faz parte do projeto. As vantagens de se inserir um SIG em um projeto maior, com objetivos bem definidos são:

- O desenvolvimento do SIG se concentra em necessidades já identificadas. Quando isso não ocorre, podem ser automatizados dados não tão necessários, pelo menos em um determinado momento;

- As metas para o SIG são claras, ele deve dar suporte ao projeto no qual está inserido;
- Resultados de projetos para a solução de problemas são mais visíveis que resultados imediatos da implantação do SIG em si. Por exemplo, o SIG pode estar inserido em um projeto para melhorar o atendimento ao consumidor. Qual o benefício do projeto como um todo? Melhor atendimento ao consumidor.

Em geral os benefícios do SIG em si não são tão visíveis (manutenção de dados mais ágil, melhor capacidade de análise, etc.).

## **5 PROCEDIMENTO DESENVOLVIDO PARA O PROBLEMA DE ROTEIRIZAÇÃO DE VEÍCULOS**

### **5.1 CONSIDERAÇÕES PRELIMINARES SOBRE O PROCEDIMENTO DESENVOLVIDO**

A escolha do método a ser adotado para a roteirização de veículos depende de alguns fatores como: tipo de problema estudado e seu grau de complexidade, nível de sofisticação requerido para as soluções e aparelhagem computacional disponível. Além disso, a análise de custo e de tempo necessários para obtenção das soluções deverá ser confrontada com a previsão dos ganhos associados ao aumento da eficiência do sistema resultante da aplicação do modelo ao cálculo da política de operação.

De acordo com LIMA (2000), desde os anos setenta, uma série de pacotes computacionais foi produzida baseada em técnicas de pesquisa operacional e levando em consideração os dados e restrições associadas a cada tipo de problema tratado. No entanto, apenas alguns deles tem sido amplamente aceitos, principalmente pelo fato de que muitas empresas operam com características bastante particulares. Desta forma, o que ocorre, normalmente, é a utilização de programas básicos para o cálculo inicial da operação. A partir daí, adotam-se algumas técnicas, quer sejam de modelagem matemática ou mesmo experiência prática, para determinação da operação final para o sistema.

Este capítulo apresenta um procedimento desenvolvido para tratar do problema de roteirização de veículos com capacidades diferentes de carga. Com o objetivo de torná-lo uma ferramenta de uso operacional em empresas de distribuição é apresentado também um protótipo de um software desenvolvido para tratar deste problema.

### **5.2 ESCOLHA DO MÉTODO DE ROTEIRIZAÇÃO PARA ADOTAR NO PROCEDIMENTO**

Foram apresentados no capítulo 3, alguns métodos de resolução do PRV, foi feita uma comparação utilizando os resultados de três métodos, dois heurísticos e um meta-heurístico, aplicados aos problemas teste propostos por CHRISTOFIDES, MINGOZZI E TOTH (1979),



conforme tabela 5.1, a seguir.

TAB. 5.1 Resultados dos testes de CHRISTOFIDES at al. (1979)

PROBLEMA	CLARK AND WRIGHT	SWEEP	BUSCA TABU
VRPNC1	585	524	536
VRPNC2	900	865	842
VRPNC3	886	851	851
VRPNC4	1204	1079	1081
VRPNC5	1540	1389	1360
VRPNC6	619	560	560
VRPNC7	976	933	929
VRPNC8	973	888	887
VRPNC9	1426	1230	1227
VRPNC10	1800	1518	1427
VRPNC11	1079	1266	1049
VRPNC12	831	937	826
VRPNC13	1634	1776	1631
VRPNC14	877	949	866
<b>TOTAL</b>	15330	14765	<b>14072</b>

Adaptado de PELIZARRO, 2000 e PUREZA E FRANÇA 2001.

Pode-se observar que os resultados obtidos quando aplicado o método BUSCA TABU proposto por PUREZA E FRANÇA (1991) são melhores na maioria dos casos. Apesar desta constatação, por se tratar de um algoritmo Meta-heurístico, seu tempo de processamento é muito lento o que pode ser observado com a tabela 5.2 a seguir.

TAB. 5.2 Tempo computacional para o método de BUSCA TABU

PROBLEMA	Tempo CPU* (minutos)
VRPNC1	16,22
VRPNC2	2,58
VRPNC3	29,93
VRPNC4	122,52
VRPNC5	-
VRPNC6	25,95
VRPNC7	46,20
VRPNC8	120,75
VRPNC9	322,93
VRPNC10	-
VRPNC11	29,60
VRPNC12	58,78
VRPNC13	58,35
VRPNC14	102,77

\*Microcomputador MC 68020

Adaptado PUREZA E FRANÇA 1991

Como pode ser observado o tempo de processamento chega a 323 minutos (5,3 horas) para uma roteirização de 150 clientes. Segundo BALLOU (2001), para uma variedade de problemas a acurácia do método SWEEP é projetada para produzir aproximadamente um erro médio de 10% em relação à solução ótima. Este nível de erro pode ser aceitável quando os resultados devem ser obtidos em pequenos pedidos e boas soluções são necessárias em oposição às ótimas. Porém, ao contrário do que foi mostrado na tabela de resultados dos testes de CHRISTOFIDES, BALLOU (2001) ainda afirma que os resultados obtidos através do método de CLARK and WRIGHT em comparação com resultados ótimos para problemas pequenos com um número limitado de restrições têm mostrado que são em média 2% acima da solução ótima, esta afirmação, difere dos resultados mostrados nas tabelas anteriores.

Por outro lado pretende-se que o operador do procedimento possa modificar a rota gerada tentando melhorá-la e, portanto, não se faz necessário que o método escolhido encontre o resultado ótimo ou próximo do ótimo, tarefa esta de difícil obtenção por parte de algoritmos.

Sendo assim, o método que melhor se adequa ao procedimento, de acordo com os resultados apresentados na tabela 5.1 e levando-se em consideração o tempo computacional da tabela 5.2, é o método SWEEP, entretanto, ao longo do trabalho também será implementado o método de CLARK and WRIGHT com o intuito de comparar a performance dos dois algoritmos. Além disso, segundo BALLOU (2001), o método CLARK and WRIGHT é flexível o suficiente para manusear computacionalmente uma ampla faixa de restrições práticas, com relativa rapidez para problemas com um número moderado de paradas.

### 5.3 PROCEDIMENTO DESENVOLVIDO

O procedimento proposto visa resolver um problema de roteirização de veículos, onde é necessário fazer uma visita aos pontos com demanda (coleta ou entrega de cargas de tamanhos diferentes), com os veículos de uma frota com capacidades de carga heterogênea em um tempo limite de distribuição podendo ou não utilizar veículos de uma frota auxiliar pertencente a terceiros. Para tanto, os veículos desenvolverão uma velocidade média padrão, um tempo médio de carga ou descarga em cada ponto de parada além de um prazo limite para fazer toda a distribuição ou coleta dos produtos.

Segundo BALLOU (2001), as soluções práticas dos problemas reais são desenvolvidas em um processo de três etapas:

1) Primeiramente, o problema é previsto por um analista para as exceções (entregas que requerem manipulação especial) ou as entregas/ coletas que são óbvias (movimentos de carga de caminhão completa).

2) Em seguida, geralmente com a ajuda do computador, o problema reduzido é resolvido e a solução disponibilizada ao analista.

3) Finalmente, o analista revisa a solução matemática e faz as modificações necessárias para torná-la prática.

Sendo assim, o operador (pessoa responsável pela roteirização dos veículos) fará uma triagem dos pontos de parada que necessitam de prioridade e dos pontos de parada que utilizam a carga completa de um caminhão. Feito isto o próprio analista irá alocar estes pontos de parada aos caminhões responsáveis por sua entrega. Terminada esta etapa, o restante da frota estará disponível para ser feita a roteirização pelo computador através dos métodos de CLARK and WRIGHT ou SWEEP. A princípio foi utilizado o método de SWEEP aplicado a uma frota heterogênea, resultando o procedimento a seguir.

### 5.3.1 Procedimento com o método SWEEP

1°- Dos veículos restantes na frota e de acordo com o que foi descrito no item 3.7, deve-se colocar em ordem decrescente de capacidade esses veículos e escolher o veículo com maior capacidade de carga e que não seja pertencente a uma frota terceirizada para ser o primeiro veículo a ser roteirizado.

2°- Calcular as distâncias entre os pontos de parada e os depósitos.

3°- Ainda de acordo com o que foi dito no item 3.7, o primeiro ponto a ser incluído no roteiro deve ser o mais distante do depósito. Se este ponto extrapolar o limite de tempo de entrega ou a capacidade de carga, o analista receberá um comunicado (se estiver utilizando o protótipo desenvolvido) informando sobre isto e terá que refazer as rotas, separando este ponto no início da roteirização.

4°- Escolhido o primeiro ponto a ser visitado, traçar um eixo entre o depósito e este ponto mais distante.

5°- De acordo com a fórmula de CUNNINGHAM, apresentada no capítulo de elementos cartográficos (Capítulo 4), são calculados os ângulos formados por esse eixo e as semi-

retas que existem entre o depósito e os outros pontos a serem visitados. Esses ângulos devem ser ordenados em ordem crescente.

- 6°- Terminada esta etapa deve-se começar a inserir os pontos de parada nas rotas respeitando a ordem do item anterior. Uma vez inserido um ponto de parada na rota deve-se verificar se esta rota não excede a capacidade do veículo ou o tempo disponível para distribuição.
- 7°- Caso exceda a capacidade do veículo ou o tempo em rota, deve-se iniciar uma nova rota com um novo veículo, desta vez obedecendo à ordem dos veículos mostrada no primeiro item. Caso não exista mais veículo pertencente à frota da empresa, o analista terá que escolher entre os veículos cadastrados aquele que ele deseja inserir na roteirização.
  - a) Repetir os itens 6° e 7° até a lista de pontos de parada ter sido exaurida. Caso exista algum ponto não incluído em nenhum roteiro, e este ponto esteja extrapolando a capacidade de carga do veículo ou o tempo de distribuição, o analista receberá um comunicado (se estiver utilizando o protótipo desenvolvido) informando sobre isto e terá que refazer as rotas, separando este ponto no início da roteirização.
- 8°- Terminada esta fase da roteirização é necessário aprimorar os resultados através de um método de melhoria, no caso podemos utilizar o OPT-2, apresentado anteriormente item 3.3.1.2.
- 9°- Após aplicar o método OPT-2 o analista pode tentar melhor ainda mais as rotas geradas usando os princípios para uma boa roteirização apresentados no item 3.7 através das possíveis alterações de rota apresentadas por PUREZA e FRANÇA (1991). Tais alterações são apresentadas na figura a seguir:

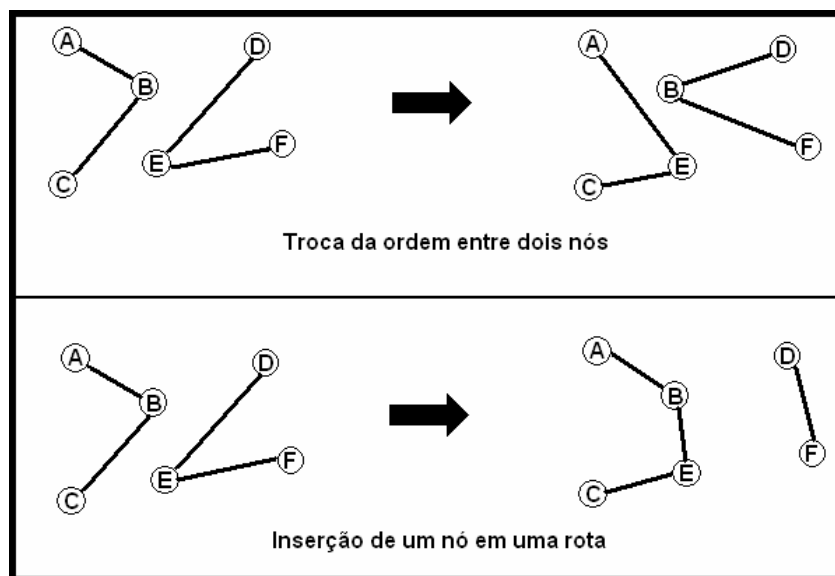


FIG. 5.1 Procedimentos de permutação de nós

### 5.3.2 Procedimento com o método CLARK and WRIGHT

- 1°- Dos veículos restantes na frota e de acordo com o que foi descrito no item 3.7 do capítulo de roteirização, deve-se colocar em ordem decrescente de capacidade esses veículos e escolher o veículo com maior capacidade de carga e que não seja pertencente a uma frota terceirizada para ser o primeiro veículo a ser roteirizado.
- 2°- Calcular os ganhos  $S_{i,j}$ , como foi mostrado no capítulo de roteirização item 3.6.1 (Método de CLARK and WRIGHT) obedecendo a forma de cálculo de distância entre dois pontos a partir de coordenadas geográficas do item 4.1.3.2, para os pares  $i, j$  ( $i \neq j, i \in D$  e  $j \in D$ ), onde  $D$  é o depósito de onde o veículo partirá para fazer a distribuição e terá que retornar ao final da mesma.  $i$  e  $j$  são os diversos pontos de parada onde existem pedidos pendentes.
- 3°- Ordenar os pares  $i, j$  na ordem decrescente dos valores do ganho  $S_{i,j}$ .
- 4°- Os primeiros pontos de parada a serem incluídos na rota do veículo selecionado serão os com maior ganho  $S_{i,j}$  e assim sucessivamente de acordo com a seqüência obtida no 3° item.
- 5°- Para um par de nós  $i, j$ , correspondente ao  $K$ -ésimo elemento da seqüência do 3° item verificar se  $i$  e  $j$  estão ou não incluídos num roteiro já existente:
  - a) Se um par  $i$  e  $j$  não foi incluído em nenhum dos roteiros já abertos, então cria-se um novo roteiro com os nós  $i$  e  $j$  e obedecendo à capacidade do veículo que está na seqüência preestabelecida no 1° item. Caso haja apenas veículos de terceiros o operador deverá escolher entre estes o veículo que deve ser inserido na roteirização.
  - b) Se exatamente um dos pontos  $i$  ou  $j$  pertence a um roteiro pré-estabelecido, verificar se esse ponto é o primeiro ou o último do roteiro (adjacente ao nó  $D$ , depósito). Se isso ocorrer, acrescentar o arco  $i, j$  a esse roteiro. Caso contrário passar para a etapa seguinte, saltando o par  $i, j$ .
  - c) Se ambos os nós  $i$  e  $j$  já pertencem a dois roteiros pré-estabelecidos (roteiros diferentes), verificar se ambos são extremos dos respectivos roteiros (adjacentes ao nó  $D$ ). Nesse caso unir os dois roteiros num só. Caso contrário, passar para a etapa seguinte, pulando o par  $i, j$ .
  - d) Se ambos os nós  $i$  e  $j$  pertencem a um mesmo roteiro, pular para a etapa seguinte.

- e) Continuar o processo até que a lista completa de ganhos seja exaurida. Caso exista algum ponto não incluído em nenhum roteiro, e este ponto esteja extrapolando a capacidade de carga do veículo ou o tempo de distribuição, o analista receberá um comunicado (se estiver utilizando o protótipo desenvolvido) informando sobre isto e terá que refazer as rotas, separando este ponto no início da roteirização ou se não houver excesso algum deverá ser formado um roteiro individualizado para atender este ponto.
- 6°- Terminada esta fase da roteirização é necessário aprimorar os resultados através de um método de melhoria, no caso utilizando o OPT-2 apresentado anteriormente no item 3.3.1.2.
- 7°- Após aplicar o método OPT-2 o analista pode tentar melhor ainda mais as rotas geradas usando os princípios para uma boa roteirização apresentados no item 3.7 através das possíveis alterações de rota apresentadas por PUREZA e FRANÇA (1991) e citados no item 5.3.1.

#### 5.4 ESTRUTURA DE DADOS DO PROTÓTIPO DESENVOLVIDO

O banco de dados que foi desenvolvido em Access 97 da Microsoft® tem o objetivo de ser utilizado junto ao protótipo do programa de roteirização que será mencionado no próximo item. Este banco de dados tem a função de armazenar as informações geradas no protótipo, bem como permitir que o operador do mesmo seja capaz de visualizar as rotas geradas, possibilitando assim que este mesmo operador possa intervir de forma a melhorá-las.

O Banco de Dados desenvolvido possui nove tabelas e oito formas de consultas extras geradas a partir dessas tabelas. Tais tabelas são descritas a seguir bem como seus respectivos campos:

- CD:

Campos: ID, Nome, Latitude, Longitude.

Informações: Esta tabela armazena informações sobre o centro de distribuição de onde será gerado o ponto de partida de cada rota.

- Clientes:

Campos: ID, Nome, Latitude, Longitude.

Informações: Esta tabela armazena informações sobre os clientes do centro de

distribuição.

- Pedidos:

Campos: ID, IDCliente, Quantidade, DataEntrega.

Informações: Esta tabela armazena as informações referentes aos pedidos realizados pelos clientes. A coluna IDCliente serve para vincular as informações da tabela Clientes a esta Tabela.

- Caminhos:

Campos: ID, Chassi, Placa, Modelo, CapacidadeCarga, Proprietário, CodOrdem.

Informações: Esta tabela armazena os dados relativos aos possíveis caminhões que farão distribuição ou coletas dos produtos.

- TipoProprietario:

Campos: ID, Tipo.

Informações: Esta tabela é auxiliar para vincular os 2 tipos de proprietários: Centro de distribuição (CD) e terceiros.

- Parâmetros:

Campos: ID, TempoCiclo(h), TempoDescarga(h), VelocidadeMedia(Km/h), Algoritmo, Opt-2.

Informações: Esta tabela armazena os demais parâmetros necessários para a roteirização dos veículos, além dos métodos que serão utilizados na roteirização.

- Layers:

Campos: ID, Nome, Caminho, Tipo.

Informações: Esta tabela serve de auxílio para a ferramenta *MapObjects*, com esta tabela não será necessário que o usuário tenha que abrir todas as camadas do mapa toda vez que abrir o programa. Automaticamente o programa abrirá as camadas ativas na última utilização do programa.

- Resultados:

Campos: ID, ChassiCaminhão, Tempo(h), Carga, DistanciaTotal(KM), Folga

Informações: Esta tabela possui as informações finais de cada caminhão em relação à quantidade de carga, o tempo de percurso e a pseudodistância percorrida que cada um utilizará para fazer as entregas, esta tabela também trará um campo chamado de Folga onde trará o espaço de carregamento ainda disponível para determinado caminhão.

- Roteiros:

Campos: ID, ChassiCaminhao, Ordem, PontoPartida, PontoChegada

Informações: Esta tabela contém o resultado final da roteirização por meio dela o usuário terá a possibilidade de alterar as rotas dos veículos e verificar se elas foram melhoradas.

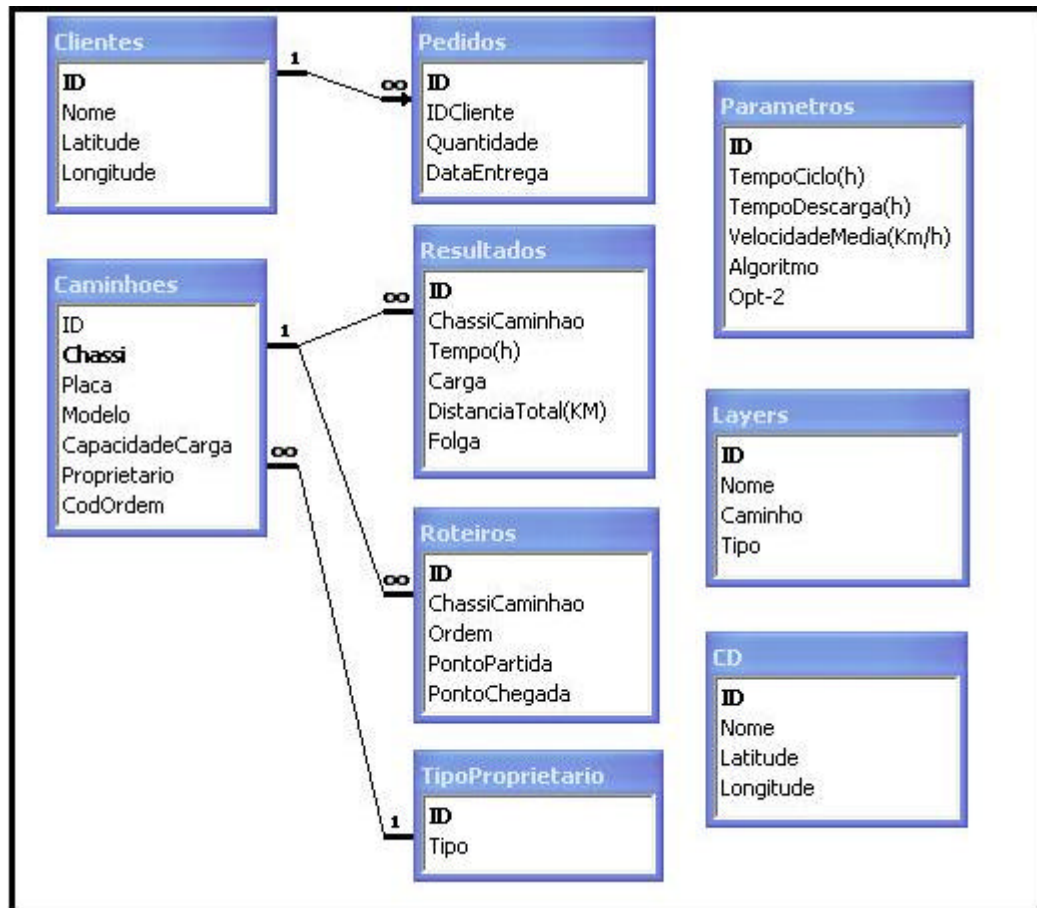


FIG. 5.2 Relacionamentos do banco de dados

Além destas tabelas ainda foram criadas oito consultas, sendo uma delas uma consulta cruzada, para facilitar a apresentação das informações para o operador.

## 5.5 PROTÓTIPO DESENVOLVIDO

O protótipo foi desenvolvido em *Visual Basic 6* da *Microsoft®* e com o *MapObjects 2* da *ESRI®* (*Environmental Systems Research Institute*).

O protótipo desenvolvido consta de quatro etapas. A primeira etapa trata-se da entrada de dados necessários para roteirização. Nesta etapa o operador irá cadastrar o local do centro de



distribuição, podendo ou não inserir um tema ao mapa que possibilita a localização física do centro de distribuição e dos clientes. Este tema deve ser em formato “SHAPE”, o mesmo utilizado no programa *ArcView* da *ESRI*®. O usuário terá que cadastrar continuamente os novos clientes do centro de distribuição e seus respectivos pedidos diários, os parâmetros necessários para a roteirização e o método de roteirização a ser utilizado, além dos caminhões pertencentes ao centro de distribuição e os caminhões terceirizados que podem fazer frete para o mesmo.

Terminada esta etapa o operador já está pronto para começar a roteirização. A primeira fase da roteirização, segunda etapa do protótipo, é fazer a triagem dos clientes que possuem prioridades de entrega ou que os pedidos completam um caminhão inteiro ou ainda pedidos que extrapolam as restrições impostas. Nesta etapa o operador terá a caixa de diálogo a seguir para facilitar a entrada de dados:

**Roteirização Preliminar**

Veículo

**Chassi:**

**Capacidade de Carga:**  0,00

**Capacidade Livre:**  0,00

**Capacidade Ocupada:**  0,00

**Tempo em Rota (h):**  0,00

**Distância Percorrida (Km):**  0,00

**Proprietario:**

Pedido

**Código do Pedido:**  0

**Código do Cliente:**  0

**Nome do Cliente:**

**Tamanho do Pedido:**  0,00

**Código do Pedido e Quantidade**

Adicionar >>

<< Remover

Continuar Roteirização

FIG. 5.3 Formulário de roteirização preliminar

Neste formulário, o quadro 1 possui as informações referentes ao veículo selecionado, quando é acrescentado um cliente a este veículo. As informações referentes à capacidade livre, capacidade ocupada, tempo em rota e distância percorrida são alteradas automaticamente. O quadro 2 é utilizado para obter as informações do cliente selecionado em uma das listas do quadro 3. Já o quadro 3 é o local onde o operador poderá inserir ou remover um cliente de uma determinada rota. Ao clicar no botão “Continuar Roteirização” é dado início à próxima etapa do protótipo.

Na terceira etapa do protótipo é realizada a roteirização propriamente dita, através de um dos métodos escolhidos (Método CLARK and WRIGHT ou método SWEEP) e são gerados os roteiros de cada caminhão, podendo ou não este roteiro ser melhorado pelo método de melhorias OPT-2. Terminada a roteirização são apresentados os roteiros em mapa semelhante a figura 5.4 a seguir:

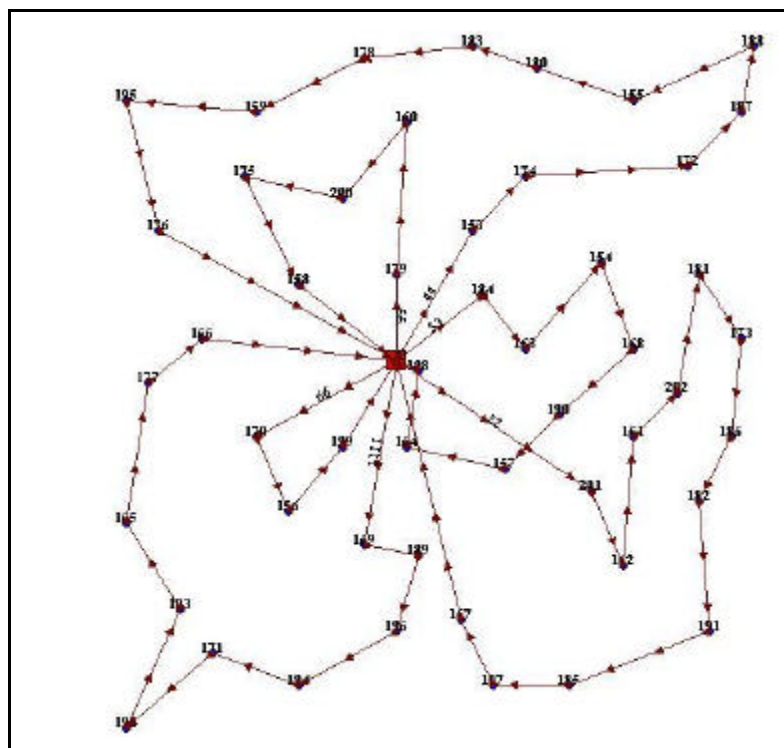



FIG. 5.4 Exemplo de uma roteirização realizada pelo protótipo

Com a visualização dos roteiros é iniciada a quarta etapa do protótipo que permite a modificação das rotas geradas, através dos botões: , onde o primeiro botão permite que o operador faça uma troca da ordem de visita entre dois clientes (intra-rota ou inter-rota), já o segundo botão permite que um cliente de uma rota deixe de pertencer a esta e passe a

pertencer à outra rota. Terminadas todas as modificações, o operador terá como resultado duas tabelas: uma com as características de cada rota (tempo em rota, distância percorrida, espaço ocioso de carga no veículo e espaço ocupado) e outra com a ordem de visitas a ser seguida por cada veículo.

## 5.6 EXEMPLO DO PROTÓTIPO DESENVOLVIDO

A ferramenta computacional desenvolvida foi o *RoteLog*. Esta possui 13 formulários, dos quais alguns serão apresentados a seguir. Foram também utilizados 8 módulos para o desenvolvimento dos algoritmos de roteirização, cálculo de distância entre 2 pontos, cálculo de ângulo entre 3 pontos, entre outras necessidades. A tela principal do *RoteLog* é apresentada a seguir, nas figuras 5.5 e 5.6:

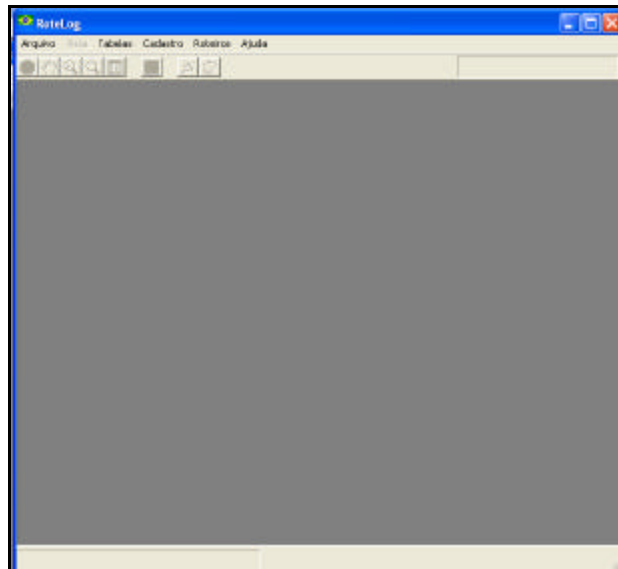


FIG. 5.5 Janela principal do *RotLog*

Ao dar início a qualquer roteirização o operador terá que abrir a vista. Deve-se clicar em “Arquivo” e após em “Abrir vista” no menu do *RoteLog*.

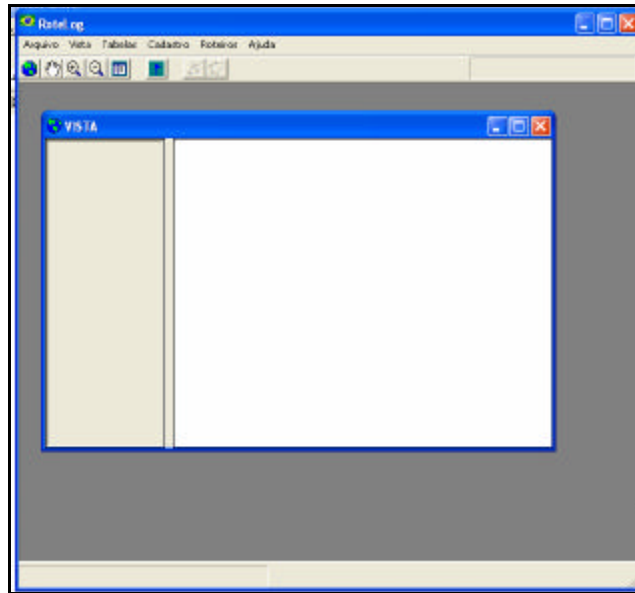



FIG. 5.6 Janela da vista no *RotLog*

Ao abrir a vista alguns botões tornam-se ativos. Esses botões permitem fazer algumas modificações como zoom, pan, etc. na própria vista aberta. Com a vista ativa pode-se acrescentar um tema previamente existente em formato, SHAPE FILE, clicando em “Vista” e após em “Adicionar Tema” no menu. Também é permitido fazer o cadastro do depósito ou centro de distribuição (o *RoteLog* apenas aceita o cadastro de 1 depósito, caso seja cadastrado outro esse substituirá o primeiro), clicando em “Cadastro” e depois em “CD”. O *Rotelog* também permite que sejam cadastrados os pontos de visitas (clientes). Utilizando o botão , ou na barra de menu em “Vista” e depois em “Camada de Clientes”, pode-se obter a tela da figura 5.7:

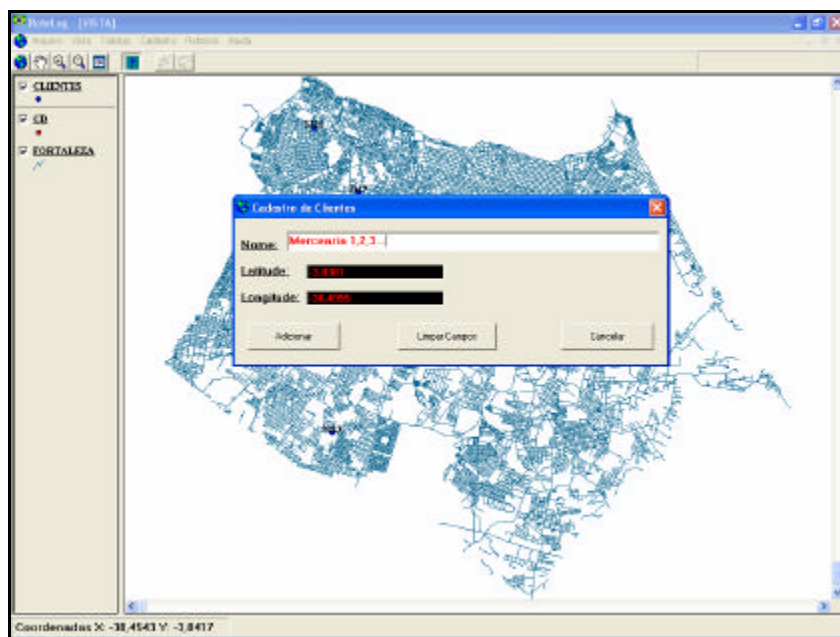


FIG. 5.7 Exemplo de cadastro de Clientes

No exemplo foram adicionados à vista um tema da cidade de Fortaleza-Ceará, o centro de distribuição e 11 possíveis pontos de visita, figura 5.8:

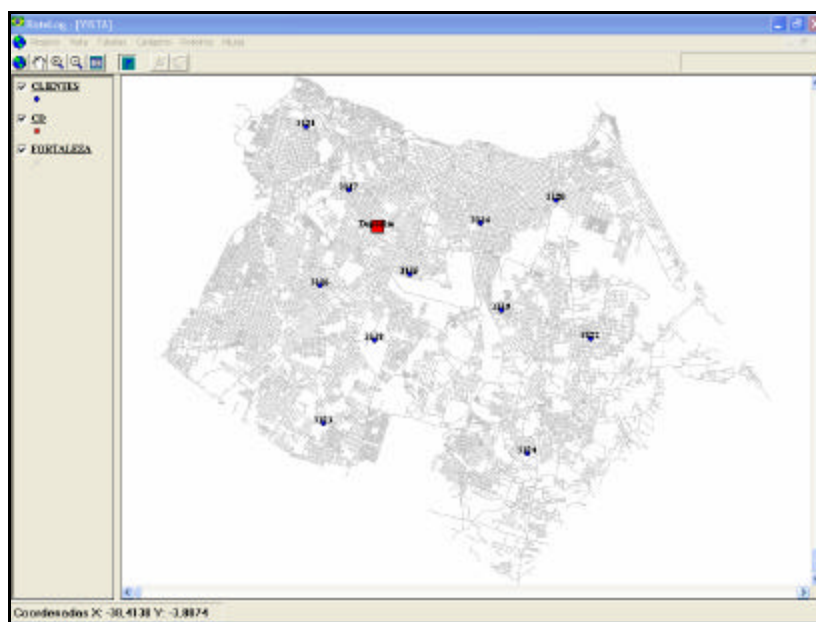


FIG. 5.8 Clientes e CD cadastrados na vista

Feito isto, os pedidos requisitados por cada ponto de visita poderão ser agora acrescentados, os caminhões pertencentes à frota ou terceirizados poderão ser cadastrados e por fim os parâmetros necessários a roteirização dos veículos, inclusive o método a ser utilizado, conforme as telas das figuras 5.9 a 5.11:

**Entrada de Pedidos**

**Código do Cliente:** 3118

**Quantidade do Pedido:** 40

**Data de Entrega do Produto:** 30/7/2004

Encaminhar      Sair      Excluir Pedido

FIG. 5.9 Formulário de pedidos

**Cadastro Caminhão**

**Chassi:** 34h457gdj489

**Placa:** HUV-0000

**Modelo:** FORD - F4000

**Capacidade:** 200

**Proprietário:** CD

Adicionar      Limpar Campos      Cancelar

FIG. 5.10 Formulário de cadastro de caminhões

**Parâmetros necessários para Roteirização**

**Tempo de Ciclo (horas):** 8

**Tempo médio de descarregamento (horas):** 0,2

**Velocidade média do veículo (Km/h):** 60

Tipo de Roteirização:

Método Clark and Wright       Utilizar Método de Melhorias 2-OPT

Método Sweep

Cadastrar      Cancelar

FIG. 5.11 Formulário de cadastro dos parâmetros

Terminados todos os procedimentos descritos anteriormente, deve-se clicar em “Roteiros” e depois em “Roteirizar” no menu. Aparecerá então uma janela semelhante à janela da figura 5.12 que permite que o operador faça uma pré-roteirização dos pedidos, caso ache necessário.

**Roteirização Preliminar**

Veículo

HUV-0001 Chassi: HAFSDHSLKAVGHNH

Capacidade de Carga: 100

Capacidade Livre: 30

Capacidade Ocupada: 70

Tempo em Rota (h): 0,19

Distância Percorrida (Km): 11,48

Proprietario: CD

Pedido

Código do Pedido: 3036

Código do Cliente: 3116

Nome do Cliente: 3

Tamanho do Pedido: 30

**Código do Pedido e Quantidade**

3045 Quant.: 23  
3040 Quant.: 20  
3031 Quant.: 20  
3042 Quant.: 15  
3038 Quant.: 10  
3043 Quant.: 8  
3044 Quant.: 7  
3041 Quant.: 5  
3037 Quant.: 0

Adicionar >>

<< Remover

Continuar Roteirização

3039 Quant.: 40 Placa: HUV-0001  
3036 Quant.: 30 Placa: HUV-0001

FIG. 5.12 Formulário de pré-roteirização

Depois de feita a pré-roteirização, clicando no botão “Continuar Roteirização” na janela de roteirização preliminar, o *RoteLog* irá iniciar a roteirização utilizando o método selecionado pelo operador. Como pode ser observado nas ilustrações das figuras 5.13 e 5.14 que se seguem, o *RoteLog* apresenta as rotas geradas em formato gráfico ou em forma de tabela.

Ordem	HUV-0000	HUV-0001
1	Depósito	Depósito
2	3117	3118
3	3117	3124
4	3121	3123
5	3120	3116
6	3122	
7	3119	
8	3115	

FIG. 5.13 Exemplo de tabela de roteiros gerados

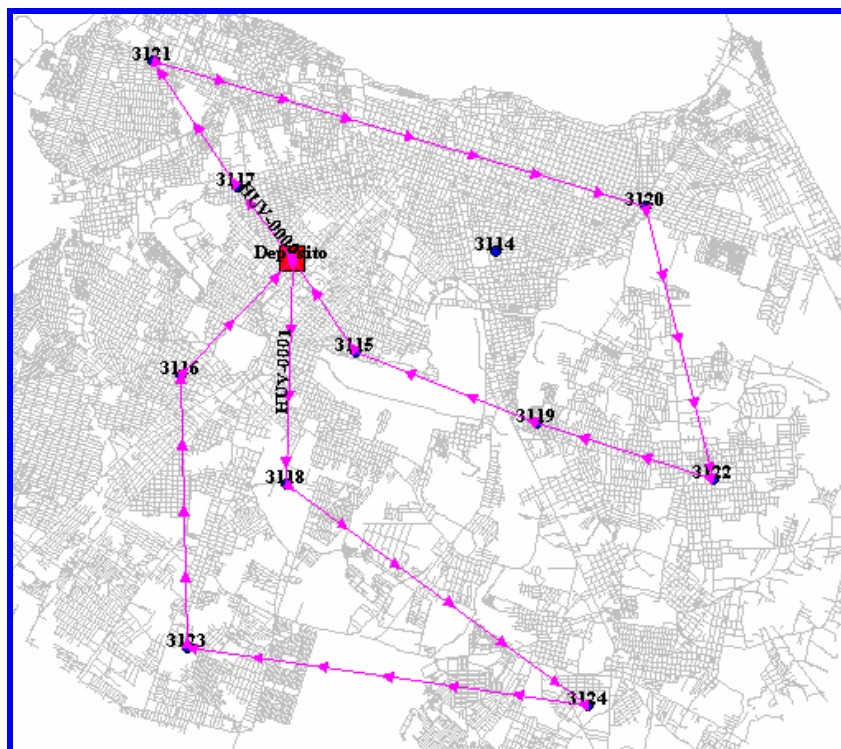



FIG. 5.14 Exemplo de roteiros gerados em na vista

Terminada esta etapa, o operador poderá modificar os roteiros gerados utilizando os botões . O primeiro permite a troca de arcos entre dois pontos e o segundo a inserção de um ponto pertencente a uma rota em outra rota. É importante observar que estes botões, ao serem utilizados, não consultam as restrições existentes; caso a rota, que o operador alterou, exceda alguma das restrições existentes, as modificações ainda assim serão realizadas, isso porque parte-se do princípio que o operador saiba o que esta fazendo.

Como resultado final da roteirização, poderá ser consultada a tabela de resultados dos roteiros gerados clicando em “Roteiros” e depois em “Tabela de resultados” no menu (FIG. 5.15).

Tabela de resultados do roteiro gerado						
Chassi	Placa	Tempo[h]	DistanciaTotal[KM]	Carga	Folga	Proprietario
34h457gdi483	HUV-0000	0,55	32,74	78	122	CD
HAFSDHSLKAVGH	HUV-0001	0,51	30,8	100	0	CD

FIG. 5.15 Exemplo dos resultados gerados por cada roteiro

## 5.7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Segundo MURTA (1999), o ganho obtido pela utilização de roteirizadores é uma redução da frota de cerca de 10 a 20%. A ESRI (1999) *apud* MURTA (1999) apresenta que pela



utilização de um determinado roteirizador “pode-se obter uma economia de 10 a 30% em termos de quilometragem, trabalho extra e tempo gasto na roteirização. O aumento da eficiência significa que cada veículo pode visitar pelo menos um cliente adicional a cada dia”.

Além disso, é importante mencionar que o tempo para gerar os roteiros é bem menor com a utilização de uma ferramenta computacional.

Neste capítulo foram apresentados os procedimentos desenvolvidos para tratar do problema de roteirização de veículos de carga heterogênea, também foi apresentado um protótipo que utiliza esses procedimentos para resolver os problemas de roteirização de veículos. Foram descritas todas as etapas dos dois procedimentos propostos bem como as etapas e os componentes pertencentes ao protótipo desenvolvido.

O próximo capítulo terá o objetivo de fazer a avaliação dos métodos apresentados utilizando como ferramenta operacional o protótipo desenvolvido.

## 6 AVALIAÇÃO DOS MÉTODOS PERTENCENTES AO PROCEDIMENTO DESENVOLVIDO

### 6.1 AVALIAÇÃO DO PROCEDIMENTO

Uma questão fundamental no desenvolvimento de uma ferramenta que auxilie no processo de roteirização é a interação entre o operador e o sistema. Devido aos métodos heurísticos e meta-heurísticos utilizados nos processos de roteirização, não serem métodos exatos, é de fundamental importância a presença do operador para o melhoramento dos roteiros gerados. O melhoramento dos roteiros preliminarmente gerados varia de acordo com a qualidade da solução desejada, com o tempo disponível para o operador interagir, com a habilidade do algoritmo de gerar soluções de alta qualidade associadas a um tempo computacional baixo, além da experiência e conhecimento do operador.

É de fundamental importância que a qualidade da solução apresentada pelo algoritmo seja no mínimo aceitável. Erros e ineficiências podem fazer com que o operador perca a confiança nas soluções apresentadas pelo sistema. Desta forma a qualidade da solução preliminar deve ser considerada em todas as fases do desenvolvimento da ferramenta de roteirização. Baseado nestes argumentos este capítulo pretende avaliar a ferramenta de roteirização desenvolvida.

Segundo RESENDE *et al* (1995), a necessidade de uma ciência empírica rigorosa dos algoritmos vem sendo muito enfatizada. Segundo PELIZARRO (2000), testar uma heurística através de uma grande variedade de problemas pode-se ter uma idéia do quão bom será seu desempenho em geral, e em quais circunstâncias ela será relativamente boa ou ruim.

Ainda segundo PELIZARRO (2000), experimentação em otimização envolve tipicamente a aplicação de um algoritmo sobre uma ou mais classes de problemas e a posterior análise empírica dos fatores que causaram impactos em seu desempenho. Os principais fatores apontados por GOLDEN *et al* (1986), incluem: a configuração do hardware (isto é, o modelo específico do computador, o processador, alguns periféricos, etc.); implementação do software; natureza do algoritmo; tipo de problema (origem, tamanho e complexidade dos problemas testes). Entre estes fatores, aquele relativo a seleção dos problemas testes requer atenção especial.

GOLDEN e STEWART (1985) *apud* PELIZARRO (2000) interpretam análise empírica

como análise originada de ou baseada em experiência computacional. Um experimento consiste em um conjunto de testes processados sob condições controladas para um propósito específico: demonstrar um fato, checar a validade de uma hipótese, ou examinar a performance de alguma coisa nova.

Segundo RESENDE *et al* (1995), em testes computacionais de um algoritmo, o experimento consiste na resolução de uma série de instâncias utilizando uma implementação computacional. Durante este processo, o experimentador tem uma grande variedade de decisões a serem exploradas, que irão influenciar nas saídas ou resultados do experimento. É de consenso de GOLDEN e STEWART (1985) e RESENDE *et al* (1995) que existem dois tipos de experimentos:

- Experimento comparativo, onde se compara a performance de diferentes algoritmos, aplicados sobre uma mesma classe de problemas.
- Experimento descritivo, para caracterizar ou descrever a performance de um algoritmo isoladamente.

No presente capítulo pretende-se avaliar descritivamente a ferramenta de roteirização desenvolvida e comparativamente os métodos contidos no procedimento, através dos resultados gerados pelos seus algoritmos em um conjunto de problemas testes, visando analisar o desempenho do algoritmo comparando os resultados obtidos com os melhores resultados encontrados e já conhecidos desses problemas teste.

## 6.2 PROBLEMAS TESTE

A escolha das classes de problemas testes é de fundamental importância no processo de avaliação da ferramenta. Devem-se escolher problemas que se adequem ao que realmente se vai avaliar na ferramenta.

Apesar de ter se desenvolvido um procedimento que trate do problema de roteirização de veículos com cargas heterogêneas, partiu-se do pré-suposto que todos os veículos possuíam cargas homogêneas pois a classe de problemas resolvidos encontrados na literatura, 14 problemas testes de CHRISTOFIDES *et al* (1979), não contemplava este tipo de restrição. Sendo assim, o problema tratado será o problema clássico de roteirização de veículos (um depósito, veículos com mesma capacidade de carga, problema de roteirização de nós). O objetivo é encontrar um conjunto de rotas onde cada rota começa e termina no mesmo CD,

depois de visitar um conjunto de clientes. Cada cliente deve ser visitado apenas por um único veículo. A capacidade dos veículos não pode ser ultrapassada e a distância total das rotas bem como o número de veículos utilizados deve ser o menor possível. Cada cliente corresponderá a um ponto no globo terrestre e a distância será calculada de acordo com o teorema da distância no grande círculo apresentados no item 4.1.3.2 do quarto capítulo.

Segundo PELIZARO (2000), parece haver um forte consenso de que os 14 problemas testes de CHRISTOFIDES *et al* (1979) são apropriados para este tipo de avaliação, pois foram explorados por muitos pesquisadores. O conjunto de quatorze problemas teste de CHRISTOFIDES, MINGOZZI e TOTH (1979) foi inicialmente utilizado pelos autores para testar duas novas heurísticas por eles propostas. Posteriormente, estes problemas testes foram aplicados nas novas heurísticas propostas por FISHER e JAIKUMAR (1981), DESROCHERS e VERHOOG (1989), ALTINKEMER e GAVISH (1991), PUREZA e FRANÇA (1991), TAILLARD (1992), OSMAN (1993), GENDREAU, HERTZ e LAPORTE (1994), KELLY e XU (1999).

Os problemas teste de CHRISTOFIDES, MINGOZZI e TOTH (1979), contêm entre 50 e 199 clientes, e um único depósito. Dentre os 14 problemas teste 7 são problemas básicos de roteirização de veículos ou seja, não possuem restrição de comprimento máximo das rotas nem é considerado um tempo de serviço constante para cada cliente. Já os outros 7 problemas possuem as mesmas características de localização dos problemas supra citados além de considerarem restrições de comprimento das rotas e um tempo de serviço constante no atendimento de cada cliente. Desta forma, os problemas 1, 2, 3, 4, 5, 11 e 12 possuem apenas restrições de capacidade, e os problemas 6, 7, 8, 9, 10, 13 e 14 são os mesmos de 1 a 5, 11 e 12 respectivamente, no entanto possuem também comprimento máximo de rota permitido e tempo de serviço constante em cada cliente.

Os problemas originais de CHRISTOFIDES *et al* (1979) foram propostos em coordenadas cartesianas e são adimensionais, sendo assim, foi necessário se fazer uma adaptação para transformar essas coordenadas em coordenadas geográficas. Foi considerado que a dimensão das coordenadas possuía como unidade principal o quilômetro, feito esta consideração, BOCHICCHIO (2003) afirma que o diâmetro da terra na direção equatorial é de 12.756 km e na direção polar é de 12.710 km assim, considerando que a terra forma um perfeito círculo em suas duas direções chega-se ao comprimento do círculo equatorial e do círculo polar que são respectivamente: 40.075 km e 40.008 km. Com uma simples regra de

três, conclui-se que 1 km na direção equatorial equivale a  $0,008983^\circ$  e que 1 km na direção polar equivale a  $0,008998^\circ$ , com esses dados podem-se converter as coordenadas cartesianas em coordenadas geográficas para um exemplo prático sem necessidade de muita precisão.

Além da consideração anterior, nas restrições de tempo de serviço, o valor do número dado nos problemas propostos por CHRISTOFIDES *et al* (1979) é um valor de distância equivalente se ao invés do veículo esta atendendo o cliente ele estivesse em movimento, assim os valores de tempo de serviço são somados aos valores das distâncias aumentando assim a distância total percorrida na rota. Os 14 problemas teste podem ser vistos no Apêndice 1 junto com as coordenadas geográficas calculadas a partir destas considerações.

Como pode ser visto no Apêndice 2, nos problemas de 1 a 10 os clientes estão distribuídos uniformemente, enquanto nos problemas de 11 a 14 eles aparecem em agrupamentos. Segundo PELIZARRO (2000), as coordenadas dos clientes foram geradas aleatoriamente, retiradas de uma distribuição uniforme  $U[1;100]$ , enquanto as coordenadas dos depósitos foram escolhidas em  $U[45;55]$ . As demandas foram geradas em um intervalo de  $[1;41]$  enquanto a capacidade dos veículos é fixa, obedecendo a uma razão  $\alpha$ , que corresponde a razão entre a demanda total requerida e a capacidade total disponível, variando em  $U[0,82; 0,97]$ .

### 6.3 AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS

Na tabela 6.1 a seguir mostram-se as melhores soluções encontradas na literatura para os problemas testes citados (soluções adaptadas de ÉRIC TAILLARD'S PAGE e BRANCH AND CUT FOR VEHICLE ROUTING ambos capturados em 2004), as soluções obtidas com a ferramenta proposta nesta dissertação e as soluções obtidas por PELIZARRO (2000) utilizando dois softwares de roteirização existentes, o *Transcad 3.4* e o *Delivery*.

TAB. 6.1 Tabela dos resultados obtidos na roteirização utilizando os possíveis métodos citados anteriormente e comparando com os resultados obtidos por PELIZARO (2000).

Problema	Melhor solução	Clark and Wright	Clark and Wright + OPT-2	Sweep	Sweep + OPT-2	Solução TransCad segundo PELIZARO (2000)	Solução Delivery segundo PELIZARO (2000)
VPRNC1	524,31	584,07	584,07	974,76	679,61	639,10	694,18
VPRNC2	836,58	906,43	901,13	1361,17	962,51	985,70	1231,83
VPRNC3	825,22	902,65	898,71	1459,34	998,09	1017,70	1039,60
VPRNC4	1027,21	1152,29	1149,32	2146,08	1285,22	1330,80	1625,20
VPRNC5	1289,95	-	-	2695,37	1613,73	1641,90	2002,92
VPRNC6	554,81	617,83	617,83	1028,06	749,76	665,90	670,84
VPRNC7	908,76	975,70	974,59	1359,47	1168,25	1007,20	1144,03
VPRNC8	865,00	980,42	978,94	1738,38	1163,00	1010,60	1020,36
VPRNC9	1161,42	1323,94	1320,62	2518,54	1822,19	1376,70	1487,55
VPRNC10	1290,04	-	-	3117,80	2129,33	1691,70	1839,30
VPRNC11	1043,46	1066,41	1055,76	3121,08	1510,37	1190,10	1649,45
VPRNC12	818,57	832,49	827,61	1219,69	1052,35	937,80	1111,00
VPRNC13	1538,55	1590,25	1583,63	3589,40	2341,70	1640,40	1852,00
VPRNC14	865,41	874,75	870,62	1317,04	1126,59	951,70	1166,55

Obs.: Apesar das soluções apresentadas com o procedimento de CLARK and WRIGHT serem melhores que as apresentadas por PELIZARO (2000) para dois softwares existentes no mercado não se pode afirmar que o procedimento é melhor pois não estão claras as circunstâncias que foram realizadas os testes para os dois softwares no que se diz respeito ao tipo de coordenadas utilizadas, se cartesianas ou geográficas e se foi ou não utilizada uma malha viária para o cálculo dessas distâncias.

Como pode ser observado nesta tabela, o procedimento proposto com o método de CLARK and WRIGHT junto ao método de melhoria OPT-2 foi o que apresentou melhores resultados, chegando algumas vezes próximo da melhor solução já encontrada. Apesar dos resultados obtidos com o método de CLARK and WRIGHT apresentarem-se melhores que os obtidos pelos dois softwares comerciais, não se pode dizer que o mesmo é melhor que eles, pois no caso do método foram feitas algumas considerações como adaptação das coordenadas cartesianas em geográficas além do cálculo da distância entre pontos ser feita utilizando o teorema do grande círculo. Por não se saber como são feitos os cálculos nos dois softwares e por não se possuir a informação se foi ou não utilizada uma malha viária georreferenciada para conectar os diversos pontos de parada e assim calcular as distâncias a partir da malha, não se pode chegar a uma conclusão definitiva sobre a melhor ferramenta computacional. Sendo assim seria necessário se fazer um teste com os dois softwares utilizando as mesmas circunstâncias apresentadas no trabalho.

Na tabela 6.2 a seguir é mostrada a diferença percentual entre as soluções obtidas pelos

diversos métodos em relação a melhor solução encontrada:

TAB. 6.2 Tabela de comparação dos resultados em relação a melhor solução encontrada.

Problema	Clark and Wright	Clark and Wright + OPT-2	Sweep	Sweep + OPT-2	Solução TransCad segundo PELIZARO (2000)	Solução Delivery segundo PELIZARO (2000)
VPRNC1	11%	11%	86%	30%	22%	32%
VPRNC2	8%	8%	63%	15%	18%	47%
VPRNC3	9%	9%	77%	21%	23%	26%
VPRNC4	12%	12%	109%	25%	30%	58%
VPRNC5	-	-	109%	25%	27%	55%
VPRNC6	11%	11%	85%	35%	20%	21%
VPRNC7	7%	7%	50%	29%	11%	26%
VPRNC8	13%	13%	101%	34%	17%	18%
VPRNC9	14%	14%	117%	57%	19%	28%
VPRNC10	-	-	142%	65%	31%	43%
VPRNC11	2%	1%	199%	45%	14%	58%
VPRNC12	2%	1%	49%	29%	15%	36%
VPRNC13	3%	3%	133%	52%	7%	20%
VPRNC14	1%	1%	52%	30%	10%	35%

Apesar dos bons resultados obtidos acima com o método de CLARK and WRIGHT, é de grande importância o número de roteiros gerados para cada problema, pois quanto mais veículos entram em uma roteirização maiores serão os gastos com mão de obra, combustível, manutenção, etc. Por esse motivo a tabela 6.3 a seguir apresenta o número de veículos gerados em cada problema para cada método analisado.

TAB. 6.3 Tabela de comparação do número de veículos para cada roteirização.

Problema	Melhor solução	Clark and Wright	Sweep	Solução TransCad segundo PELIZARO (2000)	Solução Delivery segundo PELIZARO (2000)
VPRNC1	5	6	6	5	5
VPRNC2	10	10	11	10	10
VPRNC3	8	8	8	8	8
VPRNC4	12	12	12	12	12
VPRNC5	17	-	17	17	17
VPRNC6	6	6	9	6	6
VPRNC7	11	12	15	13	11
VPRNC8	9	9	13	9	9
VPRNC9	14	15	23	15	14
VPRNC10	18	-	28	20	18
VPRNC11	7	7	7	7	7
VPRNC12	10	10	10	10	10
VPRNC13	11	11	15	11	11
VPRNC14	11	11	11	11	11

Os métodos do programa desenvolvido deixam um pouco a desejar a respeito do número de veículos necessários para roteirização. O software *Delivery*, apesar de não ter gerado

resultados tão satisfatórios quanto os outros métodos no que se refere à distância de percurso, foi o de melhor resultado no que se refere ao número de veículos em rota.

Outro aspecto importante a ser analisado é em relação ao tempo computacional. Os resultados entre os métodos do programa desenvolvido e os resultados dos dois programas a serem analisados não devem ser comparados, pois os dois foram gerados em computadores diferentes, sendo esta característica diretamente proporcional à velocidade de processamento do computador. A tabela 6.4 a seguir tem o intuito apenas de mostrar que o programa desenvolvido é viável para ser utilizado como uma ferramenta de uso operacional.

TAB. 6.4 Tabela de comparação entre os diversos tempos computacionais gastos para obtenção da roteirização através dos métodos pertencentes ao procedimento desenvolvido e as soluções apresentadas por PELIZARO (2000) para dois softwares (em segundos).

Problema	Clark and Wright	Clark and Wright + OPT-2	Sweep	Sweep + OPT-2	Solução TransCad segundo PELIZARO (2000)	Solução Delivery segundo PELIZARO (2000)
VPRNC1	3,74	<b>5,78</b>	4,31	4,80	9,00	<b>11,00</b>
VPRNC2	8,00	<b>13,00</b>	8,94	9,01	<b>24,00</b>	14,00
VPRNC3	16,67	<b>23,86</b>	11,97	12,16	<b>100,00</b>	31,00
VPRNC4	59,92	<b>73,98</b>	15,08	22,74	<b>460,00</b>	65,00
VPRNC5	-	-	18,95	<b>32,59</b>	<b>760,00</b>	98,00
VPRNC6	3,38	<b>6,42</b>	2,72	5,56	5,00	<b>9,00</b>
VPRNC7	8,06	<b>14,83</b>	11,81	12,86	10,00	<b>35,00</b>
VPRNC8	16,55	<b>24,81</b>	13,91	15,06	<b>48,00</b>	35,00
VPRNC9	59,67	<b>74,53</b>	25,67	27,30	<b>162,00</b>	69,00
VPRNC10	-	-	18,13	<b>34,91</b>	<b>559,00</b>	157,00
VPRNC11	27,98	<b>37,23</b>	18,83	19,13	<b>562,00</b>	38,00
VPRNC12	16,91	<b>25,77</b>	16,38	16,94	<b>95,00</b>	48,00
VPRNC13	27,36	<b>37,00</b>	18,49	18,83	<b>125,00</b>	62,00
VPRNC14	16,08	<b>25,05</b>	15,07	15,30	<b>74,00</b>	34,00

Como pode ser observado, o procedimento que inclui o método de construção CLARK and WRIGHT e o método de melhoria OPT-2 foi o que obteve os maiores tempos computacionais na maioria dos problemas propostos em relação aos procedimentos desenvolvidos, porém este tempo computacional é viável para ser utilizado como resultado de uma pré-roteirização, pois o maior tempo obtido não passa dos 2 minutos, já em relação aos softwares apresentados por PELIZARO (2000) é observado que o tempo de processamento é superior na maioria das vezes aos procedimentos desenvolvidos, porém os testes não foram feitos no mesmo computador sendo assim não pode ser tirada nenhuma conclusão.



## 6.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste capítulo foi avaliar a qualidade das soluções obtidas. Ela pode ser medida pelo desvio percentual em relação a melhor solução encontrada. Quando a solução ótima é desconhecida, os métodos são testados em relação aos resultados de seu melhor “concorrente”, fornecendo um limitante inferior (ou superior) que constitui uma medida eficiente da qualidade da solução. Na tabela 6.2, esse desvio pode ser observado mostrando que o método de CLARK and WRIGHT dá bons resultados.

Além da qualidade das soluções, o número de veículos a ser utilizado é muito importante mostrando que o método de CLARK and WRIGHT obteve sucesso. Em apenas 3 dos 14 problemas propostos foi gerado um roteiro a mais do que os roteiros obtidos pela melhor solução encontrada.

Apesar do método de CLARK and WRIGHT se mostrar satisfatório ele possui limites no que se refere ao número de visitas a serem roteirizadas. Para este problema o programa desenvolvido possui a opção de se utilizar o método de varredura (SWEEP) que possui limites muito maiores que o primeiro. O procedimento ainda pode ser melhorado fazendo com que o método de CLARK and WRIGHT apenas considere os pontos de parada próximo para fazer a roteirização aumentando assim o número de pontos possíveis de serem roteirizados.

É importante deixar claro que toda esta avaliação foi feita em relação aos resultados obtidos apenas com os métodos de roteirização. O operador do programa desenvolvido ainda tem a possibilidade de melhorar os resultados obtidos conforme visto no capítulo 5, gerando maiores economias.

Apesar do procedimento ter sido desenvolvido para tratar de roteirização de veículos com capacidade de carga heterogênea, não foram feitos testes com este tipo de problema, pois não foi encontrado, na literatura pesquisada, um conjunto de problemas com melhores resultados validados pelo meio acadêmico como os problemas apresentados por CHRISTOFIDES *et al* (1979), os quais, conforme apresentados anteriormente são para problemas de roteirização com veículos de carga homogênea.

Foi observado que em dois dos problemas tipo de CHRISTOFIDES *et al* (1979) o método CLARK and WRIGHT não conseguiu roteirizar devido ao grande número de pontos de parada, gerando uma matriz origem destino maior do que o suportado pelo protótipo, porém nada impede o desenvolvimento de técnicas de programação que evitem este problema.

## 7 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

### 7.1 CONCLUSÕES

No presente trabalho foi proposto o desenvolvimento de um procedimento que tratasse do problema de roteirização de veículos de carga heterogêneos que permitisse o aperfeiçoamento das rotas pelo operador. O trabalho não só apresentou o procedimento, como desenvolveu um protótipo de uma ferramenta de uso computacional, e ainda avaliou os métodos existentes no procedimento de acordo com os testes de CHRISTOFIDES *et al* (1979).

Foram encontradas diversas dificuldades para o desenvolvimento deste trabalho. De início houve a necessidade de procurar detalhadamente alguns conceitos de cartografia e algumas fórmulas simplificadas, para cálculo de ângulos e distâncias no globo terrestre. Tais fórmulas teriam que apresentar uma exatidão aceitável, porém não poderiam sobrecarregar de cálculos os algoritmos utilizados na roteirização. Para implantação do procedimento no desenvolvimento da ferramenta computacional também foi de grande dificuldade a obtenção de material didático que explicasse o funcionamento do *MapObjects 2.1* (componente *ActiveX* do *Visual Basic* utilizado para desenvolver ferramentas computacionais que necessitam de um banco de dados georreferenciado).

O procedimento desenvolvido apresentou ótimos resultados em relação ao tempo de processamento. Devido a não utilização de redes viárias georreferenciadas, para a obtenção dos melhores roteiros, a ferramenta computacional aparenta ser mais rápida no processamento dos problemas, porém a distância percorrida calculada pela ferramenta computacional desenvolvida não é a distância real de percurso e sim a distância euclidiana. Por causa da simplicidade do procedimento, ele ainda pode ser acrescido de outras restrições que o adapte melhor as necessidades das empresas interessadas sem sofrer grandes diferenças em seu tempo de processamento.

Os resultados obtidos ainda podem ser melhorados dependendo da experiência e conhecimento que o operador possua sobre roteirização. Além de bons resultados já obtidos pelos métodos de roteirização estes ainda podem ser melhorados, seja em relação ao nível de serviço, seja em relação aos custos ou tempo de percurso.

Por não necessitar de uma base georreferenciada da rede viária torna-se fácil a adaptação

do procedimento em qualquer região. Esta ferramenta desenvolvida é de grande aplicabilidade em problemas para os quais não existam bases georreferenciadas atualizadas das redes viárias, situação muito comum no Brasil.

São inúmeros os possíveis benefícios com a utilização do procedimento e, conseqüentemente, com a utilização do protótipo. É possível obter uma maior ocupação dos veículos roteirizados, menor distância percorrida por cada veículo, menor número de horas extras, redução do tempo de entrega ou coleta e diminuição no consumo de combustível. Apesar dos ganhos a ferramenta computacional desenvolvida possui limite de número de pontos de paradas, isso acaba inviabilizando o uso da mesma em empresas de grande porte.

Um grande diferencial do procedimento foi a possibilidade de utilização de veículos de carga heterogêneos, tanto em relação a sua capacidade onde através de uma solução simples como iniciar com os veículos com maior capacidade para se obter uma maior produtividade por parte da equipe de entrega quanto em relação aos veículos de terceiros onde o operador tem a possibilidade de selecionar um a um o veículo que terá prioridade a ser roteirizado.

## 7.2 RECOMENDAÇÕES

Tanto o procedimento quanto o protótipo podem ser aprimorados. Outros métodos de roteirização podem ser utilizados no procedimento, também podem ser inseridas outras restrições ou ainda desenvolver um procedimento que realize a roteirização utilizando-se de mais de um centro de distribuição ou depósito. Uma restrição que poderia ser inserida no procedimento seria a utilização de janelas de tempo para o atendimento ao cliente.

O desenvolvimento de uma ferramenta que a partir do ponto onde encontra-se o veículo o operador soubesse aproximadamente quanto tempo demoraria até o veículo chegar a determinado cliente seria uma contribuição importante ao trabalho, visto que melhoraria o nível de serviço prestado ao cliente. Para isto teria que ser obtido dados para correções de distâncias, ou seja, uma espécie de fator que relacionasse uma distância em linha reta entre dois pontos e uma distância a partir da malha viária, também seria necessário considerar o congestionamento nas vias, estas variando tanto em relação as regiões mais e menos urbanizadas quanto em relação aos horários de distribuição. Para a localização do veículo em tempo real, poderia inserir um monitoramento de veículos através do uso do GPS.

O desenvolvimento de um estudo de caso colhendo informações de campo, obtendo

dados reais de uma empresa antes e depois da utilização do procedimento também pode ser feito para dar continuidade ao trabalho. Ainda pode-se desenvolver um procedimento mais eficiente que aumente o número de pontos de paradas sem comprometer os resultados da roteirização e incluir este procedimento em um estudo de caso de uma empresa.

Com o uso do aplicativo *MapObjects 2.1* foi aberto em leque de possibilidades para o desenvolvimento de trabalhos que necessitem de um banco de dados georreferenciados, e que possam ser independentes de qualquer Sistema de informação geográfica, tornando possível o desenvolvimento de sistemas computacionais simples e de fácil utilização para um futuro usuário.

## 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSAD, A.A. (1988) **Modeling and implementation issues in vehicle routing**. In: Vehicle Routing: Methods and Studies, B.L. GOLDEN, A.A. ASSAD, (eds), North Holland, Amsterdam, p. 7-46.
- BALLOU, RONALD H. (1993) **Logística Empresarial: transportes, administração de materiais e distribuição física**. Ed. Atlas, São Paulo.
- BALLOU, RONALD H. (2001) **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos Planejamento, Organização e Logística Empresarial**. 4º edição. Editora Bookman, São Paulo.
- BOCHICCHIO, Vincenzo Raffaele (2003). **ATLAS MUNDO ATUAL**. Editora Atual, São Paulo.
- BODIN, L.; GOLDEN, B. **Classification in Vehicle Routing and Scheduling**. Networks, vol. 11, 1981
- BOMFORD, G. (1980). **Geodesy**. 4º Edição. Oxiford University Press, New York, United States.
- BRANCH AND CUT FOR VEHICLE ROUTING**. Disponível:  
<http://branchandcut.org/VRP/> [Capturado em 24/07/2004]
- BREEDAM, A. VAN. "An Analysis of the Behavior of Heuristics for the Vehicle Routing Problem for a Selection of Problems with Vehicle-Related, Customer-Related, and Time-Related Constraints". Ph.D. dissertation, University of Antwerp. 1994.
- CAMPOS, VÂNIA BARCELLOS GOUVÊA (1998). **Apostila: “Métodos de Otimização de Redes”**. Instituto Militar de Engenharia. Rio de Janeiro, Brasil.

- CHRISTOFIDES, N. (1985). **Vehicle Routing**. In: Lawler, E. L.; Lenstra, J. K.; Kan, A. H. G. R.; Shmoys, D. B (ed). The Traveling Salesman Problem: A Guided Tour of Combinatorial Optimization. John Wiley & Sons.
- CHRISTOFIDES, N.; MINGOZZI, A.; TOTH, P.; SANDI, C. (1979). **Vehicle Routing Problem**, Combinatorial optimization, pp.315-338.
- CUNHA, CLÁUDIO BARBIERI (1997). **Uma contribuição para o problema de roteirização de veículos com restrições operacionais**. São Paulo: EPUSP, Departamento de Engenharia de Transportes.
- CUNHA, CLÁUDIO BARBIERI (2003) **Aspectos práticos da aplicação de modelos de Roteirização de veículos a problemas reais**. Departamento de engenharia de transportes escola politécnica da universidade de São Paulo, São Paulo
- DASKIN, MARK S. (1985) **Logistics: An overview of the state of the art and perspectives on future research**. Department of Civil Engineering and the Transportation Center, Northwestern University, Evanston, IL, USA.
- DESROCHERS, M.; VERHOOG, T. W. (1989). **A matching based Savings Algorithm for the vehicle routing problem**. Cahier du Gerad G-89-04. École des Hautes Études Commerciales de Montreal.
- DIAS, K. P., RODRIGUEZ, C. T., GRANEMANN, S. R., NOVAES A. G., PUCCI, V. R., 1996, **As informações como parte integrante do sistema logístico**. Anais do X congresso da ANPET, 1996.
- DROR, M & LEVY, L. **A vehicle Routing Improvement Algorithm Comparison of a Greedy and a Matching Implementation for Inventory Routing**, Computers & Operations Research, Vol. 13, pp. 33-45 (1986)

EILTON, S.; EATSON-GANDY, C.; CHRISTOFIDES, N. (1971). **Distribution Management: Mathematical Modeling and Practical Analysis**. Hafner, New York.

EMMELHANINZ, M. A. **The state of EDI/EC, Logistics/Transportation and Eletronic Commerce EDI Forum**. The Journal of Electronic Commerce, V9, 1996.

ÉRIC TAILLARD'S PAGE, Disponível: <http://ina.eivd.ch/collaborateurs/etd> [Capturado em 24/07/2004].

FISHER, M. L.; JAIKUMAR, R. (1981). **A generalized assignment heuristic for vehicle routing**. Networks, v.11, pp. 109-124

FISHER, M. (1995). **HandBook in Or&MS**, Vol8 Elsevier Science B. V.

FLEURY, Paulo F., WANKE, Peter, FIGUEIREDO, Kleber F. *et al* (2000). **Logística Empresarial: A Perspectiva Brasileira**. São Paulo. Atlas.

FRANCO, Fernando Leme (2005). **O problema de roteamento de estoques: análise de inter-relacionamento de variáveis críticas**. Exame de qualificação. Rio de Janeiro. UFRJ.

GENDREAU, M.; HERTZ, A.; LAPORTE, G.(1994) **A Tabu search heuristic for the vehicle routing problem**. Management Science, V.40, n10, p. 1276-1290.

GEOMINAS, **Glossário de Geoprocessamento e cartografia**. Disponível: <http://www.geominas.mg.gov.br/glossario/GLOSSAR.html> [Capturado em 16/06/2004].

GERSTING, Judith L. (2001) **Fundamentos Matemáticos para a Ciência da Computação**. 4° ed. Trad. Valéria de Magalhães Iorio. Rio de Janeiro. LTC.

GOLDEN, B.L.; STEWART, W. R. (1985). **Empirical analysis of heuristics**. In Lawler, E.

- L.; Lenstra, J. K.; Rinnooy Kan, A. H. G.; Shmoys, D. B. (eds.). **The traveling salesman problem**. John Wiley & sons. Ltd. New York, NY.
- GOLDEN, B. L.; WASIL, E. A.; BAKER, E. (1986). **Experimentation in optimization**. European journal of Operational Research, n.27, pp.1-16.
- KELLY, J. P.; XU, J. (1999) **A set-partitioning-based heuristic for the vehicle routing problem**. INFORMS Journal on computing, v.11, n.2, p.161-172.
- KINDERWATER, G. A. P. E SAVELSBERGH, M. W. P.. "**Vehicle Routing: Handling Edge Exchanges**". In E. H. L. Aarts and J. K. Lenstra (eds), Local Search in Combinatorial Optimization Wiley, Chichester. 1997.
- LALONDE, B. J. & MASTERS, J. M. **Emerging logistics strategies: blueprints for the next century**. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 1994, 24(7): 35-47.
- LIMA, ANDRÉ LUIZ DINIZ SOUTO (2000). **Aumento da Produtividade de um Sistema de Coleta de Lixo Através da Reprogramação em Tempo Real das Rotas dos Veículos**. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE. Rio de Janeiro, RJ.
- LIN, S. e KERNIGHAN, B. W. (1973). "**An Effective Heuristic Algorithm for the Traveling-Salesman Problem**", Operations Research, vol. 21, pp. 498-516.
- MELO JR., CLEUTON SAMPAIO (2003) **Roteirização de transporte terceirizado: Um estudo de caso da indústria de cimento**. Dissertação de mestrado profissionalizante em administração, Ibmec, Rio de janeiro.
- MENEZES, PAULO MÁRCIO LEAL; SILVA, LUIS FELIPE COUTINHO FERREIRA; BENEVENTO, ALEXANDRE (1999). **SISTEMA DE POSICIONAMENTO GLOBAL (GPS) FUNDAMENTOS E PRÁTICA**. Curso de extensão universitária,



GeoCart- Laboratório de Cartografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

MURTA, CLÁUDIO MARTINELLI (1999) **Sistema de informação logística para distribuição de carga urbana**. Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro

NOVAES, ANTÔNIO GALVÃO (1996) **Logística: Conceitos e evolução**. I seminário internacional: “Logística, Transportes e desenvolvimento” – Fortaleza, Ceará, Brasil.

NOVAES, ANTÔNIO GALVÃO (2001) **Logística e Gerenciamento da cadeia de distribuição**. Editora Campus, Rio de Janeiro.

OGDEN, K. W., **Urban Goods Movement: A guide to policy and planning**, Ashgate publishing Company, England, 1992.

OSMAN, I. H.. "**Metastrategy Simulated Annealing and Tabu Search Algorithms for the Vehicle Routing Problem**". Annals of Operations Research 41:421-451. 1993.

PELIZARO, CLÁUDIA (2000) **Avaliação de desempenho do Algoritmo de um programa comercial para Roteirização de veículos**. Dissertação de mestrado, Escola de engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Paulo.

PUREZA, V. M.; FRANÇA, P.M. (1991) **Vehicle routing problems via tabu search metaheuristic**. Montreal. Centre de recherché su les transports (publication CRT- 747).

READ, W. F.; MULLER, M. S. (1991). **The State of quality in logistics**. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, v. 21, n. 6, 32-47.

RESENDE M. G. C.; STEWART W. R.; KELLY J. P. ; GOLDEN, B. L.; BARR, R. S. (1995). **Designing and Reporting on Computational Experiments with Heuristics Methods**. Working paper. June, 16, 1995.

RIBEIRO, GLAYDSTON MATTOS (2002) **Modelo de apoio ao planejamento de distribuição de carga em área urbana**. Dissertação de Mestrado, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro.

RODRÍGUEZ, CARLOS MANUEL TABOADA (1996). **Logística transporte e desenvolvimento**. I seminário internacional: “Logística, Transportes e desenvolvimento” – Fortaleza, Ceará, Brasil.

RYAN, D. M., HJORRING, C. E GLOVER, F.. **Extensions of the Petal Method for Vehicle Routing**. Journal of the Operational Research Society,44:289-296, 1993.

SANTA ISABEL, **Cartografia**. Disponível:  
[http://santa\\_isabel.tripod.com/tecnica/orientacao/cartografia.html](http://santa_isabel.tripod.com/tecnica/orientacao/cartografia.html) [Capturado em 16/06/2004].

SOLOMON, M. M., **Algorithm for the Vehicle Routing and Scheduling Problems with Time Window Constraints**, Operations Research, Vol. 35, pp.254-265 (1987).

SOUZA, P. S. **Asynchronous Organizations for Multi-Algorithms Problems**, Pittsburgh: Carnegie Mellw University, Department of Eletrical and Computer engineering, p 139, 1993.

TAILLARD, E. (1993). **Parallel iterative search methods for vehicle routing problems**. Networks, v.23, p.661-673.

TECNOLOGISTICA, 2003. Disponível:  
<http://www.tecnologista.com.br/site/5,1,26,2968.asp>, [Capturado em 25/11/2003].

TEIXEIRA, A. L. A. **A História dos SIG's**. Revista Fator SIG, n° 10, 1996.

THOMPSON, P. M. E PSARAFTIS, H. N.. **"Cyclic Transfer Algorithms for the**

**Multivehicle Routing and Scheduling Problems**", Operations Research 41:935-946. 1993.

VOLGENANT, A. E JONKER, R.. **"The Symmetric Traveling Salesman Problem and Edge Exchange in Minimal 1-Trees"**. European Journal of Operational Research 12:394-403. 1983.

VIANA, VALDÍSIO (1998). **Meta-heurísticas e programação paralela em otimização combinatória**. Edições UFC. Fortaleza-Ceará

**VRPWEB**, Disponível: <http://neo.lcc.uma.es/radi-aeb/WebVRP/Algorithms.html> [Capturado em 14/06/2004].

## 9 BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

ARAÚJO, RAFAEL ROCO; MICHEL, FERNANDO DUTRA (2002) **Um modelo de resolução para o problema de roteirização com restrições de capacidade**. Programa de Pós-graduação em engenharia de Produção Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio grande do Sul.

BACKER, BRUNO; FURNON, VINCENT; KILBY, PHILIP; PROSSER; PATRICK; SHAW, PAUL (1996). **Solving vehicle routing problems using constraint programming and metaheuristics**. Journal of Heuristics, Volume No, 1-16. Kluwer Academic Publishers, Boston.

CEL. Disponível: [www.cel.coppead.ufrj.br](http://www.cel.coppead.ufrj.br) [capturado em dezembro de 2003].

ESRI, Disponível: <http://www.esri.com/software/arclogistics/index.html>, [Capturado em 4 de Dez. 1999].

FERRARI, ROBERTO (1997) **Viagem ao SIG**. Sagres editora, Curitiba.

HEC. Disponível: <http://www.hec.ca/chairedistributique/> [capturado em janeiro de 2004].

HERTZ, ALAIN; TAILLARD, ERIC; WERRA, DOMINIQUE. **A Tutorial on Tabu Search**. EPFL, Département de Mathématiques, MA-Ecublens, CH-1015 Lausanne and Université de Montréal, centre de Recherche sur les Transports, Montréal, Canada. Disponível:

<http://citeseer.ist.psu.edu/cache/papers/cs/159/http:zSzzSzwww.idsia.chzSz~ericzSzarticle.s.dirzSzorwp9218.pdf/hertz92tutorial.pdf> [Capturado em abril de 2004].

INPE. Disponível:<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise/> [Capturado em março de 2004].

JEB, Disponível: <http://mscmga.ms.ic.ac.uk/jeb/jeb.html#vehicle> [capturado em Jan. de 2004]

JUNG, SOOJUNG E HAGHANI, ALI [Capturado em abril de 2004]. “**A genetic algorithm for the vehicle routing problem with time-dependent travel times**”. Department of Civil Engineering, University of Maryland, Maryland, EUA. <http://152.99.129.29/its/cdrom/4139.pdf>

JUNIOR, CLODOVEU DAVIS (1997) **Sistemas de Informação Geográfica/GIS**, espaço GEO.

KELLY, J. e XU, J. P.. "A **Network Flow-Based Tabu Search Heuristic for the Vehicle Routing Problem**". Transportation Science, 30:379-393. 1996.

MATLOG. Disponível: <http://www.ie.ncsu.edu/kay/matlog/MatlogRef.htm> [Capturado em 14 de junho de 2004].

NAZÁRIO, PAULO (1998) **SIG: Definições e Aplicações na Logística**.

NETO, ERNESTO SABOYA DE FIGUEIREDO (2002) **O uso do sistema de informação geográfica no planejamento estratégico empresarial**. Departamento de engenharia de transportes, UFC, Ceará.

NOVAES, ANTONIO G. (1989) **Sistemas Logísticos: Transporte, Armezenagem e distribuição Física de Produtos**. São Paulo. Edgard Blucher.

PUREZA, V. M.; FRANÇA, P.M. (2001).**Uma Abordagem Adaptativa de Busca Tabu Aplicada ao Problema de Roteamento de Veículos**. Transportes. Rio de Janeiro: , v.9, n.2, p.28 - 47, 2001.

RALSTON, Bruce A. (2002) **Developing SIG Solutions with MapObjects and Visual Basic**. ONWORD PRESS, Canadá.

RENAUD, JACQUES; BOCTOR, FAYEZ F. (2000) **A sweep-based algorithm for the fleet size and mix vehicle routing problem.** European Journal of Operational Research 140 (2002) 618-628

RIBEIRO, GLAYDSTON MATTOS; CAMPOS, VÂNIA BARCELOS GOUVÊA (2001) **Um procedimento para roteamento e programação de veículos usando a heurística de ganhos para o planejamento estratégico.** Instituto Militar de Engenharia, Rio de janeiro

ROBUSTÊ, FRANCESC; DAGANZO, CARLOS F.; SOULEYRETTE II, REGINALD R. (1989) **Implementing Vehicle routing models.** Department of civil engineering and institute of transportation studies, university of California, Berkeley, U.S.A.

TARANTILIS, C.D.; KIRANOUDIS, C.T. (2000) **Using a spatial decision support system for solving the vehicle routing problem.** Information & Management 39 (2002) 359-379

TARANTILIS, C. D.; KIRANOUDIS, C. T.; VASSILIADIS, V. S. (2000) **A threshold accepting metaheuristic for the heterogeneous fixed fleet vehicle routing problem.** European journal of Research 152 (2004) 148-158

TARANTILIS, C.D.; DIAKOULAKI, D.; KIRANOUDIS, C.T. (2001) **Combination of geographical information system and efficient routing algorithms for real life distribution operations.** European Journal of Operational Research (2003), disponível: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) [ Capturado em 05 de Agosto de 2002]

VEHICLE-ROUT, Disponível: <ftp://ftp.zib.de/pub/Packages/mp-testdata/vehicle-rout/index.html> [capturado em janeiro de 2004]

## 10 APÊNDICES

10.1 APÊNDICE 1: PROBLEMAS FORMULADOS POR CHRISTOFIDES *ET AL* (1979) E COORDENADAS GEOGRÁFICAS CALCULADAS, DE ACORDO COM O APRESENTADO NO CAPÍTULO 7

TAB. 10.1 Problema adaptado do VPRNC1 CHRISTOFIDES (1979) (tabela 1)

Problema Teste: <b>VRPNC1</b>					
Nº de Clientes: <b>50</b>					
Capacidade de cada Veículo: <b>160</b>					
Comprimento da rota: <b>Infinito</b>					
Tempo de serviço: <b>0 (não especificado)</b>					
<b>Código</b>	<b>Coordenada X</b>	<b>Coordenada Y</b>	<b>Longitude</b>	<b>Latitude</b>	<b>Pedido</b>
<b>CD</b>	<b>30</b>	<b>40</b>	<b>0,269494697</b>	<b>0,359928014</b>	<b>XXXXXXXX</b>
1	37	52	0,332376794	0,467906419	7
2	49	49	0,440174672	0,440911818	30
3	52	64	0,467124142	0,575884823	16
4	20	26	0,179663132	0,233953209	9
5	40	30	0,359326263	0,269946011	21
6	21	47	0,188646288	0,422915417	15
7	17	63	0,152713662	0,566886623	19
8	31	62	0,278477854	0,557888422	23
9	52	33	0,467124142	0,296940612	11
10	51	21	0,458140986	0,188962208	5
11	42	41	0,377292576	0,368926215	19
12	31	32	0,278477854	0,287942412	29
13	5	25	0,044915783	0,224955009	23
14	12	42	0,107797879	0,377924415	21
15	36	16	0,323393637	0,143971206	10
16	52	41	0,467124142	0,368926215	15
17	27	23	0,242545228	0,206958608	3
18	17	33	0,152713662	0,296940612	41
19	13	13	0,116781036	0,116976605	9
20	57	58	0,512039925	0,521895621	28
21	62	42	0,556955708	0,377924415	8
22	42	57	0,377292576	0,512897421	8
23	16	57	0,143730505	0,512897421	16
24	8	52	0,071865253	0,467906419	10
25	7	38	0,062882096	0,341931614	28
26	27	68	0,242545228	0,611877624	7
27	30	48	0,269494697	0,431913617	15
28	43	67	0,386275733	0,602879424	14
29	58	48	0,521023082	0,431913617	6
30	58	27	0,521023082	0,24295141	19
31	37	69	0,332376794	0,620875825	11



TAB. 10.2 Problema adaptado do VPRNC1 CHRISTOFIDES (1979) (tabela 2)

Problema Teste: <b>VRPNC1</b>					
<b>Código</b>	<b>Coordenada X</b>	<b>Coordenada Y</b>	<b>Longitude</b>	<b>Latitude</b>	<b>Pedido</b>
32	38	46	0,34135995	0,413917217	12
33	46	10	0,413225203	0,089982004	23
34	61	33	0,547972551	0,296940612	26
35	62	63	0,556955708	0,566886623	17
36	63	69	0,565938865	0,620875825	6
37	32	22	0,287461011	0,197960408	9
38	45	35	0,404242046	0,314937013	15
39	59	15	0,530006238	0,134973005	14
40	5	6	0,044915783	0,053989202	7
41	10	17	0,089831566	0,152969406	27
42	21	10	0,188646288	0,089982004	13
43	5	64	0,044915783	0,575884823	11
44	30	15	0,269494697	0,134973005	16
45	39	10	0,350343107	0,089982004	10
46	32	39	0,287461011	0,350929814	5
47	25	32	0,224578915	0,287942412	25
48	25	55	0,224578915	0,49490102	17
49	48	28	0,431191516	0,25194961	18
50	56	37	0,503056769	0,332933413	10

TAB. 10.3 Problema adaptado do VPRNC2 CHRISTOFIDES (1979) (tabela 1)

Problema Teste: <b>VRPNC2</b>					
N° de Clientes: <b>75</b>					
Capacidade de cada Veículo: <b>140</b>					
Comprimento da rota: <b>Infinito</b>					
Tempo de serviço: <b>0 (não especificado)</b>					
<b>Código</b>	<b>Coordenada X</b>	<b>Coordenada Y</b>	<b>Longitude</b>	<b>Latitude</b>	<b>Pedido</b>
CD	40	40	0,359326263	0,359928014	XXXXXXXX
1	22	22	0,197629445	0,197960408	18
2	36	26	0,323393637	0,233953209	26
3	21	45	0,188646288	0,404919016	11
4	45	35	0,404242046	0,314937013	30
5	55	20	0,494073612	0,179964007	21
6	33	34	0,296444167	0,305938812	19
7	50	50	0,449157829	0,449910018	15
8	55	45	0,494073612	0,404919016	16
9	26	59	0,233562071	0,530893821	29

TAB. 10.4 Problema adaptado do VPRNC2 CHRISTOFIDES (1979) (tabela 2)

Problema Teste: <b>VRPNC2</b>						
<b>Código</b>	<b>Coordenada X</b>	<b>Coordenada Y</b>	<b>Longitude</b>	<b>Latitude</b>	<b>Pedido</b>	
10	40	66	0,359326263	0,593881224	26	
11	55	65	0,494073612	0,584883023	37	
12	35	51	0,31441048	0,458908218	16	
13	62	35	0,556955708	0,314937013	12	
14	62	57	0,556955708	0,512897421	31	
15	62	24	0,556955708	0,215956809	8	
16	21	36	0,188646288	0,323935213	19	
17	33	44	0,296444167	0,395920816	20	
18	9	56	0,080848409	0,50389922	13	
19	62	48	0,556955708	0,431913617	15	
20	66	14	0,592888334	0,125974805	22	
21	44	13	0,39525889	0,116976605	28	
22	26	13	0,233562071	0,116976605	12	
23	11	28	0,098814722	0,25194961	6	
24	7	43	0,062882096	0,386922615	27	
25	17	64	0,152713662	0,575884823	14	
26	41	46	0,36830942	0,413917217	18	
27	55	34	0,494073612	0,305938812	17	
28	35	16	0,31441048	0,143971206	29	
29	52	26	0,467124142	0,233953209	13	
30	43	26	0,386275733	0,233953209	22	
31	31	76	0,278477854	0,683863227	25	
32	22	53	0,197629445	0,476904619	28	
33	26	29	0,233562071	0,26094781	27	
34	50	40	0,449157829	0,359928014	19	
35	55	50	0,494073612	0,449910018	10	
36	54	10	0,485090455	0,089982004	12	
37	60	15	0,538989395	0,134973005	14	
38	47	66	0,422208359	0,593881224	24	
39	30	60	0,269494697	0,539892022	16	
40	30	50	0,269494697	0,449910018	33	
41	12	17	0,107797879	0,152969406	15	
42	15	14	0,134747349	0,125974805	11	
43	16	19	0,143730505	0,170965807	18	
44	21	48	0,188646288	0,431913617	17	
45	50	30	0,449157829	0,269946011	21	
46	51	42	0,458140986	0,377924415	27	
47	50	15	0,449157829	0,134973005	19	
48	48	21	0,431191516	0,188962208	20	
49	12	38	0,107797879	0,341931614	5	
50	15	56	0,134747349	0,50389922	22	
51	29	39	0,260511541	0,350929814	12	
52	54	38	0,485090455	0,341931614	19	
53	55	57	0,494073612	0,512897421	22	

TAB. 10.5 Problema adaptado do VPRNC2 CHRISTOFIDES (1979) (tabela 3)

Problema Teste: <b>VRPNC2</b>						
<b>Código</b>	<b>Coordenada X</b>	<b>Coordenada Y</b>	<b>Longitude</b>	<b>Latitude</b>	<b>Pedido</b>	
54	67	41	0,601871491	0,368926215	16	
55	10	70	0,089831566	0,629874025	7	
56	6	25	0,053898939	0,224955009	26	
57	65	27	0,583905178	0,24295141	14	
58	40	60	0,359326263	0,539892022	21	
59	70	64	0,628820961	0,575884823	24	
60	64	4	0,574922021	0,035992801	13	
61	36	6	0,323393637	0,053989202	15	
62	30	20	0,269494697	0,179964007	18	
63	20	30	0,179663132	0,269946011	11	
64	15	5	0,134747349	0,044991002	28	
65	50	70	0,449157829	0,629874025	9	
66	57	72	0,512039925	0,647870426	37	
67	45	42	0,404242046	0,377924415	30	
68	38	33	0,34135995	0,296940612	10	
69	50	4	0,449157829	0,035992801	8	
70	66	8	0,592888334	0,071985603	11	
71	59	5	0,530006238	0,044991002	3	
72	35	60	0,31441048	0,539892022	1	
73	27	24	0,242545228	0,215956809	6	
74	40	20	0,359326263	0,179964007	10	
75	40	37	0,359326263	0,332933413	20	

TAB. 10.6 Problema adaptado do VPRNC3 CHRISTOFIDES (1979) (tabela 1)

Problema Teste: <b>VRPNC3</b>						
Nº de Clientes: <b>100</b>						
Capacidade de cada Veículo: <b>200</b>						
Comprimento da rota: <b>Infinito</b>						
Tempo de serviço: <b>0 (não especificado)</b>						
<b>Código</b>	<b>Coordenada X</b>	<b>Coordenada Y</b>	<b>Longitude</b>	<b>Latitude</b>	<b>Pedido</b>	
<b>CD</b>	<b>35</b>	<b>35</b>	<b>0,31441048</b>	<b>0,314937013</b>	<b>XXXXXXXX</b>	
1	41	49	0,36830942	0,440911818	10	
2	35	17	0,31441048	0,152969406	7	
3	55	45	0,494073612	0,404919016	13	
4	55	20	0,494073612	0,179964007	19	
5	15	30	0,134747349	0,269946011	26	
6	25	30	0,224578915	0,269946011	3	
7	20	50	0,179663132	0,449910018	5	
8	10	43	0,089831566	0,386922615	9	
9	55	60	0,494073612	0,539892022	16	
10	30	60	0,269494697	0,539892022	16	

TAB. 10.7 Problema adaptado do VPRNC3 CHRISTOFIDES (1979) (tabela 2)

Problema Teste: <b>VRPNC3</b>						
<b>Código</b>	<b>Coordenada X</b>	<b>Coordenada Y</b>	<b>Longitude</b>	<b>Latitude</b>	<b>Pedido</b>	
11	20	65	0,179663132	0,584883023	12	
12	50	35	0,449157829	0,314937013	19	
13	30	25	0,269494697	0,224955009	23	
14	15	10	0,134747349	0,089982004	20	
15	30	5	0,269494697	0,044991002	8	
16	10	20	0,089831566	0,179964007	19	
17	5	30	0,044915783	0,269946011	2	
18	20	40	0,179663132	0,359928014	12	
19	15	60	0,134747349	0,539892022	17	
20	45	65	0,404242046	0,584883023	9	
21	45	20	0,404242046	0,179964007	11	
22	45	10	0,404242046	0,089982004	18	
23	55	5	0,494073612	0,044991002	29	
24	65	35	0,583905178	0,314937013	3	
25	65	20	0,583905178	0,179964007	6	
26	45	30	0,404242046	0,269946011	17	
27	35	40	0,31441048	0,359928014	16	
28	41	37	0,36830942	0,332933413	16	
29	64	42	0,574922021	0,377924415	9	
30	40	60	0,359326263	0,539892022	21	
31	31	52	0,278477854	0,467906419	27	
32	35	69	0,31441048	0,620875825	23	
33	53	52	0,476107299	0,467906419	11	
34	65	55	0,583905178	0,49490102	14	
35	63	65	0,565938865	0,584883023	8	
36	2	60	0,017966313	0,539892022	5	
37	20	20	0,179663132	0,179964007	8	
38	5	5	0,044915783	0,044991002	16	
39	60	12	0,538989395	0,107978404	31	
40	40	25	0,359326263	0,224955009	9	
41	42	7	0,377292576	0,062987403	5	
42	24	12	0,215595758	0,107978404	5	
43	23	3	0,206612601	0,026994601	7	
44	11	14	0,098814722	0,125974805	18	
45	6	38	0,053898939	0,341931614	16	
46	2	48	0,017966313	0,431913617	1	
47	8	56	0,071865253	0,50389922	27	
48	13	52	0,116781036	0,467906419	36	
49	6	68	0,053898939	0,611877624	30	
50	47	47	0,422208359	0,422915417	13	
51	49	58	0,440174672	0,521895621	10	
52	27	43	0,242545228	0,386922615	9	
53	37	31	0,332376794	0,278944211	14	
54	57	29	0,512039925	0,26094781	18	

TAB. 10.8 Problema adaptado do VPRNC3 CHRISTOFIDES (1979) (tabela 3)

Problema Teste: <b>VRPNC3</b>					
<b>Código</b>	<b>Coordenada X</b>	<b>Coordenada Y</b>	<b>Longitude</b>	<b>Latitude</b>	<b>Pedido</b>
55	63	23	0,565938865	0,206958608	2
56	53	12	0,476107299	0,107978404	6
57	32	12	0,287461011	0,107978404	7
58	36	26	0,323393637	0,233953209	18
59	21	24	0,188646288	0,215956809	28
60	17	34	0,152713662	0,305938812	3
61	12	24	0,107797879	0,215956809	13
62	24	58	0,215595758	0,521895621	19
63	27	69	0,242545228	0,620875825	10
64	15	77	0,134747349	0,692861428	9
65	62	77	0,556955708	0,692861428	20
66	49	73	0,440174672	0,656868626	25
67	67	5	0,601871491	0,044991002	25
68	56	39	0,503056769	0,350929814	36
69	37	47	0,332376794	0,422915417	6
70	37	56	0,332376794	0,50389922	5
71	57	68	0,512039925	0,611877624	15
72	47	16	0,422208359	0,143971206	25
73	44	17	0,39525889	0,152969406	9
74	46	13	0,413225203	0,116976605	8
75	49	11	0,440174672	0,098980204	18
76	49	42	0,440174672	0,377924415	13
77	53	43	0,476107299	0,386922615	14
78	61	52	0,547972551	0,467906419	3
79	57	48	0,512039925	0,431913617	23
80	56	37	0,503056769	0,332933413	6
81	55	54	0,494073612	0,485902819	26
82	15	47	0,134747349	0,422915417	16
83	14	37	0,125764192	0,332933413	11
84	11	31	0,098814722	0,278944211	7
85	16	22	0,143730505	0,197960408	41
86	4	18	0,035932626	0,161967606	35
87	28	18	0,251528384	0,161967606	26
88	26	52	0,233562071	0,467906419	9
89	26	35	0,233562071	0,314937013	15
90	31	67	0,278477854	0,602879424	3
91	15	19	0,134747349	0,170965807	1
92	22	22	0,197629445	0,197960408	2
93	18	24	0,161696818	0,215956809	22
94	26	27	0,233562071	0,24295141	27
95	25	24	0,224578915	0,215956809	20
96	22	27	0,197629445	0,24295141	11
97	25	21	0,224578915	0,188962208	12

TAB. 10.9 Problema adaptado do VPRNC3 CHRISTOFIDES (1979) (tabela 3)

Problema Teste: <b>VRPNC3</b>					
<b>Código</b>	<b>Coordenada X</b>	<b>Coordenada Y</b>	<b>Longitude</b>	<b>Latitude</b>	<b>Pedido</b>
98	19	21	0,170679975	0,188962208	10
99	20	26	0,179663132	0,233953209	9
100	18	18	0,161696818	0,161967606	17

TAB. 10.10 Problema adaptado do VPRNC4 CHRISTOFIDES (1979) (tabela 1)

Problema Teste: <b>VRPNC4</b>					
N° de Clientes: <b>150</b>					
Capacidade de cada Veículo: <b>200</b>					
Comprimento da rota: <b>Infinito</b>					
Tempo de serviço: <b>0 (não especificado)</b>					
<b>Código</b>	<b>Coordenada X</b>	<b>Coordenada Y</b>	<b>Longitude</b>	<b>Latitude</b>	<b>Pedido</b>
<b>CD</b>	<b>35</b>	<b>35</b>	<b>0,31441048</b>	<b>0,314937013</b>	<b>XXXXXXXX</b>
1	41	49	0,36830942	0,440911818	10
2	35	17	0,31441048	0,152969406	7
3	55	45	0,494073612	0,404919016	13
4	55	20	0,494073612	0,179964007	19
5	15	30	0,134747349	0,269946011	26
6	25	30	0,224578915	0,269946011	3
7	20	50	0,179663132	0,449910018	5
8	10	43	0,089831566	0,386922615	9
9	55	60	0,494073612	0,539892022	16
10	30	60	0,269494697	0,539892022	16
11	20	65	0,179663132	0,584883023	12
12	50	35	0,449157829	0,314937013	19
13	30	25	0,269494697	0,224955009	23
14	15	10	0,134747349	0,089982004	20
15	30	5	0,269494697	0,044991002	8
16	10	20	0,089831566	0,179964007	19
17	5	30	0,044915783	0,269946011	2
18	20	40	0,179663132	0,359928014	12
19	15	60	0,134747349	0,539892022	17
20	45	65	0,404242046	0,584883023	9
21	45	20	0,404242046	0,179964007	11
22	45	10	0,404242046	0,089982004	18
23	55	5	0,494073612	0,044991002	29
24	65	35	0,583905178	0,314937013	3
25	65	20	0,583905178	0,179964007	6
26	45	30	0,404242046	0,269946011	17
27	35	40	0,31441048	0,359928014	16

TAB. 10.11 Problema adaptado do VPRNC4 CHRISTOFIDES (1979) (tabela 2)

<b>Problema Teste: VRPNC4</b>					
<b>Código</b>	<b>Coordenada X</b>	<b>Coordenada Y</b>	<b>Longitude</b>	<b>Latitude</b>	<b>Pedido</b>
28	41	37	0,36830942	0,332933413	16
29	64	42	0,574922021	0,377924415	9
30	40	60	0,359326263	0,539892022	21
31	31	52	0,278477854	0,467906419	27
32	35	69	0,31441048	0,620875825	23
33	53	52	0,476107299	0,467906419	11
34	65	55	0,583905178	0,49490102	14
35	63	65	0,565938865	0,584883023	8
36	2	60	0,017966313	0,539892022	5
37	20	20	0,179663132	0,179964007	8
38	5	5	0,044915783	0,044991002	16
39	60	12	0,538989395	0,107978404	31
40	40	25	0,359326263	0,224955009	9
41	42	7	0,377292576	0,062987403	5
42	24	12	0,215595758	0,107978404	5
43	23	3	0,206612601	0,026994601	7
44	11	14	0,098814722	0,125974805	18
45	6	38	0,053898939	0,341931614	16
46	2	48	0,017966313	0,431913617	1
47	8	56	0,071865253	0,50389922	27
48	13	52	0,116781036	0,467906419	36
49	6	68	0,053898939	0,611877624	30
50	47	47	0,422208359	0,422915417	13
51	49	58	0,440174672	0,521895621	10
52	27	43	0,242545228	0,386922615	9
53	37	31	0,332376794	0,278944211	14
54	57	29	0,512039925	0,26094781	18
55	63	23	0,565938865	0,206958608	2
56	53	12	0,476107299	0,107978404	6
57	32	12	0,287461011	0,107978404	7
58	36	26	0,323393637	0,233953209	18
59	21	24	0,188646288	0,215956809	28
60	17	34	0,152713662	0,305938812	3
61	12	24	0,107797879	0,215956809	13
62	24	58	0,215595758	0,521895621	19
63	27	69	0,242545228	0,620875825	10
64	15	77	0,134747349	0,692861428	9
65	62	77	0,556955708	0,692861428	20
66	49	73	0,440174672	0,656868626	25
67	67	5	0,601871491	0,044991002	25
68	56	39	0,503056769	0,350929814	36
69	37	47	0,332376794	0,422915417	6
70	37	56	0,332376794	0,50389922	5
71	57	68	0,512039925	0,611877624	15

TAB. 10.12 Problema adaptado do VPRNC4 CHRISTOFIDES (1979) (tabela 3)

Problema Teste: <b>VRPNC4</b>					
<b>Código</b>	<b>Coordenada X</b>	<b>Coordenada Y</b>	<b>Longitude</b>	<b>Latitude</b>	<b>Pedido</b>
72	47	16	0,422208359	0,143971206	25
73	44	17	0,39525889	0,152969406	9
74	46	13	0,413225203	0,116976605	8
75	49	11	0,440174672	0,098980204	18
76	49	42	0,440174672	0,377924415	13
77	53	43	0,476107299	0,386922615	14
78	61	52	0,547972551	0,467906419	3
79	57	48	0,512039925	0,431913617	23
80	56	37	0,503056769	0,332933413	6
81	55	54	0,494073612	0,485902819	26
82	15	47	0,134747349	0,422915417	16
83	14	37	0,125764192	0,332933413	11
84	11	31	0,098814722	0,278944211	7
85	16	22	0,143730505	0,197960408	41
86	4	18	0,035932626	0,161967606	35
87	28	18	0,251528384	0,161967606	26
88	26	52	0,233562071	0,467906419	9
89	26	35	0,233562071	0,314937013	15
90	31	67	0,278477854	0,602879424	3
91	15	19	0,134747349	0,170965807	1
92	22	22	0,197629445	0,197960408	2
93	18	24	0,161696818	0,215956809	22
94	26	27	0,233562071	0,24295141	27
95	25	24	0,224578915	0,215956809	20
96	22	27	0,197629445	0,24295141	11
97	25	21	0,224578915	0,188962208	12
98	19	21	0,170679975	0,188962208	10
99	20	26	0,179663132	0,233953209	9
100	18	18	0,161696818	0,161967606	17
101	37	52	0,332376794	0,467906419	7
102	49	49	0,440174672	0,440911818	30
103	52	64	0,467124142	0,575884823	16
104	20	26	0,179663132	0,233953209	9
105	40	30	0,359326263	0,269946011	21
106	21	47	0,188646288	0,422915417	15
107	17	63	0,152713662	0,566886623	19
108	31	62	0,278477854	0,557888422	23
109	52	33	0,467124142	0,296940612	11
110	51	21	0,458140986	0,188962208	5
111	42	41	0,377292576	0,368926215	19
112	31	32	0,278477854	0,287942412	29
113	5	25	0,044915783	0,224955009	23
114	12	42	0,107797879	0,377924415	21
115	36	16	0,323393637	0,143971206	10



TAB. 10.13 Problema adaptado do VPRNC4 CHRISTOFIDES (1979) (tabela 4)

Problema Teste: <b>VRPNC4</b>					
<b>Código</b>	<b>Coordenada X</b>	<b>Coordenada Y</b>	<b>Longitude</b>	<b>Latitude</b>	<b>Pedido</b>
116	52	41	0,467124142	0,368926215	15
117	27	23	0,242545228	0,206958608	3
118	17	33	0,152713662	0,296940612	41
119	13	13	0,116781036	0,116976605	9
120	57	58	0,512039925	0,521895621	28
121	62	42	0,556955708	0,377924415	8
122	42	57	0,377292576	0,512897421	8
123	16	57	0,143730505	0,512897421	16
124	8	52	0,071865253	0,467906419	10
125	7	38	0,062882096	0,341931614	28
126	27	68	0,242545228	0,611877624	7
127	30	48	0,269494697	0,431913617	15
128	43	67	0,386275733	0,602879424	14
129	58	48	0,521023082	0,431913617	6
130	58	27	0,521023082	0,24295141	19
131	37	69	0,332376794	0,620875825	11
132	38	46	0,34135995	0,413917217	12
133	46	10	0,413225203	0,089982004	23
134	61	33	0,547972551	0,296940612	26
135	62	63	0,556955708	0,566886623	17
136	63	69	0,565938865	0,620875825	6
137	32	22	0,287461011	0,197960408	9
138	45	35	0,404242046	0,314937013	15
139	59	15	0,530006238	0,134973005	14
140	5	6	0,044915783	0,053989202	7
141	10	17	0,089831566	0,152969406	27
142	21	10	0,188646288	0,089982004	13
143	5	64	0,044915783	0,575884823	11
144	30	15	0,269494697	0,134973005	16
145	39	10	0,350343107	0,089982004	10
146	32	39	0,287461011	0,350929814	5
147	25	32	0,224578915	0,287942412	25
148	25	55	0,224578915	0,49490102	17
149	48	28	0,431191516	0,25194961	18
150	56	37	0,503056769	0,332933413	10

TAB. 10.14 Problema adaptado do VPRNC5 CHRISTOFIDES (1979) (tabela 1)

Problema Teste: <b>VRPNC5</b>					
N° de Clientes: <b>199</b>					
Capacidade de cada Veículo: <b>200</b>					
Comprimento da rota: <b>Infinito</b>					
Tempo de serviço: <b>0 (não especificado)</b>					
<b>Código</b>	<b>Coordenada X</b>	<b>Coordenada Y</b>	<b>Longitude</b>	<b>Latitude</b>	<b>Pedido</b>
<b>CD</b>	<b>35</b>	<b>35</b>	<b>0,31441048</b>	<b>0,314937013</b>	<b>XXXXXXXX</b>
1	41	49	0,36830942	0,440911818	10
2	35	17	0,31441048	0,152969406	7
3	55	45	0,494073612	0,404919016	13
4	55	20	0,494073612	0,179964007	19
5	15	30	0,134747349	0,269946011	26
6	25	30	0,224578915	0,269946011	3
7	20	50	0,179663132	0,449910018	5
8	10	43	0,089831566	0,386922615	9
9	55	60	0,494073612	0,539892022	16
10	30	60	0,269494697	0,539892022	16
11	20	65	0,179663132	0,584883023	12
12	50	35	0,449157829	0,314937013	19
13	30	25	0,269494697	0,224955009	23
14	15	10	0,134747349	0,089982004	20
15	30	5	0,269494697	0,044991002	8
16	10	20	0,089831566	0,179964007	19
17	5	30	0,044915783	0,269946011	2
18	20	40	0,179663132	0,359928014	12
19	15	60	0,134747349	0,539892022	17
20	45	65	0,404242046	0,584883023	9
21	45	20	0,404242046	0,179964007	11
22	45	10	0,404242046	0,089982004	18
23	55	5	0,494073612	0,044991002	29
24	65	35	0,583905178	0,314937013	3
25	65	20	0,583905178	0,179964007	6
26	45	30	0,404242046	0,269946011	17
27	35	40	0,31441048	0,359928014	16
28	41	37	0,36830942	0,332933413	16
29	64	42	0,574922021	0,377924415	9
30	40	60	0,359326263	0,539892022	21
31	31	52	0,278477854	0,467906419	27
32	35	69	0,31441048	0,620875825	23
33	53	52	0,476107299	0,467906419	11
34	65	55	0,583905178	0,49490102	14
35	63	65	0,565938865	0,584883023	8
36	2	60	0,017966313	0,539892022	5
37	20	20	0,179663132	0,179964007	8
38	5	5	0,044915783	0,044991002	16

TAB. 10.15 Problema adaptado do VPRNC5 CHRISTOFIDES (1979) (tabela 2)

Problema Teste: <b>VRPNC5</b>					
<b>Código</b>	<b>Coordenada X</b>	<b>Coordenada Y</b>	<b>Longitude</b>	<b>Latitude</b>	<b>Pedido</b>
39	60	12	0,538989395	0,107978404	31
40	40	25	0,359326263	0,224955009	9
41	42	7	0,377292576	0,062987403	5
42	24	12	0,215595758	0,107978404	5
43	23	3	0,206612601	0,026994601	7
44	11	14	0,098814722	0,125974805	18
45	6	38	0,053898939	0,341931614	16
46	2	48	0,017966313	0,431913617	1
47	8	56	0,071865253	0,50389922	27
48	13	52	0,116781036	0,467906419	36
49	6	68	0,053898939	0,611877624	30
50	47	47	0,422208359	0,422915417	13
51	49	58	0,440174672	0,521895621	10
52	27	43	0,242545228	0,386922615	9
53	37	31	0,332376794	0,278944211	14
54	57	29	0,512039925	0,26094781	18
55	63	23	0,565938865	0,206958608	2
56	53	12	0,476107299	0,107978404	6
57	32	12	0,287461011	0,107978404	7
58	36	26	0,323393637	0,233953209	18
59	21	24	0,188646288	0,215956809	28
60	17	34	0,152713662	0,305938812	3
61	12	24	0,107797879	0,215956809	13
62	24	58	0,215595758	0,521895621	19
63	27	69	0,242545228	0,620875825	10
64	15	77	0,134747349	0,692861428	9
65	62	77	0,556955708	0,692861428	20
66	49	73	0,440174672	0,656868626	25
67	67	5	0,601871491	0,044991002	25
68	56	39	0,503056769	0,350929814	36
69	37	47	0,332376794	0,422915417	6
70	37	56	0,332376794	0,50389922	5
71	57	68	0,512039925	0,611877624	15
72	47	16	0,422208359	0,143971206	25
73	44	17	0,39525889	0,152969406	9
74	46	13	0,413225203	0,116976605	8
75	49	11	0,440174672	0,098980204	18
76	49	42	0,440174672	0,377924415	13
77	53	43	0,476107299	0,386922615	14
78	61	52	0,547972551	0,467906419	3
79	57	48	0,512039925	0,431913617	23
80	56	37	0,503056769	0,332933413	6
81	55	54	0,494073612	0,485902819	26

TAB. 10.16 Problema adaptado do VPRNC5 CHRISTOFIDES (1979) (tabela 3)

Problema Teste: <b>VRPNC5</b>					
<b>Código</b>	<b>Coordenada X</b>	<b>Coordenada Y</b>	<b>Longitude</b>	<b>Latitude</b>	<b>Pedido</b>
82	15	47	0,134747349	0,422915417	16
83	14	37	0,125764192	0,332933413	11
84	11	31	0,098814722	0,278944211	7
85	16	22	0,143730505	0,197960408	41
86	4	18	0,035932626	0,161967606	35
87	28	18	0,251528384	0,161967606	26
88	26	52	0,233562071	0,467906419	9
89	26	35	0,233562071	0,314937013	15
90	31	67	0,278477854	0,602879424	3
91	15	19	0,134747349	0,170965807	1
92	22	22	0,197629445	0,197960408	2
93	18	24	0,161696818	0,215956809	22
94	26	27	0,233562071	0,24295141	27
95	25	24	0,224578915	0,215956809	20
96	22	27	0,197629445	0,24295141	11
97	25	21	0,224578915	0,188962208	12
98	19	21	0,170679975	0,188962208	10
99	20	26	0,179663132	0,233953209	9
100	18	18	0,161696818	0,161967606	17
101	37	52	0,332376794	0,467906419	7
102	49	49	0,440174672	0,440911818	30
103	52	64	0,467124142	0,575884823	16
104	20	26	0,179663132	0,233953209	9
105	40	30	0,359326263	0,269946011	21
106	21	47	0,188646288	0,422915417	15
107	17	63	0,152713662	0,566886623	19
108	31	62	0,278477854	0,557888422	23
109	52	33	0,467124142	0,296940612	11
110	51	21	0,458140986	0,188962208	5
111	42	41	0,377292576	0,368926215	19
112	31	32	0,278477854	0,287942412	29
113	5	25	0,044915783	0,224955009	23
114	12	42	0,107797879	0,377924415	21
115	36	16	0,323393637	0,143971206	10
116	52	41	0,467124142	0,368926215	15
117	27	23	0,242545228	0,206958608	3
118	17	33	0,152713662	0,296940612	41
119	13	13	0,116781036	0,116976605	9
120	57	58	0,512039925	0,521895621	28
121	62	42	0,556955708	0,377924415	8
122	42	57	0,377292576	0,512897421	8
123	16	57	0,143730505	0,512897421	16
124	8	52	0,071865253	0,467906419	10
125	7	38	0,062882096	0,341931614	28

TAB. 10.17 Problema adaptado do VPRNC5 CHRISTOFIDES (1979) (tabela 4)

Problema Teste: <b>VRPNC5</b>					
<b>Código</b>	<b>Coordenada X</b>	<b>Coordenada Y</b>	<b>Longitude</b>	<b>Latitude</b>	<b>Pedido</b>
126	27	68	0,242545228	0,611877624	7
127	30	48	0,269494697	0,431913617	15
128	43	67	0,386275733	0,602879424	14
129	58	48	0,521023082	0,431913617	6
130	58	27	0,521023082	0,24295141	19
131	37	69	0,332376794	0,620875825	11
132	38	46	0,34135995	0,413917217	12
133	46	10	0,413225203	0,089982004	23
134	61	33	0,547972551	0,296940612	26
135	62	63	0,556955708	0,566886623	17
136	63	69	0,565938865	0,620875825	6
137	32	22	0,287461011	0,197960408	9
138	45	35	0,404242046	0,314937013	15
139	59	15	0,530006238	0,134973005	14
140	5	6	0,044915783	0,053989202	7
141	10	17	0,089831566	0,152969406	27
142	21	10	0,188646288	0,089982004	13
143	5	64	0,044915783	0,575884823	11
144	30	15	0,269494697	0,134973005	16
145	39	10	0,350343107	0,089982004	10
146	32	39	0,287461011	0,350929814	5
147	25	32	0,224578915	0,287942412	25
148	25	55	0,224578915	0,49490102	17
149	48	28	0,431191516	0,25194961	18
150	56	37	0,503056769	0,332933413	10
151	22	22	0,197629445	0,197960408	18
152	36	26	0,323393637	0,233953209	26
153	21	45	0,188646288	0,404919016	11
154	45	35	0,404242046	0,314937013	30
155	55	20	0,494073612	0,179964007	21
156	33	34	0,296444167	0,305938812	19
157	50	50	0,449157829	0,449910018	15
158	55	45	0,494073612	0,404919016	16
159	26	59	0,233562071	0,530893821	29
160	40	66	0,359326263	0,593881224	26
161	55	65	0,494073612	0,584883023	37
162	35	51	0,31441048	0,458908218	16
163	62	35	0,556955708	0,314937013	12
164	62	57	0,556955708	0,512897421	31
165	62	24	0,556955708	0,215956809	8
166	21	36	0,188646288	0,323935213	19
167	33	44	0,296444167	0,395920816	20
168	9	56	0,080848409	0,50389922	13
169	62	48	0,556955708	0,431913617	15

TAB. 10.18 Problema adaptado do VPRNC5 CHRISTOFIDES (1979) (tabela 5)

Problema Teste: <b>VRPNC5</b>						
<b>Código</b>	<b>Coordenada X</b>	<b>Coordenada Y</b>	<b>Longitude</b>	<b>Latitude</b>	<b>Pedido</b>	
170	66	14	0,592888334	0,125974805	22	
171	44	13	0,39525889	0,116976605	28	
172	26	13	0,233562071	0,116976605	12	
173	11	28	0,098814722	0,25194961	6	
174	7	43	0,062882096	0,386922615	27	
175	17	64	0,152713662	0,575884823	14	
176	41	46	0,36830942	0,413917217	18	
177	55	34	0,494073612	0,305938812	17	
178	35	16	0,31441048	0,143971206	29	
179	52	26	0,467124142	0,233953209	13	
180	43	26	0,386275733	0,233953209	22	
181	31	76	0,278477854	0,683863227	25	
182	22	53	0,197629445	0,476904619	28	
183	26	29	0,233562071	0,26094781	27	
184	50	40	0,449157829	0,359928014	19	
185	55	50	0,494073612	0,449910018	10	
186	54	10	0,485090455	0,089982004	12	
187	60	15	0,538989395	0,134973005	14	
188	47	66	0,422208359	0,593881224	24	
189	30	60	0,269494697	0,539892022	16	
190	30	50	0,269494697	0,449910018	33	
191	12	17	0,107797879	0,152969406	15	
192	15	14	0,134747349	0,125974805	11	
193	16	19	0,143730505	0,170965807	18	
194	21	48	0,188646288	0,431913617	17	
195	50	30	0,449157829	0,269946011	21	
196	51	42	0,458140986	0,377924415	27	
197	50	15	0,449157829	0,134973005	19	
198	48	21	0,431191516	0,188962208	20	
199	12	38	0,107797879	0,341931614	5	

TAB. 10.19 Problema adaptado do VPRNC6 CHRISTOFIDES (1979) (tabela 1)

Problema Teste: <b>VRPNC6</b>					
N° de Clientes: <b>50</b>					
Capacidade de cada Veículo: <b>160</b>					
Comprimento da rota: <b>200</b>					
Tempo de serviço: <b>equivalente ao gasto de 10 unidades de comprimento</b>					
<b>Código</b>	<b>Coordenada X</b>	<b>Coordenada Y</b>	<b>Longitude</b>	<b>Latitude</b>	<b>Pedido</b>
<b>CD</b>	<b>30</b>	<b>40</b>	<b>0,269494697</b>	<b>0,359928014</b>	<b>XXXXXXXX</b>
1	37	52	0,332376794	0,467906419	7
2	49	49	0,440174672	0,440911818	30
3	52	64	0,467124142	0,575884823	16
4	20	26	0,179663132	0,233953209	9
5	40	30	0,359326263	0,269946011	21
6	21	47	0,188646288	0,422915417	15
7	17	63	0,152713662	0,566886623	19
8	31	62	0,278477854	0,557888422	23
9	52	33	0,467124142	0,296940612	11
10	51	21	0,458140986	0,188962208	5
11	42	41	0,377292576	0,368926215	19
12	31	32	0,278477854	0,287942412	29
13	5	25	0,044915783	0,224955009	23
14	12	42	0,107797879	0,377924415	21
15	36	16	0,323393637	0,143971206	10
16	52	41	0,467124142	0,368926215	15
17	27	23	0,242545228	0,206958608	3
18	17	33	0,152713662	0,296940612	41
19	13	13	0,116781036	0,116976605	9
20	57	58	0,512039925	0,521895621	28
21	62	42	0,556955708	0,377924415	8
22	42	57	0,377292576	0,512897421	8
23	16	57	0,143730505	0,512897421	16
24	8	52	0,071865253	0,467906419	10
25	7	38	0,062882096	0,341931614	28
26	27	68	0,242545228	0,611877624	7
27	30	48	0,269494697	0,431913617	15
28	43	67	0,386275733	0,602879424	14
29	58	48	0,521023082	0,431913617	6
30	58	27	0,521023082	0,24295141	19
31	37	69	0,332376794	0,620875825	11
32	38	46	0,34135995	0,413917217	12
33	46	10	0,413225203	0,089982004	23
34	61	33	0,547972551	0,296940612	26
35	62	63	0,556955708	0,566886623	17
36	63	69	0,565938865	0,620875825	6
37	32	22	0,287461011	0,197960408	9
38	45	35	0,404242046	0,314937013	15

TAB. 10.20 Problema adaptado do VPRNC6 CHRISTOFIDES (1979) (tabela 2)

Problema Teste: <b>VRPNC6</b>					
<b>Código</b>	<b>Coordenada X</b>	<b>Coordenada Y</b>	<b>Longitude</b>	<b>Latitude</b>	<b>Pedido</b>
39	59	15	0,530006238	0,134973005	14
40	5	6	0,044915783	0,053989202	7
41	10	17	0,089831566	0,152969406	27
42	21	10	0,188646288	0,089982004	13
43	5	64	0,044915783	0,575884823	11
44	30	15	0,269494697	0,134973005	16
45	39	10	0,350343107	0,089982004	10
46	32	39	0,287461011	0,350929814	5
47	25	32	0,224578915	0,287942412	25
48	25	55	0,224578915	0,49490102	17
49	48	28	0,431191516	0,25194961	18
50	56	37	0,503056769	0,332933413	10

TAB. 10.21 Problema adaptado do VPRNC7 CHRISTOFIDES (1979) (tabela 1)

Problema Teste: <b>VRPNC7</b>					
N° de Clientes: <b>75</b>					
Capacidade de cada Veículo: <b>140</b>					
Comprimento da rota: <b>160</b>					
Tempo de serviço: <b>equivalente ao gasto de 10 unidades de comprimento</b>					
<b>Código</b>	<b>Coordenada X</b>	<b>Coordenada Y</b>	<b>Longitude</b>	<b>Latitude</b>	<b>Pedido</b>
<b>CD</b>	<b>40</b>	<b>40</b>	<b>0,359326263</b>	<b>0,359928014</b>	<b>XXXXXXXX</b>
1	22	22	0,197629445	0,197960408	18
2	36	26	0,323393637	0,233953209	26
3	21	45	0,188646288	0,404919016	11
4	45	35	0,404242046	0,314937013	30
5	55	20	0,494073612	0,179964007	21
6	33	34	0,296444167	0,305938812	19
7	50	50	0,449157829	0,449910018	15
8	55	45	0,494073612	0,404919016	16
9	26	59	0,233562071	0,530893821	29
10	40	66	0,359326263	0,593881224	26
11	55	65	0,494073612	0,584883023	37
12	35	51	0,31441048	0,458908218	16
13	62	35	0,556955708	0,314937013	12
14	62	57	0,556955708	0,512897421	31
15	62	24	0,556955708	0,215956809	8
16	21	36	0,188646288	0,323935213	19
17	33	44	0,296444167	0,395920816	20
18	9	56	0,080848409	0,50389922	13
19	62	48	0,556955708	0,431913617	15



TAB. 10.22 Problema adaptado do VPRNC7 CHRISTOFIDES (1979) (tabela 2)

Problema Teste: <b>VRPNC7</b>					
<b>Código</b>	<b>Coordenada X</b>	<b>Coordenada Y</b>	<b>Longitude</b>	<b>Latitude</b>	<b>Pedido</b>
20	66	14	0,592888334	0,125974805	22
21	44	13	0,39525889	0,116976605	28
22	26	13	0,233562071	0,116976605	12
23	11	28	0,098814722	0,25194961	6
24	7	43	0,062882096	0,386922615	27
25	17	64	0,152713662	0,575884823	14
26	41	46	0,36830942	0,413917217	18
27	55	34	0,494073612	0,305938812	17
28	35	16	0,31441048	0,143971206	29
29	52	26	0,467124142	0,233953209	13
30	43	26	0,386275733	0,233953209	22
31	31	76	0,278477854	0,683863227	25
32	22	53	0,197629445	0,476904619	28
33	26	29	0,233562071	0,26094781	27
34	50	40	0,449157829	0,359928014	19
35	55	50	0,494073612	0,449910018	10
36	54	10	0,485090455	0,089982004	12
37	60	15	0,538989395	0,134973005	14
38	47	66	0,422208359	0,593881224	24
39	30	60	0,269494697	0,539892022	16
40	30	50	0,269494697	0,449910018	33
41	12	17	0,107797879	0,152969406	15
42	15	14	0,134747349	0,125974805	11
43	16	19	0,143730505	0,170965807	18
44	21	48	0,188646288	0,431913617	17
45	50	30	0,449157829	0,269946011	21
46	51	42	0,458140986	0,377924415	27
47	50	15	0,449157829	0,134973005	19
48	48	21	0,431191516	0,188962208	20
49	12	38	0,107797879	0,341931614	5
50	15	56	0,134747349	0,50389922	22
51	29	39	0,260511541	0,350929814	12
52	54	38	0,485090455	0,341931614	19
53	55	57	0,494073612	0,512897421	22
54	67	41	0,601871491	0,368926215	16
55	10	70	0,089831566	0,629874025	7
56	6	25	0,053898939	0,224955009	26
57	65	27	0,583905178	0,24295141	14
58	40	60	0,359326263	0,539892022	21
59	70	64	0,628820961	0,575884823	24
60	64	4	0,574922021	0,035992801	13
61	36	6	0,323393637	0,053989202	15
62	30	20	0,269494697	0,179964007	18
63	20	30	0,179663132	0,269946011	11

TAB. 10.23 Problema adaptado do VPRNC7 CHRISTOFIDES (1979) (tabela 3)

Problema Teste: <b>VRPNC7</b>					
Código	Coordenada X	Coordenada Y	Longitude	Latitude	Pedido
64	15	5	0,134747349	0,044991002	28
65	50	70	0,449157829	0,629874025	9
66	57	72	0,512039925	0,647870426	37
67	45	42	0,404242046	0,377924415	30
68	38	33	0,34135995	0,296940612	10
69	50	4	0,449157829	0,035992801	8
70	66	8	0,592888334	0,071985603	11
71	59	5	0,530006238	0,044991002	3
72	35	60	0,31441048	0,539892022	1
73	27	24	0,242545228	0,215956809	6
74	40	20	0,359326263	0,179964007	10
75	40	37	0,359326263	0,332933413	20

TAB. 10.24 Problema adaptado do VPRNC8 CHRISTOFIDES (1979) (tabela 1)

Problema Teste: <b>VRPNC8</b>					
N° de Clientes: <b>100</b>					
Capacidade de cada Veículo: <b>200</b>					
Comprimento da rota: <b>230</b>					
Tempo de serviço: <b>equivalente ao gasto de 10 unidades de comprimento</b>					
Código	Coordenada X	Coordenada Y	Longitude	Latitude	Pedido
<b>CD</b>	<b>35</b>	<b>35</b>	<b>0,31441048</b>	<b>0,314937013</b>	<b>XXXXXXXX</b>
1	41	49	0,36830942	0,440911818	10
2	35	17	0,31441048	0,152969406	7
3	55	45	0,494073612	0,404919016	13
4	55	20	0,494073612	0,179964007	19
5	15	30	0,134747349	0,269946011	26
6	25	30	0,224578915	0,269946011	3
7	20	50	0,179663132	0,449910018	5
8	10	43	0,089831566	0,386922615	9
9	55	60	0,494073612	0,539892022	16
10	30	60	0,269494697	0,539892022	16
11	20	65	0,179663132	0,584883023	12
12	50	35	0,449157829	0,314937013	19
13	30	25	0,269494697	0,224955009	23
14	15	10	0,134747349	0,089982004	20
15	30	5	0,269494697	0,044991002	8
16	10	20	0,089831566	0,179964007	19
17	5	30	0,044915783	0,269946011	2
18	20	40	0,179663132	0,359928014	12
19	15	60	0,134747349	0,539892022	17

TAB. 10.25 Problema adaptado do VPRNC8 CHRISTOFIDES (1979) (tabela 2)

Problema Teste: <b>VRPNC8</b>					
<b>Código</b>	<b>Coordenada X</b>	<b>Coordenada Y</b>	<b>Longitude</b>	<b>Latitude</b>	<b>Pedido</b>
20	45	65	0,404242046	0,584883023	9
21	45	20	0,404242046	0,179964007	11
22	45	10	0,404242046	0,089982004	18
23	55	5	0,494073612	0,044991002	29
24	65	35	0,583905178	0,314937013	3
25	65	20	0,583905178	0,179964007	6
26	45	30	0,404242046	0,269946011	17
27	35	40	0,31441048	0,359928014	16
28	41	37	0,36830942	0,332933413	16
29	64	42	0,574922021	0,377924415	9
30	40	60	0,359326263	0,539892022	21
31	31	52	0,278477854	0,467906419	27
32	35	69	0,31441048	0,620875825	23
33	53	52	0,476107299	0,467906419	11
34	65	55	0,583905178	0,49490102	14
35	63	65	0,565938865	0,584883023	8
36	2	60	0,017966313	0,539892022	5
37	20	20	0,179663132	0,179964007	8
38	5	5	0,044915783	0,044991002	16
39	60	12	0,538989395	0,107978404	31
40	40	25	0,359326263	0,224955009	9
41	42	7	0,377292576	0,062987403	5
42	24	12	0,215595758	0,107978404	5
43	23	3	0,206612601	0,026994601	7
44	11	14	0,098814722	0,125974805	18
45	6	38	0,053898939	0,341931614	16
46	2	48	0,017966313	0,431913617	1
47	8	56	0,071865253	0,50389922	27
48	13	52	0,116781036	0,467906419	36
49	6	68	0,053898939	0,611877624	30
50	47	47	0,422208359	0,422915417	13
51	49	58	0,440174672	0,521895621	10
52	27	43	0,242545228	0,386922615	9
53	37	31	0,332376794	0,278944211	14
54	57	29	0,512039925	0,26094781	18
55	63	23	0,565938865	0,206958608	2
56	53	12	0,476107299	0,107978404	6
57	32	12	0,287461011	0,107978404	7
58	36	26	0,323393637	0,233953209	18
59	21	24	0,188646288	0,215956809	28
60	17	34	0,152713662	0,305938812	3
61	12	24	0,107797879	0,215956809	13
62	24	58	0,215595758	0,521895621	19
63	27	69	0,242545228	0,620875825	10

TAB. 10.26 Problema adaptado do VPRNC8 CHRISTOFIDES (1979) (tabela 3)

Problema Teste: <b>VRPNC8</b>					
<b>Código</b>	<b>Coordenada X</b>	<b>Coordenada Y</b>	<b>Longitude</b>	<b>Latitude</b>	<b>Pedido</b>
64	15	77	0,134747349	0,692861428	9
65	62	77	0,556955708	0,692861428	20
66	49	73	0,440174672	0,656868626	25
67	67	5	0,601871491	0,044991002	25
68	56	39	0,503056769	0,350929814	36
69	37	47	0,332376794	0,422915417	6
70	37	56	0,332376794	0,50389922	5
71	57	68	0,512039925	0,611877624	15
72	47	16	0,422208359	0,143971206	25
73	44	17	0,39525889	0,152969406	9
74	46	13	0,413225203	0,116976605	8
75	49	11	0,440174672	0,098980204	18
76	49	42	0,440174672	0,377924415	13
77	53	43	0,476107299	0,386922615	14
78	61	52	0,547972551	0,467906419	3
79	57	48	0,512039925	0,431913617	23
80	56	37	0,503056769	0,332933413	6
81	55	54	0,494073612	0,485902819	26
82	15	47	0,134747349	0,422915417	16
83	14	37	0,125764192	0,332933413	11
84	11	31	0,098814722	0,278944211	7
85	16	22	0,143730505	0,197960408	41
86	4	18	0,035932626	0,161967606	35
87	28	18	0,251528384	0,161967606	26
88	26	52	0,233562071	0,467906419	9
89	26	35	0,233562071	0,314937013	15
90	31	67	0,278477854	0,602879424	3
91	15	19	0,134747349	0,170965807	1
92	22	22	0,197629445	0,197960408	2
93	18	24	0,161696818	0,215956809	22
94	26	27	0,233562071	0,24295141	27
95	25	24	0,224578915	0,215956809	20
96	22	27	0,197629445	0,24295141	11
97	25	21	0,224578915	0,188962208	12
98	19	21	0,170679975	0,188962208	10
99	20	26	0,179663132	0,233953209	9
100	18	18	0,161696818	0,161967606	17

TAB. 10.27 Problema adaptado do VPRNC9 CHRISTOFIDES (1979) (tabela 1)

Problema Teste: <b>VRPNC9</b>					
N° de Clientes: <b>150</b>					
Capacidade de cada Veículo: <b>200</b>					
Comprimento da rota: <b>200</b>					
Tempo de serviço: <b>equivalente ao gasto de 10 unidades de comprimento</b>					
<b>Código</b>	<b>Coordenada X</b>	<b>Coordenada Y</b>	<b>Longitude</b>	<b>Latitude</b>	<b>Pedido</b>
<b>CD</b>	<b>35</b>	<b>35</b>	<b>0,31441048</b>	<b>0,314937013</b>	<b>XXXXXXXX</b>
1	41	49	0,36830942	0,440911818	10
2	35	17	0,31441048	0,152969406	7
3	55	45	0,494073612	0,404919016	13
4	55	20	0,494073612	0,179964007	19
5	15	30	0,134747349	0,269946011	26
6	25	30	0,224578915	0,269946011	3
7	20	50	0,179663132	0,449910018	5
8	10	43	0,089831566	0,386922615	9
9	55	60	0,494073612	0,539892022	16
10	30	60	0,269494697	0,539892022	16
11	20	65	0,179663132	0,584883023	12
12	50	35	0,449157829	0,314937013	19
13	30	25	0,269494697	0,224955009	23
14	15	10	0,134747349	0,089982004	20
15	30	5	0,269494697	0,044991002	8
16	10	20	0,089831566	0,179964007	19
17	5	30	0,044915783	0,269946011	2
18	20	40	0,179663132	0,359928014	12
19	15	60	0,134747349	0,539892022	17
20	45	65	0,404242046	0,584883023	9
21	45	20	0,404242046	0,179964007	11
22	45	10	0,404242046	0,089982004	18
23	55	5	0,494073612	0,044991002	29
24	65	35	0,583905178	0,314937013	3
25	65	20	0,583905178	0,179964007	6
26	45	30	0,404242046	0,269946011	17
27	35	40	0,31441048	0,359928014	16
28	41	37	0,36830942	0,332933413	16
29	64	42	0,574922021	0,377924415	9
30	40	60	0,359326263	0,539892022	21
31	31	52	0,278477854	0,467906419	27
32	35	69	0,31441048	0,620875825	23
33	53	52	0,476107299	0,467906419	11
34	65	55	0,583905178	0,49490102	14
35	63	65	0,565938865	0,584883023	8
36	2	60	0,017966313	0,539892022	5
37	20	20	0,179663132	0,179964007	8
38	5	5	0,044915783	0,044991002	16

TAB. 10.28 Problema adaptado do VPRNC9 CHRISTOFIDES (1979) (tabela 2)

Problema Teste: <b>VRPNC9</b>					
<b>Código</b>	<b>Coordenada X</b>	<b>Coordenada Y</b>	<b>Longitude</b>	<b>Latitude</b>	<b>Pedido</b>
39	60	12	0,538989395	0,107978404	31
40	40	25	0,359326263	0,224955009	9
41	42	7	0,377292576	0,062987403	5
42	24	12	0,215595758	0,107978404	5
43	23	3	0,206612601	0,026994601	7
44	11	14	0,098814722	0,125974805	18
45	6	38	0,053898939	0,341931614	16
46	2	48	0,017966313	0,431913617	1
47	8	56	0,071865253	0,50389922	27
48	13	52	0,116781036	0,467906419	36
49	6	68	0,053898939	0,611877624	30
50	47	47	0,422208359	0,422915417	13
51	49	58	0,440174672	0,521895621	10
52	27	43	0,242545228	0,386922615	9
53	37	31	0,332376794	0,278944211	14
54	57	29	0,512039925	0,26094781	18
55	63	23	0,565938865	0,206958608	2
56	53	12	0,476107299	0,107978404	6
57	32	12	0,287461011	0,107978404	7
58	36	26	0,323393637	0,233953209	18
59	21	24	0,188646288	0,215956809	28
60	17	34	0,152713662	0,305938812	3
61	12	24	0,107797879	0,215956809	13
62	24	58	0,215595758	0,521895621	19
63	27	69	0,242545228	0,620875825	10
64	15	77	0,134747349	0,692861428	9
65	62	77	0,556955708	0,692861428	20
66	49	73	0,440174672	0,656868626	25
67	67	5	0,601871491	0,044991002	25
68	56	39	0,503056769	0,350929814	36
69	37	47	0,332376794	0,422915417	6
70	37	56	0,332376794	0,50389922	5
71	57	68	0,512039925	0,611877624	15
72	47	16	0,422208359	0,143971206	25
73	44	17	0,39525889	0,152969406	9
74	46	13	0,413225203	0,116976605	8
75	49	11	0,440174672	0,098980204	18
76	49	42	0,440174672	0,377924415	13
77	53	43	0,476107299	0,386922615	14
78	61	52	0,547972551	0,467906419	3
79	57	48	0,512039925	0,431913617	23
80	56	37	0,503056769	0,332933413	6
81	55	54	0,494073612	0,485902819	26
82	15	47	0,134747349	0,422915417	16

TAB. 10.29 Problema adaptado do VPRNC9 CHRISTOFIDES (1979) (tabela 3)

Problema Teste: <b>VRPNC9</b>					
<b>Código</b>	<b>Coordenada X</b>	<b>Coordenada Y</b>	<b>Longitude</b>	<b>Latitude</b>	<b>Pedido</b>
83	14	37	0,125764192	0,332933413	11
84	11	31	0,098814722	0,278944211	7
85	16	22	0,143730505	0,197960408	41
86	4	18	0,035932626	0,161967606	35
87	28	18	0,251528384	0,161967606	26
88	26	52	0,233562071	0,467906419	9
89	26	35	0,233562071	0,314937013	15
90	31	67	0,278477854	0,602879424	3
91	15	19	0,134747349	0,170965807	1
92	22	22	0,197629445	0,197960408	2
93	18	24	0,161696818	0,215956809	22
94	26	27	0,233562071	0,24295141	27
95	25	24	0,224578915	0,215956809	20
96	22	27	0,197629445	0,24295141	11
97	25	21	0,224578915	0,188962208	12
98	19	21	0,170679975	0,188962208	10
99	20	26	0,179663132	0,233953209	9
100	18	18	0,161696818	0,161967606	17
101	37	52	0,332376794	0,467906419	7
102	49	49	0,440174672	0,440911818	30
103	52	64	0,467124142	0,575884823	16
104	20	26	0,179663132	0,233953209	9
105	40	30	0,359326263	0,269946011	21
106	21	47	0,188646288	0,422915417	15
107	17	63	0,152713662	0,566886623	19
108	31	62	0,278477854	0,557888422	23
109	52	33	0,467124142	0,296940612	11
110	51	21	0,458140986	0,188962208	5
111	42	41	0,377292576	0,368926215	19
112	31	32	0,278477854	0,287942412	29
113	5	25	0,044915783	0,224955009	23
114	12	42	0,107797879	0,377924415	21
115	36	16	0,323393637	0,143971206	10
116	52	41	0,467124142	0,368926215	15
117	27	23	0,242545228	0,206958608	3
118	17	33	0,152713662	0,296940612	41
119	13	13	0,116781036	0,116976605	9
120	57	58	0,512039925	0,521895621	28
121	62	42	0,556955708	0,377924415	8
122	42	57	0,377292576	0,512897421	8
123	16	57	0,143730505	0,512897421	16
124	8	52	0,071865253	0,467906419	10
125	7	38	0,062882096	0,341931614	28
126	27	68	0,242545228	0,611877624	7

TAB. 10.30 Problema adaptado do VPRNC9 CHRISTOFIDES (1979) (tabela 4)

Problema Teste: <b>VRPNC9</b>					
<b>Código</b>	<b>Coordenada X</b>	<b>Coordenada Y</b>	<b>Longitude</b>	<b>Latitude</b>	<b>Pedido</b>
127	30	48	0,269494697	0,431913617	15
128	43	67	0,386275733	0,602879424	14
129	58	48	0,521023082	0,431913617	6
130	58	27	0,521023082	0,24295141	19
131	37	69	0,332376794	0,620875825	11
132	38	46	0,34135995	0,413917217	12
133	46	10	0,413225203	0,089982004	23
134	61	33	0,547972551	0,296940612	26
135	62	63	0,556955708	0,566886623	17
136	63	69	0,565938865	0,620875825	6
137	32	22	0,287461011	0,197960408	9
138	45	35	0,404242046	0,314937013	15
139	59	15	0,530006238	0,134973005	14
140	5	6	0,044915783	0,053989202	7
141	10	17	0,089831566	0,152969406	27
142	21	10	0,188646288	0,089982004	13
143	5	64	0,044915783	0,575884823	11
144	30	15	0,269494697	0,134973005	16
145	39	10	0,350343107	0,089982004	10
146	32	39	0,287461011	0,350929814	5
147	25	32	0,224578915	0,287942412	25
148	25	55	0,224578915	0,49490102	17
149	48	28	0,431191516	0,25194961	18
150	56	37	0,503056769	0,332933413	10



TAB. 10.31 Problema adaptado do VPRNC10 CHRISTOFIDES (1979) (tabela 1)

Problema Teste: <b>VRPNC10</b>					
N° de Clientes: <b>199</b>					
Capacidade de cada Veículo: <b>200</b>					
Comprimento da rota: <b>200</b>					
Tempo de serviço: <b>equivalente ao gasto de 10 unidades de comprimento</b>					
<b>Código</b>	<b>Coordenada X</b>	<b>Coordenada Y</b>	<b>Longitude</b>	<b>Latitude</b>	<b>Pedido</b>
<b>CD</b>	<b>35</b>	<b>35</b>	<b>0,31441048</b>	<b>0,314937013</b>	<b>XXXXXXXX</b>
1	41	49	0,36830942	0,440911818	10
2	35	17	0,31441048	0,152969406	7
3	55	45	0,494073612	0,404919016	13
4	55	20	0,494073612	0,179964007	19
5	15	30	0,134747349	0,269946011	26
6	25	30	0,224578915	0,269946011	3
7	20	50	0,179663132	0,449910018	5
8	10	43	0,089831566	0,386922615	9

TAB. 10.32 Problema adaptado do VPRNC10 CHRISTOFIDES (1979) (tabela 2)

Problema Teste: <b>VRPNC10</b>					
<b>Código</b>	<b>Coordenada X</b>	<b>Coordenada Y</b>	<b>Longitude</b>	<b>Latitude</b>	<b>Pedido</b>
9	55	60	0,494073612	0,539892022	16
10	30	60	0,269494697	0,539892022	16
11	20	65	0,179663132	0,584883023	12
12	50	35	0,449157829	0,314937013	19
13	30	25	0,269494697	0,224955009	23
14	15	10	0,134747349	0,089982004	20
15	30	5	0,269494697	0,044991002	8
16	10	20	0,089831566	0,179964007	19
17	5	30	0,044915783	0,269946011	2
18	20	40	0,179663132	0,359928014	12
19	15	60	0,134747349	0,539892022	17
20	45	65	0,404242046	0,584883023	9
21	45	20	0,404242046	0,179964007	11
22	45	10	0,404242046	0,089982004	18
23	55	5	0,494073612	0,044991002	29
24	65	35	0,583905178	0,314937013	3
25	65	20	0,583905178	0,179964007	6
26	45	30	0,404242046	0,269946011	17
27	35	40	0,31441048	0,359928014	16
28	41	37	0,36830942	0,332933413	16
29	64	42	0,574922021	0,377924415	9
30	40	60	0,359326263	0,539892022	21
31	31	52	0,278477854	0,467906419	27
32	35	69	0,31441048	0,620875825	23
33	53	52	0,476107299	0,467906419	11
34	65	55	0,583905178	0,49490102	14
35	63	65	0,565938865	0,584883023	8
36	2	60	0,017966313	0,539892022	5
37	20	20	0,179663132	0,179964007	8
38	5	5	0,044915783	0,044991002	16
39	60	12	0,538989395	0,107978404	31
40	40	25	0,359326263	0,224955009	9
41	42	7	0,377292576	0,062987403	5
42	24	12	0,215595758	0,107978404	5
43	23	3	0,206612601	0,026994601	7
44	11	14	0,098814722	0,125974805	18
45	6	38	0,053898939	0,341931614	16
46	2	48	0,017966313	0,431913617	1
47	8	56	0,071865253	0,50389922	27
48	13	52	0,116781036	0,467906419	36
49	6	68	0,053898939	0,611877624	30
50	47	47	0,422208359	0,422915417	13
51	49	58	0,440174672	0,521895621	10
52	27	43	0,242545228	0,386922615	9

TAB. 10.33 Problema adaptado do VPRNC10 CHRISTOFIDES (1979) (tabela 3)

Problema Teste: <b>VRPNC10</b>					
<b>Código</b>	<b>Coordenada X</b>	<b>Coordenada Y</b>	<b>Longitude</b>	<b>Latitude</b>	<b>Pedido</b>
53	37	31	0,332376794	0,278944211	14
54	57	29	0,512039925	0,26094781	18
55	63	23	0,565938865	0,206958608	2
56	53	12	0,476107299	0,107978404	6
57	32	12	0,287461011	0,107978404	7
58	36	26	0,323393637	0,233953209	18
59	21	24	0,188646288	0,215956809	28
60	17	34	0,152713662	0,305938812	3
61	12	24	0,107797879	0,215956809	13
62	24	58	0,215595758	0,521895621	19
63	27	69	0,242545228	0,620875825	10
64	15	77	0,134747349	0,692861428	9
65	62	77	0,556955708	0,692861428	20
66	49	73	0,440174672	0,656868626	25
67	67	5	0,601871491	0,044991002	25
68	56	39	0,503056769	0,350929814	36
69	37	47	0,332376794	0,422915417	6
70	37	56	0,332376794	0,50389922	5
71	57	68	0,512039925	0,611877624	15
72	47	16	0,422208359	0,143971206	25
73	44	17	0,39525889	0,152969406	9
74	46	13	0,413225203	0,116976605	8
75	49	11	0,440174672	0,098980204	18
76	49	42	0,440174672	0,377924415	13
77	53	43	0,476107299	0,386922615	14
78	61	52	0,547972551	0,467906419	3
79	57	48	0,512039925	0,431913617	23
80	56	37	0,503056769	0,332933413	6
81	55	54	0,494073612	0,485902819	26
82	15	47	0,134747349	0,422915417	16
83	14	37	0,125764192	0,332933413	11
84	11	31	0,098814722	0,278944211	7
85	16	22	0,143730505	0,197960408	41
86	4	18	0,035932626	0,161967606	35
87	28	18	0,251528384	0,161967606	26
88	26	52	0,233562071	0,467906419	9
89	26	35	0,233562071	0,314937013	15
90	31	67	0,278477854	0,602879424	3
91	15	19	0,134747349	0,170965807	1
92	22	22	0,197629445	0,197960408	2
93	18	24	0,161696818	0,215956809	22
94	26	27	0,233562071	0,24295141	27
95	25	24	0,224578915	0,215956809	20

TAB. 10.34 Problema adaptado do VPRNC10 CHRISTOFIDES (1979) (tabela 4)

Problema Teste: <b>VRPNC10</b>					
<b>Código</b>	<b>Coordenada X</b>	<b>Coordenada Y</b>	<b>Longitude</b>	<b>Latitude</b>	<b>Pedido</b>
96	22	27	0,197629445	0,24295141	11
97	25	21	0,224578915	0,188962208	12
98	19	21	0,170679975	0,188962208	10
99	20	26	0,179663132	0,233953209	9
100	18	18	0,161696818	0,161967606	17
101	37	52	0,332376794	0,467906419	7
102	49	49	0,440174672	0,440911818	30
103	52	64	0,467124142	0,575884823	16
104	20	26	0,179663132	0,233953209	9
105	40	30	0,359326263	0,269946011	21
106	21	47	0,188646288	0,422915417	15
107	17	63	0,152713662	0,566886623	19
108	31	62	0,278477854	0,557888422	23
109	52	33	0,467124142	0,296940612	11
110	51	21	0,458140986	0,188962208	5
111	42	41	0,377292576	0,368926215	19
112	31	32	0,278477854	0,287942412	29
113	5	25	0,044915783	0,224955009	23
114	12	42	0,107797879	0,377924415	21
115	36	16	0,323393637	0,143971206	10
116	52	41	0,467124142	0,368926215	15
117	27	23	0,242545228	0,206958608	3
118	17	33	0,152713662	0,296940612	41
119	13	13	0,116781036	0,116976605	9
120	57	58	0,512039925	0,521895621	28
121	62	42	0,556955708	0,377924415	8
122	42	57	0,377292576	0,512897421	8
123	16	57	0,143730505	0,512897421	16
124	8	52	0,071865253	0,467906419	10
125	7	38	0,062882096	0,341931614	28
126	27	68	0,242545228	0,611877624	7
127	30	48	0,269494697	0,431913617	15
128	43	67	0,386275733	0,602879424	14
129	58	48	0,521023082	0,431913617	6
130	58	27	0,521023082	0,24295141	19
131	37	69	0,332376794	0,620875825	11
132	38	46	0,34135995	0,413917217	12
133	46	10	0,413225203	0,089982004	23
134	61	33	0,547972551	0,296940612	26
135	62	63	0,556955708	0,566886623	17
136	63	69	0,565938865	0,620875825	6
137	32	22	0,287461011	0,197960408	9
138	45	35	0,404242046	0,314937013	15
139	59	15	0,530006238	0,134973005	14

TAB. 10.35 Problema adaptado do VPRNC10 CHRISTOFIDES (1979) (tabela 5)

Problema Teste: <b>VRPNC10</b>					
<b>Código</b>	<b>Coordenada X</b>	<b>Coordenada Y</b>	<b>Longitude</b>	<b>Latitude</b>	<b>Pedido</b>
140	5	6	0,044915783	0,053989202	7
141	10	17	0,089831566	0,152969406	27
142	21	10	0,188646288	0,089982004	13
143	5	64	0,044915783	0,575884823	11
144	30	15	0,269494697	0,134973005	16
145	39	10	0,350343107	0,089982004	10
146	32	39	0,287461011	0,350929814	5
147	25	32	0,224578915	0,287942412	25
148	25	55	0,224578915	0,49490102	17
149	48	28	0,431191516	0,25194961	18
150	56	37	0,503056769	0,332933413	10
151	22	22	0,197629445	0,197960408	18
152	36	26	0,323393637	0,233953209	26
153	21	45	0,188646288	0,404919016	11
154	45	35	0,404242046	0,314937013	30
155	55	20	0,494073612	0,179964007	21
156	33	34	0,296444167	0,305938812	19
157	50	50	0,449157829	0,449910018	15
158	55	45	0,494073612	0,404919016	16
159	26	59	0,233562071	0,530893821	29
160	40	66	0,359326263	0,593881224	26
161	55	65	0,494073612	0,584883023	37
162	35	51	0,31441048	0,458908218	16
163	62	35	0,556955708	0,314937013	12
164	62	57	0,556955708	0,512897421	31
165	62	24	0,556955708	0,215956809	8
166	21	36	0,188646288	0,323935213	19
167	33	44	0,296444167	0,395920816	20
168	9	56	0,080848409	0,50389922	13
169	62	48	0,556955708	0,431913617	15
170	66	14	0,592888334	0,125974805	22
171	44	13	0,39525889	0,116976605	28
172	26	13	0,233562071	0,116976605	12
173	11	28	0,098814722	0,25194961	6
174	7	43	0,062882096	0,386922615	27
175	17	64	0,152713662	0,575884823	14
176	41	46	0,36830942	0,413917217	18
177	55	34	0,494073612	0,305938812	17
178	35	16	0,31441048	0,143971206	29
179	52	26	0,467124142	0,233953209	13
180	43	26	0,386275733	0,233953209	22
181	31	76	0,278477854	0,683863227	25
182	22	53	0,197629445	0,476904619	28
183	26	29	0,233562071	0,26094781	27

TAB. 10.36 Problema adaptado do VPRNC10 CHRISTOFIDES (1979) (tabela 6)

Problema Teste: <b>VRPNC10</b>					
<b>Código</b>	<b>Coordenada X</b>	<b>Coordenada Y</b>	<b>Longitude</b>	<b>Latitude</b>	<b>Pedido</b>
184	50	40	0,449157829	0,359928014	19
185	55	50	0,494073612	0,449910018	10
186	54	10	0,485090455	0,089982004	12
187	60	15	0,538989395	0,134973005	14
188	47	66	0,422208359	0,593881224	24
189	30	60	0,269494697	0,539892022	16
190	30	50	0,269494697	0,449910018	33
191	12	17	0,107797879	0,152969406	15
192	15	14	0,134747349	0,125974805	11
193	16	19	0,143730505	0,170965807	18
194	21	48	0,188646288	0,431913617	17
195	50	30	0,449157829	0,269946011	21
196	51	42	0,458140986	0,377924415	27
197	50	15	0,449157829	0,134973005	19
198	48	21	0,431191516	0,188962208	20
199	12	38	0,107797879	0,341931614	5

TAB. 10.37 Problema adaptado do VPRNC11 CHRISTOFIDES (1979) (tabela 1)

Problema Teste: <b>VRPNC11</b>					
N° de Clientes: <b>120</b>					
Capacidade de cada Veículo: <b>200</b>					
Comprimento da rota: <b>Infinito</b>					
Tempo de serviço: <b>0 (não especificado)</b>					
<b>Código</b>	<b>Coordenada X</b>	<b>Coordenada Y</b>	<b>Longitude</b>	<b>Latitude</b>	<b>Pedido</b>
<b>CD</b>	<b>10</b>	<b>45</b>	<b>0,089831566</b>	<b>0,404919016</b>	<b>XXXXXXXX</b>
1	25	1	0,224578915	0,0089982	25
2	25	3	0,224578915	0,026994601	7
3	31	5	0,278477854	0,044991002	13
4	32	5	0,287461011	0,044991002	6
5	31	7	0,278477854	0,062987403	14
6	32	9	0,287461011	0,080983803	5
7	34	9	0,305427324	0,080983803	11
8	46	9	0,413225203	0,080983803	19
9	35	7	0,31441048	0,062987403	5
10	34	6	0,305427324	0,053989202	15
11	35	5	0,31441048	0,044991002	15
12	47	6	0,422208359	0,053989202	17
13	40	5	0,359326263	0,044991002	13
14	39	3	0,350343107	0,026994601	12
15	36	3	0,323393637	0,026994601	18
16	73	6	0,65577043	0,053989202	13

TAB. 10.38 Problema adaptado do VPRNC11 CHRISTOFIDES (1979) (tabela 2)

Problema Teste: <b>VRPNC11</b>						
<b>Código</b>	<b>Coordenada X</b>	<b>Coordenada Y</b>	<b>Longitude</b>	<b>Latitude</b>	<b>Pedido</b>	
17	73	8	0,65577043	0,071985603	18	
18	24	36	0,215595758	0,323935213	12	
19	76	6	0,6827199	0,053989202	17	
20	76	10	0,6827199	0,089982004	4	
21	76	13	0,6827199	0,116976605	7	
22	78	3	0,700686213	0,026994601	12	
23	78	9	0,700686213	0,080983803	13	
24	79	3	0,70966937	0,026994601	8	
25	79	5	0,70966937	0,044991002	16	
26	79	11	0,70966937	0,098980204	15	
27	82	3	0,73661884	0,026994601	6	
28	82	7	0,73661884	0,062987403	5	
29	90	15	0,808484092	0,134973005	9	
30	84	3	0,754585153	0,026994601	11	
31	84	5	0,754585153	0,044991002	10	
32	84	9	0,754585153	0,080983803	3	
33	85	1	0,763568309	0,0089982	7	
34	87	5	0,781534623	0,044991002	2	
35	85	8	0,763568309	0,071985603	4	
36	87	7	0,781534623	0,062987403	4	
37	86	41	0,772551466	0,368926215	18	
38	86	44	0,772551466	0,395920816	14	
39	86	46	0,772551466	0,413917217	12	
40	85	55	0,763568309	0,49490102	17	
41	89	43	0,799500936	0,386922615	20	
42	89	46	0,799500936	0,413917217	14	
43	89	52	0,799500936	0,467906419	16	
44	92	42	0,826450405	0,377924415	10	
45	92	52	0,826450405	0,467906419	9	
46	94	42	0,844416719	0,377924415	11	
47	94	44	0,844416719	0,395920816	7	
48	94	48	0,844416719	0,431913617	13	
49	96	42	0,862383032	0,377924415	5	
50	99	46	0,889332502	0,413917217	4	
51	99	50	0,889332502	0,449910018	21	
52	83	80	0,745601996	0,719856029	13	
53	83	83	0,745601996	0,74685063	11	
54	85	81	0,763568309	0,728854229	12	
55	85	85	0,763568309	0,764847031	14	
56	85	89	0,763568309	0,800839832	10	
57	87	80	0,781534623	0,719856029	8	
58	87	86	0,781534623	0,773845231	16	
59	90	77	0,808484092	0,692861428	19	
60	90	88	0,808484092	0,791841632	5	

TAB. 10.39 Problema adaptado do VPRNC11 CHRISTOFIDES (1979) (tabela 3)

Problema Teste: <b>VRPNC11</b>					
<b>Código</b>	<b>Coordenada X</b>	<b>Coordenada Y</b>	<b>Longitude</b>	<b>Latitude</b>	<b>Pedido</b>
61	93	82	0,835433562	0,73785243	17
62	93	84	0,835433562	0,75584883	7
63	93	89	0,835433562	0,800839832	16
64	94	86	0,844416719	0,773845231	14
65	95	80	0,853399875	0,719856029	17
66	99	89	0,889332502	0,800839832	13
67	37	83	0,332376794	0,74685063	17
68	50	80	0,449157829	0,719856029	13
69	35	85	0,31441048	0,764847031	14
70	35	87	0,31441048	0,782843431	16
71	44	86	0,39525889	0,773845231	7
72	46	89	0,413225203	0,800839832	13
73	46	83	0,413225203	0,74685063	9
74	46	87	0,413225203	0,782843431	11
75	46	89	0,413225203	0,800839832	35
76	48	83	0,431191516	0,74685063	5
77	50	85	0,449157829	0,764847031	28
78	50	88	0,449157829	0,791841632	7
79	54	86	0,485090455	0,773845231	3
80	54	90	0,485090455	0,809838032	10
81	10	35	0,089831566	0,314937013	7
82	10	40	0,089831566	0,359928014	12
83	18	30	0,161696818	0,269946011	11
84	17	35	0,152713662	0,314937013	10
85	16	38	0,143730505	0,341931614	8
86	14	40	0,125764192	0,359928014	11
87	15	42	0,134747349	0,377924415	21
88	11	42	0,098814722	0,377924415	4
89	18	40	0,161696818	0,359928014	15
90	21	39	0,188646288	0,350929814	16
91	20	40	0,179663132	0,359928014	4
92	18	41	0,161696818	0,368926215	16
93	20	44	0,179663132	0,395920816	7
94	22	44	0,197629445	0,395920816	10
95	16	45	0,143730505	0,404919016	9
96	20	45	0,179663132	0,404919016	11
97	25	45	0,224578915	0,404919016	17
98	30	55	0,269494697	0,49490102	12
99	20	50	0,179663132	0,449910018	11
100	22	51	0,197629445	0,458908218	7
101	18	49	0,161696818	0,440911818	9
102	16	48	0,143730505	0,431913617	11
103	20	55	0,179663132	0,49490102	12
104	18	53	0,161696818	0,476904619	7



TAB. 10.40 Problema adaptado do VPRNC11 CHRISTOFIDES (1979) (tabela 4)

Problema Teste: <b>VRPNC11</b>					
<b>Código</b>	<b>Coordenada X</b>	<b>Coordenada Y</b>	<b>Longitude</b>	<b>Latitude</b>	<b>Pedido</b>
105	14	50	0,125764192	0,449910018	8
106	15	51	0,134747349	0,458908218	6
107	16	54	0,143730505	0,485902819	5
108	28	33	0,251528384	0,296940612	12
109	33	38	0,296444167	0,341931614	13
110	30	50	0,269494697	0,449910018	7
111	13	40	0,116781036	0,359928014	7
112	15	36	0,134747349	0,323935213	8
113	18	31	0,161696818	0,278944211	11
114	25	37	0,224578915	0,332933413	13
115	30	46	0,269494697	0,413917217	11
116	25	52	0,224578915	0,467906419	10
117	16	33	0,143730505	0,296940612	7
118	25	35	0,224578915	0,314937013	4
119	5	40	0,044915783	0,359928014	20
120	5	50	0,044915783	0,449910018	13

TAB. 10.41 Problema adaptado do VPRNC12 CHRISTOFIDES (1979) (tabela 1)

Problema Teste: <b>VRPNC12</b>					
N° de Clientes: <b>100</b>					
Capacidade de cada Veículo: <b>200</b>					
Comprimento da rota: <b>Infinito</b>					
Tempo de serviço: <b>0 (não especificado)</b>					
<b>Código</b>	<b>Coordenada X</b>	<b>Coordenada Y</b>	<b>Longitude</b>	<b>Latitude</b>	<b>Pedido</b>
<b>CD</b>	<b>40</b>	<b>50</b>	<b>0,359326263</b>	<b>0,449910018</b>	<b>XXXXXXXX</b>
1	45	68	0,404242046	0,611877624	10
2	45	70	0,404242046	0,629874025	30
3	42	66	0,377292576	0,593881224	10
4	42	68	0,377292576	0,611877624	10
5	42	65	0,377292576	0,584883023	10
6	40	69	0,359326263	0,620875825	20
7	40	66	0,359326263	0,593881224	20
8	38	68	0,34135995	0,611877624	20
9	38	70	0,34135995	0,629874025	10
10	35	66	0,31441048	0,593881224	10
11	35	69	0,31441048	0,620875825	10
12	25	85	0,224578915	0,764847031	20
13	22	75	0,197629445	0,674865027	30
14	22	85	0,197629445	0,764847031	10
15	20	80	0,179663132	0,719856029	40
16	20	85	0,179663132	0,764847031	40

TAB. 10.42 Problema adaptado do VPRNC12 CHRISTOFIDES (1979) (tabela 2)

Problema Teste: <b>VRPNC12</b>					
<b>Código</b>	<b>Coordenada X</b>	<b>Coordenada Y</b>	<b>Longitude</b>	<b>Latitude</b>	<b>Pedido</b>
17	18	75	0,161696818	0,674865027	20
18	15	75	0,134747349	0,674865027	20
19	15	80	0,134747349	0,719856029	10
20	30	50	0,269494697	0,449910018	10
21	30	52	0,269494697	0,467906419	20
22	28	52	0,251528384	0,467906419	20
23	28	55	0,251528384	0,49490102	10
24	25	50	0,224578915	0,449910018	10
25	25	52	0,224578915	0,467906419	40
26	25	55	0,224578915	0,49490102	10
27	23	52	0,206612601	0,467906419	10
28	23	55	0,206612601	0,49490102	20
29	20	50	0,179663132	0,449910018	10
30	20	55	0,179663132	0,49490102	10
31	10	35	0,089831566	0,314937013	20
32	10	40	0,089831566	0,359928014	30
33	8	40	0,071865253	0,359928014	40
34	8	45	0,071865253	0,404919016	20
35	5	35	0,044915783	0,314937013	10
36	5	45	0,044915783	0,404919016	10
37	2	40	0,017966313	0,359928014	20
38	0	40	0	0,359928014	30
39	0	45	0	0,404919016	20
40	35	30	0,31441048	0,269946011	10
41	35	32	0,31441048	0,287942412	10
42	33	32	0,296444167	0,287942412	20
43	33	35	0,296444167	0,314937013	10
44	32	30	0,287461011	0,269946011	10
45	30	30	0,269494697	0,269946011	10
46	30	32	0,269494697	0,287942412	30
47	30	35	0,269494697	0,314937013	10
48	28	30	0,251528384	0,269946011	10
49	28	35	0,251528384	0,314937013	10
50	26	32	0,233562071	0,287942412	10
51	25	30	0,224578915	0,269946011	10
52	25	35	0,224578915	0,314937013	10
53	44	5	0,39525889	0,044991002	20
54	42	10	0,377292576	0,089982004	40
55	42	15	0,377292576	0,134973005	10
56	40	5	0,359326263	0,044991002	30
57	40	15	0,359326263	0,134973005	40
58	38	5	0,34135995	0,044991002	30
59	38	15	0,34135995	0,134973005	10
60	35	5	0,31441048	0,044991002	20

TAB. 10.43 Problema adaptado do VPRNC12 CHRISTOFIDES (1979) (tabela 3)

Problema Teste: <b>VPRNC12</b>					
<b>Código</b>	<b>Coordenada X</b>	<b>Coordenada Y</b>	<b>Longitude</b>	<b>Latitude</b>	<b>Pedido</b>
61	50	30	0,449157829	0,269946011	10
62	50	35	0,449157829	0,314937013	20
63	50	40	0,449157829	0,359928014	50
64	48	30	0,431191516	0,269946011	10
65	48	40	0,431191516	0,359928014	10
66	47	35	0,422208359	0,314937013	10
67	47	40	0,422208359	0,359928014	10
68	45	30	0,404242046	0,269946011	10
69	45	35	0,404242046	0,314937013	10
70	95	30	0,853399875	0,269946011	30
71	95	35	0,853399875	0,314937013	20
72	53	30	0,476107299	0,269946011	10
73	92	30	0,826450405	0,269946011	10
74	53	35	0,476107299	0,314937013	50
75	45	65	0,404242046	0,584883023	20
76	90	35	0,808484092	0,314937013	10
77	88	30	0,790517779	0,269946011	10
78	88	35	0,790517779	0,314937013	20
79	87	30	0,781534623	0,269946011	10
80	85	25	0,763568309	0,224955009	10
81	85	35	0,763568309	0,314937013	30
82	75	55	0,673736744	0,49490102	20
83	72	55	0,646787274	0,49490102	10
84	70	58	0,628820961	0,521895621	20
85	68	60	0,610854648	0,539892022	30
86	66	55	0,592888334	0,49490102	10
87	65	55	0,583905178	0,49490102	20
88	65	60	0,583905178	0,539892022	30
89	63	58	0,565938865	0,521895621	10
90	60	55	0,538989395	0,49490102	10
91	60	60	0,538989395	0,539892022	10
92	67	85	0,601871491	0,764847031	20
93	65	85	0,583905178	0,764847031	40
94	65	82	0,583905178	0,73785243	10
95	62	80	0,556955708	0,719856029	30
96	60	80	0,538989395	0,719856029	10
97	60	85	0,538989395	0,764847031	30
98	58	75	0,521023082	0,674865027	20
99	55	80	0,494073612	0,719856029	10
100	55	85	0,494073612	0,764847031	20

TAB. 10.44 Problema adaptado do VPRNC13 CHRISTOFIDES (1979) (tabela 1)

Problema Teste: <b>VRPNC13</b>					
N° de Clientes: <b>120</b>					
Capacidade de cada Veículo: <b>200</b>					
Comprimento da rota: <b>720</b>					
Tempo de serviço: <b>equivalente ao gasto de 50 unidades de comprimento</b>					
<b>Código</b>	<b>Coordenada X</b>	<b>Coordenada Y</b>	<b>Longitude</b>	<b>Latitude</b>	<b>Pedido</b>
<b>CD</b>	<b>10</b>	<b>45</b>	<b>0,089831566</b>	<b>0,404919016</b>	<b>XXXXXXXX</b>
1	25	1	0,224578915	0,0089982	25
2	25	3	0,224578915	0,026994601	7
3	31	5	0,278477854	0,044991002	13
4	32	5	0,287461011	0,044991002	6
5	31	7	0,278477854	0,062987403	14
6	32	9	0,287461011	0,080983803	5
7	34	9	0,305427324	0,080983803	11
8	46	9	0,413225203	0,080983803	19
9	35	7	0,31441048	0,062987403	5
10	34	6	0,305427324	0,053989202	15
11	35	5	0,31441048	0,044991002	15
12	47	6	0,422208359	0,053989202	17
13	40	5	0,359326263	0,044991002	13
14	39	3	0,350343107	0,026994601	12
15	36	3	0,323393637	0,026994601	18
16	73	6	0,65577043	0,053989202	13
17	73	8	0,65577043	0,071985603	18
18	24	36	0,215595758	0,323935213	12
19	76	6	0,6827199	0,053989202	17
20	76	10	0,6827199	0,089982004	4
21	76	13	0,6827199	0,116976605	7
22	78	3	0,700686213	0,026994601	12
23	78	9	0,700686213	0,080983803	13
24	79	3	0,70966937	0,026994601	8
25	79	5	0,70966937	0,044991002	16
26	79	11	0,70966937	0,098980204	15
27	82	3	0,73661884	0,026994601	6
28	82	7	0,73661884	0,062987403	5
29	90	15	0,808484092	0,134973005	9
30	84	3	0,754585153	0,026994601	11
31	84	5	0,754585153	0,044991002	10
32	84	9	0,754585153	0,080983803	3
33	85	1	0,763568309	0,0089982	7
34	87	5	0,781534623	0,044991002	2
35	85	8	0,763568309	0,071985603	4
36	87	7	0,781534623	0,062987403	4
37	86	41	0,772551466	0,368926215	18
38	86	44	0,772551466	0,395920816	14

TAB. 10.45 Problema adaptado do VPRNC13 CHRISTOFIDES (1979) (tabela 2)

Problema Teste: <b>VRPNC13</b>					
<b>Código</b>	<b>Coordenada X</b>	<b>Coordenada Y</b>	<b>Longitude</b>	<b>Latitude</b>	<b>Pedido</b>
39	86	46	0,772551466	0,413917217	12
40	85	55	0,763568309	0,49490102	17
41	89	43	0,799500936	0,386922615	20
42	89	46	0,799500936	0,413917217	14
43	89	52	0,799500936	0,467906419	16
44	92	42	0,826450405	0,377924415	10
45	92	52	0,826450405	0,467906419	9
46	94	42	0,844416719	0,377924415	11
47	94	44	0,844416719	0,395920816	7
48	94	48	0,844416719	0,431913617	13
49	96	42	0,862383032	0,377924415	5
50	99	46	0,889332502	0,413917217	4
51	99	50	0,889332502	0,449910018	21
52	83	80	0,745601996	0,719856029	13
53	83	83	0,745601996	0,74685063	11
54	85	81	0,763568309	0,728854229	12
55	85	85	0,763568309	0,764847031	14
56	85	89	0,763568309	0,800839832	10
57	87	80	0,781534623	0,719856029	8
58	87	86	0,781534623	0,773845231	16
59	90	77	0,808484092	0,692861428	19
60	90	88	0,808484092	0,791841632	5
61	93	82	0,835433562	0,73785243	17
62	93	84	0,835433562	0,75584883	7
63	93	89	0,835433562	0,800839832	16
64	94	86	0,844416719	0,773845231	14
65	95	80	0,853399875	0,719856029	17
66	99	89	0,889332502	0,800839832	13
67	37	83	0,332376794	0,74685063	17
68	50	80	0,449157829	0,719856029	13
69	35	85	0,31441048	0,764847031	14
70	35	87	0,31441048	0,782843431	16
71	44	86	0,39525889	0,773845231	7
72	46	89	0,413225203	0,800839832	13
73	46	83	0,413225203	0,74685063	9
74	46	87	0,413225203	0,782843431	11
75	46	89	0,413225203	0,800839832	35
76	48	83	0,431191516	0,74685063	5
77	50	85	0,449157829	0,764847031	28
78	50	88	0,449157829	0,791841632	7
79	54	86	0,485090455	0,773845231	3
80	54	90	0,485090455	0,809838032	10
81	10	35	0,089831566	0,314937013	7
82	10	40	0,089831566	0,359928014	12

TAB. 10.46 Problema adaptado do VPRNC13 CHRISTOFIDES (1979) (tabela 3)

Problema Teste: <b>VRPNC13</b>					
<b>Código</b>	<b>Coordenada X</b>	<b>Coordenada Y</b>	<b>Longitude</b>	<b>Latitude</b>	<b>Pedido</b>
83	18	30	0,161696818	0,269946011	11
84	17	35	0,152713662	0,314937013	10
85	16	38	0,143730505	0,341931614	8
86	14	40	0,125764192	0,359928014	11
87	15	42	0,134747349	0,377924415	21
88	11	42	0,098814722	0,377924415	4
89	18	40	0,161696818	0,359928014	15
90	21	39	0,188646288	0,350929814	16
91	20	40	0,179663132	0,359928014	4
92	18	41	0,161696818	0,368926215	16
93	20	44	0,179663132	0,395920816	7
94	22	44	0,197629445	0,395920816	10
95	16	45	0,143730505	0,404919016	9
96	20	45	0,179663132	0,404919016	11
97	25	45	0,224578915	0,404919016	17
98	30	55	0,269494697	0,49490102	12
99	20	50	0,179663132	0,449910018	11
100	22	51	0,197629445	0,458908218	7
101	18	49	0,161696818	0,440911818	9
102	16	48	0,143730505	0,431913617	11
103	20	55	0,179663132	0,49490102	12
104	18	53	0,161696818	0,476904619	7
105	14	50	0,125764192	0,449910018	8
106	15	51	0,134747349	0,458908218	6
107	16	54	0,143730505	0,485902819	5
108	28	33	0,251528384	0,296940612	12
109	33	38	0,296444167	0,341931614	13
110	30	50	0,269494697	0,449910018	7
111	13	40	0,116781036	0,359928014	7
112	15	36	0,134747349	0,323935213	8
113	18	31	0,161696818	0,278944211	11
114	25	37	0,224578915	0,332933413	13
115	30	46	0,269494697	0,413917217	11
116	25	52	0,224578915	0,467906419	10
117	16	33	0,143730505	0,296940612	7
118	25	35	0,224578915	0,314937013	4
119	5	40	0,044915783	0,359928014	20
120	5	50	0,044915783	0,449910018	13

TAB. 10.47 Problema adaptado do VPRNC14 CHRISTOFIDES (1979) (tabela 1)

Problema Teste: <b>VRPNC14</b>						
N° de Clientes: <b>100</b>						
Capacidade de cada Veículo: <b>200</b>						
Comprimento da rota: <b>1040</b>						
Tempo de serviço: <b>equivalente ao gasto de 90 unidades de comprimento</b>						
<b>Código</b>	<b>Coordenada X</b>	<b>Coordenada Y</b>	<b>Longitude</b>	<b>Latitude</b>	<b>Pedido</b>	
<b>CD</b>	<b>40</b>	<b>50</b>	<b>0,359326263</b>	<b>0,449910018</b>	<b>XXXXXXXX</b>	
1	45	68	0,404242046	0,611877624	10	
2	45	70	0,404242046	0,629874025	30	
3	42	66	0,377292576	0,593881224	10	
4	42	68	0,377292576	0,611877624	10	
5	42	65	0,377292576	0,584883023	10	
6	40	69	0,359326263	0,620875825	20	
7	40	66	0,359326263	0,593881224	20	
8	38	68	0,34135995	0,611877624	20	
9	38	70	0,34135995	0,629874025	10	
10	35	66	0,31441048	0,593881224	10	
11	35	69	0,31441048	0,620875825	10	
12	25	85	0,224578915	0,764847031	20	
13	22	75	0,197629445	0,674865027	30	
14	22	85	0,197629445	0,764847031	10	
15	20	80	0,179663132	0,719856029	40	
16	20	85	0,179663132	0,764847031	40	
17	18	75	0,161696818	0,674865027	20	
18	15	75	0,134747349	0,674865027	20	
19	15	80	0,134747349	0,719856029	10	
20	30	50	0,269494697	0,449910018	10	
21	30	52	0,269494697	0,467906419	20	
22	28	52	0,251528384	0,467906419	20	
23	28	55	0,251528384	0,49490102	10	
24	25	50	0,224578915	0,449910018	10	
25	25	52	0,224578915	0,467906419	40	
26	25	55	0,224578915	0,49490102	10	
27	23	52	0,206612601	0,467906419	10	
28	23	55	0,206612601	0,49490102	20	
29	20	50	0,179663132	0,449910018	10	
30	20	55	0,179663132	0,49490102	10	
31	10	35	0,089831566	0,314937013	20	
32	10	40	0,089831566	0,359928014	30	
33	8	40	0,071865253	0,359928014	40	
34	8	45	0,071865253	0,404919016	20	
35	5	35	0,044915783	0,314937013	10	
36	5	45	0,044915783	0,404919016	10	
37	2	40	0,017966313	0,359928014	20	
38	0	40	0	0,359928014	30	

TAB. 10.48 Problema adaptado do VPRNC14 CHRISTOFIDES (1979) (tabela 2)

Problema Teste: <b>VRPNC14</b>					
<b>Código</b>	<b>Coordenada X</b>	<b>Coordenada Y</b>	<b>Longitude</b>	<b>Latitude</b>	<b>Pedido</b>
39	0	45	0	0,404919016	20
40	35	30	0,31441048	0,269946011	10
41	35	32	0,31441048	0,287942412	10
42	33	32	0,296444167	0,287942412	20
43	33	35	0,296444167	0,314937013	10
44	32	30	0,287461011	0,269946011	10
45	30	30	0,269494697	0,269946011	10
46	30	32	0,269494697	0,287942412	30
47	30	35	0,269494697	0,314937013	10
48	28	30	0,251528384	0,269946011	10
49	28	35	0,251528384	0,314937013	10
50	26	32	0,233562071	0,287942412	10
51	25	30	0,224578915	0,269946011	10
52	25	35	0,224578915	0,314937013	10
53	44	5	0,39525889	0,044991002	20
54	42	10	0,377292576	0,089982004	40
55	42	15	0,377292576	0,134973005	10
56	40	5	0,359326263	0,044991002	30
57	40	15	0,359326263	0,134973005	40
58	38	5	0,34135995	0,044991002	30
59	38	15	0,34135995	0,134973005	10
60	35	5	0,31441048	0,044991002	20
61	50	30	0,449157829	0,269946011	10
62	50	35	0,449157829	0,314937013	20
63	50	40	0,449157829	0,359928014	50
64	48	30	0,431191516	0,269946011	10
65	48	40	0,431191516	0,359928014	10
66	47	35	0,422208359	0,314937013	10
67	47	40	0,422208359	0,359928014	10
68	45	30	0,404242046	0,269946011	10
69	45	35	0,404242046	0,314937013	10
70	95	30	0,853399875	0,269946011	30
71	95	35	0,853399875	0,314937013	20
72	53	30	0,476107299	0,269946011	10
73	92	30	0,826450405	0,269946011	10
74	53	35	0,476107299	0,314937013	50
75	45	65	0,404242046	0,584883023	20
76	90	35	0,808484092	0,314937013	10
77	88	30	0,790517779	0,269946011	10
78	88	35	0,790517779	0,314937013	20
79	87	30	0,781534623	0,269946011	10
80	85	25	0,763568309	0,224955009	10
81	85	35	0,763568309	0,314937013	30



TAB. 10.49 Problema adaptado do VPRNC14 CHRISTOFIDES (1979) (tabela 2)

Problema Teste: <b>VRPNC14</b>					
<b>Código</b>	<b>Coordenada X</b>	<b>Coordenada Y</b>	<b>Longitude</b>	<b>Latitude</b>	<b>Pedido</b>
82	75	55	0,673736744	0,49490102	20
83	72	55	0,646787274	0,49490102	10
84	70	58	0,628820961	0,521895621	20
85	68	60	0,610854648	0,539892022	30
86	66	55	0,592888334	0,49490102	10
87	65	55	0,583905178	0,49490102	20
88	65	60	0,583905178	0,539892022	30
89	63	58	0,565938865	0,521895621	10
90	60	55	0,538989395	0,49490102	10
91	60	60	0,538989395	0,539892022	10
92	67	85	0,601871491	0,764847031	20
93	65	85	0,583905178	0,764847031	40
94	65	82	0,583905178	0,73785243	10
95	62	80	0,556955708	0,719856029	30
96	60	80	0,538989395	0,719856029	10
97	60	85	0,538989395	0,764847031	30
98	58	75	0,521023082	0,674865027	20
99	55	80	0,494073612	0,719856029	10
100	55	85	0,494073612	0,764847031	20

10.2 APÊNDICE 2: LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE PARADA E DO CENTRO DE DISTRIBUIÇÃO NOS PROBLEMAS FORMULADOS POR CHRISTOFIDES *ET AL* (1979)

As figuras a seguir estão de acordo com a legenda apresentada abaixo:

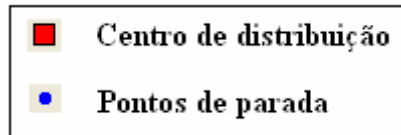


FIG. 10.1 Legenda para as ilustrações pertencentes a este apêndice

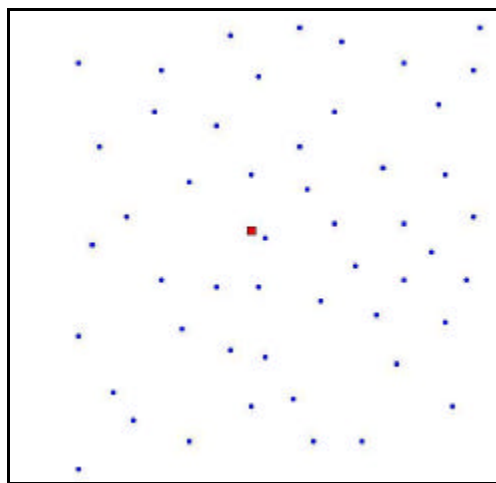


FIG. 10.2 VPRNC 1 e 6

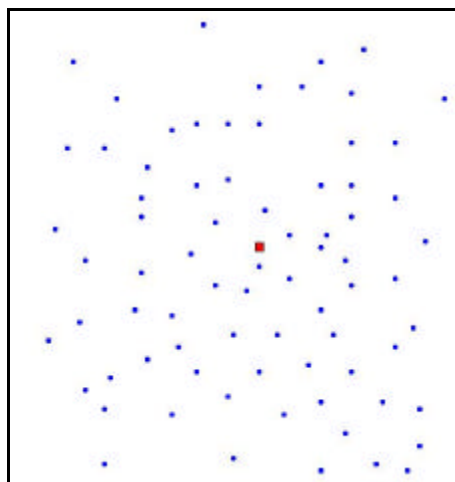


FIG. 10.3 VPRNC 2 e 7

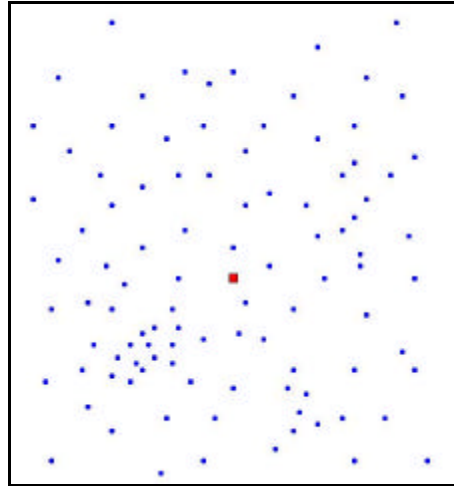


FIG. 10.4 VPRNC 3 e 8

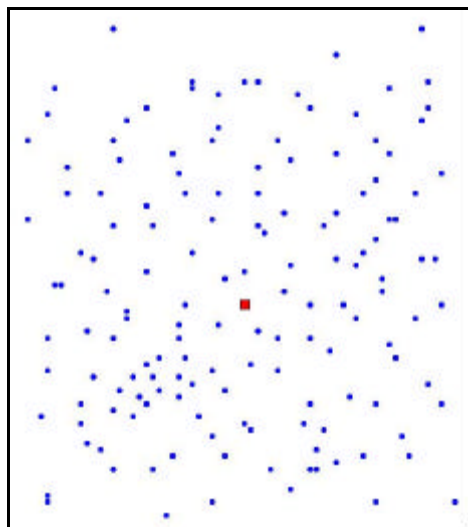


FIG. 10.5 VPRNC 4 e 9

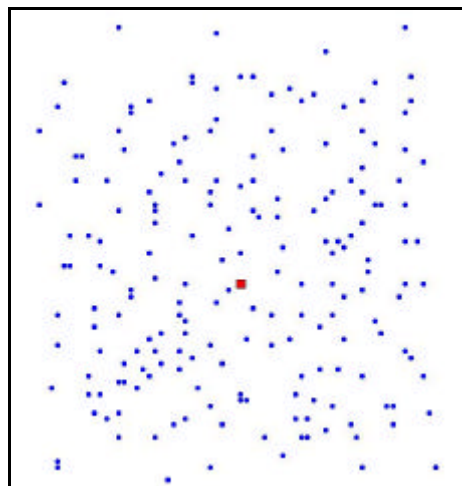


FIG. 10.6 VPRNC 5 e 10

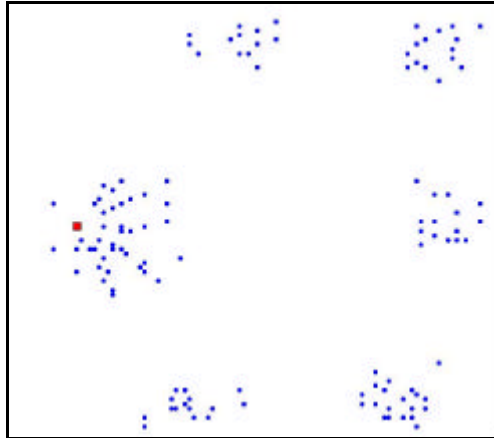


FIG. 10.7 VPRNC 11 e 13

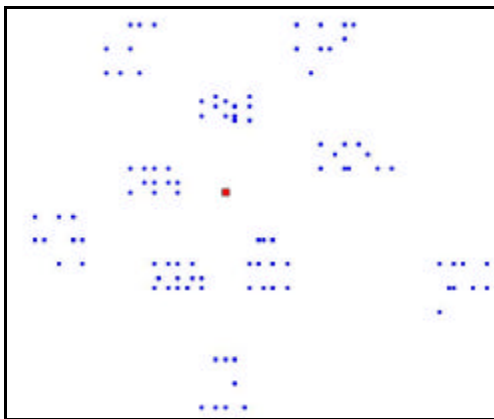


FIG. 10.8 VPRNC 12 e 14

10.3 APÊNDICE 3: RESULTADOS OBTIDOS COM OS MÉTODOS E OS MELHORES RESULTADOS ENCONTRADOS PARA OS PROBLEMAS FORMULADOS POR CHRISTOFIDES *ET AL* (1979)

10.3.1 Resultados Obtidos para o Problema VPRNC1

TAB. 10.50 Resultados obtidos com o método CLARK and WRIGHT para o VPRNC1

<b>Resultados obtidos com o método CLARK and WRIGHT</b>				
ID	ChassiCaminhao	Carga	DistanciaTotal(KM)	Folga
3042	11	156	118,18	4
3043	2	160	145,45	0
3044	4	154	147,51	6
3045	3	146	70,32	14
3046	5	86	63,02	74
3047	6	75	39,59	85
<b>TOTAL</b>		<b>777</b>	<b>584,07</b>	<b>183</b>

TAB. 10.51 Roteiros gerados com o método CLARK and WRIGHT para o VPRNC1

<b>Roteiros gerados com o método CLARK and WRIGHT</b>						
Ordem	1111	22	33	44	55	66
1	CD	CD	CD	CD	CD	CD
2	17	49	32	1	27	18
3	37	10	11	22	8	4
4	44	9	2	20	48	47
5	42	50	16	35	23	CD
6	19	29	38	36	6	
7	40	21	5	3	CD	
8	41	34	12	28		
9	13	30	46	31		
10	25	39	CD	26		
11	14	33		7		
12	CD	45		43		
13		15		24		
14		CD		CD		

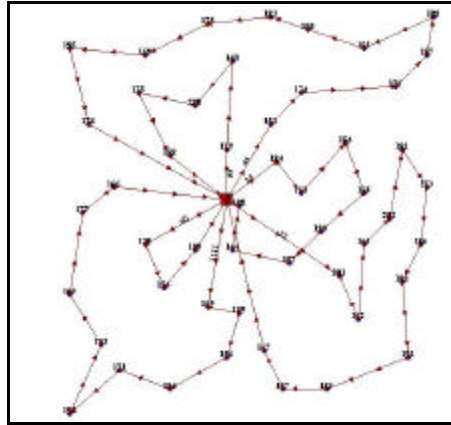


FIG. 10.9 Roteiros para o problema VPRNC 1 utilizando o método de CLARK and WRIGHT

TAB. 10.52 Resultados obtidos com o método CLARK and WRIGHT e OPT-2 para o VPRNC1

Resultados obtidos com o método CLARK and WRIGHT e OPT-2				
ID	ChassiCaminhao	Carga	DistanciaTotal(KM)	Folga
3048	11	156	118,18	4
3049	2	160	145,45	0
3050	4	154	147,51	6
3051	3	146	70,32	14
3052	5	86	63,02	74
3053	6	75	39,59	85
<b>TOTAL</b>		<b>777</b>	<b>584,07</b>	<b>183</b>

TAB. 10.53 Roteiros gerados com o método CLARK and WRIGHT e OPT-2 para o VPRNC1

Roteiros gerados com o método CLARK and WRIGHT e OPT-2						
Ordem	1111	22	33	44	55	66
1	CD	CD	CD	CD	CD	CD
2	17	49	32	1	27	18
3	37	10	11	22	8	4
4	44	9	2	20	48	47
5	42	50	16	35	23	CD
6	19	29	38	36	6	
7	40	21	5	3	CD	
8	41	34	12	28		
9	13	30	46	31		
10	25	39	CD	26		
11	14	33		7		
12	CD	45		43		
13		15		24		
14		CD		CD		

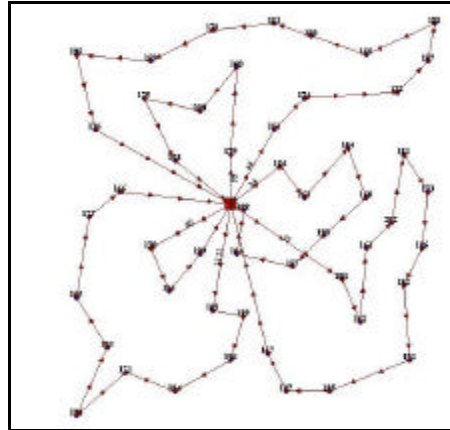


FIG. 10.10 Roteiros para o problema VPRNC 1 utilizando o método de CLARK and WRIGHT e OPT-2

TAB. 10.54 Resultados obtidos com o método SWEEP para o VPRNC1

<b>Resultados obtidos com o método SWEEP</b>				
ID	ChassiCaminhao	Carga	DistanciaTotal(KM)	Folga
3054	11	151	214,49	9
3055	2	157	207,21	3
3056	4	140	221,79	20
3057	3	150	107,62	10
3058	5	155	158,13	5
3059	6	24	65,52	136
<b>TOTAL</b>		<b>777</b>	<b>974,76</b>	<b>183</b>

TAB. 10.55 Roteiros gerados com o método SWEEP para o VPRNC1

<b>Roteiros gerados com o método SWEEP</b>						
Ordem	1111	22	33	44	55	66
1	CD	CD	CD	CD	CD	CD
2	36	34	41	45	6	22
3	32	9	13	15	43	3
4	35	38	18	12	23	CD
5	20	30	25	37	7	
6	2	46	14	44	48	
7	29	49	24	17	26	
8	11	39	CD	42	27	
9	21	10		47	8	
10	16	5		19	31	
11	50	33		4	28	
12	CD	CD		40	1	
13				CD	CD	

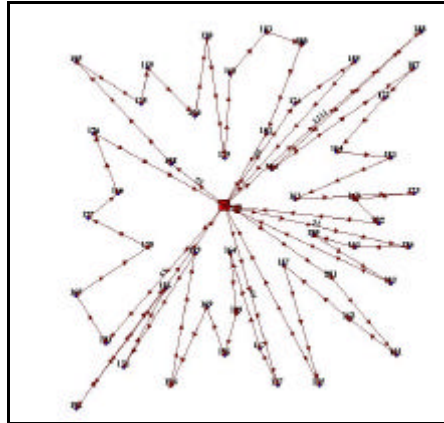


FIG. 10.11 Roteiros para o problema VPRNC 1 utilizando o método SWEEP

TAB. 10.56 Resultados obtidos com o método SWEEP e OPT-2 para o VPRNC1

<b>Resultados obtidos com o método SWEEP e OPT-2</b>				
ID	ChassiCaminhao	Carga	DistanciaTotal(KM)	Folga
3120	11	151	122,75	9
3121	2	157	112,3	3
3122	4	140	141,94	20
3123	3	150	96,97	10
3124	5	155	140,13	5
3125	6	24	65,52	136
<b>TOTAL</b>		<b>777</b>	<b>679,61</b>	<b>183</b>

TAB. 10.57 Roteiros gerados com o método SWEEP e OPT-2 para o VPRNC1

<b>Roteiros gerados com o método SWEEP e OPT-2</b>						
Ordem	1111	22	33	44	55	66
1	CD	CD	CD	CD	CD	CD
2	20	5	18	37	6	22
3	36	49	41	15	23	3
4	35	33	13	45	43	CD
5	29	39	25	44	7	
6	21	10	14	17	26	
7	50	30	24	47	48	
8	16	34	CD	4	27	
9	2	9		19	8	
10	11	38		40	31	
11	32	46		42	28	
12	CD	CD		12	1	
13				CD	CD	



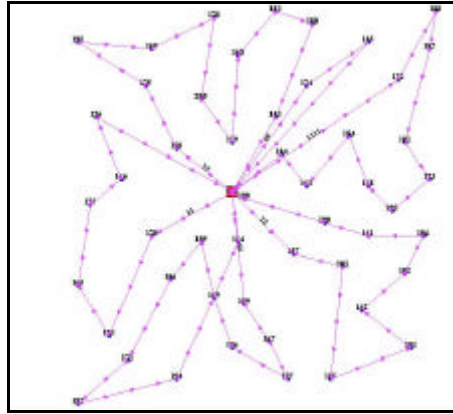


FIG. 10.12 Roteiros para o problema VPRNC 1 utilizando o método SWEEP e OPT-2

TAB. 10.58 Melhores resultados encontrados na literatura para o VPRNC1

<b>Melhores resultados encontrados na literatura</b>				
ID	ChassiCaminhao	Carga	DistanciaTotal(KM)	Folga
3126	11	158	103,87	2
3127	2	154	103,06	6
3128	4	154	119,84	6
3129	3	152	98,37	8
3130	5	159	99,17	1
<b>TOTAL</b>		<b>777</b>	<b>524,31</b>	<b>23</b>

TAB. 10.59 Melhores roteiros encontrados na literatura para o VPRNC1

<b>Melhores roteiros encontrados na literatura</b>					
Ordem	1111	22	33	44	55
1	CD	CD	CD	CD	CD
2	5	47	6	46	11
3	49	4	14	32	16
4	10	42	25	1	2
5	39	19	24	22	29
6	33	40	43	20	21
7	45	41	7	35	50
8	15	13	23	36	34
9	44	18	48	3	30
10	37	CD	8	28	9
11	17		CD	31	38
12	12			26	CD
13	CD			27	
14				CD	

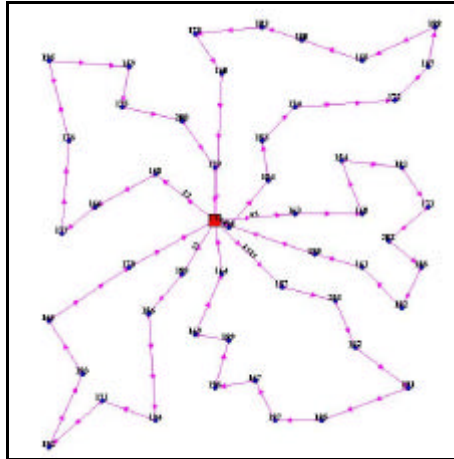


FIG. 10.13 Melhores roteiros encontrados na literatura para o problema VPRNC 1

### 10.3.2 Resultados Obtidos para o Problema VPRNC2

TAB. 10.60 Resultados obtidos com o método CLARK and WRIGHT para o VPRNC2

<b>Resultados obtidos com o método CLARK and WRIGHT</b>				
<b>ID</b>	<b>ChassiCaminhao</b>	<b>Carga</b>	<b>DistanciaTotal(KM)</b>	<b>Folga</b>
3136	11	136	115,69	4
3137	2	131	126,5	9
3138	4	138	97,1	2
3139	3	140	139,85	0
3140	5	134	63,15	6
3141	6	140	90,73	0
3142	7	139	97,98	1
3143	8	137	71,89	3
3144	1	136	49,53	4
3145	10	133	54,01	7
<b>TOTAL</b>		<b>1364</b>	<b>906,43</b>	<b>36</b>

TAB. 10.61 Roteiros gerados com o método CLARK and WRIGHT para o VPRNC2

Roteiros gerados com o método CLARK and WRIGHT										
Ordem	1010	11	1111	22	33	44	55	66	77	88
1	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD
2	6	75	13	61	72	14	3	48	7	68
3	17	45	57	22	10	59	44	5	35	30
4	12	29	15	64	31	66	32	21	8	74
5	26	27	37	42	25	65	9	28	54	2
6	67	52	20	41	55	11	39	62	19	33
7	4	46	70	43	18	CD	40	1	53	63
8	CD	34	60	56	50		CD	73	38	16
9		CD	71	23	24			CD	58	51
10			69	CD	49				CD	CD
11			36		CD					
12			47							
13			CD							

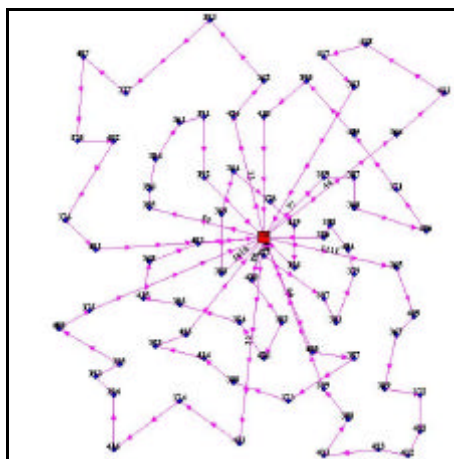


FIG. 10.14 Roteiros para o problema VPRNC 2 utilizando o método de CLARK and WRIGHT

TAB. 10.62 Resultados obtidos com o método CLARK and WRIGHT e OPT-2 para o VPRNC2

Resultados obtidos com o método CLARK and WRIGHT e OPT-2				
ID	ChassiCaminhao	Carga	DistanciaTotal(KM)	Folga
3146	11	136	115,69	4
3147	2	131	125,72	9
3148	4	138	97,1	2
3149	3	140	135,33	0
3150	5	134	63,15	6
3151	6	140	90,73	0
3152	7	139	97,98	1
3153	8	137	71,89	3
3154	1	136	49,53	4
3155	10	133	54,01	7
<b>TOTAL</b>		<b>1364</b>	<b>901,13</b>	<b>36</b>

TAB. 10.63 Roteiros gerados com o método CLARK and WRIGHT e OPT-2 para o VPRNC2

Roteiros gerados com o método CLARK and WRIGHT e OPT-2										
Ordem	1010	11	1111	22	33	44	55	66	77	88
1	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD
2	6	75	13	61	72	14	3	48	7	68
3	17	45	57	22	10	59	44	5	35	30
4	12	29	15	64	31	66	32	21	8	74
5	26	27	37	42	55	65	9	28	54	2
6	67	52	20	43	25	11	39	62	19	33
7	4	46	70	41	50	CD	40	1	53	63
8	CD	34	60	56	18		CD	73	38	16
9		CD	71	23	24			CD	58	51
10			69	CD	49				CD	CD
11			36		CD					
12			47							
13			CD							

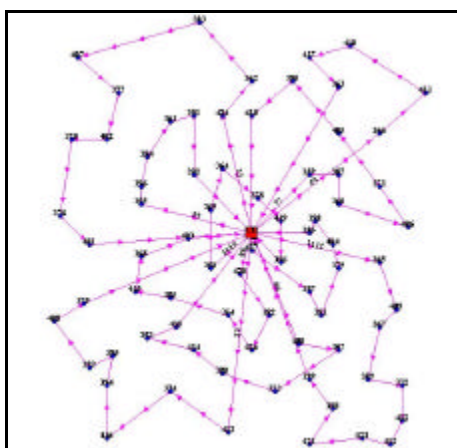


FIG. 10.15 Roteiros para o problema VPRNC 2 utilizando o método DE CLARK and WRIGHT e OPT-2

TAB. 10.64 Resultados obtidos com o método SWEEP para o VPRNC2

Resultados obtidos com o método SWEEP				
ID	ChassiCaminhao	Carga	DistanciaTotal(KM)	Folga
3156	11	135	149,48	5
3157	2	130	115,84	10
3158	4	115	184,18	25
3159	3	133	122,9	7
3160	5	111	115,15	29
3161	6	116	105,91	24
3162	7	123	128,15	17
3163	8	135	122,87	5
3164	1	129	92,17	11
3165	10	127	127,89	13
3166	20	110	96,63	30
<b>TOTAL</b>		<b>1364</b>	<b>1361,17</b>	<b>176</b>

TAB. 10.65 Roteiros gerados com o método SWEEP para o VPRNC2

<b>Roteiros gerados com o método SWEEP</b>											
Ordem	1010	11	1111	2020	22	33	44	55	66	77	88
1	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD
2	54	14	60	45	75	33	64	3	40	31	66
3	34	35	71	4	61	63	73	44	55	10	11
4	52	67	36	29	28	56	42	18	25	58	53
5	13	19	48	70	68	23	1	17	9	26	7
6	27	8	47	37	2	16	43	50	39	38	59
7	57	46	69	5	62	51	6	32	12	65	CD
8	15	CD	30	CD	22	49	41	CD	72	CD	
9	20		21		CD	24	CD		CD		
10	CD		74			CD					
11			CD								

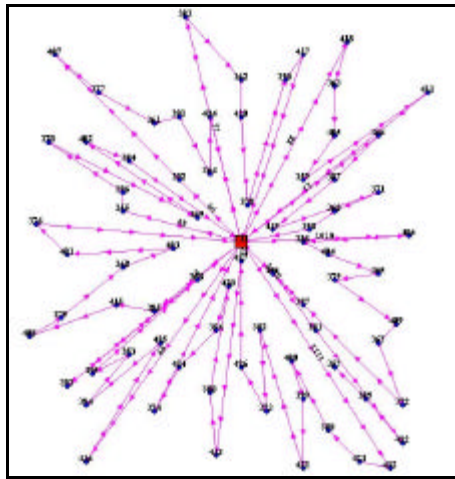


FIG. 10.16 Roteiros para o problema VPRNC 2 utilizando o método SWEEP

TAB. 10.66 Resultados obtidos com o método SWEEP e OPT-2 para o VPRNC2

<b>Resultados obtidos com o método SWEEP e OPT-2</b>				
ID	ChassiCaminhao	Carga	DistanciaTotal(KM)	Folga
3167	11	135	98,99	5
3168	2	130	78,06	10
3169	4	115	93,63	25
3170	3	133	102,31	7
3171	5	111	73,21	29
3172	6	116	92	24
3173	7	123	91,4	17
3174	8	135	90,92	5
3175	1	129	60,8	11
3176	10	127	98,54	13
3177	20	110	82,65	30
<b>TOTAL</b>		<b>1364</b>	<b>962,51</b>	<b>176</b>

TAB. 10.67 Roteiros gerados com o método SWEEP e OPT-2 para o VRPNC2

Roteiros gerados com o método SWEEP e OPT-2											
Ordem	1010	11	1111	2020	22	33	44	55	66	77	88
1	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD
2	34	67	48	4	28	51	64	32	40	26	7
3	52	35	47	45	61	16	42	50	25	58	53
4	27	14	36	29	22	33	41	18	55	10	59
5	13	19	60	70	62	63	43	44	9	31	66
6	54	8	71	37	2	23	1	3	39	65	11
7	57	46	69	5	68	56	73	17	72	38	CD
8	20	CD	21	CD	75	24	6	CD	12	CD	
9	15		74		CD	49	CD		CD		
10	CD		30			CD					
11			CD								

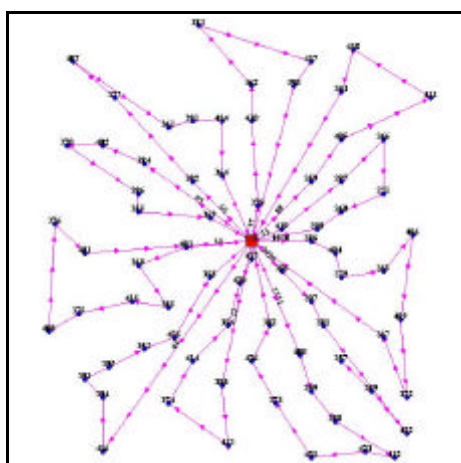


FIG. 10.17 Roteiros para o problema VRPNC 2 utilizando o método SWEEP e OPT-2

TAB. 10.68 Melhores resultados encontrados na literatura para o VRPNC2

Melhores resultados encontrados na literatura				
ID	ChassiCaminhao	Carga	DistanciaTotal(KM)	Folga
3178	11	140	92,54	0
3179	2	140	117,37	0
3180	4	128	77,92	12
3181	3	138	65,55	2
3182	5	135	85,26	5
3183	6	135	103,22	5
3184	7	140	74,38	0
3186	8	135	82,7	5
3188	1	138	99,92	2
3190	10	135	37,72	5
<b>TOTAL</b>		<b>1364</b>	<b>836,58</b>	<b>36</b>

TAB. 10.69 Melhores roteiros encontrados na literatura para o VPRNC2

Melhores roteiros encontrados na literatura										
Ordem	88	1111	1010	11	22	33	44	55	66	77
1	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD
2	45	6	67	51	10	12	11	26	29	30
3	5	33	34	73	31	72	66	7	37	74
4	15	63	52	1	25	39	65	53	20	21
5	57	23	27	43	55	9	38	14	70	61
6	13	56	4	41	18	32	58	59	60	28
7	54	24	75	42	50	44	CD	19	71	2
8	8	49	CD	64	40	3		35	69	68
9	46	16		22	CD	17		CD	36	CD
10	CD	CD		62		CD			47	
11				CD					48	
12									CD	

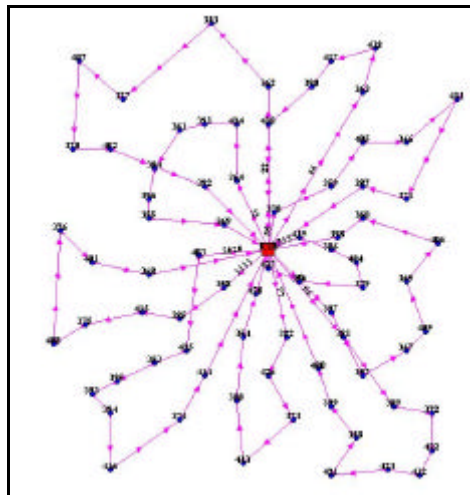


FIG. 10.18 Melhores roteiros encontrados na literatura para o problema VPRNC 2

### 10.3.3 Resultados Obtidos para o Problema VPRNC3

TAB. 10.70 Resultados obtidos com o método CLARK and WRIGHT para o VPRNC3

Resultados obtidos com o método CLARK and WRIGHT				
ID	ChassiCaminhao	Carga	DistanciaTotal(KM)	Folga
3178	11	198	169,92	2
3179	2	196	142,84	4
3180	4	196	140,8	4
3181	3	200	127,66	0
3182	5	193	118,01	7
3183	6	196	87,17	4
3184	7	192	75	8
3185	8	87	41,25	113
<b>TOTAL</b>		<b>1458</b>	<b>902,65</b>	<b>142</b>

TAB. 10.71 Roteiros gerados com o método CLARK and WRIGHT para o VPRNC3

Roteiros gerados com o método CLARK and WRIGHT								
Ordem	1111	22	33	44	55	66	77	88
1	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD
2	48	70	42	74	69	26	6	13
3	19	30	15	41	1	12	94	58
4	11	51	43	22	31	76	95	53
5	32	20	14	75	10	77	96	28
6	90	66	44	56	62	68	99	27
7	63	71	38	23	88	80	59	CD
8	64	65	86	67	7	54	93	
9	49	35	16	39	82	4	98	
10	36	34	61	25	8	72	37	
11	47	78	85	55	83	73	92	
12	46	9	91	24	60	21	97	
13	45	81	100	29	5	40	87	
14	17	33	CD	79	18	CD	57	
15	84	50		3	52		2	
16	CD	CD		CD	89		CD	
17					CD			

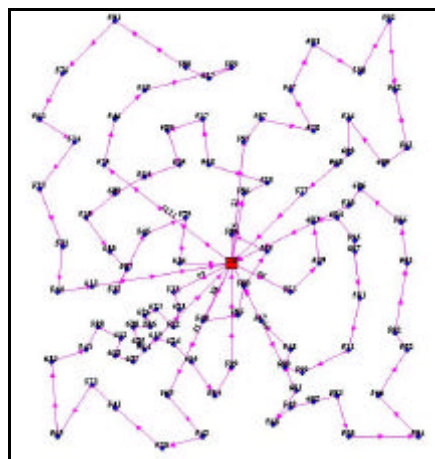


FIG. 10.19 Roteiros para o problema VPRNC 3 utilizando o método de CLARK and WRIGHT

TAB. 10.72 Resultados obtidos com o método CLARK and WRIGHT e OPT-2 para o VPRNC3

Resultados obtidos com o método CLARK and WRIGHT e OPT-2				
ID	ChassiCaminhao	Carga	DistanciaTotal(KM)	Folga
3202	11	198	169,1	2
3203	2	196	141,64	4
3204	4	196	140,52	4
3205	3	200	127,66	0
3206	5	193	116,37	7
3207	6	196	87,17	4
3208	7	192	75	8
3209	8	87	41,25	113
<b>TOTAL</b>		<b>1458</b>	<b>898,71</b>	<b>142</b>



TAB. 10.73 Roteiros gerados com o método CLARK and WRIGHT e OPT-2 para o VPRNC3

Roteiros gerados com o método CLARK and WRIGHT e OPT-2								
Ordem	1111	22	33	44	55	66	77	88
1	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD
2	48	70	42	41	69	26	6	13
3	19	30	15	22	1	12	94	58
4	11	51	43	74	31	76	95	53
5	90	20	14	75	10	77	96	28
6	32	66	44	56	62	68	99	27
7	63	65	38	23	88	80	59	CD
8	64	71	86	67	7	54	93	
9	49	35	16	39	82	4	98	
10	36	34	61	25	8	72	37	
11	47	78	85	55	83	73	92	
12	46	9	91	24	5	21	97	
13	45	81	100	29	60	40	87	
14	17	33	CD	79	18	CD	57	
15	84	50		3	52		2	
16	CD	CD		CD	89		CD	
17					CD			

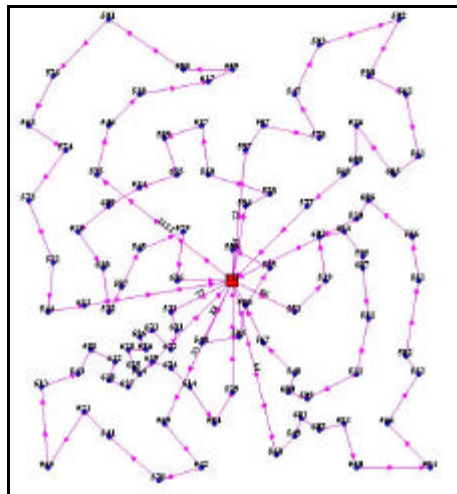


FIG. 10.20 Roteiros para o problema VPRNC 3 utilizando o método DE CLARK and WRIGHT e OPT-2

TAB. 10.74 Resultados obtidos com o método SWEEP para o VPRNC3

Resultados obtidos com o método SWEEP				
ID	ChassiCaminhao	Carga	DistanciaTotal(KM)	Folga
3194	11	189	172,44	11
3195	2	182	165,55	18
3196	4	195	200,47	5
3197	3	178	184,1	22
3198	5	186	102,19	14
3199	6	174	241,53	26
3200	7	183	208,2	17
3201	8	171	184,86	29
<b>TOTAL</b>		<b>1458</b>	<b>1459,34</b>	<b>142</b>

TAB. 10.75 Roteiros gerados com o método SWEEP para o VPRNC3

Roteiros gerados com o método SWEEP								
Ordem	1111	22	33	44	55	66	77	88
1	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD
2	65	28	2	67	94	86	48	31
3	71	29	57	56	98	6	47	10
4	9	68	15	23	44	61	52	90
5	35	80	43	21	91	5	7	32
6	50	24	87	72	59	17	49	27
7	81	12	42	75	85	84	19	70
8	33	54	13	40	93	60	88	69
9	34	55	97	73	96	89	11	30
10	78	25	14	74	16	83	62	20
11	79	26	95	53	99	45	64	66
12	3	4	38	22	CD	8	63	1
13	76	39	100	41		18	CD	51
14	77	CD	37	58		46		CD
15	CD		92	CD		82		
16			CD			36		
17						CD		

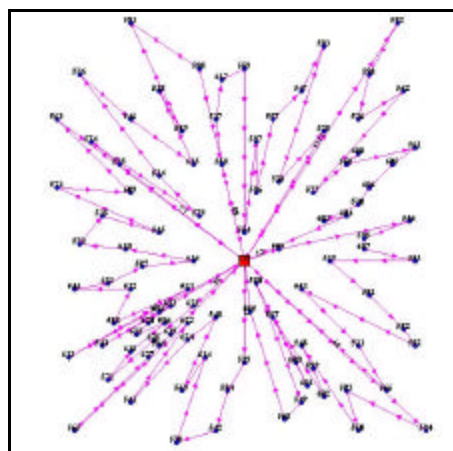


FIG. 10.21 Roteiros para o problema VPRNC 3 utilizando o método SWEEP

TAB. 10.76 Resultados obtidos com o método SWEEP e OPT-2 para o VPRNC3

Resultados obtidos com o método SWEEP e OPT-2				
ID	ChassiCaminhao	Carga	DistanciaTotal(KM)	Folga
3210	11	189	129,51	11
3211	2	182	117,39	18
3212	4	195	136,44	5
3213	3	178	132,83	22
3214	5	186	72,01	14
3215	6	174	161,48	26
3216	7	183	140,75	17
3217	8	171	107,68	29
<b>TOTAL</b>		<b>1458</b>	<b>998,09</b>	<b>142</b>

TAB. 10.77 Roteiros gerados com o método SWEEP e OPT-2 para o VPRNC3

Roteiros gerados com o método SWEEP e OPT-2								
Ordem	1111	22	33	44	55	66	77	88
1	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD
2	50	28	13	53	93	89	52	27
3	35	26	2	67	16	6	88	31
4	65	12	57	23	44	61	62	10
5	71	68	15	56	91	86	7	90
6	9	29	43	72	85	17	48	32
7	33	24	37	21	98	84	47	66
8	81	80	100	40	59	5	19	20
9	34	54	38	73	99	60	11	51
10	78	55	14	74	96	83	49	30
11	79	25	42	75	94	18	64	70
12	3	39	87	22	CD	82	63	1
13	77	4	97	41		8	CD	69
14	76	CD	92	58		45		CD
15	CD		95	CD		46		
16			CD			36		
17						CD		

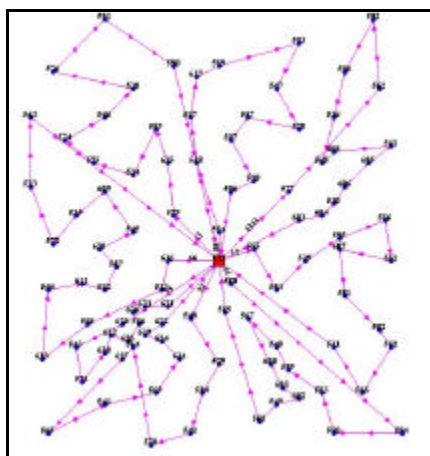


FIG. 10.22 Roteiros para o problema VPRNC 3 utilizando o método SWEEP e OPT-2

TAB. 10.78 Melhores resultados encontrados na literatura para o VPRNC3

Melhores resultados encontrados na literatura				
ID	ChassiCaminhao	Carga	DistanciaTotal(KM)	Folga
3218	11	199	138,66	1
3219	2	199	118,68	1
3220	4	165	98,08	35
3221	3	198	126,55	2
3222	5	194	105,92	6
3223	6	196	82,59	4
3224	7	108	40,89	92
3225	8	199	113,85	1
<b>TOTAL</b>		<b>1458</b>	<b>825,22</b>	<b>142</b>

TAB. 10.79 Melhores roteiros encontrados na literatura para o VPRNC3

Melhores roteiros encontrados na literatura								
Ordem	1111	22	33	44	55	66	77	88
1	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD
2	52	76	58	53	21	89	13	27
3	7	77	2	26	72	60	87	69
4	82	3	57	4	75	5	97	1
5	48	79	15	25	56	84	95	70
6	19	78	43	55	39	45	94	30
7	11	34	42	54	67	17	CD	20
8	64	35	14	24	23	61		66
9	49	65	44	29	41	85		32
10	36	71	38	68	22	93		90
11	47	9	86	80	74	59		63
12	46	51	16	12	73	99		10
13	8	81	91	28	40	96		62
14	83	33	100	CD	CD	6		88
15	18	50	37			CD		31
16	CD	CD	98					CD
17			92					
18			CD					

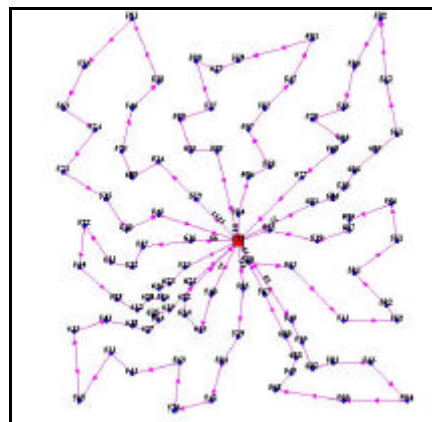


FIG. 10.23 Melhores roteiros encontrados na literatura para o problema VPRNC 3

### 10.3.4 Resultados Obtidos para o Problema VPRNC4

TAB. 10.80 Resultados obtidos com o método CLARK and WRIGHT para o VPRNC4

<b>Resultados obtidos com o método CLARK and WRIGHT</b>				
ID	ChassiCaminhao	Carga	DistanciaTotal(KM)	Folga
3218	11	197	136,9	3
3219	2	198	129,46	2
3220	4	200	144,07	0
3221	3	194	121,29	6
3222	5	200	95,84	0
3223	6	198	85,98	2
3224	7	200	107,75	0
3225	8	194	92,04	6
3226	1	200	64,81	0
3227	10	190	71,1	10
3228	20	200	81,78	0
3229	12	64	21,27	136
<b>TOTAL</b>		<b>2235</b>	<b>1152,29</b>	<b>165</b>

TAB. 10.81 Roteiros gerados com o método CLARK and WRIGHT para o VPRNC4

<b>Roteiros gerados com o método CLARK and WRIGHT</b>												
Ordem	1010	11	1111	1212	2020	22	33	44	55	66	77	88
1	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD
2	12	6	129	105	27	15	55	131	114	117	54	40
3	109	94	78	53	28	43	25	32	82	97	130	58
4	80	95	34	112	111	14	139	90	48	92	134	13
5	150	96	135	CD	132	119	39	126	123	37	24	2
6	68	59	35		127	44	67	63	19	98	29	115
7	3	104	136		31	38	23	64	107	93	121	21
8	77	99	65		88	140	56	49	11	61	79	73
9	116	5	71		148	86	75	143	62	85	33	74
10	76	118	66		7	141	133	36	108	91	81	72
11	102	60	128		106	16	22	47	10	100	51	4
12	50	83	20		52	113	41	124	146	142	30	110
13	1	18	103		89	17	145	46	CD	42	122	149
14	CD	CD	9		147	84	57	45		144	70	26
15			120		CD	CD	CD	125		87	101	138
16			CD					8		137	69	CD
17								CD		CD	CD	

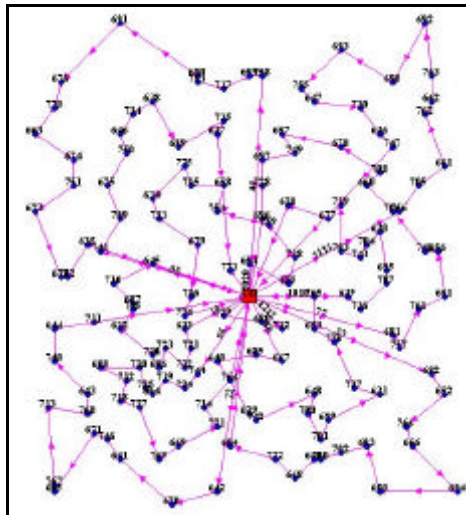


FIG. 10.24 Roteiros para o problema VPRNC 4 utilizando o método de CLARK and WRIGHT

TAB. 10.82 Resultados obtidos com o método CLARK and WRIGHT e OPT-2 para o VPRNC4

<b>Resultados obtidos com o método CLARK and WRIGHT e OPT-2</b>				
ID	ChassiCaminhao	Carga	DistanciaTotal(KM)	Folga
3230	11	197	136,9	3
3231	2	198	129,46	2
3232	4	200	144,07	0
3233	3	194	121,29	6
3234	5	200	95,84	0
3235	6	198	85,49	2
3236	7	200	105,52	0
3237	8	194	92,04	6
3238	1	200	64,56	0
3239	10	190	71,1	10
3240	20	200	81,78	0
3241	12	64	21,27	136
<b>TOTAL</b>		<b>2235</b>	<b>1149,32</b>	<b>165</b>

TAB. 10.83 Roteiros gerados com o método CLARK and WRIGHT e OPT-2 para o VPRNC4

Roteiros gerados com o método CLARK and WRIGHT e OPT-2												
Ordem	1010	11	1111	1212	2020	22	33	44	55	66	77	88
1	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD
2	12	6	129	105	27	15	55	131	114	117	54	40
3	109	94	78	53	28	43	25	32	82	97	130	58
4	80	95	34	112	111	14	139	90	48	92	134	13
5	150	59	135	CD	132	119	39	126	123	37	24	2
6	68	96	35		127	44	67	63	19	98	29	115
7	3	104	136		31	38	23	64	107	93	121	21
8	77	99	65		88	140	56	49	11	85	79	73
9	116	5	71		148	86	75	143	62	61	33	74
10	76	118	66		7	141	133	36	108	91	81	72
11	102	60	128		106	16	22	47	10	100	51	4
12	50	83	20		52	113	41	124	146	142	122	110
13	1	18	103		89	17	145	46	CD	42	30	149
14	CD	CD	9		147	84	57	45		144	70	26
15			120		CD	CD	CD	125		87	101	138
16			CD					8		137	69	CD
17								CD		CD	CD	

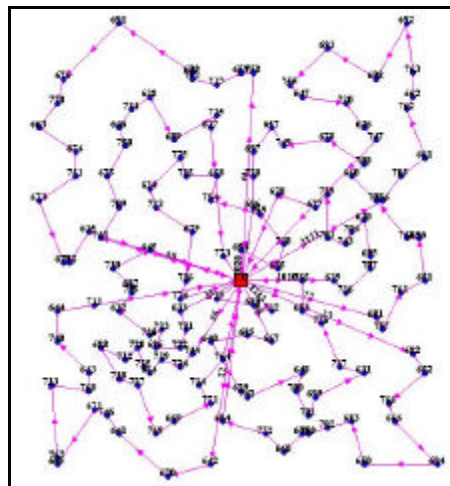


FIG. 10.25 Roteiros para o problema VPRNC 4 utilizando o método DE CLARK and WRIGHT e OPT-2

TAB. 10.84 Resultados obtidos com o método SWEEP para o VPRNC4

<b>Resultados obtidos com o método SWEEP</b>				
ID	ChassiCaminhao	Carga	DistanciaTotal(KM)	Folga
3242	11	190	160,86	10
3243	2	199	131,76	1
3244	4	198	168	2
3245	3	192	192,57	8
3246	5	183	164,43	17
3247	6	187	226,97	13
3248	7	196	143,18	4
3249	8	196	153,41	4
3250	1	180	141,77	20
3251	10	192	271,72	8
3252	20	197	229,95	3
3253	12	125	161,46	75
<b>TOTAL</b>		<b>2235</b>	<b>2146,08</b>	<b>165</b>

TAB. 10.85 Roteiros gerados com o método SWEEP para o VPRNC4

<b>Roteiros gerados com o método SWEEP</b>												
Ordem	1010	11	1111	1212	2020	22	33	44	55	66	77	88
1	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD
2	47	89	65	30	62	111	39	80	53	13	44	104
3	106	83	71	128	64	34	67	24	133	142	91	99
4	143	45	9	132	127	78	105	12	22	117	59	86
5	52	125	136	122	126	79	56	138	41	97	112	6
6	7	114	35	20	63	129	23	134	145	14	141	61
7	49	8	120	66	31	3	21	109	58	95	85	113
8	123	18	135	1	10	76	72	54	115	38	93	147
9	19	46	102	103	108	77	75	130	2	100	96	5
10	146	82	50	51	90	116	40	55	57	119	16	17
11	107	124	81	CD	32	28	73	25	15	37	CD	84
12	88	36	33		27	121	74	26	137	92		118
13	11	48	CD		131	29	CD	149	144	140		60
14	148	CD			70	68		4	43	94		CD
15	CD				101	150		139	87	98		
16					69	CD		110	42	CD		
17					CD			CD	CD			



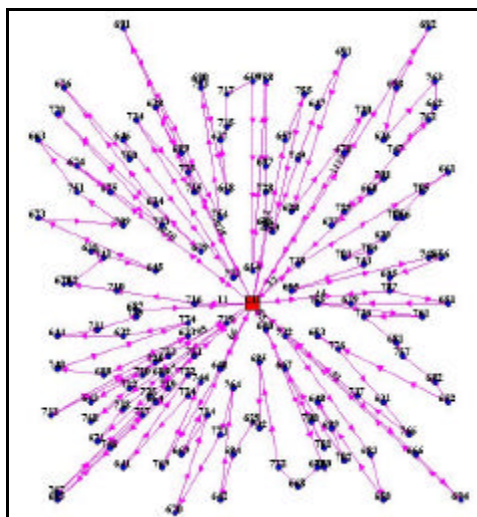


FIG. 10.26 Roteiros para o problema VPRNC 4 utilizando o método SWEEP

TAB. 10.86 Resultados obtidos com o método SWEEP e OPT-2 para o VPRNC4

<b>Resultados obtidos com o método SWEEP e OPT-2</b>				
ID	ChassiCaminhao	Carga	DistanciaTotal(KM)	Folga
3254	11	190	106,74	10
3255	2	199	110,59	1
3256	4	198	95,64	2
3257	3	192	99,37	8
3258	5	183	104,8	17
3259	6	187	98,86	13
3260	7	196	68,05	4
3261	8	196	116,71	4
3262	1	180	119,69	20
3263	10	192	129,62	8
3264	20	197	135,35	3
3265	12	125	99,8	75
<b>TOTAL</b>		<b>2235</b>	<b>1285,22</b>	<b>165</b>

TAB. 10.87 Roteiros gerados com o método SWEEP e OPT-2 para o VPRNC4

Roteiros gerados com o método SWEEP e OPT-2												
Ordem	1010	11	1111	1212	2020	22	33	44	55	66	77	88
1	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD
2	146	89	71	103	27	28	39	138	53	142	59	113
3	52	18	65	66	62	111	67	12	58	14	85	86
4	88	83	136	128	64	34	23	109	133	38	91	61
5	49	125	35	20	63	78	56	80	22	140	44	104
6	143	45	135	30	32	79	75	24	41	119	141	99
7	47	46	9	122	131	76	74	134	145	100	16	6
8	106	8	120	51	90	116	72	54	115	37	93	147
9	7	114	81	1	126	77	73	130	2	98	96	5
10	123	82	33	132	108	3	21	55	144	92	112	17
11	19	124	102	CD	10	129	40	25	57	97	CD	84
12	107	36	50		31	29	105	139	15	117		118
13	11	48	CD		127	121	CD	4	43	95		60
14	148	CD			70	68		110	42	94		CD
15	CD				101	150		149	87	13		
16					69	CD		26	137	CD		
17					CD			CD	CD			

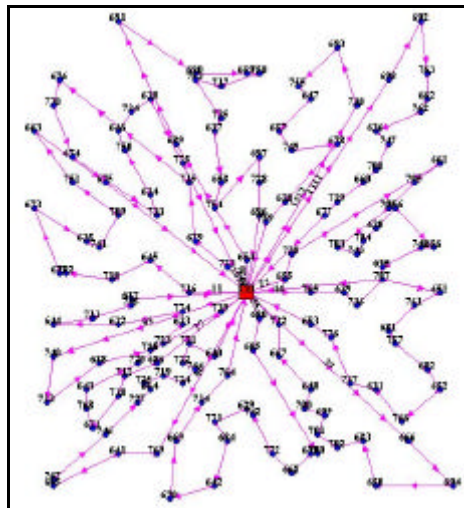


FIG. 10.27 Roteiros para o problema VPRNC 4 utilizando o método SWEEP e OPT-2

TAB. 10.88 Melhores resultados encontrados na literatura para o VPRNC4

<b>Melhores resultados encontrados na literatura</b>				
ID	ChassiCaminhao	Carga	DistanciaTotal(KM)	Folga
3362	11	199	123,59	1
3363	2	197	89,74	3
3364	4	200	96,92	0
3365	3	199	77,41	1
3366	5	196	85,44	4
3367	6	200	128,56	0
3368	7	199	77,21	1
3369	8	197	113,67	3
3370	1	64	21,27	136
3371	10	188	75,61	12
3372	20	197	80,57	3
3373	12	199	57,22	1
<b>TOTAL</b>		<b>2235</b>	<b>1027,21</b>	<b>165</b>

TAB. 10.89 Melhores roteiros encontrados na literatura para o VPRNC4

<b>Melhores roteiros encontrados na literatura</b>												
Ordem	1010	11	1111	1212	2020	22	33	44	55	66	77	88
1	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD
2	28	105	69	94	6	137	132	138	27	18	89	147
3	76	53	101	59	96	2	1	109	31	114	118	5
4	116	112	70	93	99	115	122	54	10	46	60	84
5	77	CD	30	85	104	145	51	130	108	124	83	17
6	3		20	91	61	41	103	55	131	47	125	113
7	121		128	100	16	22	9	25	32	36	45	86
8	29		66	37	141	133	120	67	90	143	8	140
9	24		71	98	44	23	81	39	63	49	48	38
10	134		65	92	119	56	33	139	126	64	82	43
11	80		136	95	14	75	102	4	62	11	106	15
12	150		35	13	142	74	50	110	148	107	52	57
13	68		135	CD	42	72	111	149	88	19	CD	144
14	12		34		87	73	CD	26	127	123		58
15	CD		78		97	21		CD	CD	7		CD
16			129		117	40				146		
17			79		CD	CD				CD		
18			CD									

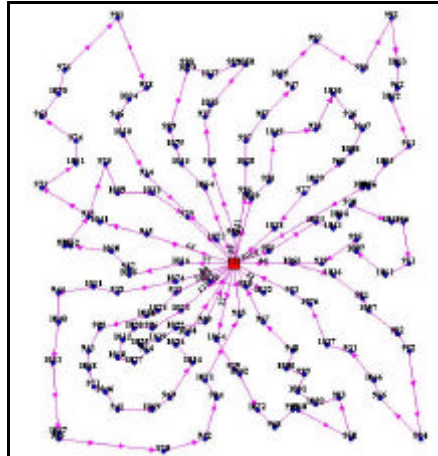


FIG. 10.28 Melhores roteiros encontrados na literatura para o problema VPRNC 4

### 10.3.5 Resultados Obtidos para o Problema VPRNC5

TAB. 10.90 Resultados obtidos com o método SWEEP para o VPRNC5

<b>Resultados obtidos com o método SWEEP</b>				
ID	ChassiCaminhao	Carga	DistanciaTotal(KM)	Folga
3362	11	192	140	8
3363	2	198	130,75	2
3364	4	190	128,72	10
3365	3	192	110,44	8
3366	5	199	143,39	1
3367	6	192	118,86	8
3368	7	198	129,11	2
3369	8	199	216,56	1
3370	1	194	209,73	6
3371	10	194	108,11	6
3372	20	200	179,13	0
3373	12	193	151,06	7
3374	13	195	207,88	5
3375	14	193	223,06	7
3376	15	180	134,56	20
3377	16	199	255	1
3378	17	78	109,01	122
<b>TOTAL</b>		<b>3186</b>	<b>2695,37</b>	<b>214</b>

TAB. 10.91 Roteiros gerados com o método SWEEP para o VPRNC5

Roteiros gerados com o método SWEEP																	
Ordem	1010	11	1111	1212	1313	1414	1515	1616	1717	2020	22	33	44	55	66	77	88
1	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD
2	112	38	65	60	153	19	190	32	188	86	50	12	169	26	105	73	2
3	141	100	71	89	36	146	126	162	1	156	81	154	77	179	198	74	57
4	85	119	161	166	48	182	63	27	176	6	33	138	196	149	180	53	15
5	183	37	9	83	47	107	31	131	103	61	111	177	116	170	56	133	137
6	93	151	136	45	168	175	167	70	51	113	164	134	28	155	186	171	144
7	96	92	35	125	106	88	10	101	CD	147	185	109	184	4	197	22	43
8	16	140	120	199	194	11	189	160		173	34	54	121	187	23	41	172
9	99	94	135	174	143	148	108	69		5	78	195	29	139	21	145	87
10	104	98	157	114	52	62	90	30		17	79	130	68	110	72	152	42
11	CD	44	102	8	7	64	181	128		84	129	165	150	39	75	58	13
12		193	CD	18	49	127	CD	132		118	158	55	80	67	40	115	142
13		91		46	123	159		122		CD	3	25	24	CD	CD	178	117
14		59		82	CD	CD		20			76	CD	163			CD	97
15		191		124				66			CD		CD				14
16		CD		CD				CD									95
17																	192
18																	CD

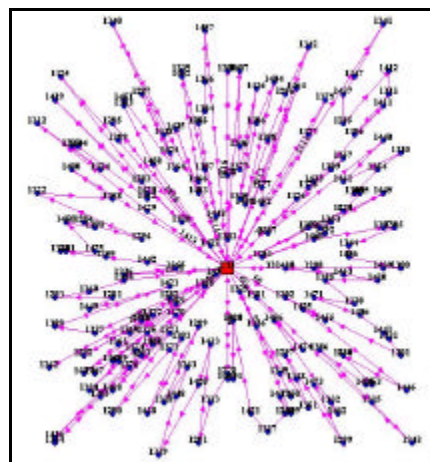


FIG. 10.29 Roteiros para o problema VPRNC 5 utilizando o método SWEEP

TAB. 10.92 Resultados obtidos com o método SWEEP e OPT-2 para o VPRNC5

<b>Resultados obtidos com o método SWEEP e OPT-2</b>				
<b>ID</b>	<b>ChassiCaminhao</b>	<b>Carga</b>	<b>DistanciaTotal(KM)</b>	<b>Folga</b>
3379	11	192	104,08	8
3380	2	198	84,05	2
3381	4	190	88,04	10
3382	3	192	84,14	8
3383	5	199	94,86	1
3384	6	192	77,37	8
3385	7	198	65,4	2
3386	8	199	120,97	1
3387	1	194	89,38	6
3388	10	194	63,04	6
3389	20	200	84	0
3390	12	193	101,51	7
3391	13	195	135,91	5
3392	14	193	112,79	7
3393	15	180	86,01	20
3394	16	199	149,88	1
3395	17	78	72,3	122
<b>TOTAL</b>		<b>3186</b>	<b>1613,73</b>	<b>214</b>

TAB. 10.93 Roteiros gerados com o método SWEEP e OPT-2 para o VPRNC5

Roteiros gerados com o método SWEEP e OPT-2																	
Ordem	1010	11	1111	1212	1313	1414	1515	1616	1717	2020	22	33	44	55	66	77	88
1	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD
2	112	193	9	89	52	11	90	128	1	156	111	154	28	139	40	53	137
3	183	91	161	166	153	64	181	66	188	147	50	138	184	39	197	73	2
4	96	191	71	18	106	175	63	131	103	118	78	12	116	67	56	171	57
5	16	44	65	60	168	107	126	32	51	84	34	195	196	170	186	74	15
6	141	140	136	45	36	19	108	160	176	173	164	109	77	187	23	133	43
7	85	38	35	125	47	182	10	70	CD	17	81	177	169	4	75	22	42
8	93	119	135	199	48	88	189	101		113	33	134	29	155	72	41	172
9	99	100	120	83	194	148	31	162		86	185	54	121	110	198	145	144
10	104	37	157	114	7	62	190	69		61	79	130	68	179	21	115	87
11	CD	98	102	8	143	159	167	27		5	129	165	150	149	180	178	97
12		151	CD	174	49	127	CD	132		6	158	55	80	26	105	152	117
13		92		46	123	146		122		CD	3	25	24	CD	CD	58	95
14		59		124	CD	CD		20			76	CD	163			CD	192
15		94		82				30			CD		CD				14
16		CD		CD				CD									142
17																	13
18																	CD

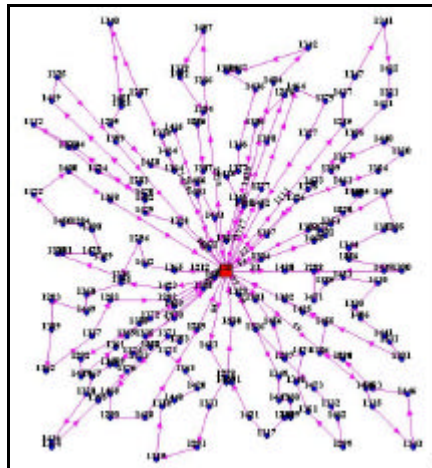


FIG. 10.30 Roteiros para o problema VPRNC 5 utilizando o método SWEEP e OPT-2

TAB. 10.94 Melhores resultados encontrados na literatura para o VPRNC5

<b>Melhores resultados encontrados na literatura</b>				
ID	ChassiCaminhao	Carga	DistanciaTotal(KM)	Folga
3413	11	194	116,94	6
3414	2	197	57,06	3
3415	4	200	130,61	0
3416	3	200	122,65	0
3417	5	195	83,08	5
3418	6	197	70,33	3
3419	7	200	99,39	0
3420	8	200	97,09	0
3421	1	200	83,03	0
3422	10	200	73,35	0
3423	20	194	71,11	6
3424	12	199	49,58	1
3425	13	198	47,22	2
3426	14	195	65,98	5
3427	15	199	77,04	1
3428	16	199	41,03	1
3429	17	19	4,46	181
<b>TOTAL</b>		<b>3186</b>	<b>1289,95</b>	<b>214</b>

TAB. 10.95 Melhores roteiros encontrados na literatura para o VPRNC5

<b>Melhores roteiros encontrados na literatura</b>																	
Ordem	1010	11	1111	1212	1313	1414	1515	1616	1717	2020	22	33	44	55	66	77	88
1	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD
2	146	5	89	76	27	147	1	112	156	26	59	101	82	195	2	54	189
3	88	173	166	196	167	118	51	183	CD	149	151	122	46	134	178	130	10
4	148	61	60	116	127	83	103	94		179	92	20	124	163	115	165	108
5	159	16	84	68	190	199	161	95		155	37	188	168	24	145	55	90
6	62	141	17	80	31	125	9	97		4	98	66	47	29	41	25	126
7	182	191	113	150	162	45	120	117		139	100	71	36	121	22	170	63
8	48	44	86	177	69	174	81	13		187	193	65	143	169	133	67	181
9	7	119	140	109	132	8	33	58		39	91	136	49	129	75	23	32
10	194	192	38	12	176	114	157	152		110	85	35	64	79	74	186	131
11	106	142	14	138	111	18	102	53		198	93	135	11	185	171	56	160
12	153	42	43	154	28	CD	CD	CD		180	104	164	175	158	73	197	128
13	52	172	15	CD	CD					CD	99	34	107	3	21	72	30
14	CD	87	57								96	78	19	77	105	40	70
15		CD	144								6	50	123	184	CD	CD	CD
16			137								CD	CD	CD	CD			
17			CD														



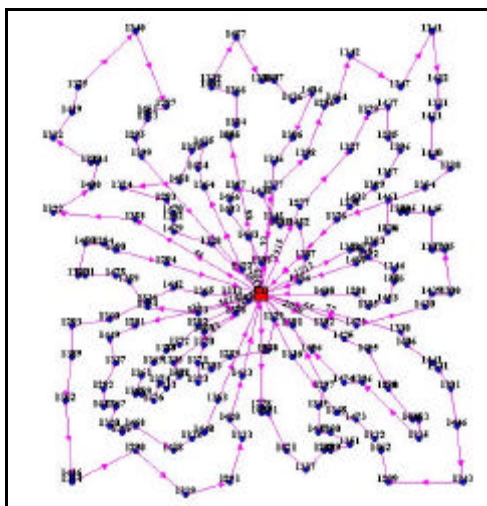


FIG. 10.31 Melhores roteiros encontrados na literatura para o problema VPRNC 5

### 10.3.6 Resultados Obtidos para o Problema VPRNC6

TAB. 10.96 Resultados obtidos com o método CLARK and WRIGHT para o VPRNC6

Resultados obtidos com o método CLARK and WRIGHT				
ID	ChassiCaminhao	Carga	DistanciaTotal(KM)	Folga
3420	11	122	112,65	38
3421	2	132	112,51	28
3422	4	116	116,41	44
3423	3	140	99,89	20
3424	5	147	109,04	13
3425	6	120	67,33	40
<b>TOTAL</b>		<b>777</b>	<b>617,83</b>	<b>183</b>

TAB. 10.97 Roteiros gerados com o método CLARK and WRIGHT para o VPRNC6

Roteiros gerados com o método CLARK and WRIGHT						
Ordem	1111	22	33	44	55	66
1	CD	CD	CD	CD	CD	CD
2	8	37	5	29	48	6
3	26	44	38	21	23	27
4	31	42	49	34	7	32
5	28	19	10	30	43	11
6	3	40	9	39	24	12
7	36	41	50	33	14	47
8	35	13	16	45	18	46
9	20	25	2	15	4	CD
10	CD	CD	22	CD	17	
11			1		CD	
12			CD			

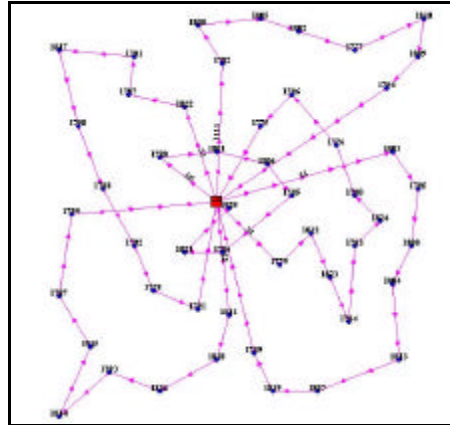


FIG. 10.32 Roteiros para o problema VPRNC 6 utilizando o método de CLARK and WRIGHT

TAB. 10.98 Resultados obtidos com o método CLARK and WRIGHT e OPT-2 para o VPRNC6

<b>Resultados obtidos com o método CLARK and WRIGHT e OPT-2</b>				
ID	ChassiCaminhao	Carga	DistanciaTotal(KM)	Folga
3426	11	122	112,65	38
3427	2	132	112,51	28
3428	4	116	116,41	44
3429	3	140	99,89	20
3430	5	147	109,04	13
3431	6	120	67,33	40
<b>TOTAL</b>		<b>777</b>	<b>617,83</b>	<b>183</b>

TAB. 10.99 Roteiros gerados com o método CLARK and WRIGHT e OPT-2 para o VPRNC6

<b>Roteiros gerados com o método CLARK and WRIGHT e OPT-2</b>						
Ordem	1111	22	33	44	55	66
1	CD	CD	CD	CD	CD	CD
2	8	37	5	29	48	6
3	26	44	38	21	23	27
4	31	42	49	34	7	32
5	28	19	10	30	43	11
6	3	40	9	39	24	12
7	36	41	50	33	14	47
8	35	13	16	45	18	46
9	20	25	2	15	4	CD
10	CD	CD	22	CD	17	
11			1		CD	
12			CD			

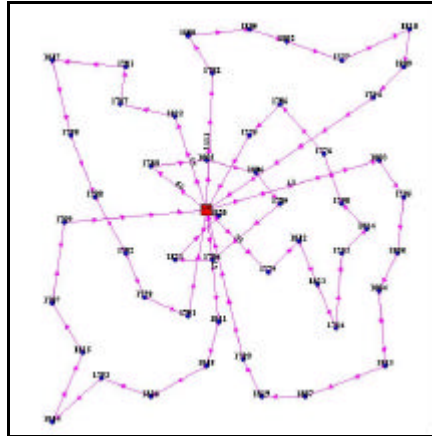


FIG. 10.33 Roteiros para o problema VPRNC 6 utilizando o método DE CLARK and WRIGHT e OPT-2

TAB. 10.100 Resultados obtidos com o método SWEEP para o VPRNC6

<b>Resultados obtidos com o método SWEEP</b>				
ID	ChassiCaminhao	Carga	DistanciaTotal(KM)	Folga
3432	11	93	147,27	67
3433	2	95	120,52	65
3434	4	76	134,25	84
3435	3	121	108,63	39
3436	5	56	108,14	104
3437	6	147	113,71	13
3438	7	88	108,46	72
3439	8	85	122,01	75
3440	1	16	65,07	144
<b>TOTAL</b>		<b>777</b>	<b>1028,06</b>	<b>663</b>

TAB. 10.101 Roteiros gerados com o método SWEEP para o VPRNC6

<b>Roteiros gerados com o método SWEEP</b>									
Ordem	11	1111	22	33	44	55	66	77	88
1	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD
2	3	36	29	5	38	42	40	24	26
3	CD	32	11	33	30	47	41	6	27
4		35	21	45	46	19	13	43	8
5		20	16	15	49	4	18	23	31
6		2	50	12	39	CD	25	7	28
7		CD	34	37	10		14	48	1
8			9	44	CD		CD	CD	22
9			CD	17					CD
10				CD					
11									

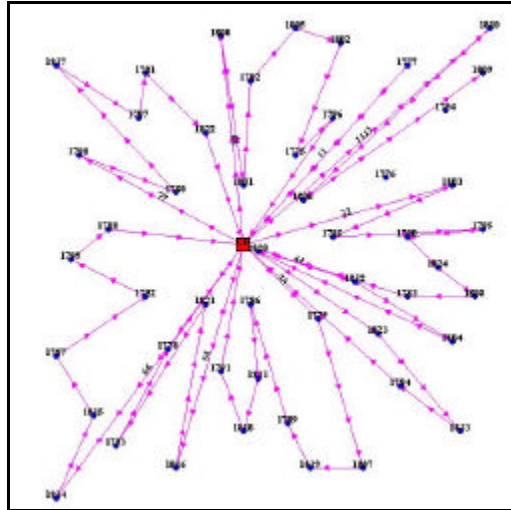


FIG. 10.34 Roteiros para o problema VPRNC 6 utilizando o método SWEEP

TAB. 10.102 Resultados obtidos com o método SWEEP e OPT-2 para o VPRNC6

Resultados obtidos com o método SWEEP e OPT-2				
ID	ChassiCaminhao	Carga	DistanciaTotal(KM)	Folga
3450	11	93	90,08	67
3451	2	95	82,53	65
3452	4	76	83,75	84
3453	3	121	87,54	39
3454	5	56	71,86	104
3455	6	147	111,56	13
3456	7	88	80,77	72
3457	8	85	76,6	75
3458	1	16	65,07	144
<b>TOTAL</b>		<b>777</b>	<b>749,76</b>	<b>663</b>

TAB. 10.103 Roteiros gerados com o método SWEEP e OPT-2 para o VPRNC6

Roteiros gerados com o método SWEEP e OPT-2									
Ordem	11	1111	22	33	44	55	66	77	88
1	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD
2	3	32	11	12	46	47	41	6	27
3	CD	36	16	5	38	4	40	24	8
4		35	29	33	49	19	13	43	26
5		20	21	45	30	42	18	7	31
6		2	34	15	39	CD	25	23	28
7		CD	50	44	10		14	48	22
8			9	37	CD		CD	CD	1
9			CD	17					CD
10				CD					
11									

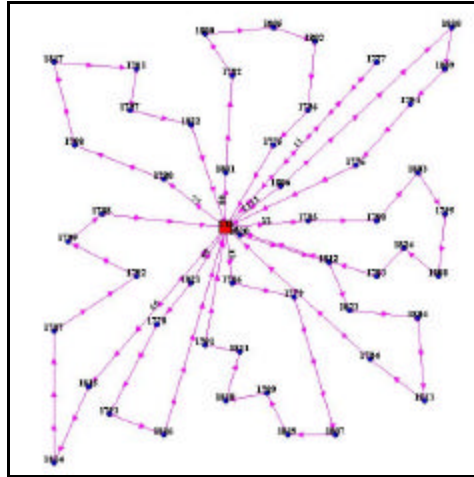


FIG. 10.35 Roteiros para o problema VPRNC 6 utilizando o método SWEEP e OPT-2

TAB. 10.104 Melhores resultados encontrados na literatura para o VPRNC6

<b>Melhores resultados encontrados na literatura</b>				
ID	ChassiCaminhao	Carga	DistanciaTotal(KM)	Folga
3428	11	131	109,86	29
3429	2	133	100,55	27
3430	4	141	95,18	19
3431	3	137	107,95	23
3432	5	155	99	5
3433	6	80	42,27	80
<b>TOTAL</b>		<b>777</b>	<b>554,81</b>	<b>183</b>

TAB. 10.105 Melhores roteiros encontrados na literatura para o VPRNC6

<b>Melhores roteiros encontrados na literatura</b>						
Ordem	1111	22	33	44	55	66
1	CD	CD	CD	CD	CD	CD
2	14	27	2	38	5	46
3	25	48	20	9	49	47
4	13	8	35	30	10	4
5	41	26	36	34	39	18
6	40	7	3	50	33	CD
7	19	43	28	21	45	
8	42	24	31	29	15	
9	17	23	22	16	44	
10	CD	6	1	11	37	
11		CD	CD	32	12	
12				CD	CD	

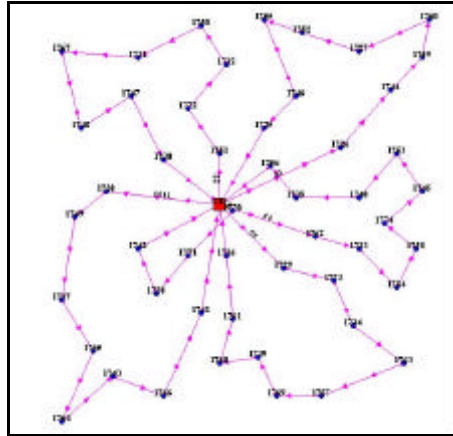


FIG. 10.36 Melhores roteiros encontrados na literatura para o problema VPRNC 6

### 10.3.7 Resultados Obtidos para o Problema VPRNC7

TAB. 10.106 Resultados obtidos com o método CLARK and WRIGHT para o VPRNC7

<b>Resultados obtidos com o método CLARK and WRIGHT</b>				
ID	ChassiCaminhao	Carga	DistanciaTotal(KM)	Folga
3495	11	71	100,03	69
3496	2	102	93,82	38
3497	4	113	92,87	27
3498	3	138	97,1	2
3499	5	94	90,99	46
3500	6	124	94,06	16
3501	7	113	91,3	27
3502	8	88	83,04	52
3503	1	139	74,47	1
3504	10	128	58,2	12
3505	20	140	66,45	0
3506	12	114	33,37	26
<b>TOTAL</b>		<b>1364</b>	<b>975,7</b>	<b>316</b>

TAB. 10.107 Roteiros gerados com o método CLARK and WRIGHT para o VPRNC7

<b>Roteiros gerados com o método CLARK and WRIGHT</b>												
Ordem	1010	11	1111	1212	2020	22	33	44	55	66	77	88
1	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD
2	17	30	69	26	7	22	14	9	63	5	58	29
3	12	48	71	67	53	64	59	25	23	47	38	15
4	40	74	60	46	8	42	66	55	56	36	10	57
5	44	62	70	34	52	41	65	18	24	21	31	13
6	3	73	20	75	27	43	11	50	49	61	39	54
7	51	33	37	CD	45	1	CD	32	16	28	72	19
8	6	2	CD		4	CD		CD	CD	CD	CD	35
9	CD	68			CD							CD
10		CD										

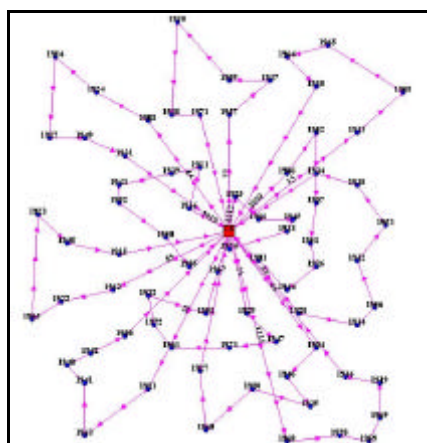


FIG. 10.37 Roteiros para o problema VPRNC 7 utilizando o método de CLARK and WRIGHT

TAB. 10.108 Resultados obtidos com o método CLARK and WRIGHT e OPT-2 para o VPRNC7

Resultados obtidos com o método CLARK and WRIGHT e OPT-2				
ID	ChassiCaminhao	Carga	DistanciaTotal(KM)	Folga
3507	11	71	100,03	69
3508	2	102	93,82	38
3509	4	113	92,87	27
3510	3	138	97,1	2
3511	5	94	90,99	46
3512	6	124	92,95	16
3513	7	113	91,3	27
3514	8	88	83,04	52
3515	1	139	74,47	1
3516	10	128	58,2	12
3517	20	140	66,45	0
3518	12	114	33,37	26
<b>TOTAL</b>		<b>1364</b>	<b>974,59</b>	<b>316</b>

TAB. 10.109 Roteiros gerados com o método CLARK and WRIGHT e OPT-2 para o VPRNC7

Roteiros gerados com o método CLARK and WRIGHT e OPT-2												
Ordem	1010	11	1111	1212	2020	22	33	44	55	66	77	88
1	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD
2	17	30	69	26	7	22	14	9	63	5	58	29
3	12	48	71	67	53	64	59	25	23	36	38	15
4	40	74	60	46	8	42	66	55	56	47	10	57
5	44	62	70	34	52	41	65	18	24	21	31	13
6	3	73	20	75	27	43	11	50	49	61	39	54
7	51	33	37	CD	45	1	CD	32	16	28	72	19
8	6	2	CD		4	CD		CD	CD	CD	CD	35
9	CD	68			CD							CD
10		CD										

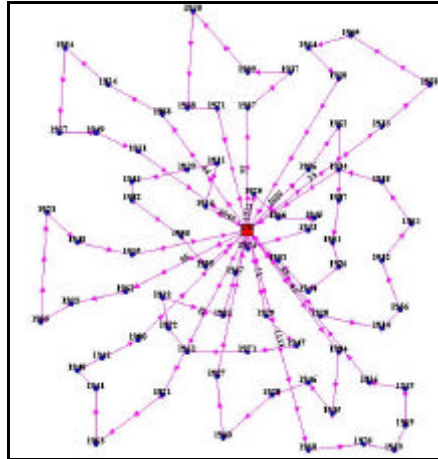


FIG. 10.38 Roteiros para o problema VPRNC 7 utilizando o método DE CLARK and WRIGHT e OPT-2

TAB. 10.110 Resultados obtidos com o método SWEEP para o VPRNC7

Resultados obtidos com o método SWEEP				
ID	ChassiCaminhao	Carga	DistanciaTotal(KM)	Folga
3576	11	67	101,18	73
3577	2	88	101,6	52
3578	4	98	99,71	42
3579	3	57	118,09	83
3580	5	70	117,93	70
3581	6	101	76,82	39
3582	7	73	101,38	67
3583	8	103	59,9	37
3584	1	82	88,37	58
3585	10	91	76,71	49
3586	20	129	77,14	11
3587	12	110	77,17	30
3588	13	112	87,48	28
3589	14	94	93,48	46
3590	15	89	82,51	51
<b>TOTAL</b>		<b>1364</b>	<b>1359,47</b>	<b>736</b>

TAB. 10.111 Roteiros gerados com o método SWEEP para o VPRNC7

Roteiros gerados com o método SWEEP															
Ordem	1010	11	1111	1212	1313	1414	1515	2020	22	33	44	55	66	77	88
1	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD
2	72	55	60	7	19	13	4	38	69	22	61	1	33	49	17
3	31	25	71	59	8	27	29	65	30	64	28	43	63	24	50
4	10	9	36	14	46	57	70	66	21	73	68	6	56	3	32
5	58	39	48	35	54	15	37	11	74	42	2	41	23	44	40
6	26	12	47	67	34	20	5	53	75	CD	62	CD	16	18	CD
7	CD	CD	CD	CD	52	45	CD	CD	CD		CD		51	CD	
8					CD	CD							CD		



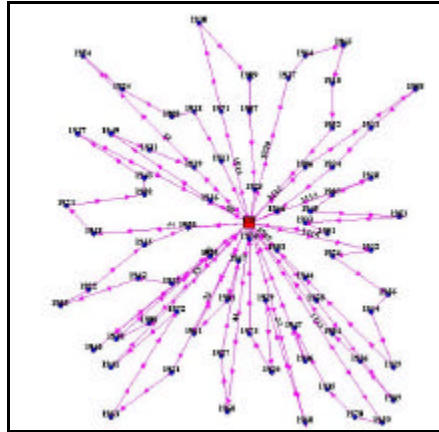


FIG. 10.39 Roteiros para o problema VPRNC 7 utilizando o método SWEEP

TAB. 10.112 Resultados obtidos com o método SWEEP e OPT-2 para o VPRNC7

<b>Resultados obtidos com o método SWEEP e OPT-2</b>				
ID	ChassiCaminhao	Carga	DistanciaTotal(KM)	Folga
3591	11	67	88,74	73
3592	2	88	76,31	52
3593	4	98	72,46	42
3594	3	57	89,2	83
3595	5	70	72,77	70
3596	6	101	76,82	39
3597	7	73	85,22	67
3598	8	103	59,9	37
3599	1	82	87,77	58
3600	10	91	76,71	49
3601	20	129	77,14	11
3602	12	110	77,17	30
3603	13	112	62,48	28
3604	14	94	83,05	46
3605	15	89	82,51	51
<b>TOTAL</b>		<b>1364</b>	<b>1168,25</b>	<b>736</b>

TAB. 10.113 Roteiros gerados com o método SWEEP e OPT-2 para o VPRNC7

<b>Roteiros gerados com o método SWEEP e OPT-2</b>															
Ordem	1010	11	1111	1212	1313	1414	1515	2020	22	33	44	55	66	77	88
1	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD
2	72	9	60	7	8	27	4	38	30	22	2	1	33	49	17
3	31	25	71	59	19	13	29	65	69	64	28	43	63	24	50
4	10	55	36	14	54	57	70	66	21	42	61	41	56	18	32
5	58	39	47	35	52	20	37	11	74	73	62	6	23	44	40
6	26	12	48	67	46	15	5	53	75	CD	68	CD	16	3	CD
7	CD	CD	CD	CD	34	45	CD	CD	CD		CD		51	CD	
8					CD	CD							CD		

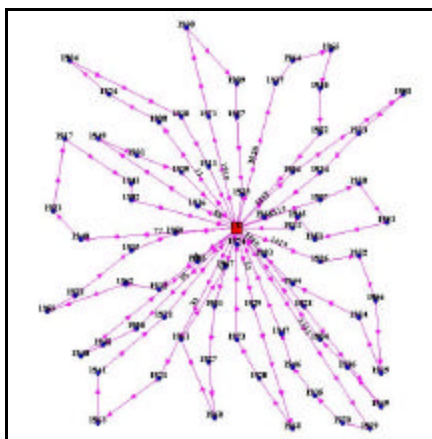


FIG. 10.40 Roteiros para o problema VPRNC 7 utilizando o método SWEEP e OPT-2

TAB. 10.114 Melhores resultados encontrados na literatura para o VPRNC7

Melhores resultados encontrados na literatura					
ID	ChassiCaminhao	Tempo(h)	Carga	DistanciaTotal(KM)	Folga
3495	11	1,29	129	77,14	11
3496	2	1,55	113	92,87	27
3497	4	1,29	135	77,42	5
3498	3	1,64	87	98,7	53
3499	5	1,24	140	74,38	0
3500	6	1,5	112	89,86	28
3501	7	1,28	132	76,68	8
3502	8	1,23	140	73,78	0
3503	1	1,36	105	81,58	35
3504	10	1,42	115	85,1	25
3505	20	1,35	138	81,25	2
<b>TOTAL</b>			<b>1346</b>	<b>908,76</b>	<b>194</b>

TAB. 10.115 Melhores roteiros encontrados na literatura para o VPRNC7

Melhores roteiros encontrados na literatura											
Ordem	1010	11	1111	2020	22	33	44	55	66	77	88
1	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD
2	33	26	53	7	9	69	27	30	6	16	45
3	43	58	11	35	25	71	15	74	73	49	29
4	41	10	66	14	55	60	57	21	1	24	5
5	56	31	65	59	18	70	13	61	42	3	37
6	23	39	38	19	50	20	54	28	64	44	36
7	63	72	CD	8	32	4	52	2	22	40	47
8	51	12		46	CD	CD	34	68	62	17	48
9	CD	CD		CD			67	CD	CD	CD	75
10							CD				CD

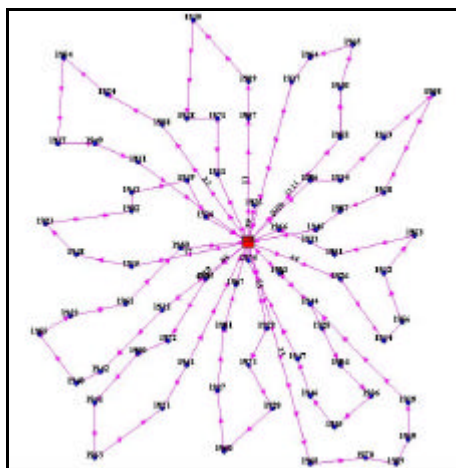


FIG. 10.41 Melhores roteiros encontrados na literatura para o problema VPRNC 7

### 10.3.8 Resultados Obtidos para o Problema VPRNC8

TAB. 10.116 Resultados obtidos com o método CLARK and WRIGHT para o VPRNC8

<b>Resultados obtidos com o método CLARK and WRIGHT</b>				
ID	ChassiCaminhao	Carga	DistanciaTotal(KM)	Folga
3529	11	124	136,06	76
3530	2	148	124	52
3531	4	169	114,31	31
3532	3	136	131,09	64
3533	5	141	115,6	59
3534	6	167	119,91	33
3535	7	197	73,57	3
3536	8	176	70,64	24
3537	1	200	95,24	0
<b>TOTAL</b>		<b>1458</b>	<b>980,42</b>	<b>342</b>

TAB. 10.117 Roteiros gerados com o método CLARK and WRIGHT para o VPRNC8

Roteiros gerados com o método CLARK and WRIGHT									
Ordem	11	1111	22	33	44	55	66	77	88
1	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD
2	26	45	57	20	5	52	4	2	27
3	21	46	42	66	84	7	55	87	69
4	72	47	15	71	17	31	25	97	1
5	73	36	43	65	8	70	39	92	50
6	40	49	14	35	82	30	67	37	76
7	58	64	44	34	48	51	23	100	77
8	13	63	38	78	19	33	56	91	3
9	95	90	86	9	11	79	75	85	68
10	94	32	16	81	62	29	22	98	80
11	60	CD	61	CD	10	24	41	93	12
12	83		CD		88	54	74	59	28
13	18				CD	CD	CD	99	53
14	89							96	CD
15	CD							6	
16								CD	

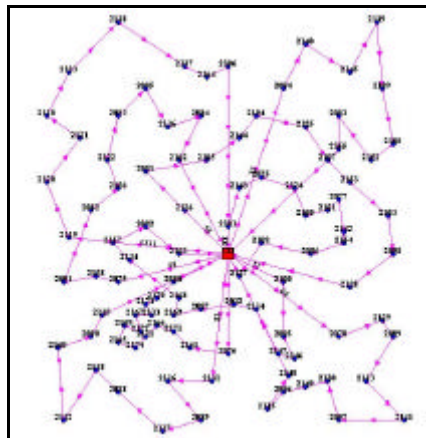


FIG. 10.42 Roteiros para o problema VPRNC 8 utilizando o método de CLARK and WRIGHT

TAB. 10.118 Resultados obtidos com o método CLARK and WRIGHT e OPT-2 para o VPRNC8

Resultados obtidos com o método CLARK and WRIGHT e OPT-2				
ID	ChassiCaminhao	Carga	DistanciaTotal(KM)	Folga
3538	11	124	136,06	76
3539	2	148	124	52
3540	4	169	114,31	31
3541	3	136	129,89	64
3542	5	141	115,6	59
3543	6	167	119,63	33
3544	7	197	73,57	3
3545	8	176	70,64	24
3546	1	200	95,24	0
<b>TOTAL</b>		<b>1458</b>	<b>978,94</b>	<b>342</b>

TAB. 10.119 Roteiros gerados com o método CLARK and WRIGHT e OPT-2 para o VPRNC8

Roteiros gerados com o método CLARK and WRIGHT e OPT-2								
Ordem	11	1111	22	33	44	55	66	77
1	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD
2	26	45	57	20	5	52	4	2
3	21	46	42	66	84	7	55	87
4	72	47	15	65	17	31	25	97
5	73	36	43	71	8	70	39	92
6	40	49	14	35	82	30	67	37
7	58	64	44	34	48	51	23	100
8	13	63	38	78	19	33	56	91
9	95	90	86	9	11	79	75	85
10	94	32	16	81	62	29	74	98
11	60	CD	61	CD	10	24	22	93
12	83		CD		88	54	41	59
13	18				CD	CD	CD	99
14	89							96
15	CD							6
16								CD

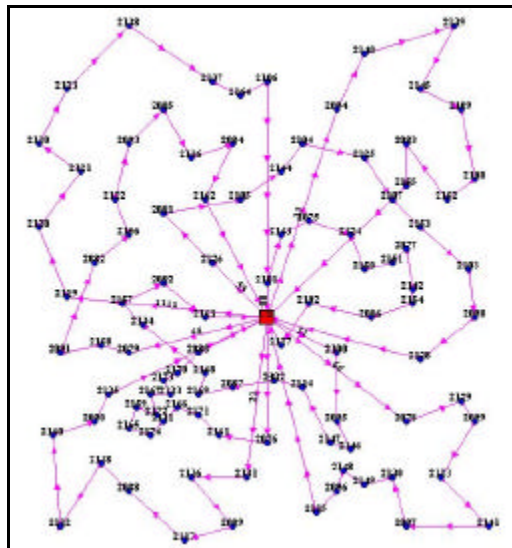


FIG. 10.43 Roteiros para o problema VPRNC 8 utilizando o método de CLARK and WRIGHT e OPT-2

TAB. 10.120 Resultados obtidos com o método SWEEP para o VPRNC8

Resultados obtidos com o método SWEEP				
ID	ChassiCaminhao	Carga	DistanciaTotal(KM)	Folga
3560	11	109	140,13	91
3561	2	147	129,48	53
3562	4	115	145,96	85
3563	3	132	140,29	68
3564	5	85	143,98	115
3565	6	113	124,82	87
3566	7	127	124,59	73
3567	8	179	139,85	21
3568	1	75	104,88	125
3569	10	99	140,81	101
3570	20	96	159,45	104
3571	12	106	138,36	94
3572	13	75	105,78	125
<b>TOTAL</b>		<b>1458</b>	<b>1738,38</b>	<b>1142</b>

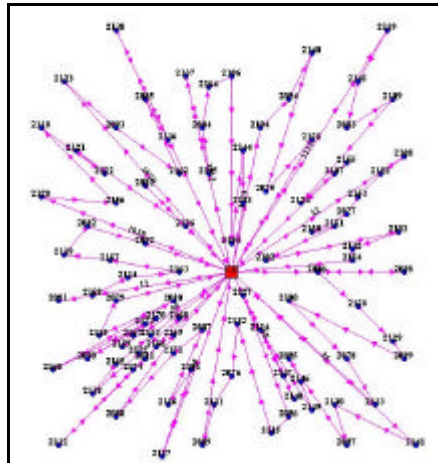


FIG. 10.44 Roteiros para o problema VPRNC 8 utilizando o método SWEEP

TAB. 10.121 Resultados obtidos com o método SWEEP e OPT-2 para o VPRNC8

<b>Resultados obtidos com o método SWEEP e OPT-2</b>				
ID	ChassiCaminhao	Carga	DistanciaTotal(KM)	Folga
3573	11	109	103,96	91
3574	2	147	103,86	53
3575	4	115	97,01	85
3576	3	132	95,18	68
3577	5	85	80,33	115
3578	6	113	82,38	87
3579	7	127	86,97	73
3580	8	179	73,14	21
3581	1	75	75,66	125
3582	10	99	90,34	101
3583	20	96	111,89	104
3584	12	106	78,48	94
3585	13	75	83,8	125
<b>TOTAL</b>		<b>1458</b>	<b>1163</b>	<b>1142</b>

TAB. 10.122 Roteiros gerados com o método SWEEP e OPT-2 para o VPRNC8

<b>Roteiros gerados com o método SWEEP e OPT-2</b>														
Ordem	1010	11	1111	1212	1313	2020	22	33	44	55	66	77	88	
1	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	
2	82	89	50	69	30	62	28	56	26	57	14	94	6	
3	46	60	9	70	20	64	78	67	12	15	43	59	96	
4	36	83	71	32	66	49	34	23	54	41	42	91	99	
5	47	84	65	90	51	19	79	75	24	22	87	44	93	
6	48	17	35	63	1	11	3	72	55	74	97	38	85	
7	7	45	81	10	CD	88	76	73	25	2	95	100	16	
8	52	8	33	31		CD	77	21	39	58	13	37	86	
9	CD	18	CD	27			29	40	4	53	CD	98	61	
10		CD		CD			68	CD	CD	CD		92	5	
11							80					CD	CD	
12							CD							

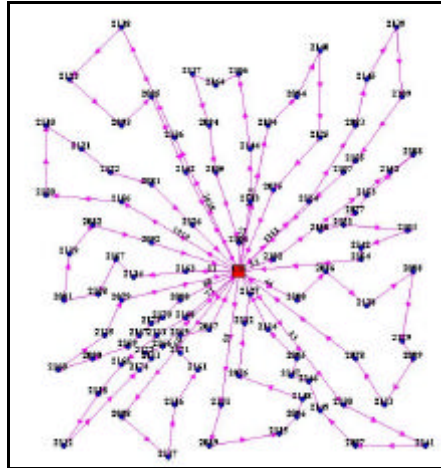


FIG. 10.45 Roteiros para o problema VPRNC 8 utilizando o método SWEEP e OPT-2

TAB. 10.123 Melhores resultados encontrados na literatura para o VPRNC8

<b>Melhores resultados encontrados na literatura</b>				
ID	ChassiCaminhao	Carga	DistanciaTotal(KM)	Folga
3529	11	153	106,92	47
3530	2	93	89,01	107
3531	4	163	117,83	37
3532	3	169	90,12	31
3533	5	157	83,02	43
3534	6	191	111,31	9
3535	7	178	117,45	22
3536	8	155	90,09	45
3537	1	199	59,25	1
<b>TOTAL</b>		<b>1458</b>	<b>865</b>	<b>342</b>

TAB. 10.124 Melhores roteiros encontrados na literatura para o VPRNC8

<b>Melhores roteiros encontrados na literatura</b>									
Ordem	11	1111	22	33	44	55	66	77	88
1	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD
2	94	26	6	28	50	58	99	18	27
3	95	4	5	76	33	2	61	82	69
4	97	56	84	77	81	57	16	48	70
5	92	23	17	3	9	15	86	47	30
6	98	67	45	79	35	41	38	36	32
7	37	39	46	78	71	22	44	49	90
8	100	25	8	34	65	75	14	64	63
9	91	55	83	29	66	74	43	11	10
10	85	54	60	24	20	72	42	19	62
11	93	CD	89	68	51	73	87	7	88
12	59		CD	80	1	21	13	52	31
13	96			12	CD	40	CD	CD	CD
14	CD			CD		53			
15						CD			



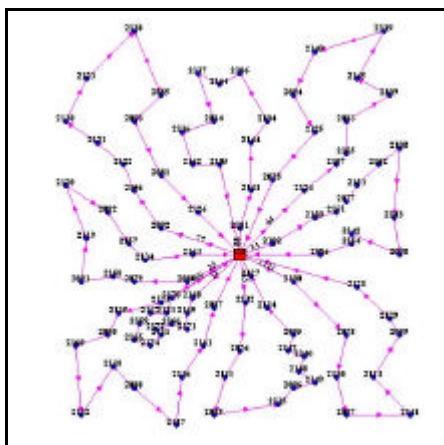


FIG. 10.46 Melhores roteiros encontrados na literatura para o problema VPRNC 8

### 10.3.9 Resultados Obtidos para o Problema VPRNC9

TAB. 10.125 Resultados obtidos com o método CLARK and WRIGHT para o VPRNC9

<b>Resultados obtidos com o método CLARK and WRIGHT</b>				
ID	ChassiCaminhao	Carga	DistanciaTotal(KM)	Folga
3609	11	114	119,14	86
3610	2	164	100,66	36
3611	4	102	114,98	98
3612	3	150	106,27	50
3613	5	163	99,67	37
3614	6	114	86,18	86
3615	7	185	84,8	15
3616	8	155	101,77	45
3617	1	153	72,52	47
3618	10	164	81,45	36
3619	20	163	92,56	37
3620	12	143	85,18	57
3621	13	174	71,43	26
3622	14	197	69,88	3
3623	15	94	37,45	106
<b>TOTAL</b>		<b>2235</b>	<b>1323,94</b>	<b>765</b>

TAB. 10.126 Roteiros gerados com o método CLARK and WRIGHT para o VPRNC9

Roteiros gerados com o método CLARK and WRIGHT															
Ordem	1010	11	1111	1212	1313	1414	1515	2020	22	33	44	55	66	77	88
1	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD
2	101	149	20	76	111	146	53	102	14	130	47	108	99	59	11
3	31	21	66	116	132	127	58	33	119	55	36	32	104	93	107
4	88	73	71	77	69	52	40	81	44	25	143	131	92	37	19
5	106	72	65	3	1	18	105	51	38	139	49	128	97	98	123
6	7	74	136	121	50	89	28	30	140	39	64	103	87	85	48
7	82	133	35	29	68	147	27	122	86	67	63	9	42	100	124
8	8	22	135	24	150	6	CD	70	141	23	126	120	142	91	46
9	114	41	34	134	80	94		10	16	56	90	78	43	113	45
10	83	145	CD	54	109	96		62	61	75	CD	129	15	17	125
11	60	115		4	12	95		148	CD	CD		79	57	84	CD
12	118	2		110	138	117		CD				CD	144	5	
13	CD	137		CD	26	13							CD	CD	
14		CD			CD	112									
15						CD									

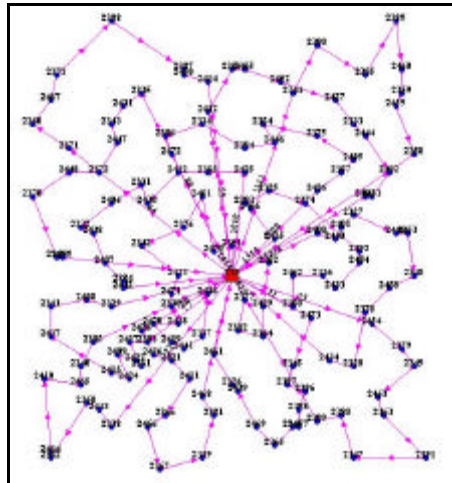


FIG. 10.47 Roteiros para o problema VPRNC 9 utilizando o método de CLARK and WRIGHT

TAB. 10.127 Resultados obtidos com o método CLARK and WRIGHT e OPT-2 para o VPRNC9

<b>Resultados obtidos com o método CLARK and WRIGHT e OPT-2</b>				
ID	ChassiCaminhao	Carga	DistanciaTotal(KM)	Folga
3624	11	114	119,14	86
3625	2	164	100,66	36
3626	4	102	114,98	98
3627	3	150	106,27	50
3628	5	163	99,67	37
3629	6	114	86,18	86
3630	7	185	84,3	15
3631	8	155	101,77	45
3632	1	153	72,52	47
3633	10	164	80,86	36
3634	20	163	90,33	37
3635	12	143	85,18	57
3636	13	174	71,43	26
3637	14	197	69,88	3
3638	15	94	37,45	106
<b>TOTAL</b>		<b>2235</b>	<b>1320,62</b>	<b>765</b>

TAB. 10.128 Roteiros gerados com o método CLARK and WRIGHT e OPT-2 para o VPRNC9

<b>Roteiros gerados com o método CLARK and WRIGHT e OPT-2</b>															
Ordem	1010	11	1111	1212	1313	1414	1515	2020	22	33	44	55	66	77	88
1	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD
2	101	149	20	76	111	146	53	102	14	130	47	108	99	59	11
3	31	21	66	116	132	127	58	33	119	55	36	32	104	37	107
4	88	73	71	77	69	52	40	81	44	25	143	131	92	98	19
5	7	72	65	3	1	18	105	51	38	139	49	128	97	93	123
6	106	74	136	121	50	89	28	122	140	39	64	103	87	85	48
7	82	133	35	29	68	147	27	30	86	67	63	9	42	100	124
8	8	22	135	24	150	6	CD	70	141	23	126	120	142	91	46
9	114	41	34	134	80	94		10	16	56	90	78	43	113	45
10	83	145	CD	54	109	96		62	61	75	CD	129	15	17	125
11	60	115		4	12	95		148	CD	CD		79	57	84	CD
12	118	2		110	138	117		CD				CD	144	5	
13	CD	137		CD	26	13							CD	CD	
14		CD			CD	112									
15						CD									

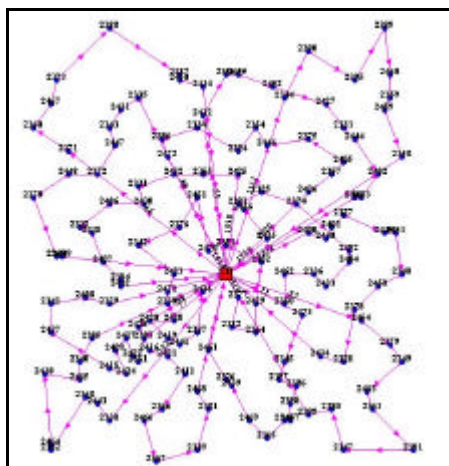


FIG. 10.48 Roteiros para o problema VPRNC 9 utilizando o método DE CLARK and WRIGHT e OPT-2

TAB. 10.129 Resultados obtidos com o método SWEEP para o VPRNC9

<b>Resultados obtidos com o método SWEEP</b>				
ID	ChassiCaminhao	Carga	DistanciaTotal(KM)	Folga
3639	14	93	125,51	107
3640	2	116	98,97	84
3641	4	117	82,9	83
3642	3	106	79,45	94
3643	5	117	94,25	83
3644	6	115	107,76	85
3645	7	115	119	85
3646	8	112	93,54	88
3647	9	94	117,26	106
3648	10	68	92,69	132
3649	11	52	98,89	148
3650	1	120	123,14	80
3651	13	138	89,33	62
3652	26	125	132,63	75
3653	15	144	104,28	56
3654	16	89	129,19	111
3655	17	67	134,74	133
3656	18	68	93,92	132
3657	19	76	101,64	124
3658	20	68	135,37	132
3659	21	97	129,44	103
3660	22	77	116,59	123
3661	23	61	118,05	139
<b>TOTAL</b>		<b>2235</b>	<b>2518,54</b>	<b>2365</b>

TAB. 10.130 Roteiros gerados com o método SWEEP para o VPRNC9 (parte I)

Roteiros gerados com o método SWEEP													
Ordem	1010	11	1111	1313	1414	1515	1616	1717	1818	1919	2020	2121	22
1	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD
2	142	140	38	141	65	17	8	47	49	107	64	10	135
3	117	94	100	85	71	84	18	106	123	88	127	108	102
4	97	98	119	93	9	118	46	143	19	11	126	90	50
5	14	44	37	96	136	60	82	52	146	148	63	32	81
6	95	91	92	16	35	89	124	7	CD	62	31	27	33
7	CD	59	CD	104	120	83	36	CD		CD	CD	131	111
8		112		99	CD	45	48					70	CD
9		CD		CD		125	CD					CD	
10						114							
11						CD							

TAB. 10.131 Roteiros gerados com o método SWEEP para o VPRNC9 (parte II)

Roteiros gerados com o método SWEEP										
Ordem	2222	2323	2626	33	44	55	66	77	88	99
1	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD
2	101	66	86	121	34	134	4	56	53	15
3	69	1	6	29	78	109	139	23	133	137
4	30	103	61	68	79	54	110	21	22	144
5	128	51	113	150	129	130	39	72	41	43
6	132	CD	147	80	3	55	67	75	145	87
7	122		5	24	76	25	105	40	58	42
8	20		CD	12	77	26	CD	73	115	13
9	CD			138	116	149		74	2	CD
10				CD	28	CD		CD	57	
11					CD				CD	

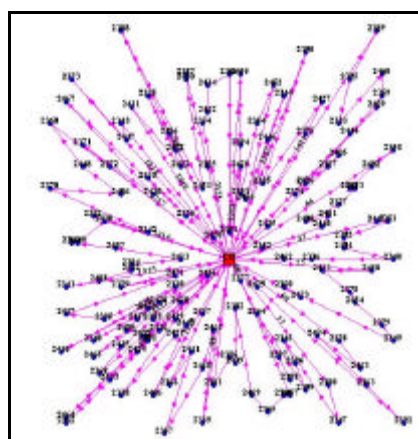


FIG. 10.49 Roteiros para o problema VPRNC 9 utilizando o método SWEEP

TAB. 10.132 Resultados obtidos com o método SWEEP e OPT-2 para o VPRNC9

<b>Resultados obtidos com o método SWEEP e OPT-2</b>				
ID	ChassiCaminhao	Carga	DistanciaTotal(KM)	Folga
3662	14	93	103,62	107
3663	2	116	77,84	84
3664	4	117	73,42	83
3665	3	106	68,94	94
3666	5	117	77,42	83
3667	6	115	88,09	85
3668	7	115	76,26	85
3669	8	112	69,23	88
3670	9	94	75,86	106
3671	10	68	69,13	132
3672	11	52	84,76	148
3673	1	120	83,7	80
3674	13	138	62,95	62
3675	26	125	76,04	75
3676	15	144	75,61	56
3677	16	89	94,93	111
3678	17	67	84,44	133
3679	18	68	87,93	132
3680	19	76	70,62	124
3681	20	68	96,48	132
3682	21	97	73,44	103
3683	22	77	67,82	123
3684	23	61	83,66	139
<b>TOTAL</b>		<b>2235</b>	<b>1822,19</b>	<b>2365</b>

TAB. 10.133 Roteiros gerados com o método SWEEP e OPT-2 para o VPRNC9 (parte I)

<b>Roteiros gerados com o método SWEEP e OPT-2</b>													
Ordem	1010	11	1111	1313	1414	1515	1616	1717	1818	1919	2020	2121	22
1	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD
2	142	94	38	96	9	89	18	106	123	88	127	27	50
3	14	98	119	93	71	118	82	47	49	107	31	10	102
4	97	140	100	85	65	60	8	143	19	11	126	108	135
5	95	44	37	141	136	83	46	7	146	62	63	90	81
6	117	91	92	16	35	84	36	52	CD	148	64	32	33
7	CD	59	CD	104	120	17	124	CD		CD	CD	131	111
8		112		99	CD	45	48					70	CD
9		CD		CD		125	CD					CD	
10						114							
11						CD							

TAB. 10.134 Roteiros gerados com o método SWEEP e OPT-2 para o VPRNC9 (parte II)

Roteiros gerados com o método SWEEP e OPT-2										
Ordem	2222	2323	2626	33	44	55	66	77	88	99
1	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD
2	132	1	61	24	76	109	105	56	53	42
3	122	66	86	29	79	134	4	23	133	43
4	20	103	113	121	78	54	139	75	22	15
5	128	51	5	68	34	130	67	74	41	144
6	30	CD	6	80	129	55	39	72	145	87
7	101		147	150	3	25	110	73	57	137
8	69		CD	12	77	149	CD	21	115	13
9	CD			138	116	26		40	2	CD
10				CD	28	CD		CD	58	
11				CD				CD		

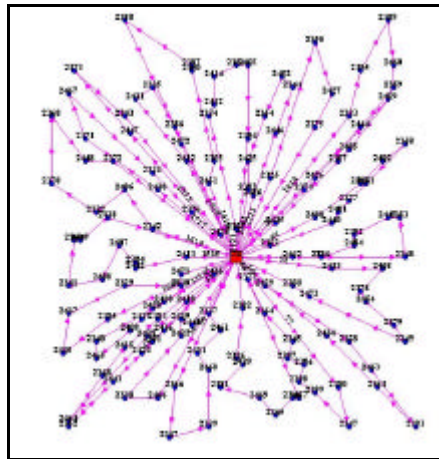


FIG. 10.50 Roteiros para o problema VPRNC 9 utilizando o método SWEEP e OPT-2

TAB. 10.135 Melhores resultados encontrados na literatura para o VPRNC9

Melhores resultados encontrados na literatura				
ID	ChassiCaminhao	Carga	DistanciaTotal(KM)	Folga
3579	11	168	79,98	32
3580	2	188	69,5	12
3581	4	133	41,94	67
3582	3	193	96,02	7
3583	5	135	112,57	65
3584	6	154	82,24	46
3585	7	109	109,17	91
3586	8	169	74,55	31
3587	1	168	88,67	32
3588	10	173	99,62	27
3589	20	176	90	24
3590	12	129	78,28	71
3591	13	198	74,3	2
3592	14	142	64,58	58
<b>TOTAL</b>		<b>2235</b>	<b>1161,42</b>	<b>565</b>

TAB. 10.136 Melhores roteiros encontrados na literatura para o VPRNC9

Melhores roteiros encontrados na literatura														
Ordem	1010	11	1111	1212	1313	1414	2020	22	33	44	55	66	77	88
1	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD
2	5	18	31	137	59	53	50	111	72	146	48	26	78	27
3	84	82	10	87	93	40	102	76	75	89	47	149	34	127
4	17	124	108	144	85	21	33	116	56	147	36	54	135	88
5	113	46	90	57	61	73	81	77	23	6	143	130	35	148
6	86	45	32	15	16	74	120	3	67	96	49	55	136	62
7	140	125	131	43	141	133	9	79	39	99	64	25	65	11
8	38	8	128	142	44	22	66	129	139	104	63	24	71	107
9	14	114	30	42	119	41	20	29	4	94	126	134	103	19
10	100	83	70	97	91	145	122	121	110	112	CD	109	51	123
11	95	60	101	117	98	115	1	68	105	CD		12	CD	7
12	CD	118	69	13	37	2	CD	80	CD			138		106
13		CD	132	CD	92	58		150				CD		52
14			CD		CD	CD		28						C D
15								CD						

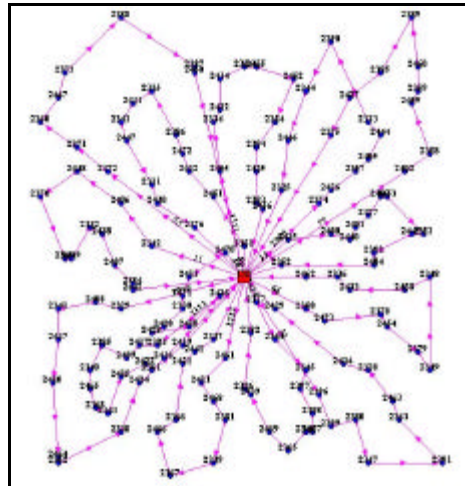


FIG. 10.51 Melhores roteiros encontrados na literatura para o problema VPRNC 9



### 10.3.10 Resultados Obtidos para o Problema VPRNC 10

TAB. 10.137 Resultados obtidos com o método SWEEP para o VPRNC10

<b>Resultados obtidos com o método SWEEP</b>				
ID	ChassiCaminhao	Carga	DistanciaTotal(KM)	Folga
3683	15	130	125,87	70
3684	2	131	98,97	69
3685	22	129	94,02	71
3686	21	159	108,93	41
3687	23	149	92,3	51
3688	24	122	97,88	78
3689	25	126	114,57	74
3690	26	94	146,05	106
3691	3	123	104,65	77
3692	10	141	108,16	59
3693	11	111	106,66	89
3694	12	94	102,51	106
3695	1	93	133,26	107
3696	14	90	128,67	110
3697	32	159	125,7	41
3698	16	151	103,84	49
3699	17	105	112,92	95
3700	18	186	90,38	14
3701	19	59	109,76	141
3702	20	113	97,38	87
3703	4	71	148,66	129
3704	5	92	122,61	108
3705	27	101	138,92	99
3706	28	152	106,64	48
3707	29	83	83,36	117
3708	30	76	123,53	124
3709	31	102	124,35	98
3710	13	44	67,25	156
<b>TOTAL</b>		<b>3186</b>	<b>3117,8</b>	<b>2414</b>

TAB. 10.138 Roteiros gerados com o método SWEEP para o VPRNC10 (parte I)

Roteiros gerados com o método SWEEP															
Ordem	1010	11	1111	1212	1313	1414	1515	1616	1717	1818	1919	2020	2121	22	2222
1	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD
2	73	14	58	172	176	37	65	183	6	118	8	36	169	135	164
3	74	95	115	87	103	151	71	93	61	60	18	48	77	157	185
4	53	192	178	42	51	92	161	96	113	89	46	47	196	102	34
5	133	38	2	13	CD	140	9	16	147	166	82	168	116	50	78
6	171	100	57	142		94	136	99	173	83	124	106	28	81	79
7	22	119	15	117		98	35	104	5	45	153	194	184	33	129
8	41	CD	137	97		44	120	86	17	125	CD	CD	121	111	158
9	145		144	CD		CD	CD	156	84	199			29	CD	3
10	152		43					CD	CD	174			68		76
11	CD		CD							114			CD		CD
12										CD					

TAB. 10.139 Roteiros gerados com o método SWEEP para o VPRNC10 (parte II)

Roteiros gerados com o método SWEEP													
Ordem	2323	2424	2525	2626	2727	2828	2929	3030	3131	3232	33	44	55
1	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD
2	150	54	170	67	11	190	90	131	128	193	186	143	19
3	80	195	155	105	148	126	181	70	132	91	197	52	146
4	24	130	4	198	62	63	32	101	122	59	23	7	182
5	163	165	187	180	64	31	162	160	20	191	21	49	107
6	12	55	139	56	127	167	27	69	66	112	72	123	175
7	154	25	110	CD	159	10	CD	30	188	141	75	CD	88
8	138	26	39		CD	189		CD	1	85	40		CD
9	177	179	CD			108			CD	CD	CD		
10	134	149				CD							
11	109	CD											
12	CD												

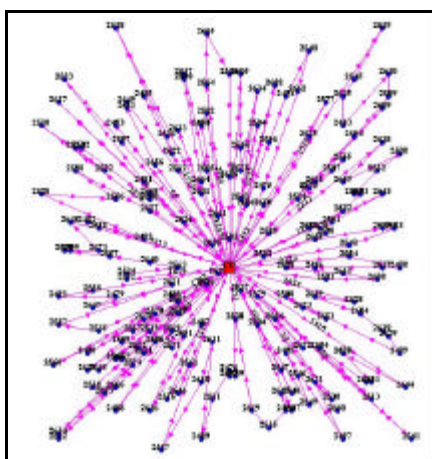


FIG. 10.52 Roteiros para o problema VPRNC 10 utilizando o método SWEEP

TAB. 10.140 Resultados obtidos com o método SWEEP e OPT-2 para o VPRNC10

<b>Resultados obtidos com o método SWEEP e OPT-2</b>				
ID	ChassiCaminhao	Carga	DistanciaTotal(KM)	Folga
3711	15	130	103,98	70
3712	2	131	77,83	69
3713	22	129	75,35	71
3714	21	159	68,25	41
3715	23	149	63,01	51
3716	24	122	68,91	78
3717	25	126	78,67	74
3718	26	94	88,73	106
3719	3	123	73,06	77
3720	10	141	63,93	59
3721	11	111	78,03	89
3722	12	94	61,7	106
3723	1	93	86,26	107
3724	14	90	83,52	110
3725	32	159	62,21	41
3726	16	151	70,77	49
3727	17	105	72,24	95
3728	18	186	66,66	14
3729	19	59	74,88	141
3730	20	113	82,96	87
3731	4	71	89,72	129
3732	5	92	70,91	108
3733	27	101	93,49	99
3734	28	152	70,91	48
3735	29	83	83,36	117
3736	30	76	69,9	124
3737	31	102	82,84	98
3738	13	44	67,25	156
<b>TOTAL</b>		<b>3186</b>	<b>2129,33</b>	<b>2414</b>

TAB. 10.141 Roteiros gerados com o método SWEEP e OPT-2 para o VPRNC10 (parte I)

<b>Roteiros gerados com o método SWEEP e OPT-2</b>															
Ordem	1010	11	1111	1212	1313	1414	1515	1616	1717	1818	1919	2020	2121	22	2222
1	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD
2	53	95	137	142	176	92	9	183	147	89	18	194	28	50	185
3	73	100	2	42	103	151	161	93	84	166	8	168	184	102	164
4	171	14	144	172	51	37	71	16	17	118	46	36	116	157	34
5	74	38	43	87	CD	140	65	86	113	60	124	47	196	135	78
6	133	119	15	97		44	136	99	61	83	82	48	77	81	129
7	22	192	57	117		98	35	104	173	199	153	106	169	33	79
8	41	CD	178	13		94	120	96	5	125	CD	CD	29	111	158
9	145		115	CD		CD	CD	156	6	45			121	CD	3
10	152		58					CD	CD	174			68		76
11	CD		CD							114			CD		CD
12										CD					

TAB. 10.142 Roteiros gerados com o método SWEEP e OPT-2 para o VPRNC10 (parte II)

Roteiros gerados com o método SWEEP e OPT-2													
Ordem	2323	2424	2525	2626	2727	2828	2929	3030	3131	3232	33	44	55
1	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD
2	109	26	110	56	159	167	90	101	1	112	197	123	146
3	134	195	39	67	64	31	181	70	122	85	186	49	182
4	24	54	170	198	11	108	32	131	20	141	23	143	19
5	163	130	187	180	62	63	162	160	188	191	75	7	107
6	150	165	139	105	148	126	27	30	66	91	72	52	175
7	80	55	4	CD	127	10	CD	69	128	193	21	CD	88
8	177	25	155		CD	189		CD	132	59	40		CD
9	12	179	CD			190			CD	CD	CD		
10	154	149				CD							
11	138	CD											
12	CD												

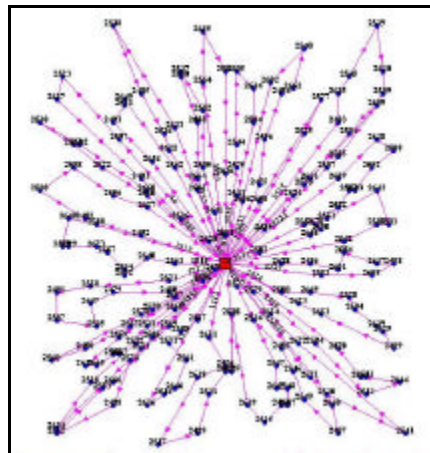


FIG. 10.53 Roteiros para o problema VPRNC 10 utilizando o método SWEEP e OPT-2

TAB. 10.143 Melhores resultados encontrados na literatura para o VPRNC10

<b>Melhores resultados encontrados na literatura</b>				
ID	ChassiCaminhao	Carga	DistanciaTotal(KM)	Folga
3613	11	194	74,45	6
3614	2	200	65,41	0
3615	4	196	67,99	4
3616	3	199	61,3	1
3617	5	175	97,73	25
3618	6	54	17,44	146
3619	7	160	89,59	40
3620	8	200	51,55	0
3621	1	198	85,3	2
3622	10	177	79,93	23
3623	20	181	99,33	19
3624	12	193	79,49	7
3625	13	197	58,56	3
3626	14	198	85,22	2
3627	15	162	89,55	38
3628	16	139	109,57	61
3629	17	190	77,63	10
<b>TOTAL</b>		<b>3013</b>	<b>1290,04</b>	<b>387</b>

TAB. 10.144 Melhores roteiros encontrados na literatura para o VPRNC10 (parte I)

<b>Melhores roteiros encontrados na literatura</b>												
Ordem	1010	11	1111	1212	1313	1414	1515	1616	1717	1818	2020	22
1	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD
2	137	89	21	166	111	12	176	31	190	81	123	40
3	144	84	197	118	50	68	51	189	10	120	19	73
4	57	17	56	60	102	121	103	126	108	135	49	171
5	15	113	186	83	157	29	66	63	90	35	143	74
6	43	86	39	199	33	169	188	181	32	136	36	133
7	142	141	187	125	185	34	20	64	131	65	47	22
8	42	16	139	45	129	164	128	11	160	71	168	41
9	172	61	4	46	158	78	122	175	30	161	124	145
10	87	173	155	174	3	79	1	107	70	9	48	115
11	95	5	110	8	77	196	132	CD	101	CD	82	178
12	94	147	198	114	116	76	27		162		CD	2
13	183	CD	180	18	184	CD	CD		69			152
14	CD		CD	CD	28				CD			58
15					CD							CD
16												

TAB. 10.145 Melhores roteiros encontrados na literatura para o VPRNC10 (parte II)

Melhores roteiros encontrados na literatura						
Ordem	33	44	55	66	77	88
1	CD	CD	CD	CD	CD	CD
2	167	138	195	105	100	112
3	127	154	130	53	192	6
4	88	109	165	156	119	96
5	148	177	55	CD	14	104
6	159	150	25		38	99
7	62	80	170		140	93
8	182	163	67		44	85
9	7	24	23		191	98
10	194	134	75		91	37
11	106	54	72		193	151
12	153	179	CD		59	92
13	52	149			CD	97
14	146	26				117
15	CD	CD				13
16						CD

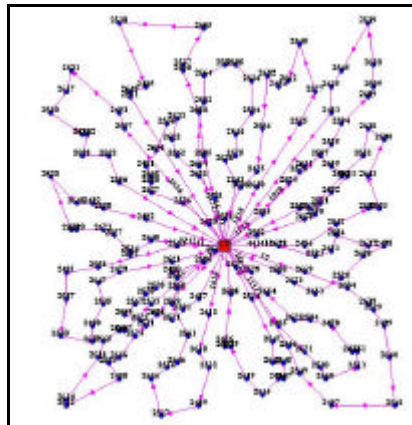


FIG. 10.54 Melhores roteiros encontrados na literatura para o problema VPRNC 10

### 10.3.11 Resultados Obtidos para o Problema VPRNC 11

TAB. 10.146 Resultados obtidos com o método CLARK and WRIGHT para o VPRNC11

<b>Resultados obtidos com o método CLARK and WRIGHT</b>				
ID	ChassiCaminhao	Carga	DistanciaTotal(KM)	Folga
3613	11	199	213,53	1
3614	2	198	199,35	2
3615	4	197	220,01	3
3616	3	200	145,51	0
3617	5	199	140,81	1
3618	6	186	56,59	14
3619	7	196	90,61	4
<b>TOTAL</b>		<b>1375</b>	<b>1066,41</b>	<b>25</b>

TAB. 10.147 Roteiros gerados com o método CLARK and WRIGHT para o VPRNC11

<b>Roteiros gerados com o método CLARK and WRIGHT</b>							
Ordem	1111	22	33	44	55	66	77
1	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD
2	100	110	98	17	8	111	95
3	53	40	68	16	12	86	96
4	55	43	73	19	13	85	93
5	56	45	76	25	14	112	94
6	58	48	77	28	15	84	97
7	60	51	79	32	11	117	115
8	63	50	80	35	10	83	116
9	66	49	78	36	9	113	103
10	64	46	75	34	4	18	104
11	62	47	72	33	3	118	107
12	61	44	74	30	5	108	99
13	65	41	71	31	6	114	101
14	59	42	70	27	7	90	102
15	57	39	69	24	1	91	106
16	54	38	67	22	2	89	105
17	52	37	CD	23	88	92	120
18	CD	CD		26	CD	87	119
19				29		CD	81
20				20			82
21				21			CD
22				109			
23				CD			

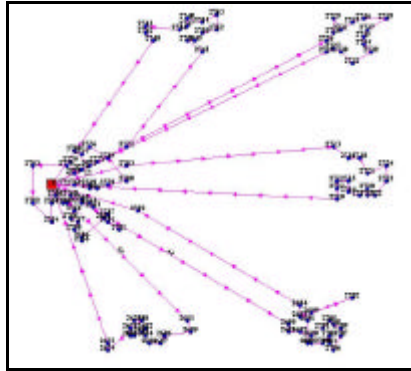


FIG. 10.55 Roteiros para o problema VPRNC 11 utilizando o método de CLARK and WRIGHT

TAB. 10.148 Resultados obtidos com o método CLARK and WRIGHT e OPT-2 para o VPRNC11

<b>Resultados obtidos com o método CLARK and WRIGHT e OPT-2</b>				
ID	ChassiCaminhao	Carga	DistanciaTotal(KM)	Folga
3627	11	199	213,25	1
3628	2	198	199,35	2
3629	4	197	213,49	3
3630	3	200	145,51	0
3631	5	199	139,47	1
3632	6	186	54,84	14
3633	7	196	89,85	4
<b>TOTAL</b>		<b>1375</b>	<b>1055,76</b>	<b>25</b>



TAB. 10.149 Roteiros gerados com o método CLARK and WRIGHT e OPT-2 para o VPRNC11

Roteiros gerados com o método CLARK and WRIGHT e OPT-2							
Ordem	1111	22	33	44	55	66	77
1	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD
2	100	110	98	17	8	111	95
3	53	40	68	16	12	86	96
4	55	43	73	19	13	85	93
5	58	45	76	26	14	112	94
6	56	48	77	29	15	84	97
7	60	51	79	32	11	117	115
8	63	50	80	35	9	113	116
9	66	49	78	36	10	83	103
10	64	46	75	34	4	108	107
11	62	47	72	31	3	118	104
12	61	44	74	30	7	18	99
13	65	41	71	33	6	114	101
14	59	42	70	27	5	90	102
15	57	39	69	24	1	91	106
16	54	38	67	22	2	89	105
17	52	37	CD	25	88	92	120
18	CD	CD		28	CD	87	119
19				23		CD	81
20				20			82
21				21			CD
22				109			
23				CD			

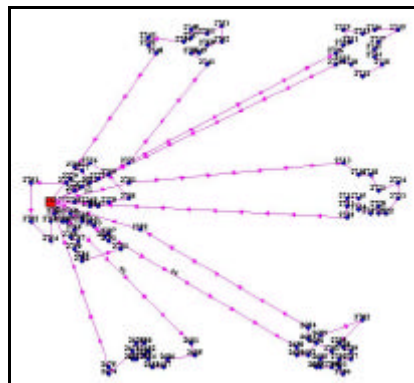


FIG. 10.56 Roteiros para o problema VPRNC 11 utilizando o método de CLARK and WRIGHT e OPT-2

TAB. 10.150 Resultados obtidos com o método SWEEP para o VPRNC11

<b>Resultados obtidos com o método SWEEP</b>				
ID	ChassiCaminhao	Carga	DistanciaTotal(KM)	Folga
3634	11	200	510,98	0
3635	2	193	369,77	7
3636	4	196	656,92	4
3637	3	192	486,63	8
3638	5	194	328,76	6
3639	6	200	401,73	0
3640	7	200	366,29	0
<b>TOTAL</b>		<b>1375</b>	<b>3121,08</b>	<b>25</b>

TAB. 10.151 Roteiros gerados com o método SWEEP para o VPRNC11

<b>Roteiros gerados com o método SWEEP</b>							
Ordem	1111	22	33	44	55	66	77
<b>1</b>	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD
<b>2</b>	66	115	19	109	14	81	80
<b>3</b>	64	48	87	29	7	82	104
<b>4</b>	54	39	24	21	9	119	103
<b>5</b>	52	42	22	32	11	120	77
<b>6</b>	62	50	16	26	15	70	76
<b>7</b>	116	97	89	35	10	69	79
<b>8</b>	57	96	18	36	6	107	68
<b>9</b>	61	95	108	91	111	67	56
<b>10</b>	65	47	118	92	113	105	60
<b>11</b>	59	38	8	34	112	75	55
<b>12</b>	110	41	12	28	5	72	58
<b>13</b>	40	49	85	23	4	71	63
<b>14</b>	43	46	86	20	83	106	53
<b>15</b>	45	44	13	114	3	74	101
<b>16</b>	51	37	84	31	117	78	100
<b>17</b>	CD	94	CD	90	2	73	102
<b>18</b>		93		30	1	CD	99
<b>19</b>		CD		25	88		98
<b>20</b>				27	CD		CD
<b>21</b>				33			
<b>22</b>				17			
<b>23</b>				CD			

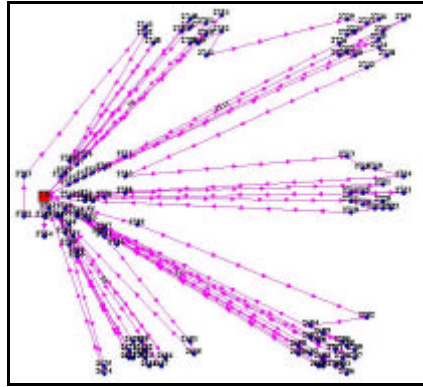


FIG. 10.57 Roteiros para o problema VPRNC 11 utilizando o método SWEEP

TAB. 10.152 Resultados obtidos com o método SWEEP e OPT-2 para o VPRNC11

<b>Resultados obtidos com o método SWEEP e OPT-2</b>				
ID	ChassiCaminhao	Carga	DistanciaTotal(KM)	Folga
3641	11	200	245,06	0
3642	2	193	200,01	7
3643	4	196	343,01	4
3644	3	192	183,45	8
3645	5	194	174,75	6
3646	6	200	158,1	0
3647	7	200	205,99	0
<b>TOTAL</b>		<b>1375</b>	<b>1510,37</b>	<b>25</b>

TAB. 10.153 Roteiros gerados com o método SWEEP e OPT-2 para o VPRNC11

Roteiros gerados com o método SWEEP e OPT-2							
Ordem	1111	22	33	44	55	66	77
1	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD
2	116	95	18	92	111	82	100
3	110	96	108	91	112	81	98
4	52	97	19	30	14	119	68
5	54	115	24	33	15	120	76
6	64	39	22	34	11	105	77
7	66	47	16	36	10	106	79
8	62	50	12	29	9	107	80
9	61	48	8	32	7	69	56
10	65	42	13	35	4	70	63
11	57	38	118	31	3	67	60
12	59	41	84	28	5	71	58
13	51	49	85	26	6	74	55
14	45	46	89	21	113	75	53
15	43	44	86	109	83	72	103
16	40	37	87	90	2	78	104
17	CD	94	CD	114	1	73	99
18		93		20	117	CD	101
19		CD		23	88		102
20				27	CD		CD
21				25			
22				17			
23				CD			

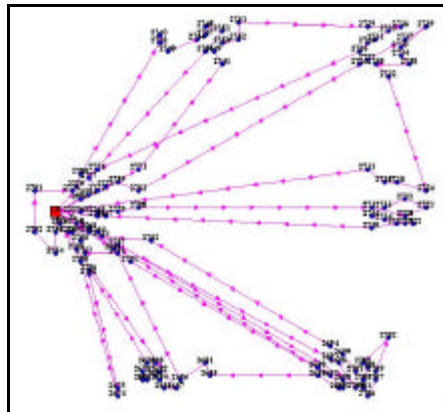


FIG. 10.58 Roteiros para o problema VPRNC 11 utilizando o método SWEEP e OPT-2

TAB. 10.154 Melhores resultados encontrados na literatura para o VPRNC11

<b>Melhores resultados encontrados na literatura</b>				
ID	ChassiCaminhao	Carga	DistanciaTotal(KM)	Folga
3648	11	199	134,85	1
3649	2	197	208,32	3
3650	4	200	199,59	0
3651	3	200	213,84	0
3652	5	199	144,44	1
3653	6	186	76,48	14
3654	7	194	65,94	6
<b>TOTAL</b>		<b>1375</b>	<b>1043,46</b>	<b>25</b>

TAB. 10.155 Melhores roteiros encontrados na literatura para o VPRNC11

<b>Melhores roteiros encontrados na literatura</b>							
Ordem	1111	22	33	44	55	66	77
1	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD
2	8	17	52	37	73	82	87
3	12	16	54	38	76	111	92
4	13	19	57	39	68	86	89
5	14	25	59	42	77	85	93
6	15	22	65	41	79	91	96
7	11	24	61	44	80	90	94
8	10	27	62	46	78	114	97
9	9	33	64	49	75	18	115
10	7	30	66	47	72	118	110
11	6	31	63	50	74	108	98
12	5	34	60	51	71	83	116
13	4	36	56	48	70	113	100
14	3	35	58	45	69	117	103
15	1	29	55	43	67	84	104
16	2	32	53	40	107	112	99
17	88	28	105	95	106	81	101
18	CD	26	CD	CD	CD	119	102
19		23				120	CD
20		20				CD	
21		21					
22		109					
23		CD					

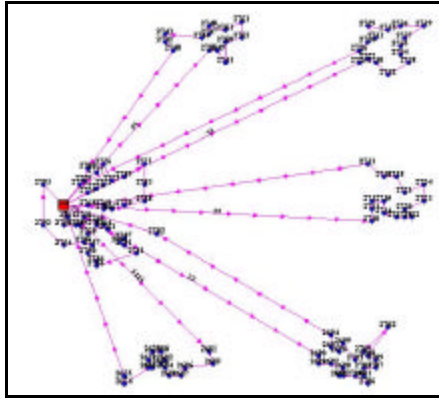


FIG. 10.59 Melhores roteiros encontrados na literatura para o problema VPRNC 11

### 10.3.12 Resultados Obtidos para o Problema VPRNC 12

TAB. 10.156 Resultados obtidos com o método CLARK and WRIGHT para o VPRNC12

<b>Resultados obtidos com o método CLARK and WRIGHT</b>				
ID	ChassiCaminhao	Carga	DistanciaTotal(KM)	Folga
3648	11	200	101,9	0
3649	2	200	97,57	0
3650	4	200	100,4	0
3651	3	170	75,9	30
3652	5	200	97,02	0
3653	6	160	66,17	40
3654	7	200	137,87	0
3655	8	160	59,75	40
3656	1	170	51,1	30
3657	10	150	44,81	50
<b>TOTAL</b>		<b>1810</b>	<b>832,49</b>	<b>190</b>

TAB. 10.157 Roteiros gerados com o método CLARK and WRIGHT para o VPRNC12

Roteiros gerados com o método CLARK and WRIGHT										
Ordem	1010	11	1111	22	33	44	55	66	77	88
1	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD
2	67	23	57	3	91	13	34	43	81	75
3	65	26	55	99	89	17	36	41	78	1
4	63	28	54	100	88	18	39	40	76	2
5	74	30	53	97	85	15	38	42	71	4
6	62	29	56	93	84	19	37	46	70	6
7	69	27	58	92	82	16	35	44	73	9
8	CD	25	60	94	83	14	31	45	77	8
9		24	59	95	86	12	33	48	79	7
10		22	CD	96	87	11	32	51	80	5
11		21		98	90	CD	CD	50	72	10
12		20		CD	CD			52	61	CD
13		CD						49	64	
14								47	68	
15								CD	66	
16									CD	

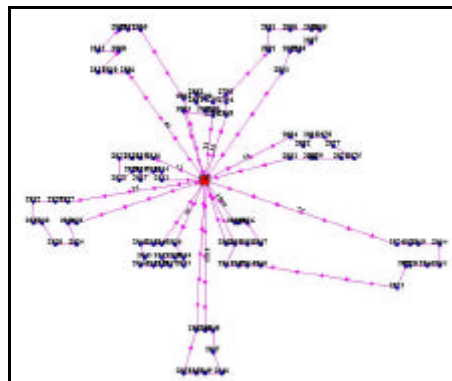


FIG. 10.60 Roteiros para o problema VPRNC 12 utilizando o método de CLARK and WRIGHT

TAB. 10.158 Resultados obtidos com o método CLARK and WRIGHT e OPT-2 para o VPRNC12

Resultados obtidos com o método CLARK and WRIGHT e OPT-2				
ID	ChassiCaminhao	Carga	DistanciaTotal(KM)	Folga
3658	11	200	101,9	0
3659	2	200	97,57	0
3660	4	200	96,27	0
3661	3	170	75,9	30
3662	5	200	97,02	0
3663	6	160	65,42	40
3664	7	200	137,87	0
3665	8	160	59,75	40
3666	1	170	51,1	30
3667	10	150	44,81	50
<b>TOTAL</b>		<b>1810</b>	<b>827,61</b>	<b>190</b>

TAB. 10.159 Roteiros gerados com o método CLARK and WRIGHT e OPT-2 para o VPRNC12

Roteiros gerados com o método CLARK and WRIGHT e OPT-2										
Ordem	1010	11	1111	22	33	44	55	66	77	88
1	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD
2	67	23	57	3	91	13	34	43	81	75
3	65	26	55	99	89	17	36	41	78	1
4	63	28	54	100	88	18	39	40	76	2
5	74	30	53	97	85	19	38	42	71	4
6	62	29	56	93	84	15	37	44	70	6
7	69	27	58	92	82	16	35	46	73	9
8	CD	25	60	94	83	14	31	45	77	8
9		24	59	95	86	12	33	48	79	7
10		22	CD	96	87	11	32	51	80	5
11		21		98	90	CD	CD	50	72	10
12		20		CD	CD			52	61	CD
13		CD						49	64	
14								47	68	
15								CD	66	
16									CD	

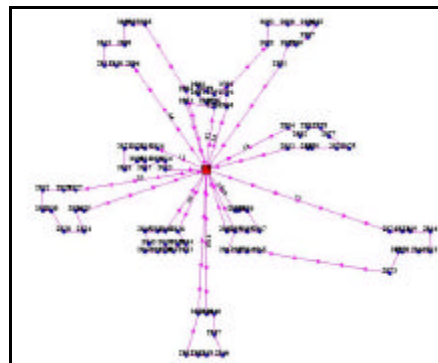


FIG. 10.61 Roteiros para o problema VPRNC 12 utilizando o método de CLARK and WRIGHT e OPT-2

TAB. 10.160 Resultados obtidos com o método SWEEP para o VPRNC12

Resultados obtidos com o método SWEEP				
ID	ChassiCaminhao	Carga	DistanciaTotal(KM)	Folga
3668	11	190	135,83	10
3669	2	180	139,27	20
3670	4	200	130,45	0
3671	3	180	118,78	20
3672	5	200	113,47	0
3673	6	170	111,23	30
3674	7	190	101,12	10
3675	8	190	115,12	10
3676	1	200	133,57	0
3677	10	110	120,85	90
<b>TOTAL</b>		<b>1810</b>	<b>1219,69</b>	<b>190</b>



TAB. 10.161 Roteiros gerados com o método SWEEP para o VPRNC12

Roteiros gerados com o método SWEEP										
Ordem	1010	11	1111	22	33	44	55	66	77	88
1	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD
2	83	95	70	62	48	57	38	30	16	2
3	82	92	73	72	47	58	34	28	14	1
4	71	94	77	61	51	59	36	26	12	75
5	76	91	79	66	50	60	39	23	10	100
6	78	88	80	64	49	40	29	18	11	99
7	81	85	63	69	52	41	24	17	8	97
8	CD	89	74	68	31	42	20	19	9	96
9		84	65	53	35	44	27	13	6	93
10		90	67	55	32	43	25	15	7	98
11		87	CD	54	33	45	22	CD	4	CD
12		86		56	37	46	21		3	
13		CD		CD	CD	CD	CD		5	
14									CD	

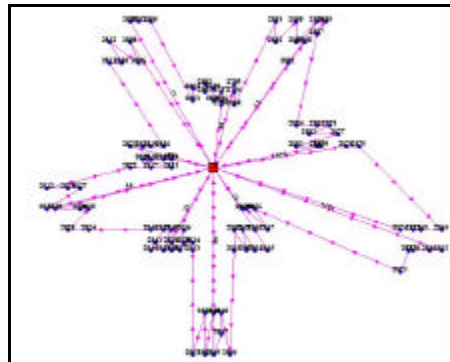


FIG. 10.62 Roteiros para o problema VPRNC 12 utilizando o método SWEEP

TAB. 10.162 Resultados obtidos com o método SWEEP e OPT-2 para o VPRNC12

Resultados obtidos com o método SWEEP e OPT-2				
ID	ChassiCaminhao	Carga	DistanciaTotal(KM)	Folga
3678	11	190	126,21	10
3679	2	180	107,6	20
3680	4	200	109,39	0
3681	3	180	100,52	20
3682	5	200	92,24	0
3683	6	170	90,22	30
3684	7	190	95,39	10
3685	8	190	93,17	10
3686	1	200	116,76	0
3687	10	110	120,85	90
<b>TOTAL</b>		<b>1810</b>	<b>1052,35</b>	<b>190</b>

TAB. 10.163 Roteiros gerados com o método SWEEP e OPT-2 para o VPRNC12

Roteiros gerados com o método SWEEP e OPT-2										
Ordem	1010	11	1111	22	33	44	55	66	77	88
1	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD
2	83	95	70	62	47	57	38	23	10	75
3	82	94	73	72	48	58	39	26	16	1
4	71	92	77	61	51	60	36	28	14	2
5	76	84	79	64	50	59	34	30	12	99
6	78	85	80	55	49	40	29	17	11	100
7	81	88	74	54	52	41	27	18	8	97
8	CD	91	63	56	31	43	25	19	9	93
9		89	65	53	35	42	24	15	6	96
10		86	67	68	37	44	22	13	4	98
11		87	CD	66	33	45	21	CD	7	CD
12		90		69	32	46	20		3	
13		CD		CD	CD	CD	CD		5	
14									CD	



FIG. 10.63 Roteiros para o problema VPRNC 12 utilizando o método SWEEP e OPT-2

TAB. 10.164 Melhores resultados encontrados na literatura para o VPRNC12

Melhores resultados encontrados na literatura					
ID	ChassiCaminhao	Carga	DistanciaTotal(KM)	Folga	
3688	11	200	95,99	0	
3689	2	170	56,14	30	
3690	4	200	101,9	0	
3691	3	200	97,02	0	
3692	5	170	75,9	30	
3693	6	150	43,55	50	
3694	7	200	136,75	0	
3695	8	170	50,69	30	
3696	1	190	95,89	10	
3697	10	160	64,74	40	
<b>TOTAL</b>		<b>1810</b>	<b>818,57</b>	<b>190</b>	

TAB. 10.165 Melhores roteiros encontrados na literatura para o VPRNC12

Melhores roteiros encontrados na literatura										
Ordem	1010	11	1111	22	33	44	55	66	77	88
1	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD
2	43	98	10	75	32	57	90	67	81	20
3	42	96	12	1	33	59	87	65	78	24
4	41	95	14	2	31	60	86	63	76	25
5	40	94	16	4	35	58	83	74	71	27
6	44	92	15	6	37	56	82	62	70	29
7	46	93	19	9	38	53	84	66	73	30
8	45	97	18	11	39	54	85	CD	77	28
9	48	100	17	8	36	55	88		79	26
10	51	99	13	7	34	CD	89		80	23
11	50	CD	CD	3	CD		91		72	22
12	52			5			CD		61	21
13	49			CD					64	CD
14	47								68	
15	CD								69	
16									CD	

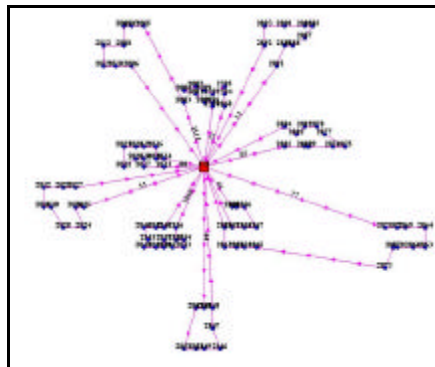


FIG. 10.64 Melhores roteiros encontrados na literatura para o problema VPRNC 12

### 10.3.13 Resultados Obtidos para o Problema VPRNC 13

TAB. 10.166 Resultados obtidos com o método CLARK and WRIGHT para o VPRNC13

<b>Resultados obtidos com o método CLARK and WRIGHT</b>				
ID	ChassiCaminhao	Carga	DistanciaTotal(KM)	Folga
3737	11	134	207,85	66
3738	2	116	189,73	84
3739	4	60	184,86	140
3740	3	133	214,86	67
3741	5	124	194,24	76
3742	6	141	137,06	59
3743	7	133	120,85	67
3744	8	147	121,36	53
3745	1	131	119,89	69
3746	10	143	41,55	57
3747	20	113	58	87
<b>TOTAL</b>		<b>1375</b>	<b>1590,25</b>	<b>825</b>

TAB. 10.167 Roteiros gerados com o método CLARK and WRIGHT para o VPRNC13

<b>Roteiros gerados com o método CLARK and WRIGHT</b>											
Ordem	1010	11	1111	2020	22	33	44	55	66	77	88
1	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD
2	95	114	56	102	43	53	28	17	68	94	8
3	96	18	58	101	45	55	32	16	73	97	12
4	93	118	60	99	48	54	35	19	76	115	13
5	92	109	63	104	51	57	36	25	77	110	14
6	89	108	66	107	50	52	34	22	79	98	15
7	91	7	64	106	49	40	33	23	80	67	11
8	90	6	62	105	46	39	30	26	78	70	10
9	84	1	61	120	47	42	31	29	75	69	9
10	112	2	65	119	44	38	27	20	72	116	4
11	85	83	59	81	41	37	24	21	74	100	3
12	86	113	CD	82	CD	CD	CD	CD	71	103	5
13	111	117		88					CD	CD	CD
14	87	CD		CD							
15	CD										

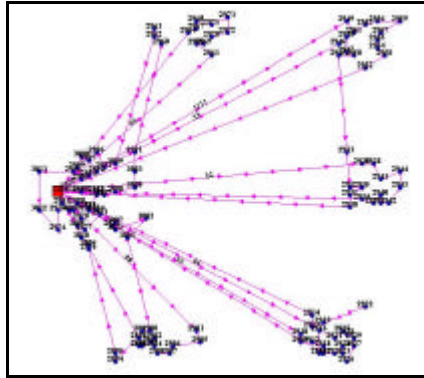


FIG. 10.65 Roteiros para o problema VPRNC 13 utilizando o método de CLARK and WRIGHT

TAB. 10.168 Resultados obtidos com o método CLARK and WRIGHT e OPT-2 para o VPRNC13

<b>Resultados obtidos com o método CLARK and WRIGHT e OPT-2</b>				
ID	ChassiCaminhao	Carga	DistanciaTotal(KM)	Folga
3748	11	134	207,85	66
3749	2	116	189,73	84
3750	4	60	184,16	140
3751	3	133	213,67	67
3752	5	124	190,93	76
3753	6	141	137,06	59
3754	7	133	120,85	67
3755	8	147	120,58	53
3756	1	131	119,25	69
3757	10	143	41,55	57
3758	20	113	58	87
<b>TOTAL</b>		<b>1375</b>	<b>1583,63</b>	<b>825</b>

TAB. 10.169 Roteiros gerados com o método CLARK and WRIGHT e OPT-2 para o VPRNC13

<b>Roteiros gerados com o método CLARK and WRIGHT e OPT-2</b>											
Ordem	1010	11	1111	2020	22	33	44	55	66	77	88
1	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD
2	95	114	56	102	43	53	28	17	68	94	8
3	96	18	58	101	45	55	32	16	73	97	12
4	93	118	60	99	48	57	35	19	76	115	13
5	92	108	63	104	51	54	36	22	77	110	14
6	89	109	66	107	50	52	34	25	79	98	15
7	91	7	64	106	49	40	31	29	80	67	11
8	90	6	62	105	46	42	30	26	78	70	9
9	84	1	61	120	47	39	33	23	75	69	10
10	112	2	65	119	44	38	27	20	72	116	4
11	85	83	59	81	41	37	24	21	74	100	3
12	86	113	CD	82	CD	CD	CD	CD	71	103	5
13	111	117		88					CD	CD	CD
14	87	CD		CD							
15	CD										

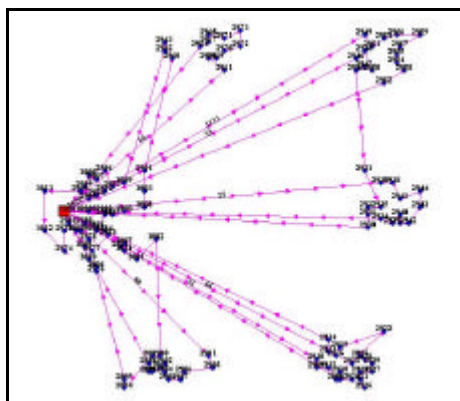


FIG. 10.66 Roteiros para o problema VPRNC 13 utilizando o método DE CLARK and WRIGHT e OPT-2

TAB. 10.170 Resultados obtidos com o método SWEEP para o VPRNC13

Resultados obtidos com o método SWEEP				
ID	ChassiCaminhao	Carga	DistanciaTotal(KM)	Folga
3759	11	77	355,53	123
3760	2	102	310,18	98
3761	4	92	331,68	108
3762	3	115	195,91	85
3763	5	82	208,64	118
3764	6	63	307,19	137
3765	7	96	191,47	104
3766	8	112	258,05	88
3767	1	118	195,87	82
3768	10	82	232,02	118
3769	20	123	213,81	77
3770	12	104	296,56	96
3771	13	87	229,55	113
3772	14	110	218,3	90
3773	15	12	44,64	188
<b>TOTAL</b>		<b>1375</b>	<b>3589,4</b>	<b>1625</b>

TAB. 10.171 Roteiros gerados com o método SWEEP para o VPRNC13

$$\Delta = l_2 - l_1$$

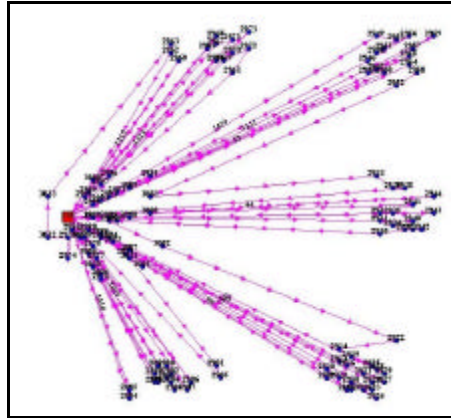


FIG. 10.67 Roteiros para o problema VPRNC 13 utilizando o método SWEEP

TAB. 10.172 Resultados obtidos com o método SWEEP e OPT-2 para o VPRNC13

<b>Resultados obtidos com o método SWEEP e OPT-2</b>				
ID	ChassiCaminhao	Carga	DistanciaTotal(KM)	Folga
3774	11	77	199,4	123
3775	2	102	208,31	98
3776	4	92	181,99	108
3777	3	115	172,83	85
3778	5	82	182,37	118
3779	6	63	173,56	137
3780	7	96	174,03	104
3781	8	112	167,47	88
3782	1	118	105,63	82
3783	10	82	92,93	118
3784	20	123	200,56	77
3785	12	104	121,35	96
3786	13	87	127,87	113
3787	14	110	188,76	90
3788	15	12	44,64	188
<b>TOTAL</b>		<b>1375</b>	<b>2341,7</b>	<b>1625</b>

TAB. 10.173 Roteiros gerados com o método SWEEP e OPT-2 para o VPRNC13

<b>Roteiros gerados com o método SWEEP e OPT-2</b>															
Ordem	1010	11	1111	1212	1313	1414	1515	2020	22	33	44	55	66	77	88
1	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD
2	112	86	64	74	104	56	98	88	110	95	115	93	114	30	16
3	113	85	66	78	68	63	CD	2	61	96	48	109	20	33	24
4	3	7	62	75	79	60		1	65	38	51	21	23	27	22
5	4	9	57	72	80	58		81	59	41	50	29	28	25	12
6	5	13	54	71	77	55		82	45	47	42	36	34	19	8
7	6	14	52	67	76	53		119	43	49	39	35	31	17	108
8	83	15	116	106	73	100		120	40	46	97	32	90	87	118
9	117	11	CD	105	103	99		70	CD	44	CD	26	CD	CD	18
10	111	10		CD	CD	101		69		37		91			89
11	CD	84				102		107		94		92			CD
12		CD				CD		CD		CD		CD			

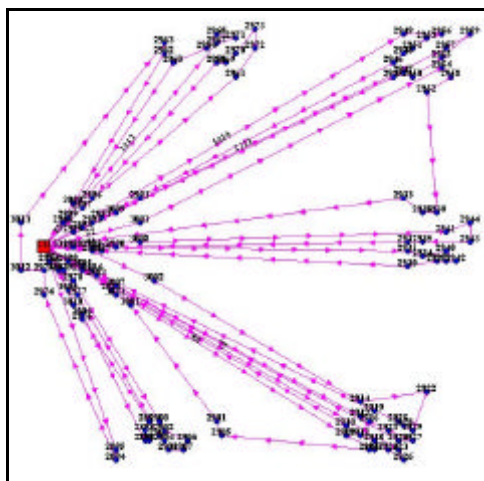


FIG. 10.68 Roteiros para o problema VPRNC 13 utilizando o método SWEEP e OPT-2

TAB. 10.174 Melhores resultados encontrados na literatura para o VPRNC13

Melhores resultados encontrados na literatura				
ID	ChassiCaminhao	Carga	DistanciaTotal(KM)	Folga
3737	11	127	188,85	73
3738	2	99	48,02	101
3739	4	116	45,83	84
3740	3	102	191,69	98
3741	5	148	119,6	52
3742	6	135	204,58	65
3743	7	155	45,14	45
3744	8	133	167,54	67
3745	1	92	191,77	108
3746	10	106	206,6	94
3747	20	162	128,93	38
<b>TOTAL</b>		<b>1375</b>	<b>1538,55</b>	<b>825</b>

TAB. 10.175 Melhores roteiros encontrados na literatura para o VPRNC13

Melhores roteiros encontrados na literatura											
Ordem	1010	11	1111	2020	22	33	44	55	66	77	88
1	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD
2	26	7	40	73	102	98	88	2	53	87	109
3	32	8	43	76	101	68	82	1	58	92	21
4	35	12	45	77	99	79	111	3	60	89	20
5	29	27	48	78	100	80	86	4	63	91	23
6	49	30	51	75	116	56	85	11	66	90	25
7	46	33	50	72	103	55	112	15	64	18	24
8	44	34	47	74	104	57	84	14	62	118	22
9	41	36	42	71	107	54	113	13	61	114	19
10	37	31	39	70	106	52	83	9	65	97	16
11	115	28	38	69	105	110	117	10	59	94	17
12	CD	CD	CD	67	120	CD	81	5	CD	93	108
13				CD	CD		119	6		96	CD
14							CD	CD		95	
15										CD	



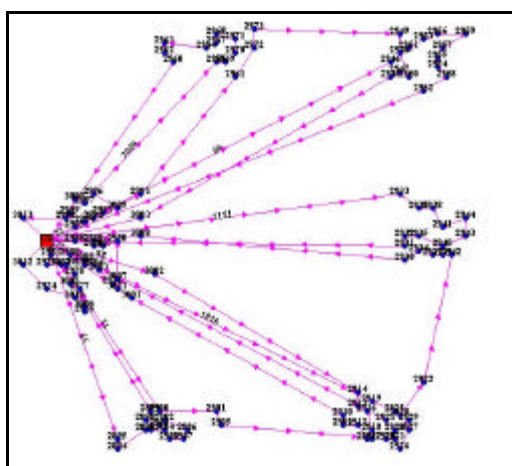


FIG. 10.69 Melhores roteiros encontrados na literatura para o problema VPRNC 13

### 10.3.14 Resultados Obtidos para o Problema VPRNC 14

TAB. 10.176 Resultados obtidos com o método CLARK and WRIGHT para o VPRNC14

<b>Resultados obtidos com o método CLARK and WRIGHT</b>				
ID	ChassiCaminhao	Carga	DistanciaTotal(KM)	Folga
3777	11	200	127,78	0
3778	2	200	101,9	0
3779	4	200	97,57	0
3780	3	200	100,4	0
3781	5	170	75,9	30
3782	6	200	97,02	0
3783	7	120	64,32	80
3784	8	150	57,74	50
3785	1	50	43,07	150
3786	10	160	59,75	40
3787	20	160	49,3	40
<b>TOTAL</b>		<b>1810</b>	<b>874,75</b>	<b>390</b>

TAB. 10.177 Roteiros gerados com o método CLARK and WRIGHT para o VPRNC14

<b>Roteiros gerados com o método CLARK and WRIGHT</b>											
<b>Ordem</b>	1010	11	1111	2020	22	33	44	55	66	77	88
1	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD
2	75	43	81	23	57	13	3	91	34	47	67
3	1	42	78	26	55	17	99	89	36	46	65
4	2	40	76	28	54	18	100	88	39	44	62
5	4	41	71	30	53	15	97	85	38	45	74
6	6	CD	70	29	56	19	93	84	37	48	72
7	9		73	27	58	16	92	82	35	51	61
8	8		77	25	60	14	94	83	31	50	64
9	7		79	24	59	12	95	86	33	52	68
10	5		80	22	CD	11	96	87	32	49	66
11	10		63	21		CD	98	90	CD	20	69
12	CD		CD	CD			CD	CD		CD	CD

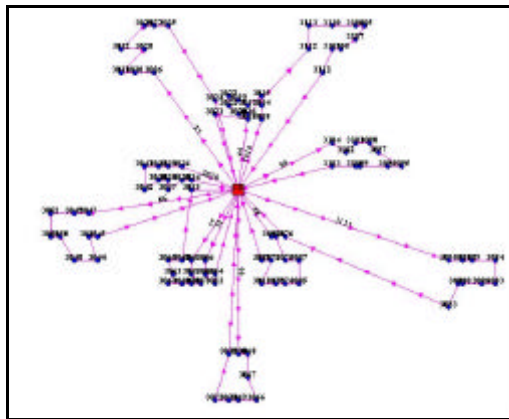


FIG. 10.70 Roteiros para o problema VPRNC 14 utilizando o método de CLARK and WRIGHT

TAB. 10.178 Resultados obtidos com o método CLARK and WRIGHT e OPT-2 para o VPRNC14

<b>Resultados obtidos com o método CLARK and WRIGHT e OPT-2</b>				
<b>ID</b>	<b>ChassiCaminhao</b>	<b>Carga</b>	<b>DistanciaTotal(KM)</b>	<b>Folga</b>
3788	11	200	127,78	0
3789	2	200	101,9	0
3790	4	200	97,57	0
3791	3	200	96,27	0
3792	5	170	75,9	30
3793	6	200	97,02	0
3794	7	120	64,32	80
3795	8	150	57,74	50
3796	1	50	43,07	150
3797	10	160	59,75	40
3798	20	160	49,3	40
<b>TOTAL</b>		<b>1810</b>	<b>870,62</b>	<b>390</b>

TAB. 10.179 Roteiros gerados com o método CLARK and WRIGHT e OPT-2 para o VPRNC14

Roteiros gerados com o método CLARK and WRIGHT e OPT-2											
Ordem	1010	11	1111	2020	22	33	44	55	66	77	88
1	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD
2	75	43	81	23	57	13	3	91	34	47	67
3	1	42	78	26	55	17	99	89	36	46	65
4	2	40	76	28	54	18	100	88	39	44	62
5	4	41	71	30	53	19	97	85	38	45	74
6	6	CD	70	29	56	15	93	84	37	48	72
7	9		73	27	58	16	92	82	35	51	61
8	8		77	25	60	14	94	83	31	50	64
9	7		79	24	59	12	95	86	33	52	68
10	5		80	22	CD	11	96	87	32	49	66
11	10		63	21		CD	98	90	CD	20	69
12	CD		CD	CD			CD	CD		CD	CD

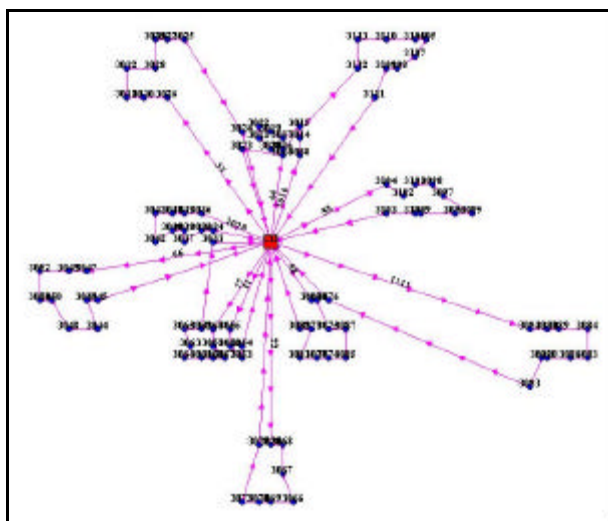


FIG. 10.71 Roteiros para o problema VPRNC 14 utilizando o método DE CLARK and WRIGHT e OPT-2

TAB. 10.180 Resultados obtidos com o método SWEEP para o VPRNC14

Resultados obtidos com o método SWEEP				
ID	ChassiCaminhao	Carga	DistanciaTotal(KM)	Folga
3799	11	190	135,83	10
3800	2	150	128,93	50
3801	4	190	138,6	10
3802	3	130	106,4	70
3803	5	200	99,42	0
3804	6	180	102,56	20
3805	7	200	112,73	0
3806	8	160	99,58	40
3807	1	200	136,08	0
3808	10	150	152,52	50
3809	20	60	104,39	140
<b>TOTAL</b>		<b>1810</b>	<b>1317,04</b>	<b>390</b>

TAB. 10.181 Roteiros gerados com o método SWEEP para o VPRNC14

Roteiros gerados com o método SWEEP											
Ordem	1010	11	1111	2020	22	33	44	55	66	77	88
1	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD
2	85	97	70	76	62	45	56	32	27	19	6
3	89	96	73	78	72	46	57	33	25	13	7
4	84	93	77	81	61	48	58	37	22	15	4
5	90	98	79	CD	66	47	59	38	21	16	3
6	87	95	80		64	51	60	34	30	14	5
7	86	92	63		69	50	40	36	28	12	2
8	83	94	74		68	49	41	39	26	10	1
9	82	91	65		53	52	42	29	23	11	75
10	71	88	67		55	31	44	24	18	8	100
11	CD	CD	CD		54	35	43	20	17	9	99
12					CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD

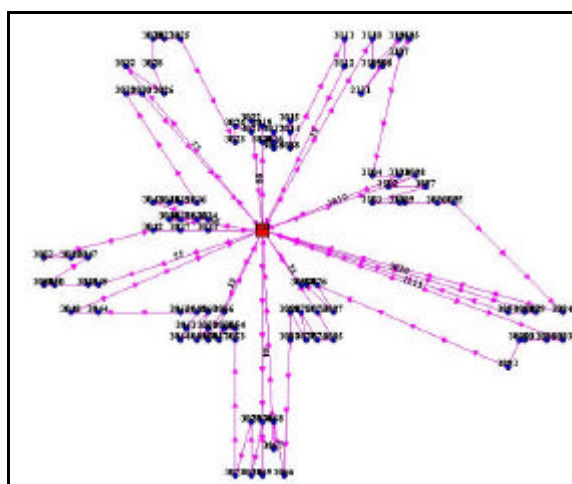


FIG. 10.72 Roteiros para o problema VPRNC 14 utilizando o método SWEEP

TAB. 10.182 Resultados obtidos com o método SWEEP e OPT-2 para o VPRNC14

Resultados obtidos com o método SWEEP e OPT-2				
ID	ChassiCaminhao	Carga	DistanciaTotal(KM)	Folga
3810	11	190	126,21	10
3811	2	150	102,2	50
3812	4	190	103,14	10
3813	3	130	94,77	70
3814	5	200	87,41	0
3815	6	180	84,69	20
3816	7	200	97,6	0
3817	8	160	88,8	40
3818	1	200	103,46	0
3819	10	150	133,92	50
3820	20	60	104,39	140
<b>TOTAL</b>		<b>1810</b>	<b>1126,59</b>	<b>390</b>

TAB. 10.183 Roteiros gerados com o método SWEEP e OPT-2 para o VPRNC14

Roteiros gerados com o método SWEEP e OPT-2											
Ordem	1010	11	1111	2020	22	33	44	55	66	77	88
1	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD
2	90	98	70	76	66	47	57	32	21	13	7
3	89	96	73	78	62	46	56	33	22	15	6
4	85	95	77	81	72	45	58	37	25	19	4
5	84	97	79	CD	61	48	60	38	27	16	3
6	87	93	80		64	51	59	39	26	14	5
7	86	92	74		53	50	40	36	28	12	75
8	83	94	63		54	49	44	34	30	11	1
9	82	88	65		55	52	42	29	18	9	2
10	71	91	67		68	31	41	24	17	8	100
11	CD	CD	CD		69	35	43	20	23	10	99
12					CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD

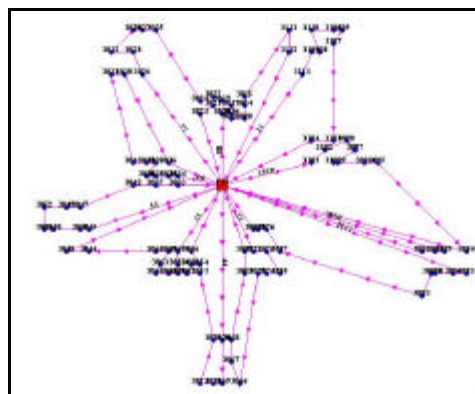


FIG. 10.73 Roteiros para o problema VPRNC 14 utilizando o método SWEEP e OPT-2

TAB. 10.184 Melhores resultados encontrados na literatura para o VPRNC14

Melhores resultados encontrados na literatura				
ID	ChassiCaminhao	Carga	DistanciaTotal(KM)	Folga
3777	11	60	45,47	140
3778	2	200	96,65	0
3779	4	170	75,9	30
3780	3	200	95,99	0
3781	5	200	101,9	0
3782	6	110	61,51	90
3783	7	200	127,78	0
3784	8	200	97,02	0
3785	1	150	57,74	50
3786	10	160	56,15	40
3787	20	160	49,3	40
<b>TOTAL</b>		<b>1810</b>	<b>865,41</b>	<b>390</b>

TAB. 10.185 Melhores roteiros encontrados na literatura para o VPRNC14

Melhores roteiros encontrados na literatura											
Ordem	1010	11	1111	2020	22	33	44	55	66	77	88
1	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD
2	5	69	41	23	98	13	90	55	20	81	32
3	3	66	40	26	96	17	87	54	49	78	33
4	7	68	44	28	95	18	86	53	52	76	31
5	8	64	42	30	94	19	83	56	50	71	35
6	11	61	43	29	92	15	82	58	51	70	37
7	9	72	CD	27	93	16	84	60	48	73	38
8	6	74		25	97	14	85	59	45	77	39
9	4	62		24	100	12	88	57	46	79	36
10	2	65		22	99	10	89	CD	47	80	34
11	75	67		21	1	CD	91		CD	63	CD
12	CD	CD		CD	CD		CD			CD	

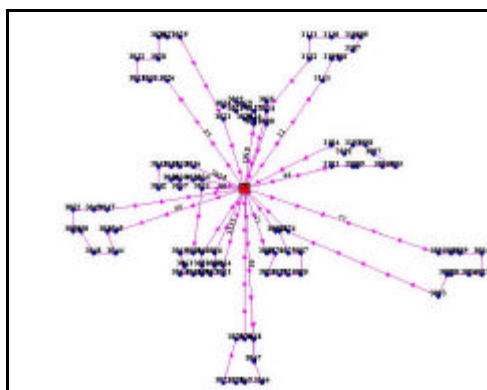


FIG. 10.74 Melhores roteiros encontrados na literatura para o problema VPRNC 14

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)