Campus de São Carlos

*ESTUDO LOGÍSTICO DO USO CONSORCIADO DE INCINERADORES
PARA RESÍDUOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE*

PATRÍCIA PEREIRA BEGHINI

ORIENTADOR: PROF. DOUTOR EDSON MARTINS DE AGUIAR

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

**ESCOLA DE ENGENHARIA
DE SÃO CARLOS**

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
Departamento de Transportes
Área de Pós-graduação em Transportes

**ESTUDO LOGÍSTICO DO USO CONSORCIADO DE
INCINERADORES PARA RESÍDUOS DE SERVIÇOS
DE SAÚDE**

Serviço de Pós-Graduação EESC/USP

EXEMPLAR REVISADO

Data de entrada no Serviço: 16.10.2002

Ass.:

Patricia Pereira Beghini

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de
São Carlos, da Universidade de São Paulo, como
parte dos requisitos para a obtenção do título de
Mestre em Engenharia Civil – Área de Transportes.

DEDALUS - Acervo - EESC

31100037085

ORIENTADOR: Prof. Dr. Edson Martins de Aguiar

São Carlos
2002

✓

Class.	TESE
Cult.	0750
Tombo	70228/02
Sysno	1667827

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Tratamento
da Informação do Serviço de Biblioteca – EESC/USP

B416e Beghini, Patrícia Pereira
Estudo logístico do uso consorciado de
incineradores para resíduos de serviços de saúde /
Patrícia Pereira Beghini. -- São Carlos, 2002.

Dissertação (Mestrado) -- Escola de Engenharia de
São Carlos-Universidade de São Paulo, 2002.

Área: Transportes.

Orientador: Prof. Dr. Edson Martins de Aguiar.

1. Resíduos de serviços de saúde. 2. Logística.
3. Roteirização de veículos. 4. Localização de
instalações. 5. Sistemas de informação geográfica.
I. Título.

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidata: Engenheira **PATRICIA PEREIRA BEGHINI**

Dissertação defendida e julgada em 26-08-2002 perante a Comissão Julgadora:

Prof. Dr. **EDSON MARTINS DE AGUIAR (Orientador)**
(Escola de Engenharia de São Carlos/USP)

Aprovada

Prof. Dr. **VALDIR SCHALCH**
(Escola de Engenharia de São Carlos/USP)

APROVADA

Profa. Dra. **MARIA TERESA FRANÇOSO**
(Universidade Estadual de Campinas/UNICAMP)

Aprovada

Prof. Assoc. **JOSÉ REYNALDO ANSELMO SETTI**
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em
Engenharia de Transportes

Profa. Assoc. **MARIA DO CARMO CALIJURI**
Presidente da Comissão de Pós-Graduação da EESC

"A persistência é o caminho do êxito."

Chaplin

AGRADECIMENTOS

A Deus por me ter concedido o dom da vida e sempre iluminar meu caminho.

À minha família, por sempre me apoiar e incentivar.

Ao professor Edson Martins de Aguiar, pela orientação.

Aos professores Valdir Schalch e Maria Teresa Françoso, membros da banca examinadora.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de estudos concedida.

Às Prefeituras Municipais de Analândia, Barra Bonita, Brotas, Charqueada, Corumbataí, Dois Córregos, Ipeúna, Itirapina, Mineiros do Tietê, Santa Maria da Serra, São Pedro, Torrinha pelo fornecimento de informações sobre os resíduos de serviços de saúde.

À VEGA Engenharia Ambiental, pelo fornecimento de dados e informações.

Aos Professores do Departamento de Transportes da EESC/USP, que compartilharam seus conhecimentos de transportes ao longo do programa de mestrado.

Aos funcionários do Departamento de Transportes da EESC/USP pela colaboração.

Ao Engenheiro Fábio Luís Fontes, pelo constante incentivo e também pelas contribuições dadas ao longo do trabalho.

As pessoas com as quais tive oportunidade de conviver em minha estadia aqui em São Carlos, especialmente: Aline, Ana Rosa, Angelita, Cacá, Juliana, Marina.

Aos amigos do STT, especialmente: Adriana Goulart, Andrea Schopf, Alexandre, Célio, Everton, Fábio, Giselle, Josiane, Marcela, Mauro Kenji, Rômulo.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	ix
LISTA DE TABELAS.....	x
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	xii
RESUMO.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
1 INTRODUÇÃO	1
1.1. Caracterização do problema.....	1
1.2. Justificativa do trabalho	3
1.3. Objetivo	4
2 RESÍDUOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE	5
2.1. Definição.....	5
2.2. Classificação dos RSS.....	7
2.3. Gerenciamento dos RSS	10
2.3.1. Geração.....	12
2.3.2. Segregação ou separação.....	13
2.3.3. Acondicionamento	13
2.3.4. Coleta e transporte	16
2.3.5. Armazenamento	18
2.3.6. Tratamento	19
2.3.7. Disposição final.....	22
3 LOGÍSTICA, LOCALIZAÇÃO DE INSTALAÇÕES E ROTEIRIZAÇÃO DE VEÍCULOS	25
3.1. Conceitos de logística.....	25
3.2. Localização de instalações	26
3.2.1. Classificação dos problemas de localização	28
3.2.2. Métodos de solução.....	31
3.2.3. Características dos <i>softwares</i> de Localização.....	33

3.3.	Roteirização de veículos.....	35
3.3.1.	Classificação dos problemas de roteirização e programação de veículos	37
3.3.2.	Estratégias de solução.....	40
3.3.3.	Sistemas de roteamento de veículos	43
4	SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA.....	45
4.1.	Definições e características	45
4.2.	Componentes de um SIG	47
4.3.	Estrutura de representação dos dados espaciais.....	49
4.4.	Aplicação dos SIGs	50
4.5.	Aplicação dos SIGs nos transportes e logística	51
4.6.	Softwares.....	53
5	CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL	56
5.1.	Consórcio Intermunicipal	56
5.1.1.	Conceituação.....	56
5.1.2.	O consórcio intermunicipal como alternativa de integração regional.....	57
5.1.3.	Áreas de aplicação	57
5.1.4.	Vantagens geradas através da utilização dos consórcios intermunicipais.....	59
6	MÉTODO	61
6.1.	Determinação das alternativas.....	61
6.2.	Coleta e preparação dos dados	62
6.2.1.	Obtenção de dados sobre os RSS.....	62
6.2.2.	Base de dados geográfica	63
6.2.3.	Custos de transportes de RSS.....	66
6.2.3.1.	Custos operacionais.....	66
6.2.3.2.	Custos administrativos	68
6.2.3.3.	Benefícios e Despesas Indiretas (BDI).....	68
6.2.3.4.	Obtenção da estimativa de custo de transporte dos RSS.....	68
6.3.	Utilização das rotinas do TransCAD	70
6.3.1.	Descrição da rotina de localização de instalações	71
6.3.2.	Descrição da rotina de roteirização de veículos	72
6.4.	Análise e avaliação dos resultados	73
7	ESTUDO DE CASO	74
7.1.	A área do estudo de caso	74
7.1.1.	Caracterização sócio-econômica da área	76

7.1.2.	Área de Proteção Ambiental	76
7.1.3.	Atributos ambientais protegidos.....	77
7.2.	Situação atual dos RSS.....	78
8	RESULTADOS.....	80
8.1.	Apresentação dos resultados.....	80
8.2.	Resultado da rotina de localização de instalações.....	81
8.3.	Resultado da rotina de roteirização de veículos.....	83
8.3.1.	Resultado da rotina para a alternativa 1.....	84
8.3.2.	Resultado da rotina para a alternativa 2.....	85
8.3.3.	Resultado da rotina para a alternativa 3.....	87
8.3.4.	Resultado da rotina para a alternativa 4.....	87
8.3.5.	Análise das alternativas	89
8.3.5.1.	Estimativa dos custos de transportes das alternativas	90
9	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	94
9.1.	Considerações gerais	94
9.2.	Considerações sobre as alternativas	94
9.3.	Sobre o consórcio intermunicipal	95
9.4.	Sobre o estudo logístico	95
9.5.	Sobre a aplicação do SIG	96
9.6.	Propostas para trabalhos futuros	96
ANEXO A.....		98
ANEXO B.....		101
ANEXO C		106
ANEXO D		111
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		119

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2.1 – Etapas do gerenciamento dos RSS	12
FIGURA 3.1 – O triângulo do planejamento logístico	26
FIGURA 6.1 – Fluxograma das etapas do método.....	61
FIGURA 6.2 – Caixa de diálogos da opção importar arquivos do AutoCAD	64
FIGURA 6.3 – Caixa de diálogos da opção coordenadas	64
FIGURA 6.4 – Mapa do sistema viário da região da APA Corumbataí.....	65
FIGURA 6.5 – Composição dos custos de transporte dos RSS	66
FIGURA 6.6 – Caixa de diálogo usada na geração da matriz de custo.....	72
FIGURA 7.1 – Limites da APA Corumbataí.....	75
FIGURA 7.2 - Distribuição dos municípios em relação ao tratamento dado aos RSS	79
FIGURA 8.1 – Alternativas consideradas na simulação	80
FIGURA 8.2 – Resultado da rotina de localização de instalações para implantação de um incinerador	81
FIGURA 8.3 – Resultado da rotina de localização de instalações para implantação de dois incineradores	82
FIGURA 8.4 – Incineradores existentes	83
FIGURA 8.5 – Resultado da rotina de roteirização para alternativa 1	84
FIGURA 8.6 – Resultado da rotina de roteirização de veículos para a alternativa 285	
FIGURA 8.7 – Resultado da rotina de roteirização para a alternativa 2 designando- se os pontos aos depósitos manualmente.....	86
FIGURA 8.8 – Resultado da rotina de roteirização para a alternativa 3	87
FIGURA 8.9 – Resultado obtido para a alternativa 4.....	88
FIGURA 8.10 - Custos de transportes das alternativas	92
FIGURA 8.11 – Aproveitamento médio do veículo	92
FIGURA 8.12 – Distâncias médias percorridas	93

LISTA DE TABELAS

TABELA 2.1 - Classificação de resíduos sólidos gerados em estabelecimentos prestadores de resíduos de serviços de saúde por categoria, segundo Resolução CONAMA N.º 5/1993*	8
TABELA 2.2 – Classificação de RSS por categoria, conforme a NBR 12808/ABNT 9	
TABELA 2.3 - Classificação de resíduos de serviços de saúde por categoria, segundo o CVS-SUDS-SP	10
TABELA 2.4 – Aspectos positivos e negativos da incineração como processo de tratamento dos RSS.....	20
TABELA 2.5 – Vantagens e desvantagens da utilização da esterilização a vapor .	21
TABELA 2.6 – Vantagens e desvantagens da utilização de microondas.....	22
TABELA 3.1 - Características desejáveis dos <i>softwares</i> de localização de instalações	35
TABELA 3.2 - Requisitos e características de sistemas para roteirização de veículos	44
TABELA 4.1 - Vantagens e desvantagens dos Formatos raster e vetorial	50
TABELA 4.2 - <i>Softwares</i> SIG disponíveis no mercado.....	54
TABELA 4.3 - Características desejáveis de um SIG.....	55
TABELA 6.1 – Descrição das alternativas consideradas nas simulações	61
TABELA 6.2 – Custos fixos mensais de furgões leves de cargas	67
TABELA 6.3 – Composição dos custos de mão-de-obra direta.....	67
TABELA 6.4 – Custos variáveis por Km de furgões leves de cargas	68
TABELA 7.1 – População dos municípios considerados no estudo de caso	75
TABELA 7.2 – Situação atual dos RSS nos municípios considerados	78
TABELA 8.1 – Resultado da rotina de roteirização para a alternativa 1	84
TABELA 8.2 – Resultado da rotina de roteirização para a alternativa 2	85
TABELA 8.3 – Resultado da rotina de roteirização para alternativa 2 designando os pontos aos depósitos de forma manual.....	86
TABELA 8.4 – Resultado da rotina de roteirização para alternativa 3.....	87
TABELA 8.5 – Resultado da alternativa 4.....	88
TABELA 8.6 – Vantagens e desvantagens de cada uma das alternativas	89

TABELA 8.7 – Custo mensal total de cada uma das alternativas.....	91
---	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
APA	Área de Proteção Ambiental
BDI	Benefícios e Despesas Administrativas
CAD	Computer Aided Design
CEMPRE	Compromisso Empresarial para Reciclagem
CNEN	Comissão Nacional de Energia Nuclear
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CPLA	Coordenadoria de Planejamento Ambiental
CVS	Centro de Vigilância Sanitária
DAE	Divisão de Áreas Especiais
DNER –SP	Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo
DPAA	Diretoria de Planejamento Ambiental Aplicado
GIS	Geographic Information System
HSC	Health & Safety Commission
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas
MDT	Mapoteca Topográfica Digital
NBR	Norma Brasileira Registrada
°C	Grau Celsius

OMS	Organização Mundial de Saúde
PEA	População Economicamente Ativa
PEC	Padrão de Exatidão Cartográfica
RSS	Resíduo de Serviço de Saúde
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SUDS	Sistema Unificado e Descentralizado de Saúde
t	Tonelada
USEPA	United States Environmental Protection Agency
WHO	World Health Organization

RESUMO

BEGHINI, P. P. (2002). *Estudo logístico do uso consorciado de incineradores para resíduos de serviços de saúde*. São Carlos, 2002. 127p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

Embora os conceitos logísticos geralmente sejam associados aos processos de manufatura, eles podem ser aplicados a outras áreas, como é o caso do presente trabalho. Os resíduos de serviços de saúde (RSS) compõem uma parcela pequena do total de resíduos sólidos produzidos por um município, mas são particularmente importantes, pois constituem fontes de disseminação de doenças. Desta forma o correto tratamento destes resíduos é importante para a manutenção da saúde e da qualidade de vida da população. Como toda operação de movimentação, o transporte dos RSS gera despesas que os municípios têm que arcar. Racionalizar processos, reduzir custos, aproveitar a sinergia entre os municípios permite que os recursos economizados possam ser gastos com outros benefícios à população. Este trabalho teve como objetivo fazer um estudo logístico, utilizando como ferramenta um Sistema de Informação Geográfica (SIG), e propor alternativas para a resolução do problema do tratamento dos RSS, buscando reduzir o custo de transporte envolvido neste processo. Foi realizado um estudo de caso na Área de Proteção Ambiental Corumbataí, o qual abrangeu doze municípios de pequeno porte. O trabalho considerou quatro alternativas, apresentando nos resultados os pontos positivos e negativos das mesmas. Foi sugerida a formação de um consórcio intermunicipal, como forma de baratear os custos envolvidos no problema abordado.

Palavras-chave: resíduos de serviços de saúde; logística; roteirização de veículos; localização de instalações; sistemas de informação geográfica

1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo será descrito, de maneira sucinta, o problema a ser estudado, no que se refere à importância dos resíduos de serviço de saúde, além da justificativa e o objetivo deste trabalho.

1.1. Caracterização do problema

Dentre os resíduos sólidos produzidos pela sociedade destacam-se os provenientes dos estabelecimentos de saúde. Segundo SARKIS (2000), os resíduos de serviço de saúde constituem uma parcela pequena do total de resíduos sólidos produzidos por um município, entretanto, são particularmente importantes, pois constituem fontes de disseminação de doenças, devido a possibilidade de portarem organismos patogênicos. Desta forma, o gerenciamento adequado destes resíduos pode minimizar ou até mesmo impedir os efeitos adversos por eles causados, do ponto de vista sanitário, ambiental e ocupacional.

Embora seja consenso, a importância do manejo e destinação final adequada desse tipo de resíduo, no Brasil ainda se constata a existência de um grande número de municípios nos quais não existe coleta diferenciada de resíduos de serviços de saúde.

De acordo com SOARES *et al.* (1997), a preocupação brasileira com a gestão e tratamento de resíduos de serviço de saúde (RSS) é ainda incipiente quando comparada aos resíduos sólidos domésticos. Tal situação é confirmada pela escassez de dados locais e atualizados.

Como forma de resolver os problemas decorrentes dos resíduos de saúde, SCHALCH *et al.* (1995) sugerem que os municípios façam consórcios para

tratar os resíduos perigosos e os resíduos de serviços de saúde. A instalação de unidades centralizadas, segundo RISSO (1993), permite que se receba resíduos de diversos estabelecimentos de saúde para tratamento conjunto reduzindo, desta forma, os custos de operação e implantação.

O gerenciamento de resíduos constitui uma poderosa ferramenta na implementação de políticas ambientais que visem minimizar os problemas causados pelo lixo, sendo que, através de uma visão sistêmica de planejamento é possível racionalizar suas operações e otimizar processos, de forma a contemplar os objetivos estabelecidos, dentro dos parâmetros ambientais aceitáveis (GRIPP, 1998).

Após as melhorias na coleta do lixo e de sua destinação final, ficam mais claras as vantagens das ações, as quais possibilitam reduzir quantidade e periculosidade do resíduo a ser aterrado. Estas ações são chamadas de tratamento (JARDIM *et al.*, 1995).

As vantagens apresentadas pelo tratamento são de ordem econômica e ambiental. No âmbito econômico, a redução de custos com disposição final é a vantagem que mais se sobressai.

A necessidade de tratamento do lixo decorre dos seguintes fatores:

- escassez de áreas para destinação final do lixo;
- disputa pelo uso das áreas remanescentes com as populações da periferia;
- valorização dos componentes do lixo como forma de promover a conservação de recursos;
- inertização de resíduos sépticos.

A partir da constatação da importância do tratamento adequado dos RSS, buscar-se-á apresentar neste trabalho alternativas para a resolução do problema em questão, através de um estudo logístico.

A logística tem-se destacado como uma área de pesquisa em expansão, conforme pode ser observado através do grande número de trabalhos publicados,

entretanto é ainda muito associada à manufatura, embora seus conceitos possam ser aplicados a outras áreas, como é o caso do presente trabalho.

Dentro da logística, encontra-se o problema da configuração da rede, que é especificar a estrutura através da qual os produtos fluirão, de seus pontos de origem até seu ponto de destino. Envolve também a determinação de quais instalações devem ser usadas, quantas deveriam haver, onde deveriam estar localizadas, quais produtos devem ser designados a elas, quais serviços de transporte deveriam ser utilizados entre elas e como as instalações deveriam ser atendidas. Estes são, basicamente, os problemas abordados neste trabalho.

Para a resolução do problema será utilizado como ferramenta um Sistema de Informações Geográficas (SIG). O programa utilizado será o TransCAD, que apresenta um módulo específico para a resolução de problemas logísticos.

1.2. Justificativa do trabalho

A importância do gerenciamento adequado dos RSS, juntamente com a constatação de que muitos municípios brasileiros não adotam nenhuma forma de tratamento para este tipo de resíduo foram grandes motivações para o desenvolvimento deste trabalho.

O fato de as Áreas de Proteção Ambiental (APAs) possuírem ecossistemas de importância regional faz com que os problemas decorrentes do gerenciamento inadequado dos resíduos de serviço de saúde nestes locais apresentem dimensões ainda maiores.

No caso das cidades pequenas, que dispõem de recursos financeiros escassos, tornam-se de grande relevância propostas de racionalização de operações e otimização de processos e fluxos, uma vez que com a economia obtida pode se investir em outros setores carentes dos municípios.

Poucos trabalhos têm abordado Áreas de Proteção Ambiental, principalmente utilizando conceitos logísticos para propor soluções de planejamento de transporte para os resíduos de serviços de saúde, tornando-se, desta forma, relevante a realização do mesmo.

1.3. Objetivo

O objetivo deste trabalho é fazer um estudo logístico a fim de propor alternativas para resolução do problema dos RSS num grupo de municípios de pequeno porte.

De um modo mais específico, podem ser considerados como objetivos principais do trabalho:

- Apresentar uma solução para o problema dos RSS para as cidades que não tratam adequadamente tais resíduos;
- Otimizar o custo total do processo de transporte dos resíduos entre os municípios e o incinerador ou incineradores;
- Utilizar um SIG como ferramenta para a resolução do problema abordado neste estudo.

2 RESÍDUOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE

Neste capítulo serão apresentados alguns conceitos que envolvem resíduos de serviços de saúde (RSS). Inicialmente será apresentada uma breve definição dos RSS e sua classificação e, em seguida, será abordado o gerenciamento destes resíduos e suas etapas.

2.1. Definição

De acordo com AKUTSO (1992), são dadas diversas denominações para os RSS, podendo-se citar: lixo séptico, resíduos hospitalares, lixo hospitalar, resíduos sólidos hospitalares, entre outros.

Conforme ANDRADE (1997) e SCHALCH (1995), os RSS eram até pouco tempo (e ainda atualmente) denominados, principalmente, por resíduos hospitalares ou lixo hospitalar, numa referência explícita aos resíduos gerados por aquele tipo de estabelecimento. No entanto, a partir da verificação de que outros estabelecimentos também geram resíduos com características similares aos provenientes de hospitais, criou-se no meio técnico a denominação aceita de resíduos de serviços de saúde (RSS).

BIDONE & POVINELLI (1999) destacam que, embora seja utilizada por muitos autores, a terminologia resíduos hospitalares não é a mais adequada, uma vez que ao se generalizar, incluem-se no contexto de resíduos sépticos os provenientes dos serviços administrativos e restaurantes, além de se excluírem os oriundos de estabelecimentos de pequeno porte, tais como, bancos de sangue os quais prestam serviços ambulatoriais e são fontes potenciais de contaminação.

Atualmente a definição dos RSS é feita pela ABNT (1993a) que, através da NBR 12.807, define:

Resíduo de serviço de saúde

Resíduo resultante de atividades exercidas por estabelecimento gerador, de acordo com a classificação adotada pela NBR 12.808 (ABNT, 1993a, p.3).

Estabelecimento gerador

Instituição que, em razão de suas atividades, produz resíduos de serviços de saúde (ABNT, 1993a, p.2).

Serviço de saúde

Estabelecimento gerador destinado à prestação de assistência sanitária à população (ABNT, 1993a, p.3).

Conforme pode-se observar, as definições não são elucidativas. Este fato também ocorre no texto de várias legislações, especialmente municipais, gerando além de controvérsia técnica, uma tentativa, por parte das autoridades sanitárias, de resolver o problema à sua maneira (ANDRADE, 1997).

Um definição usual de RSS é a empregada por MOREL (1991)¹ *apud* STEVÃO, que se baseia nas disposições da Organização Mundial de Saúde – OMS, na literatura e na experiência fornecida através da realidade nacional, sendo a mesma apresentada a seguir:

Resíduo de serviço de saúde “é todo aquele gerado por prestadores de assistência médica, odontológica, laboratorial, farmacêutica, instituições de ensino e pesquisa médica, relacionados à população humana, bem como veterinário, possuindo potencial de risco, em função da presença de materiais biológicos capazes de causar infecção, produtos químicos perigosos, objetos perfuro cortantes efetiva ou potencialmente contaminados e mesmo rejeitos radioativos, necessitando de cuidados específicos de acondicionamento, transporte, armazenagem, coleta e tratamento”.

¹ MOREL, M. M. O (1991). *Classificação dos Resíduos de Serviços de Saúde*. Companhia Municipal de Limpeza Urbana, São Paulo *apud* STEVÃO, N. A. (2000). *Gerenciamento ambiental e propostas para minimização de resíduos orgânicos, de serviços de saúde e potencialmente recicláveis gerados em atividades industriais :estudo de caso*. São Carlos. 104p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

ANDRADE (1997) definiu os RSS como sendo "todos aqueles gerados em qualquer serviço prestador de assistência médica, sanitária ou estabelecimentos congêneres, podendo, então, ser proveniente de: farmácias, hospitais, unidades ambulatoriais de saúde, clínicas e consultórios médicos e odontológicos, laboratórios de análises clínicas e patológicas, instituições de ensino e pesquisa médica, bancos de sangue, clínicas veterinárias e outros".

2.2. Classificação dos RSS

Assim como acontece com as terminologias e denominações, existem várias classificações para os RSS no Brasil e no mundo, isto porque as classificações são formuladas com objetivos e parâmetros distintos.

Para OROFINO (1996), a classificação dos resíduos produzidos pelos serviços de saúde é necessária por ser o ponto de partida para a elaboração de planos de gerenciamento, que visem a proteção da saúde pública e do meio ambiente e que sejam possíveis de serem executados, dentro da realidade de cada local.

De acordo com STEVÃO (2000), a classificação dos RSS é norteada pelo objetivo de adequar processos de manuseio (intra e extra-unidade), oferecendo segurança e minimizando riscos tanto ao agente que maneja tais resíduos quanto ao meio ambiente.

"A classificação como ponto de partida do funcionamento do sistema de coleta dos RSS, tem grande importância e repercute no desenvolvimento de cada uma das fases subsequentes deste sistema. Portanto para o correto gerenciamento (intra e extra-unidade) dos RSS, a classificação implantada em um estabelecimento gerador usualmente deve considerar a área de geração, a natureza e o potencial de risco dos resíduos, a fim de oferecer segurança e minimizar riscos tanto ao agente que maneja tais resíduos quanto ao meio ambiente. Ademais, a classificação dos RSS permite tomar decisões quanto aos resíduos que deverão ser recuperados e quais os que poderão seguir seu fluxo para o local de disposição final". (ANDRADE, 1997, p.21).

Algumas classificações propostas no Brasil basearam-se em normas internacionais, como é o caso da Resolução do Conselho Nacional do Meio

Ambiente – CONAMA N.º 5 – e da NBR 12.808, as quais são baseadas nas classificações da *Health & Safety Commission* – HSC, da *World Health Organization* – WHO e da *United States Environmental Protection Agency* – USEPA. As TABELAS 2.1 e 2.2 apresentam respectivamente as classificações adotadas pelo CONAMA N.º 5 e NBR 12.808.

TABELA 2.1 - Classificação de resíduos sólidos gerados em estabelecimentos prestadores de serviços de saúde por categoria, segundo Resolução CONAMA N.º 5/1993*

Categoria	Constituintes
GRUPO A: resíduos que apresentam risco potencial à saúde pública e ao meio ambiente devido a presença de agentes biológicos	<p>Sangue e hemoderivados; animais usados em experimentação, bem como os materiais que tenham entrado em contato com os mesmos; excreções secreções e líquidos orgânicos; meios de cultura; tecidos; órgãos; fetos e peças anatômicas; filtros de gases aspirados de área contaminada; resíduos advindos de área de isolamento; restos alimentares de unidade de isolamento; resíduos de laboratórios de análises clínicas; resíduos de unidades de atendimento ambulatorial; resíduos de sanitários de unidade de internação e de enfermaria e animais mortos a bordo dos meios de transporte, objetos desta resolução.</p> <p>Objetos perfurantes ou cortantes, capazes de causar punctura ou corte, tais como lâminas de barbear, bisturis, agulhas escalpes, vidros quebrados, etc.</p>
GRUPO B: resíduos que apresentam risco potencial à saúde pública e ao meio ambiente devido às suas características químicas	<p>a) Drogas quimioterápicas e produtos por elas contaminados</p> <p>b) Resíduos farmacêuticos (medicamentos vencidos, contaminados, interditados ou não utilizados)</p> <p>c) produtos considerados perigosos, conforme classificação da NBR 10.004 da ABNT (tóxicos, corrosivos, inflamáveis e reativos)</p>
GRUPO C: rejeitos radioativos	Materiais radioativos ou contaminados com radionuclídeos, provenientes de laboratórios de análises clínicas, serviços de medicina nuclear e radioterapia, segundo Resolução CNEN 6.05.
GRUPO D: resíduos comuns	Todos os demais que não se enquadram nos grupos descritos anteriormente.

Fonte: Brasil, 1993, p. 12997.

*Esta classificação foi baseada na definição de resíduos sólidos apresentadas pela NBR 10.004 da ABNT.

TABELA 2.2 – Classificação de RSS por categoria, conforme a NBR 12808/ABNT

Categoria	Constituintes
Classe A – Resíduos infectantes	
Tipo A 1 – Biológico	Cultura, inócuo, mistura de microorganismos e meio de cultura inoculado proveniente de laboratório clínico ou de pesquisa, vacina vencida ou inutilizada, filtros de gases aspirados de áreas contaminadas por agentes infectantes e qualquer resíduo contaminado por estes materiais.
Tipo A 2 – Sangue e hemoderivados	Bolsas de sangue após transfusão, com prazo de validade vencido ou sorologia positiva, amostras de sangue para análise, soro plasma e outros subprodutos.
Tipo A 3 – Cirúrgico anatomopatológico	Tecido, órgão, feto, peça anatômica, sangue e outros líquidos orgânicos resultantes de cirurgia, necropsia e resíduos contaminados por estes materiais.
Tipo A 4 – Perfurante ou cortante	Aglha, ampola, pipeta, lâmina de bisturi e vidro.
Tipo A 5 – Animal contaminado	Carcaça ou parte de animal inoculado, exposto a microorganismos patogênicos ou portador de doença infecto-contagiosa, bem como resíduos que tenham estado em contato com este.
Tipo A 6 – Assistência ao paciente	Secreções, excreções e demais líquidos orgânicos procedentes de pacientes, bem como os resíduos contaminados por estes materiais, inclusive restos de refeições.
Classe B – Resíduo especial	
Tipo B.1 – Rejeito radioativo	Material radioativo ou contaminado com radionuclídeos, proveniente de laboratório de análises clínicas, serviços de medicina nuclear e radioterapia (ver resolução CNEN – 6.05).
Tipo B.2 – Resíduo farmacêutico	Medicamento vencido, contaminado, interditado ou não utilizado.
Tipo B.3 – Resíduo químico perigoso	Resíduo tóxico, corrosivo, inflamável, explosivo, reativo, genotóxico ou mutagênico conforme NBR 10004.
Classe C – Resíduo comum	
Todos aqueles que não se enquadram nos tipos A e B e que, por sua semelhança aos resíduos domésticos, não oferecem risco adicional a saúde pública. Por ex.: resíduo da atividade administrativa, dos serviços de varrição e limpeza de jardins e restos alimentares que não entraram em contato com pacientes.	

Fonte: ABNT, 1993, p. 1-2.

Existe ainda, em nível nacional, a classificação do Centro de Vigilância Sanitária - CVS (1989) que, de acordo com o próprio centro, é um modelo bastante completo pelos seguintes fatores: ser criado a partir da fusão de classificações nacionais e estrangeiras; apresentar uma classificação de todos os resíduos num serviço de saúde e, considerar os procedimentos já praticados em muitos estabelecimentos, bem como aqueles a serem propostos para se atingir níveis

adequados de segurança preconizados pela OMS. A TABELA 2.3 apresenta a classificação de RSS por categoria, segundo o CVS.

TABELA 2.3 - Classificação de resíduos de serviços de saúde por categoria, segundo o CVS-SUDS-SP

Categoria*
A. Resíduos infectantes
A.1. Material proveniente de locais de isolamento
A.2. Material biológico
A.3. Sangue humano e hemoderivados
A.4. Resíduos cirúrgicos e anatomopatológicos
A.5. Resíduos perfurantes
A.6. Animais contaminados
B. Resíduos especiais
B.1. Resíduos radioativos
B.2. Resíduos farmacêuticos
B.3. Resíduos químicos perigosos
C. Resíduos comuns

Fonte: CVS/SUDS, 1989, p. 10-1. (Adaptada)

*Os constituintes de cada categoria são os mesmos dados pela NBR 12.808/ABNT e, não se restringem a tais materiais.

2.3. Gerenciamento dos RSS

Para PRANDINI *et al.* (1995), o gerenciamento integrado do lixo municipal é constituído por um conjunto articulado de ações normativas, operacionais, financeiras e de planejamento, que uma administração desenvolve, baseado em critérios sanitários, ambientais e econômicos para coletar, tratar e dispor o lixo da sua cidade. Logo, gerenciar o lixo de forma integrada significa limpar o município com um sistema de coleta e transporte adequado, além de tratar o lixo utilizando tecnologias compatíveis com a realidade local, dando-lhe um destino final ambientalmente seguro, tanto no presente, como no futuro.

Segundo RUIZ & COSTA (2000), o gerenciamento pode ser definido como a escolha de alternativas em situações que envolvem múltiplas opções, sendo em particular o gerenciamento dos resíduos de serviços de saúde, considerado uma atividade complexa, uma vez que envolve tanto o manejo interno dos resíduos pelos estabelecimentos geradores, como o externo, que é realizado pelos serviços de limpeza pública municipais.

De um modo geral, os serviços municipais de limpeza só têm atribuição de coletar e dispor os resíduos sólidos comuns; entretanto, em alguns municípios, efetuam também a coleta e disposição dos resíduos de serviços de saúde. Observa-se, no entanto, que são poucos os municípios brasileiros que apresentam coleta diferenciada e um gerenciamento satisfatório desses resíduos, mesmo existindo documentos normativos propondo formas adequadas ao seu gerenciamento (RUIZ & COSTA, 2000).

Ainda segundo os mesmos autores, na prática não é fácil combinar ações internas de gerenciamento de resíduos dos estabelecimentos geradores com ações municipais de disposição final, de forma a se obter resultados efetivos.

De acordo com BRASIL² (1997) *apud* RUIZ & COSTA (2000), devido à inexistência de uma responsabilidade legal explícita dos municípios em relação ao gerenciamento dos RSS e o desconhecimento dos riscos potenciais associados aos resíduos infectantes e especiais, na grande maioria dos municípios brasileiros, esses resíduos não recebem nenhum tipo de tratamento especial. De modo geral, os RSS são coletados juntamente com os resíduos domiciliares e recebem o mesmo destino final, sendo que, mesmo naqueles municípios onde existem propostas e metodologias de coleta diferenciada, os trabalhos estão direcionados apenas a hospitais e centros da rede pública.

RUIZ & COSTA (2000) destacam ainda que o gerenciamento correto dos resíduos sólidos não significa apenas controlar e diminuir os riscos, mas também alcançar a minimização de resíduos desde o ponto de origem.

Conforme visto, o gerenciamento pode ser considerado então como o conjunto de todas as etapas envolvidas no contexto dos RSS, as quais vão desde sua geração até a sua disposição final; sendo que o número de etapas intermediárias assim como suas terminologias podem variar de um autor para outro.

Neste trabalho serão consideradas as seguintes etapas envolvidas no gerenciamento: geração, separação ou segregação, acondicionamento,

² BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Assistência à Saúde. 1997. REFORBUS. *Manual de Procedimentos Ambientais*. Brasília: Ministério da Saúde *apud* RUIZ, M. S.; COSTA, A. J. M. P. (2000). Resíduos de Serviços de Saúde. In: D'ALMEIDA, M. I. O.; VILHENA, A., coords. *Lixo Municipal: manual de gerenciamento integrado*. São Paulo, Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT/Compromisso Empresarial para Reciclagem – CEMPRE. Cap. IV, parte 10, p.233-248.

armazenagem, coleta, transporte, tratamento e disposição final – como mostra a FIGURA 2.1.

FIGURA 2.1 – Etapas do gerenciamento dos RSS

A seguir são abordadas as etapas constituintes do gerenciamento dos RSS.

2.3.1. Geração

A geração é definida pela ABNT (1993a), através da NBR 12.807, como sendo a transformação de material utilizável em resíduo.

GRACIOLLI (1994) identifica a geração como sendo a primeira fase a ser estudada no conjunto que constitui o sistema gerencial de resíduos sólidos. Ainda segundo o mesmo autor a geração compreende as atividades nas quais os materiais são identificados como não tendo mais valor econômico positivo, sendo então colocados à disposição dos serviços de coleta e eliminação de uma cidade.

BIDONE & POVINELLI (1999) afirmam que a geração dos RSS é bastante variável dependendo, entre outros fatores, do tipo de hospital e dos hábitos e procedimentos médico-hospitalares adotados.

2.3.2. Segregação ou separação

A ABNT (1993a), através da NBR 12.807 define segregação como sendo a operação de separação dos resíduos no momento de sua geração.

A segregação dos resíduos constitui uma etapa fundamental no processo de gerenciamento, uma vez que, segundo BIDONE & POVINELLI (1999), o acondicionamento conjunto dos RSS com os resíduos comuns leva inexoravelmente à contaminação da mistura, resultando em uma massa de resíduos potencialmente infectantes, com aumento de volume, de custos com transporte, tratamento adequado e destinação final. Sua segregação permite que os resíduos comuns possam seguir cursos diferentes, inclusive sendo reciclados.

Segundo CUNHA *et al.* (1995), somente cerca de 30% em peso dos resíduos gerados nos estabelecimentos de saúde são sépticos e devem receber um tratamento especial quanto ao sistema de coleta e destinação final. Entretanto, em função de falhas na segregação dos resíduos, os outros 70% são potencialmente contamináveis.

A segregação de resíduos sépticos e resíduos não infectantes pode ser considerada um método barato, e capaz de resultar tanto numa redução de custo quanto numa diminuição do risco de infecção para pacientes e funcionários.

2.3.3. Acondicionamento

O acondicionamento é definido pela NBR 12.807 como o ato de embalar os RSS para protegê-los de risco e facilitar seu transporte. O acondicionamento constitui a primeira etapa do processo de remoção dos resíduos sólidos.

Segundo STEVÃO (2000), os resíduos segregados devem ser acondicionados de acordo com sua composição, origem e destino que terão.

Para RUIZ & COSTA (2000) o acondicionamento adequado dos resíduos na origem possibilita controlar os riscos impostos à saúde, além de facilitar as operações de coleta, armazenamento externo e transporte, sem prejudicar as operações normais das atividades do estabelecimento.

De acordo com BIDONE & POVINELLI (1999), o acondicionamento dos RSS está relacionado diretamente com a sua classificação, que é realizada com

base na NBR 12.808. Como complemento, em 1993, a ABNT publicou cinco Normas Técnicas, nas quais são estabelecidas as regras para a utilização de sacos plásticos no acondicionamento de resíduos sólidos. São elas: a NBR 9.190 - Classificação; NBR 9.191 - Especificação; NBR 9.195 - Determinação da resistência à queda livre - Método de ensaio; NBR 13.055 - Determinação de capacidade volumétrica - Método de ensaio; e a NBR 13.056 - Filmes plásticos para sacos para acondicionamento de lixo - Verificação de transparência - Método de ensaio.

Conforme a classificação resultante da aplicação da NBR 12.808, os RSS podem ser acondicionados em dois tipos de sacos plásticos:

- Sacos classe I, quando os RSS forem comuns ou institucionais. Neste caso, os sacos podem ter qualquer cor.
- Sacos classe II, para os RSS infectantes e especiais. Nesse caso, os sacos devem apresentar cor branca e leitosa, devendo constar em cada saco a identificação do fabricante. Os sacos devem ser identificados com a simbologia de material infectante.

Os resíduos perfuro cortantes devem ser acondicionados em recipientes lacrados, de paredes rígidas, identificados por etiquetas e, após, colocados em saco plástico branco leitoso (NBR 9.091 e NBR 9.191).

Ainda com relação aos resíduos perfuro cortantes, tanto o CVS (1989) como a NBR 12.809, especificam o uso de recipientes rígidos; entretanto não definem o material, a cor ou o rótulo a ser utilizado. No Brasil, as informações técnicas sobre estes recipientes foram propostas pela norma do Instituto de Pesquisas Tecnológicas IPT-NEA 55 (IPT, 1993).

Por fim, o CVS (1989) sugere que os perfuro cortantes, já dentro de uma primeira embalagem resistente, sejam colocados em sacos plásticos a fim de facilitar o transporte e a identificação.

Com relação aos resíduos líquidos, de acordo com o CVS (1989), "deverão estar contidos em garrafas, tanques ou frascos, preferencialmente inquebráveis. Caso o recipiente tenha que ser de vidro, deverá ser protegido dentro de outra embalagem resistente". Já a NBR 12.809 preconiza que "os resíduos líquidos

infectantes, como sangue, secreções, excreções e outros líquidos orgânicos, têm de ser submetidos a tratamento na própria instituição, anterior ao lançamento na rede pública de esgoto, conforme exigências do órgão competente de controle ambiental.”

A ABNT, através da NBR 12.809, determina ainda: que o resíduo infectante procedente de análises clínicas, hemoterapia e pesquisa microbiológica, ou seja, dos tipos A.1 e A.2 conforme a NBR 12.808, deve ser submetido à esterilização na unidade geradora e; que o resíduo infectante pertencente ao tipo A.3, composto por membros, fetos, órgãos e tecidos humanos, tem de ser acondicionado, separadamente, em sacos plásticos, conforme a NBR 9.190.

O CVS (1989) acrescenta que as seguintes regras deverão ser consideradas no acondicionamento:

- É aconselhável a utilização de dupla embalagem (um saco contendo mais sacos) para resíduos de áreas altamente infectadas (como unidades de isolamento ou de laboratórios); desta forma, os sacos coletados nestas unidades são colocados em um saco maior, evitando o contato com o lado externo do primeiro saco e garantindo maior segurança contra vazamento.
- Os sacos deverão ser totalmente fechados, de tal forma a não permitir o derramamento do conteúdo, mesmo que virados com as bocas para baixo. Uma vez fechados, devem permanecer íntegros até o processamento ou destinação final dos resíduos. Caso ocorram rompimentos freqüentes dos sacos, dever-se-á verificar a qualidade do produto ou os métodos de transportes utilizados. Não é admitido abertura ou rompimento de saco contendo lixo infectante sem prévio tratamento.
- Uma vez que a identificação do tipo do resíduo se faz através da cor do saco, é fundamental que se utilize sempre a embalagem adequada, evitando-se a falta de sacos por falha no fornecimento. Assim, há de se manter sempre um estoque de segurança compatível com a oferta do mercado e com o sistema de compras do estabelecimento.
- A utilização de saco inadequado para o tipo de lixo será punível com multa para o estabelecimento ou para o fabricante do saco (caso se constate falha no produto).

Com relação aos resíduos especiais o CVS (1989) afirma que devem ser embalados de forma segura, compatível com suas características físico-químicas.

Já a NBR 12.808 diz que o resíduo classificado como especial deve obedecer ao seguinte:

- O resíduo farmacêutico e químico perigoso, conforme NBR 10.004 deve ser disposto em recipiente compatível com suas características físico-químicas, de forma a não sofrer alterações que comprometam a segurança durante o armazenamento e o transporte. Este recipiente tem de ser identificado de forma visível e indelével, com o nome da substância ou resíduo, sua concentração e principais características físico-químicas;
- O rejeito radioativo deve ser processado conforme a Resolução CNEN-NE-6.05;
- Recomenda-se que o resíduo químico perigoso seja, sempre que possível, reciclado, ou que o processo gerador seja substituído por outro que produza resíduo menos perigoso ou reciclável;
- O resíduo químico que, de acordo com a NBR 10.004, não for classificado como perigoso, pode ser considerado como resíduo comum.

A NBR 12.809 preconiza ainda, que o resíduo classificado como comum deve ser disposto em saco plástico, conforme NBR 9.190. Estes resíduos devem receber o mesmo tratamento que os resíduos sólidos urbanos.

2.3.4. Coleta e transporte

Neste item serão abordados a coleta e o transporte, uma vez que ambos estão intrinsecamente relacionados. MATTOSO (1996) considera que, como a geração dos resíduos é contínua, deve-se montar esquemas de coleta, definindo-se parâmetros como horário, frequência e tipo de resíduo gerado, evitando desta forma o acúmulo dos mesmos.

O CVS (1989) divide a coleta em interna, externa e especial. Já a ABNT (1993c) - NBR 12.809 – faz a seguinte divisão: coleta interna I, coleta interna II e coleta externa, sendo que, para o CVS o que é considerado coleta interna é, para a NBR 12.809, considerado coleta interna I e assim sucessivamente.

A NBR 12.809 adota as seguintes definições:

- Coleta interna I: operação de transferência dos recipientes do local de geração para a sala de resíduo.
- Coleta interna II: operação de transferência dos recipientes da sala de resíduo para o abrigo de resíduo ou diretamente para tratamento.
- Coleta externa: operação de remoção e transporte de recipientes do abrigo de resíduo, através de veículo coletor, para tratamento e/ou destino final.

A NBR 12.809, ainda define:

- Sala de resíduos: elemento destinado ao armazenamento interno.
- Abrigo de resíduo: elemento destinado ao armazenamento temporário dos resíduos de serviços de saúde, no aguardo da coleta externa.

Com relação ao transporte interno dos RSS, nas fontes geradoras, o mesmo pode ser feito com a utilização de carrinhos, conforme previsto pela NBR 12.810, com o encaminhamento dos resíduos para abrigos internos localizados nas imediações das fontes geradoras ou para abrigos externos, onde ficam aguardando a coleta externa.

Já a coleta externa dos RSS deve ser executada por veículos específicos, cuja escolha está diretamente relacionada à quantidade de resíduos gerados. Outros aspectos relevantes na definição dos equipamentos são: as condições de acesso ao interior dos estabelecimentos geradores; a distância do local de descarga; os aspectos físicos da área e o traçado viário da área urbana.

A NBR 12.809 estabelece que os seguintes requisitos devem ser atendidos pelos veículos coletores:

- Ter superfície interna lisa, de cantos arredondados e de forma a facilitar a higienização;
- Não permitir vazamento de líquido, e ser provido de ventilação adequada;

- Sempre que a forma de carregamento for manual, a altura da carga deve ser inferior a 1,20m;
- Quando possuírem sistema de carga e descarga, devem operar de forma a não permitir o rompimento dos recipientes;
- Para veículos com capacidade superior a 1t, a descarga deve ser mecânica; para os de capacidade inferior a 1t, a descarga pode ser mecânica ou manual;
- O veículo coletor deve contar com os seguintes equipamentos auxiliares: pá, rodo, saco plástico de reserva, solução desinfetante;
- Devem constar em local visível o nome da municipalidade, o nome da empresa coletora, a especificação dos resíduos transportáveis e o número do veículo coletor;
- Ser de cor branca e ostentar simbologia para o transporte rodoviário.

Ademais, encontram-se disponíveis na NBR 12.809 e no CVS (1989), de forma pormenorizada, os procedimentos exigíveis para a coleta e transporte dos RSS.

2.3.5. Armazenamento

O termo armazenagem, usado pelo Centro de Vigilância Sanitária (1989), é sinônimo de armazenamento interno e externo usado pela NBR 12.809.

De acordo com a NBR 12.807, o armazenamento interno é a guarda temporária dos recipientes em instalações apropriadas, localizadas na própria unidade geradora, de onde devem ser encaminhados, através da coleta interna II, para o armazenamento externo. Já o armazenamento externo é definido pela NBR 12.808 como sendo a guarda temporária adequada, no aguardo da coleta externa.

O local destinado ao armazenamento interno dos resíduos é denominado sala de resíduos. A sala de resíduo deve obedecer às Normas e Padrões de Construções e Instalações de Serviços de Saúde do Ministério da Saúde/1977, bem como aos seguintes requisitos: área mínima de 4 m², prevendo-se espaço suficiente para entrada completa dos carros de coleta; pisos e paredes revestidos com material liso, resistente, lavável e impermeável; ralo sifonado ligado ao esgoto

sanitário; abertura de ventilação com no mínimo 1/20 da área do piso e não inferior a 0,20 m², ou ventilação mecânica que proporcione pressão negativa; lavatório e torneira de lavagem; ponto de luz.

Ainda segundo a NBR 12.809, a mesma sala de resíduos pode ser utilizada por duas ou mais unidades geradoras, desde que as mesmas sejam contíguas. Para os pequenos geradores, a sala de resíduo é facultativa, sendo portanto os recipientes encaminhados diretamente ao abrigo de resíduo.

O abrigo de resíduo é definido pela NBR 12.807 como sendo o local destinado ao armazenamento temporário dos resíduos de serviços de saúde, no aguardo da coleta externa. Os requisitos necessários a um abrigo de resíduo são estabelecidos pela NBR 12.808.

Com relação ao armazenamento externo a NBR 12.809 diz que os RSS têm de ser armazenados de acordo com a norma de segregação e de forma ordenada. No caso de pequenos geradores, a mesma norma acrescenta que é possível optar por um abrigo reduzido.

2.3.6. Tratamento

De acordo com o Centro de Vigilância Sanitária do Estado de São Paulo (1989), o tratamento dos RSS é definido como "qualquer processo que, reproduzido dentro de condições de segurança e com eficiência comprovada, modifica suas características físicas, químicas e biológicas, ajustando-as aos padrões aceitos para uma determinada forma de disposição final".

Embora existam diversos métodos disponíveis para o tratamento dos RSS, FERREIRA (2000) ressalta que não é possível afirmar que um ou outro método seja o ideal para o tratamento de todos os resíduos de serviços de saúde, pois acredita-se não existir sistema que se adapte igualmente às particularidades de cada estabelecimento gerador, grupo de estabelecimentos ou mesmo para um determinado município.

FERREIRA (2000) ressalta ainda que, dentre os métodos de tratamento indicados para os RSS, destacam-se: incineração, esterilização a vapor, microondas e desinfecção química.

A seguir serão apresentados, de forma sucinta, cada um dos métodos citados anteriormente, dando ênfase maior à incineração, que é o processo considerado neste trabalho.

• Incineração

A incineração é definida por BARBOSA (1995) como sendo a queima de materiais em alta temperatura (normalmente acima de 900° C), em mistura com uma quantidade apropriada de ar e durante um tempo pré-determinado.

A incineração tem sido considerada por diversos autores como o método mais adequado para destruir organismos patogênicos presentes nos resíduos infecciosos, desde que os incineradores sejam corretamente projetados e que sejam atendidas as condições operacionais.

FERREIRA (2000) apresenta, a partir de uma revisão bibliográfica, os principais aspectos positivos e negativos da incineração como processo de tratamento dos RSS, sendo os mesmos mostrados na TABELA 2.4.

TABELA 2.4 – Aspectos positivos e negativos da incineração como processo de tratamento dos RSS

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> – pode ser empregada como para qualquer tipo de resíduo infectante, e mesmo para alguns resíduos especiais – redução final significativa de peso e volume – os produtos finais são cinzas e gases – destrói organismos patogênicos e substâncias orgânicas – opera independente das condições meteorológicas – elimina características repugnantes dos resíduos patológicos e animais – evita o monitoramento do lençol freático a longo prazo, já que os resíduos são destruídos e não guardados 	<ul style="list-style-type: none"> – difícil controle dos efluentes gasosos – necessidade de pessoal especializado para a operação e manutenção – dificuldade para queima dos resíduos com alta umidade – grande investimento inicial e em medidas de controle ambiental – a variabilidade da composição dos resíduos pode resultar em problemas no seu manuseio e na operação do incinerador, além de exigir manutenção constante – os resíduos hospitalares apresentam teores de enxofre e cloretos que podem produzir dióxido de enxofre e ácido clorídrico na combustão

Fonte: FERREIRA, 2000 (Adaptada)

• Esterilização a vapor

A esterilização a vapor é, de acordo com BARBOSA (1995), um método também amplamente utilizado para descontaminação de resíduos microbiológicos e outros de laboratórios, antes da disposição final.

A esterilização a vapor é também conhecida por autoclavagem, devido ao fato do processo ser realizado em um recipiente fechado, chamado autoclave.

O CVS (1989) apresenta alguns aspectos positivos e negativos da esterilização a vapor, conforme pode ser observado na TABELA 2.5.

TABELA 2.5 – Vantagens e desvantagens da utilização da esterilização a vapor

Vantagens		Desvantagens	
–	não produzir poluição atmosférica	–	não reduzir volume ou peso
–	possibilidade de instalação em qualquer local, dispensando o transporte especial para fora do estabelecimento	–	baixa eficácia para resíduos de maior densidade ou líquidos, elevando o consumo de energia
–	utilizar pessoal especializado para sua operação e manutenção	–	exigir embalagens que permitam a perfeita penetração do vapor
–	poder ser utilizada para qualquer tipo de resíduo		

Fonte: Centro de Vigilância Sanitária – CVC, 1989 (Adaptada)

- **Microondas**

De acordo com BERTUSI FILHO (1994), este método consiste na prévia trituração e aspersão de água nos resíduos, que são submetidos, na área de processamento, à ação de vapor e radiação de microondas e desta forma alcançam temperatura e pressão máxima de esterilização.

Segundo BARBOSA (1995), a utilização de microondas para destruir agentes infecciosos tem sido empregada com êxito em alguns serviços de saúde na Europa, porém no Brasil, é um processo ainda novo e de pouco conhecimento.

FERREIRA (2000) apresenta como pontos positivos e negativos os mostrados na TABELA 2.6.

TABELA 2.6 – Vantagens e desvantagens da utilização de microondas

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> – os resíduos ficam, irreconhecíveis e são reduzidos a um quinto do volume original – após tratados apresentam alto poder calorífico 	<ul style="list-style-type: none"> – alto consumo de energia – tecnologia ainda pouco conhecida no meio nacional

Fonte: FERREIRA, 2000 (Adaptada)

• Desinfecção química

De acordo com BARBOSA (1995), é um processo em que os resíduos são mergulhados em solução química desinfetante. Os resíduos líquidos são despejados em sistemas de esgoto e os resíduos sólidos secos resultantes são dispostos em aterros sanitários. As recomendações para seu uso, no entanto, referem-se mais à desinfecção de utensílios e superfícies do que de resíduos, sendo necessário um monitoramento de cada lote dos produtos utilizados para maior garantia. O maior inconveniente apresentado por este processo é o fato de deixar resíduos tanto ou mais perigosos para o meio ambiente.

2.3.7. Disposição final

De acordo com STEVÃO (2000), os métodos de disposição final dos RSS devem ser precedidos de um tratamento prévio, dependendo do seu potencial e risco e são de responsabilidade do poder público municipal em conjunto com a fonte geradora dos resíduos.

O Centro de Vigilância Sanitária (1989) afirma que o resíduo submetido a tratamento torna-se lixo comum, e deve ser considerado como tal; apenas os resíduos perfuro cortantes continuam exigindo cuidados especiais contra acidentes.

Dentre os vários métodos de disposição final dos resíduos de serviços de saúde, pode-se citar, entre outros:

• Aterro sanitário

Segundo RUIZ & COSTA (2000), o aterro sanitário constitui-se, quando devidamente controlado, no método mais adequado para disposição de todo tipo de resíduo, incluindo os de serviços de saúde, desde que, devidamente tratados.

Para RISSO (1993), os RSS, após submetidos a tratamento, tornam-se resíduos comuns e devem seguir para aterros sanitários para serem processados de acordo com as normas de disposição de resíduos urbanos.

RUIZ & COSTA (2000) afirmam que o ideal seria que os resíduos contaminados e especiais, provenientes dos RSS, fossem dispostos em células de segurança, localizadas no interior do aterro sanitário, somente após o seu correto tratamento, sob rígido controle e precauções.

Segundo FERREIRA (2000), o aterro sanitário é um processo utilizado para a disposição de resíduos sólidos no solo, particularmente o lixo domiciliar que, fundamentado em critérios de engenharia e normas operacionais específicas, permite uma confinamento segura em termos de controle da poluição ambiental.

Conforme o mesmo autor, um aterro sanitário consiste no confinamento dos resíduos no menor espaço possível, através de compactação, e no isolamento destes em relação ao ar livre, mediante cobertura com uma camada de solo (preferencialmente argila).

- **Vala séptica**

É, segundo FERREIRA (2000), uma alternativa de caráter emergencial para disposição dos resíduos hospitalares, quando não se dispõe de outro sistema que esteja previsto na Resolução CONAMA Nº 05/93, e consiste no aterramento dos resíduos através do método de trincheiras.

Para BRACHT (1993), a disposição em valas com cal ou valas sépticas constitui uma alternativa para os pequenos municípios, considerando suas condições financeiras e o baixo volume de RSS produzido.

O método consiste no aterramento de RSS não tratados em valas escavadas no solo, as quais devem ser construídas em local isolado e de acesso limitado, em solo de baixa permeabilidade, com lençol freático situado aproximadamente a 5 metros abaixo da superfície (RUIZ & COSTA, 2000).

Entretanto, segundo BIDONE & POVINELLI (1999), estudos realizados pela CETESB em 1990, abordando a questão da disposição de RSS em valas sépticas,

sendo estes recobertos com cal virgem, permitiram constatar a ineficiência da cal utilizada desta forma na eliminação de organismos patogênicos.

- **Lixão**

O lixão constitui uma forma inadequada de disposição final de resíduos sólidos, e caracteriza-se pela simples descarga sobre o solo, sem medidas de proteção ao meio ambiente ou à saúde pública.

RUIZ & COSTA (2000) afirmam que, infelizmente, apesar de proporcionar a poluição e a contaminação de rios e outros reservatórios de água destinada ao consumo humano, além de possibilitar a proliferação de doenças veiculadas por vetores, o lixão é ainda o método mais utilizado pelos municípios para disposição dos RSS, com o agravante de que, na maioria das vezes, esses resíduos são dispostos junto com o lixo comum.

Para SARKIS (2000), os resíduos assim lançados acarretam problemas à saúde pública, tais como proliferação de vetores de doenças (moscas, mosquitos, baratas, ratos, etc.), geração de maus odores e, principalmente, a poluição do solo e das águas superficiais e subterrâneas, através do chorume, comprometendo os recursos hídricos.

3 LOGÍSTICA, LOCALIZAÇÃO DE INSTALAÇÕES E ROTEIRIZAÇÃO DE VEÍCULOS

Este capítulo inicia-se apresentando uma breve definição da logística, e enfoca em seguida, os problemas logísticos de localização de instalações e roteirização de veículos.

3.1. Conceitos de logística

De acordo com EILON *et al.* (1971), a logística pode ser definida como sendo a provisão de bens e serviços de um ponto de oferta para um ponto de demanda.

Para BOWERSOX & CLOSS (1996), a logística está relacionada em conseguir oferecer os produtos e serviços onde são necessários e no momento em que são desejados.

Para BALLOU (1993) a logística associa estudo e administração dos fluxos de bens e serviços e da informação associada que os põe em movimento. Ainda, segundo o mesmo autor, a missão da logística é colocar as mercadorias ou os serviços certos no lugar e no instante corretos e na condição desejada, ao menor custo possível.

Embora seja muito comum a associação da logística ao ambiente da manufatura, BALLOU (2001) afirma que esta visão é muito limitada, uma vez que os princípios e os conceitos logísticos aprendidos ao longo dos anos podem ser aplicados a áreas como prestação de serviços, militar e, até mesmo, gestão ambiental.

Para BALLOU (2001), especificamente para a gestão logística, o planejamento gira em torno de um triângulo primário de decisões de localização, de estoques e de transportes (FIGURA 3.1).

FIGURA 3.1 – O triângulo do planejamento logístico

No caso de um estudo logístico envolvendo RSS considera-se que os fatores preponderantes seriam as decisões de localização de instalações e transporte, que serão os itens abordados neste trabalho.

3.2. Localização de instalações

Segundo OWEN & DASKIN (1998), o estudo da teoria da localização começou formalmente, em 1909 quando Alfred Weber considerou como posicionar um único armazém de modo a minimizar a distância total entre ele e os diversos clientes, sendo que desde a metade de 1960 o estudo da teoria da localização tem florescido.

Problemas de localização tratam de decisões sobre onde localizar facilidades, considerando clientes que devam ser servidos de modo a otimizar algum critério (DRESZNER, 1995).

LACERDA (1999) classifica a definição da localização de instalações em uma rede logística como um problema comum e dos mais importantes para os profissionais da área, devido aos altos investimentos envolvidos e aos profundos impactos que as decisões de localização têm sobre os custos logísticos.

As aplicações de problemas de localização de instalações ocorrem tanto no setor público quanto no privado.

Segundo OWEN & DASKIN (1998), o desenvolvimento e aquisição de uma nova instalação é um projeto tipicamente caro e sensível ao tempo. Antes da compra ou construção de uma instalação, boas localizações devem ser

identificadas, especificações apropriadas da capacidade da instalação devem ser determinadas e grandes quantias de capital devem ser alocadas. Enquanto os objetivos que conduzem à localização de uma instalação dependem das empresas ou das agências do governo, os custos altos associados a esse processo fazem de qualquer projeto de localização um investimento de longo tempo. Logo, espera-se que as instalações locadas hoje mantenham-se em operação por um tempo prolongado.

Para LACERDA (1999), de um modo geral, os estudos de localização tratam do problema de minimizar os custos de uma rede logística, estando esta sujeita a restrições de capacidade das instalações, tendo que atender uma determinada demanda e devendo satisfazer certos limites de nível de serviço. Os dados de entrada para a análise são as previsões de demanda para cada produto, as limitações de capacidade e as taxas de produção, as prováveis localizações das instalações, as possíveis ligações entre elas e os respectivos custos de transporte de cada modal.

Ainda segundo LACERDA (1999), a complexidade dos problemas de localização é alta e o volume de dados envolvidos é muito grande. A complexidade desta categoria de problemas deve-se ao fato de a análise lidar com um extenso conjunto de variáveis de decisão que se influenciam mutuamente. Embora as dificuldades pareçam grandes, encontram-se disponíveis atualmente um grande número de ferramentas computacionais que tornam mais fáceis as tarefas de modelagem e otimização do problema e de tratamento da grande massa de dados tipicamente presente nos estudos de localização.

Dois problemas clássicos de localização de facilidades são os problemas dos centros e os problemas das medianas. Conforme o objetivo desta localização, caracteriza-se o problema como sendo um problema de locação de centros ou de medianas (BEZERRA, 1995).

No problema dos centros, o objetivo é minimizar a distância até o ponto mais crítico a ser atendido; enquanto que no problema das medianas o objetivo é minimizar a soma da distância de cada um dos vértices à facilidade mais próxima, ponderada por um fator de demanda.

Problemas de mediana aparecem freqüentemente na prática de serviços não emergenciais, tais como a localização de centro de comutação numa rede telefônica, armazéns de suprimentos numa rede de distribuição e a locação de centros de triagem de cartas, entre outros. Ao contrário destes casos, os quais se caracterizam como problemas de localização de mínima soma, os problemas de localização de facilidades de atendimento emergencial, tais como postos policiais, emergências de hospitais e postos de bombeiros, caracterizam-se como problema de localização de centros (também conhecido como problema minimax).

3.2.1. Classificação dos problemas de localização

De acordo com FRANCIS & WHITE (1974) na classificação dos problemas de localização de instalações, seis principais elementos devem ser considerados: características da nova instalação, localização de instalações existentes, interações entre instalações novas e as já existentes, características da solução espacial, medidas de distância e o objetivo.

Ainda conforme os mesmos autores existem diversas possibilidades de classificação para os problemas de localização, sendo destacadas as seguintes categorias:

1. Características da nova instalação: os problemas de localização podem ser classificados de acordo com o número de novas instalações envolvidas. Alguns dos problemas de localização consideram o número de novas instalações envolvidas como uma variável de decisão. Um outro fator a ser considerado é a dependência ou independência de uma nova instalação em relação à localização das outras novas instalações.
2. Localização de instalações existentes: a localização de uma instalação existente pode ser estática ou dinâmica, assim como probabilística ou determinística. Adicionalmente, dependendo do tamanho da instalação existente, ela pode ser considerada como tendo um ponto ou uma área de localização.
3. Interações entre instalações novas e as já existentes: quando existe uma relação quantitativa ou qualitativa entre as instalações, considera-se que as mesmas interagem, sendo que, em alguns casos o grau de interação é uma função da localização das instalações. De fato, existe um número de situações nas quais essas interações são independentes da localização da instalação. Além disso, a

magnitude da interação pode ser tampouco estática ou dinâmica, determinística ou probabilística, e também um parâmetro ou uma variável de decisão.

4. Características da solução espacial: é a quarta categoria considerada por FRANCIS & WHITE (1974), na classificação dos problemas de localização de instalações, sendo a mesma relativa a solução espacial para o problema de localização. Em alguns problemas de localização de instalações a solução espacial é unidimensional, entretanto é comum uma solução espacial bi ou tridimensional. Adicionalmente, a solução espacial pode ser discreta ou contínua, sendo que tipicamente a solução espacial discreta consiste de um número finito de possibilidades de localização; ao passo que, a solução espacial contínua consiste em um número infinito de possíveis localizações. Em qualquer dos casos, a solução espacial pode ser limitada por uma ou mais restrições.

5. Medidas de distância: a medida de distância envolvida nos problemas de localização de instalações provê uma outra base para a classificação dos mesmos. Normalmente são utilizadas distâncias euclidianas e retangulares, entretanto, existem problemas de localização de instalações nos quais as distâncias entre as instalações não podem ser razoavelmente representadas por distâncias euclidianas e retangulares.

6. Objetivo: é a categoria final comumente utilizada para classificar os problemas de localização de instalações, sendo a mesma relativa à função objetivo empregada para avaliar as alternativas de solução. Os objetivos quantitativos normalmente encontrados nos problemas de localização de instalações são a minimização da função custo total ou a minimização do custo máximo entre pares de instalações. De fato, podem ser encontrados outros objetivos quantitativos, embora esses dois apareçam mais freqüentemente na literatura.

FRANCIS & WHITE (1974) afirmam ainda que, embora alguns problemas de localização possam não ser completamente classificados usando as categorias por eles sugeridas, o esquema de classificação serve para unificar uma crescente parte da literatura que trata do tema de localização de instalações.

OWEN & DASKIN (1998) fizeram uma revisão sobre os modelos de localização de instalações, sendo que eles utilizaram a seguinte classificação: modelos estático-determinísticos, modelos dinâmicos e modelos estocásticos.

Os modelos de localização estático-determinísticos consideram os parâmetros de entrada constantes e de valores conhecidos; a solução é implementada para um ponto específico no tempo. Alguns dos principais problemas de localização estático-determinísticos são: problemas das medianas, problemas de cobertura e problemas dos centros.

Os modelos dinâmicos consideram as incertezas do futuro, no horizonte de planejamento. Eles tentam localizar instalações além de um horizonte de tempo especificado, de uma maneira ótima ou próxima da ótima. Tais modelos capturam mais da complexidade inerente aos problemas do mundo real.

Já os modelos estocásticos podem ser divididos em duas categorias: probabilística e planejamento do cenário. Ambas tratam as incertezas em inúmeros parâmetros, incluindo tempo de viagem, custos de construção, localização da demanda e quantidades demandadas. Os modelos probabilísticos consideram explicitamente as distribuições de probabilidade de variáveis modeladas aleatoriamente, enquanto os modelos de planejamento de cenário consideram um conjunto gerado de possíveis valores futuros das variáveis.

Para BALLOU (2001), na discussão dos métodos de determinação da localização, é útil classificar os problemas em um número limitado de categorias. O mesmo autor classifica os problemas de localização nas seguintes categorias:

- Por força direcionadora: normalmente a localização das instalações é determinada por um fator, o qual é mais crítico que os demais. Tomando por exemplo a localização da planta e do armazém, os fatores econômicos são, geralmente, dominantes. Na localização do varejo, o fator determinante é, geralmente, o rendimento gerado. Já no caso de uma prestadora de serviços, a acessibilidade pode ser considerada como fator preliminar da localização.
- Por número de instalações: a localização de uma única instalação é um problema consideravelmente diferente do de se localizar várias instalações de uma só vez. A localização da instalação única é a mais simples das duas categorias do problema, uma vez que, neste caso, não há necessidade de considerar forças competitivas de demanda entre instalações, efeitos da consolidação de estoque e custos de instalações. No caso de instalação única tem-se, portanto, que os custos de transporte são a consideração primária.

- Por escolhas discretas: são os métodos de localização que selecionam a partir de uma lista de escolhas possíveis que tenham sido pré-selecionadas por sua razoabilidade. Os métodos discretos de localização são muito utilizados na prática, principalmente no caso de instalações múltiplas.
- Por grau de agregação de dados: os problemas de localização envolvem um número muito grande de configurações de projetos de redes a serem avaliados, sendo geralmente necessário usar relacionamentos entre dados agregados quando da solução de um problema prático de localização, a fim de gerenciar o tamanho do problema e obter uma solução. Resulta disto um método cuja acurácia limita as localizações a áreas geográficas amplas, tais como cidades inteiras. Por outro lado, os métodos que utilizam poucos dados agregados, especialmente aqueles para a seleção de local, podem diferenciar localizações separadas somente por uma rua da cidade. Esses métodos são particularmente necessários para a localização do varejo e também para as seleções de locais finais para plantas e armazéns.
- Por horizonte de tempo: os métodos de localização podem ser de natureza estática ou dinâmica. Os métodos estáticos selecionam localizações baseados em um único período de tempo, tal como um ano. Já, os métodos dinâmicos manuseiam planos de localização para multiperíodos, isto é, podem cobrir muitos anos de uma só vez, o que ocorre especialmente no caso das instalações representarem um investimento fixo e os custos de movimentação de um local para outro serem altos.

3.2.2. Métodos de solução

Segundo LACERDA (1999), na solução dos problemas de localização, os métodos mais utilizados são os heurísticos, a simulação e a otimização, mais especificamente a programação inteira mista, que é a técnica predominante na maioria dos *softwares*. A programação inteira mista apresenta como uma de suas principais vantagens a capacidade de modelar os custos fixos e variáveis de uma rede logística, além de garantir, por ser uma técnica otimizante, que as soluções encontradas são as melhores possíveis dentro do conjunto de premissas adotadas. A desvantagem deste método é o longo tempo de processamento, dependendo do tamanho do problema, fator este que pode inviabilizar a resolução. Os métodos heurísticos exigem menos recursos computacionais, entretanto são menos rigorosos na identificação das melhores alternativas.

BALLOU (1993) destaca a utilidade de três métodos computacionais na solução de problemas de localização: simulação por computadores, modelos heurísticos e métodos exatos.

- **Simulação**

Segundo BALLOU (1993) a simulação por computadores foi um dos primeiros métodos desenvolvidos. Este método envolve simplesmente o cálculo dos custos de transporte, estoques e processamento de pedidos para diferentes combinações de locais. Uma das vantagens apresentadas por este método é o grande detalhamento com que as características do problema podem ser descritas.

Para BALLOU (2001), um modelo de simulação de localização de instalações refere-se a uma representação matemática de um sistema logístico por demonstrações algébricas e lógicas que podem ser manipuladas com o auxílio de um computador.

O mesmo autor afirma ainda que, dada uma representação realista do relacionamento econômico e estatístico, o modelo de simulação é utilizado para avaliar o impacto de diversas configurações. Como nos modelos de simulação deve-se especificar as instalações particulares na rede a ser avaliada, a qualidade dos resultados e da eficiência obtidos depende da habilidade e discernimento do usuário em selecionar as localizações a serem analisadas.

WANKE (2001) considera que a solução ótima para problemas reais não é necessariamente melhor que uma descrição detalhada do problema. Sendo assim, defensores de uma maior precisão na descrição e modelagem do problema são favoráveis à utilização da simulação para a determinação da localização de instalações, ainda que a solução encontrada não seja ótima.

A simulação, para BALLOU (2001), é o método escolhido por aqueles que priorizam a descrição acurada do problema, mesmo sabendo que a solução encontrada não é ótima.

- **Métodos heurísticos**

O uso de modelos heurísticos, segundo BALLOU (1993), é um outro enfoque clássico para o problema de localização. Heurísticas podem ser definidas

como regras baseadas em bom senso, as quais geram um processo para conseguir soluções próximas da ótima. Os procedimentos heurísticos foram introduzidos nos modelos para se conseguir soluções quase ótimas com custos razoáveis em termos de tempo computacional, ao mesmo tempo em que era mantido boa parte do realismo encontrado nos modelos de simulação.

Para BALLOU (2001), os métodos heurísticos podem ser denominados como qualquer princípio que contribui para reduzir o tempo médio de pesquisa de uma solução, sendo, em algumas ocasiões, chamados de regras que guiam as soluções do problema. Quando aplicadas aos problemas de localização, tais regras, que são uma consequência de discernimento sobre o processo de solução, permitem a rápida obtenção de boas soluções de numerosas alternativas.

Embora os métodos heurísticos não garantam a obtenção de uma solução ótima, BALLOU (2001) considera que os benefícios de tempos de processamento de computador e necessidade de memória razoável, além de boas representações da realidade e uma qualidade de solução satisfatória são razões para que se considere esta abordagem.

- **Métodos exatos**

Para BALLOU (2001), os métodos exatos referem-se àqueles procedimentos capazes de garantir uma solução matematicamente ótima para o problema de localização ou, ao menos, uma solução de acurácia conhecida.

Embora seja o caso ideal, seu uso tem sido limitado, uma vez que a caracterização do problema fica bastante restrita, com maior gasto de tempo computacional do que nos outros enfoques (BALLOU, 1993).

BALLOU (2001) cita como exemplos desta abordagem o cálculo e os modelos de programação matemática.

3.2.3. Características dos *softwares* de Localização

De acordo com LACERDA (1999), os *softwares* possuem, em sua maioria, modelos pré-determinados de redes logísticas, que são modelos genéricos capazes de representar grande parte dos sistemas reais. A diferença entre eles consiste na capacidade de representar os custos e restrições operacionais envolvidos.

Segundo o mesmo autor, a maioria dos *softwares* utiliza interfaces gráficas para, através de menus, controlar e variar parâmetros, rodar o modelo, inspecionar os resultados e gerar relatórios. Outra característica bastante comum é a possibilidade de visualização dos resultados através de mapas, permitindo, deste modo, uma análise mais qualitativa dos resultados. Estes programas oferecem ainda a capacidade de comunicação com sistemas de bases de dados usualmente utilizados, como gerenciadores de bancos de dados, planilhas eletrônicas, o que facilita o manuseio, preparação e checagem de grandes massas de dados.

Há alguns anos já estão disponíveis as ferramentas para a realização dos estudos de localização, sendo que as mesmas estão cada vez mais disponíveis e, se utilizadas com criatividade e inteligência podem revelar grandes oportunidades de redução de custo e melhoria de nível de serviço.

A TABELA 3.1 apresenta as principais características dos *softwares* de localização segundo LACERDA (1999).

TABELA 3.1 - Características desejáveis dos *softwares* de localização de instalações

Características desejáveis dos <i>softwares</i> de localização	
Capacidade de modelagem	O <i>software</i> deve permitir a modelagem de características específicas de cada sistema sob análise, desde que sejam relevantes. Alguns <i>softwares</i> tem modelos prontos, não permitindo qualquer adaptação. Outros são totalmente abertos, permitindo praticamente qualquer tipo de modelagem. Estes últimos exigem, no entanto, uma perícia muito maior na preparação do modelo.
Metodologia de solução	Preferencialmente os que utilizam algoritmos otimizantes: programação linear ou programação inteira mista pois permitem uma avaliação rigorosa das alternativas operacionais.
Facilidade no manuseio de dados	Os problemas de localização invariavelmente lidam com uma massa de dados muito grande, sendo fundamental manuseá-la de forma eficiente. São características desejáveis a conectividade com os sistemas existentes na empresa, além de permitir troca de dados com aplicativos como planilhas eletrônicas e <i>softwares</i> de gerenciamento de banco de dados.
Visualização dos resultados	A apresentação dos resultados através de mapas é um excelente instrumento para comunicação dos resultados e análise ao pessoal não técnico.
Facilidade de utilização	Os <i>softwares</i> devem permitir a realização de análises de cenários e análises paramétricas de forma rápida e fácil, já que não basta rodar o modelo apenas uma vez e obter a resposta.

Fonte: LACERDA, 1998 (Adaptada)

3.3. Roteirização de veículos

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

A roteirização de veículos tem sido estudada e analisada de forma exaustiva por especialistas das áreas de transporte e logística. A maior motivação para tal esforço é de ordem econômica, já que rotas definidas de forma eficiente podem gerar redução nos custos, através do aumento da produtividade e controle mais eficiente da distribuição física de bens e serviços (DINIZ, 2000).

Para CUNHA (1997) a relevância dos problemas de roteirização e programação de veículos, tanto do ponto de vista teórico e conceitual quanto das aplicações práticas, pode ser medida pelo número expressivo de artigos publicados na literatura especializada. A permanente busca de novas estratégias e métodos para a resolução de modelos cada vez mais complexos e abrangentes é, segundo o autor, outro parâmetro, o qual permite avaliar a dimensão desta importância.

Segundo GOLDBARG & LUNA (2000) um sistema de roteamento pode ser considerado como sendo um conjunto organizado de meios, o qual objetiva o atendimento de demandas localizadas nos arcos ou nos vértices de alguma rede de transportes.

Nos últimos anos os problemas de roteirização de veículos têm sido abordados por diversas pesquisas.

Segundo ALMEIDA & SANCHES (2001), num problema básico de roteirização existe um conjunto de nós ou arcos que devem ser atendidos por uma frota de veículos. O problema é definir a rota que cada veículo deve seguir a fim de se atingir determinado objetivo.

De acordo com DASKIN³ *apud* SALTORATO (1998), num problema de roteamento básico são geradas rotas factíveis sobre os nós ou arcos de uma rede, de modo a minimizar algum fator relacionado aos custos totais. Estes problemas tem atraído a atenção de muitos pesquisadores, principalmente devido a sua natureza relativamente irrestrita. Três modelos de abordagens básicos têm sido utilizados:

³ DASKIN (1985). *Logistics: An overview of the state of the art and perspectives on future research*. Transportation Research, v. 19^A, n. 5-6, p. 383-398, set-nov. *apud* SALTORATO, P. (1998). *O roteamento de veículos: uma avaliação sobre sua introdução na coleta de resíduos sólidos urbanos*. São Carlos. Dissertação (Mestrado)- Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

a) Modelos de roteamento sobre arcos: estes modelos são utilizados nos casos em que a demanda está localizada em pontos próximos entre si. O problema consiste em encontrar uma rota que percorra todos os arcos do grafo pelo menos uma vez, minimizando a distância total percorrida. O problema do carteiro chinês e suas variantes são os mais famosos exemplos deste modelo;

b) Modelos de roteamento sobre nós: aparecem quando as coletas ou entregas precisam ser realizadas num conjunto de pontos freqüentemente distanciados entre si. Neste caso, a demanda localiza-se sobre pontos específicos da rede em questão, tais como esquinas numa rede urbana ou como cidades ao longo de uma estrada, que representam os nós do grafo. O problema consiste em se encontrar uma rota que passe por todos os nós do grafo pelo menos uma vez, minimizando a distância total percorrida. Enquadram-se neste modelo de abordagem o problema do caixeiro viajante e suas variantes;

c) Modelos gerais de roteamento de veículos: surgem quando a demanda se localiza sobre os nós e arcos do grafo, e constituem um modelo mais geral de roteamento o qual incorpora o problema de roteamento clássico e suas restrições quanto ao número de depósitos, veículos, capacidade, entre outras.

3.3.1. Classificação dos problemas de roteirização e programação de veículos

O primeiro trabalho a retratar o estado-da-arte da modelagem dos problemas de roteirização e programação de veículos e tripulações foi o apresentado por BODIN *et al.* (1983).

É ainda considerado uma das mais importantes referências sobre o tema por tratar-se de um trabalho muito abrangente, no qual são apresentadas as principais estratégias e procedimentos de solução e as principais aplicações conhecidas.

De acordo com ASSAD (1988), a maior dificuldade para se estabelecer um esquema de solução apropriado está no que tomar como base para classificá-lo: as restrições do problema ou a técnica de solução a ser usada.

ASSAD (1988) afirma ainda que a classificação dos problemas de roteirização pode ser baseada no tempo no qual informações sobre a demanda

tornam-se disponíveis. No problema de roteamento clássico, todas as demandas são conhecidas antecipadamente; já no roteamento dinâmico as demandas ocorrem em tempo real, devendo ser inseridas nos roteiros em andamento.

De acordo com BODIN *et al.* (1983), a saída básica de todos os sistemas de roteirização e programação de veículos é essencialmente a mesma: para cada veículo ou motorista, uma rota e uma programação são produzidas. Geralmente a sequência dos locais a serem visitados é especificada pela rota, e o horário no qual ocorrerá a atividade no local é identificado pela programação.

Segundo os mesmos autores, os problemas de roteirização podem ser classificados em três grupos:

- Problemas de roteirização pura

Nos problemas de roteirização pura têm-se que as condicionantes temporais não são importantes para a definição dos roteiros e das seqüências de coletas ou entregas, sendo necessário em alguns casos considerar alguma restrição de comprimento máximo (ou distância total) de cada um dos roteiros, como uma medida da duração máxima dos mesmos (CUNHA, 1997).

Para BODIN *et al.* (1983), o problema de roteirização pura de veículos é primariamente um problema espacial. Os principais problemas de roteirização abordados por estes autores em seu trabalho são: o problema do caixeiro viajante; o problema do carteiro chinês; o problema de múltiplos caixeiros viajantes; o problema de roteirização de nós com um depósito e vários veículos (problema clássico de roteirização de veículos); o problema de roteirização em nós com múltiplos depósitos; o problema de roteirização em nós com demandas incertas; o problema de roteirização em arcos com limite de capacidade; problemas de programação de veículos e tripulação e os problemas combinados de roteirização e programação.

- Problemas de programação de veículos e tripulações

Os problemas de programação de veículos e tripulações podem ser considerados, segundo BODIN *et al.* (1983), como problemas de roteirização com restrições adicionais, as quais são relativas aos horários em que as várias atividades devem ser cumpridas. Existe um tempo associado a cada tarefa a ser

realizada. Nos problemas desta categoria, portanto, não só as condicionantes espaciais, mas também as condicionantes temporais devem ser consideradas explicitamente.

Os autores dividiram os problemas em duas categorias: problemas de programação de veículos e de programação de tripulações. Ambos são essencialmente similares, entretanto os problemas de programação de pessoal envolvem restrições mais complexas, tais como leis trabalhistas.

Segundo os autores, os problemas de programação de veículos e tripulações geralmente interagem entre si, uma vez que a especificação da programação de veículos irá estabelecer certas restrições na programação das tripulações e vice versa. O ideal seria que ambos os problemas fossem resolvidos simultaneamente. Entretanto, quando ambos problemas são incorporados em um único modelo de otimização, os mesmos tornam-se geralmente muito complexos.

Como consequência, muitas estratégias de solução adotam procedimentos seqüenciais, que resolvem os problemas separadamente com algum mecanismo de interação entre os mesmos.

BODIN *et al.* (1983) consideraram os seguintes tipos de problemas de programação de veículos em seu trabalho: o problema de programação de veículos com um único depósito; o problema de programação de veículos com restrições de comprimento de caminho; o problema de programação de veículos com múltiplos tipos de veículos e o problema de programação de veículos com múltiplos depósitos.

Já no tocante à programação de tripulações BODIN *et al.* (1983) apresentam os seguintes problemas: o problema de programação de pessoal em um local fixo; o problema de programação de veículos e tripulações em sistemas de transporte público; o problema de programação de tripulações no transporte aéreo e o problema de programação de pessoal em turnos de revezamento.

- Problemas combinados de roteirização e programação

De acordo com BODIN *et al.* (1983), a maioria dos problemas combinados de roteirização e programação de veículos, aparecem em aplicações com restrições de janelas de tempo e de precedência de tarefas. Nas relações de precedência de

tarefas, a coleta deve preceder a entrega e ambas devem estar alocadas ao mesmo veículo.

Os problemas combinados de roteirização e programação de veículos aparecem freqüentemente na prática e são representativos de muitas aplicações do mundo real.

Os principais problemas desta categoria apontados por BODIN *et al.* (1983) são os seguintes: o problema de roteirização e programação de ônibus escolares para atendimento de um conjunto de escolas; o problema de roteirização e programação de cavalos mecânicos tracionando carretas com carga completa; o problema de roteirização e programação de cavalos mecânicos tracionando carretas com carga parcial; o problema de definição de roteiros e programação de serviços de coleta de resíduos domiciliares e de varrição de ruas; o problema de roteirização e programação de serviços de transporte de pessoas e o problema de programação de aeronaves.

3.3.2. Estratégias de solução

Nesta seção serão apresentados as principais estratégias de solução descritas na literatura para o problema de roteirização e programação de veículos.

BODIN & GOLDEN (1981), classificaram as estratégias de solução para problemas de roteirização em sete categorias. São elas:

1. Agrupa primeiro - roteiriza depois: encontram-se nesta categoria procedimentos que agrupam a demanda dos nós e/ou arcos primeiro e desenvolvem então, como um segundo passo, rotas econômicas sobre cada agrupamento.
2. Roteiriza primeiro – agrupa depois: aqui aparecem procedimentos que trabalham na seqüência inversa aos da categoria anterior. Primeiramente é construída uma grande (geralmente infactível) rota ou ciclo, no qual são incluídas todas as entidades de demanda (nós e/ou arcos). Posteriormente particiona-se a grande rota, em rotas menores mas factíveis.
3. Economias ou inserções: procedimentos que constroem uma solução de modo que, a cada passo do procedimento, uma configuração corrente (que é possivelmente infactível) é comparada com uma configuração alternativa que também pode ser infactível. A configuração alternativa é a que produz a maior

economia em termos de alguma função objetivo, tal como custo total, ou que insira de forma menos custosa entidades de demanda ainda não inseridas na rota (ou rotas em construção). A conclusão do processo se dá com uma rota factível.

4. Melhoria ou troca: trata-se de um procedimento heurístico no qual, em cada etapa, altera-se uma solução factível de modo a se obter outra solução factível, porém com o custo total reduzido. O processo continua até não ser mais possível a obtenção de reduções adicionais no custo.

5. Programação matemática: estão incluídos aqui algoritmos baseados diretamente em uma formulação de programação matemática de problemas de roteirização básicos.

6. Otimização interativa: é um procedimento de propósito geral no qual incorpora-se um alto grau de interação humana, no processo de solução do problema. Parte-se do princípio de que o tomador de decisões tem a experiência e a capacidade de colocar os parâmetros revisados e injetar correções subjetivas baseadas no conhecimento e na intuição do modelo de otimização, o que geralmente aumenta a probabilidade de implementação e uso do modelo.

7. Métodos exatos: são procedimentos para a solução de problemas de roteirização de veículos, os quais incluem técnicas especializadas de *branch and bound* e algoritmos de planejamento de corte.

Em seu trabalho, ASSAD (1988) identificou três direções para o desenvolvimento de métodos de solução para os problemas de roteirização e programação com restrições mais complexas e realistas, são elas:

- Adaptar ou desenvolver alguma heurística conhecida e consagrada, como por exemplo o método de economias de CLARKE e WRITE, de modo a incorporar novas restrições e condicionantes;
- Uso de técnicas de programação matemática (para solucionar problemas complexos de roteirização de veículos), tais como, decomposição de Benders, geração de colunas, entre outros;
- Heurísticas seqüenciais ou de decomposição, nas quais o problema é decomposto em sub-problemas, que são resolvidos seqüencialmente através de

diferentes algoritmos ou heurísticas. Pode-se citar como exemplo as técnicas conhecidas como agrupar e roteirizar (*cluster first-route second*) ou roteirizar e agrupar (*route first-cluster second*).

Já RONEN (1988) classificou os métodos de solução para problemas de roteirização e programação de veículos nos seguintes tipos:

- Métodos manuais: são aceitáveis no caso da estrutura particular do problema resultar em um pequeno número de combinações viáveis; ou ainda se houver um potencial pequeno de economia, através da utilização de métodos mais elaborados;
- Métodos de otimização puros: segundo o autor, são praticamente impossíveis de serem aplicados em problemas reais, dadas as suas dimensões, a menos que o problema apresente uma estrutura peculiar;
- Métodos de otimização com heurísticas acopladas: a utilização de heurísticas permite a obtenção de boas soluções em tempos de processamento aceitáveis. Alguns modelos de otimização fazem estimativas do valor da solução ótima e interrompem a busca quando obtém-se alguma solução dentro dos limites de um intervalo de tolerância especificado. Tais modelos são ainda limitados em escopo e em possibilidades de aplicações;
- Métodos heurísticos: são, de acordo com o autor, mais comumente utilizados para a obtenção de soluções satisfatórias para problemas práticos. A utilização de heurísticas tem-se legitimado mediante a incapacidade dos métodos de otimização puros gerarem soluções para os problemas reais.

CUNHA (1997), após revisar as principais estratégias e métodos de solução para o problema de roteirização e programação de veículos, julgou conveniente a classificação dos métodos de solução, nas seguintes categorias:

- Métodos exatos, os quais possibilitam a obtenção da solução ótima;
- Métodos heurísticos, os quais possibilitam a obtenção de soluções aproximadas, porém, de um modo geral, são bem mais rápidos;

- Métodos emergentes, os quais reúnem as técnicas mais recentes e avançadas, não tradicionais, baseadas em sistemas especialistas, ou em métodos de busca ou iterativos. Tem-se como exemplo algoritmos genéticos, busca tabu, entre outros.

Encontram-se na literatura diversos outros trabalhos, os quais apresentam a visão de um grande número de autores, entretanto foge do escopo de trabalho, entrar neste nível de detalhamento, uma vez que pretende-se realizar apenas um panorama das principais estratégias de solução para problemas de roteirização e programação de veículos.

3.3.3. Sistemas de roteamento de veículos

Para SALTORATO (1998), a mudança mais expressiva nos últimos 20 anos nos sistemas de roteamento foi o ambiente computacional no qual os algoritmos estavam sendo implementados.

BODIN (1990) considera a introdução do micro computador como o maior catalizador nos processos de sistematização de roteamento de veículos, pois possibilitou a grande vantagem da visualização gráfica em seus monitores.

Diversos programas têm sido desenvolvidos, a fim de solucionar os problemas de roteirização de veículos. Os desafios encontrados nas aplicações práticas em problemas reais apresentados por RONEN (1988) são:

- formular modelos matemáticos que permitam considerar restrições e condicionantes encontrados nos problemas do mundo real;
- desenvolver algoritmos e heurísticas de solução que produzam boas soluções, em tempo de processamento razoável, utilizando recursos computacionais convencionais.

A TABELA 3.2 apresenta os principais condicionantes e requisitos desejáveis para um *software* genérico para a roteirização de veículos, segundo as visões de ASSAD (1988), RONEN (1988) e BODIN (1990). CUNHA (2000), considera que essa relação de atributos pode ser utilizada como ponto de partida num processo de seleção, para se definir uma lista de verificação dos condicionantes práticos que um *software* de roteirização pode lidar para uma dada aplicação prática.

TABELA 3.2 - Requisitos e características de sistemas para roteirização de veículos

Característica	ASSAD (1988)	RONEN (1988)	BODIN (1990)
Uma ou múltiplas bases	sim	sim	sim
Diferentes tipos de veículos	sim	-	sim
Coletas e entregas – coletas de retorno	sim	sim	sim
Janelas de tempo	sim	sim	sim
Tempos de carga e descarga	sim	-	-
Velocidades variáveis	sim	-	-
Contratação de terceiros	sim	sim	
Limite de peso e volume	sim	sim	-
Múltiplos compartimentos por veículos	-	sim	-
Duração máxima do roteiro	sim	sim	sim
Contabilização de horas extras	sim	-	sim
Horários de início e término de viagem	sim	-	-
Roteiros com pernoite; troca de motoristas	sim	sim	-
Locais de paradas fixos (e.g. almoço)	sim	-	-
Restrições de tamanho de veículo e equipamentos para um cliente	sim	-	sim
Zonas de entregas e possibilidade de fracionamento de carga	sim	-	-
Barreiras físicas e restrições de circulação de veículos	sim	sim	-
Mais de um roteiro por veículo (quando o veículo retorna cedo à base)	sim	-	-

Fonte: CUNHA, 2000

Uma das mais recentes pesquisas desenvolvidas para identificar as principais características de vinte diferentes *softwares* de roteirização disponíveis no mercado foi a desenvolvida por HALL & PARTIKA (1997). Os autores ressaltam, entretanto, que não foi realizada nenhuma avaliação do desempenho comparativo dos *softwares*, em termos de qualidade das soluções obtidas, de robustez e de desempenho computacional.

4 SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA

Este capítulo trata dos Sistemas de Informação Geográfica (SIGs). Inicialmente são apresentadas sua definição e características. Em seguida são abordados os componentes de um SIG, a estrutura de representação dos dados espaciais e as aplicações dos mesmos de forma geral e no caso particular dos transportes e logística. O capítulo termina com considerações a respeito dos *softwares* SIG.

4.1. Definições e características

Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) têm recebido várias definições de diferentes autores, mas as maiores diferenças, segundo FONTES (2001), estão apenas na inclusão ou não de alguns componentes nestas definições, além das características e das aplicações dos SIGs. A seguir são apresentadas algumas das definições de SIGs encontradas na literatura.

De acordo com CÂMARA (1996), os SIGs são sistemas de informação construídos especialmente para armazenar, analisar e manipular dados geográficos, isto é, dados que representam objetos e fenômenos em que a localização geográfica é uma característica inerente e indispensável para tratá-los. Dados geográficos são coletados a partir de diversas fontes e armazenados, via de regra, nos chamados bancos de dados geográficos.

Os SIGs são programas de computador que permitem a combinação de dados alfanuméricos com imagens espaciais ou geográficas (SILVA, 1996).

Segundo SANTOS (1999), os SIGs são a união do mapeamento computadorizado com gerenciamento de bases de dados ou, de uma forma mais abrangente, são sistemas que armazenam dados geográficos com o objetivo

de simular situações específicas através da manipulação e análise desses dados. Apresentam como característica básica a análise dos dados gerando novas informações.

Os SIGs podem ser definidos como sistemas destinados ao tratamento de dados referenciados espacialmente. Estes sistemas permitem a manipulação de dados provenientes de diversas fontes como mapas, imagens de satélites, cadastros e outras, permitindo desta forma recuperar e combinar informações e efetuar os mais diversos tipos de análise sobre os dados.

Uma outra definição é a apresentada por DANTAS *et al.* (1996). Segundo eles, os SIGs são sistemas de informação que relacionam de forma iterativa e sistêmica, tecnologia, banco de dados e pessoal capacitado a realizar análises espaciais e armazenar, operar e visualizar dados georeferenciados para se obter novas informações.

As definições de SIGs, segundo CÂMARA (1996), refletem cada uma à sua maneira, a multiplicidade de usos e visões possíveis desta tecnologia e apontam para uma perspectiva interdisciplinar de sua utilização.

EASTMAN⁴ *apud* FONTES (2001) aponta como característica principal de um SIG, diferenciando-o dos sistemas tradicionais de gerenciamento de banco de dados, a capacidade de combinar *layers*, dados guardados como se fossem uma coleção de mapas de características diferentes, através de um processo conhecido como *overlay*, ou seja, a obtenção de um mapa a partir da sobreposição de outros.

De acordo com CÂMARA (1999), cada SIG surgiu com o objetivo de resolver um conjunto específico de problemas, entretanto, evoluiu até se tornar uma ferramenta de uso mais amplo. De um modo geral, qualquer SIG é capaz de:

- Representar graficamente dados de natureza espacial, associando a estes gráficos informações alfanuméricas tradicionais. Representar informações gráficas em forma de vetores (pontos, linhas e polígonos) e/ou imagens digitais (matrizes de *pixels-picture elements*);

⁴ EASTMAN, J. R. (1995). *Idrisi for Windows: User's Guide*. Version 1.0. Clark University, Massachusetts *apud* FONTES, A. T. (2001). *Sistemas de Informações Geográficas: Digitalização – Vol II*. São Carlos. Universidade de São Paulo. Escola de Engenharia de São Carlos.

- Recuperar informações com base em critérios alfanuméricos, de forma semelhante a um sistema de gerenciamento de banco de dados tradicional, tomando-se como referência as 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 pontos, linhas e polígonos;
- Oferecer recursos para a visualização dos dados geográficos na tela do computador, utilizando para isto uma variedade de cores;
- Recuperar, de forma ágil, as informações geográficas, com o uso de algoritmos de indexação espacial;
- Limitar o acesso e controlar a entrada de dados através de um modelo de dados previamente construído;
- Interagir com o usuário através de uma interface amigável, em geral, gráfica;
- 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 usando 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. Componentes de um SIG

Existe certo consenso sobre os componentes de um SIG, entretanto, alguns autores deixam de citar um elemento importante: os recursos humanos.

TEIXEIRA *et al.* (1992) subdividem um SIG em:

- Banco de dados;
- Equipamentos (*hardware*) e
- Operadores espaciais: conjunto de programas (*software*) dedicados à execução de operações sobre os dados.

O banco de dados é composto pela base de dados física e por programas que gerenciam esses dados, isto é, organizam os mesmo, com a finalidade de agilizar a sua procura manutenção e controle (SILVA, 1998).

Com relação ao *hardware*, SILVA (1998) afirma que os SIGs podem operar em microcomputadores, estações de trabalho, minicomputadores e computadores de grande porte, o que torna sua utilização possível em praticamente qualquer ambiente e organizações dos mais variados portes.

Ainda, segundo o mesmo autor, os operadores espaciais são um conjunto de programas, que atuam sobre a base de dados, produzindo as informações desejadas, dentre as quais pode-se citar:

- Localização de uma entidade e/ou listagem de seus atributos;
- Atualização dos dados;
- Cálculo de área, perímetros e distâncias (menor distância entre dois pontos, vizinho mais próximo, rota mais curta ou mais rápida);
- Traçado de redes;
- Operações aritméticas e lógicas entre planos de informações;
- Cálculos estatísticos;
- Reagrupamento de dados;
- Cruzamento de planos;
- Tratamento de dados altimétricos;

- Tratamento de imagens através de filtragens, etc.

SILVA (1998) destaca, ainda, que o emprego de SIGs como ferramenta depende, além dos três elementos já citados, de um quarto elemento: os recursos humanos. A aquisição dos programas de computador e dos equipamentos é relativamente simples, uma vez que depende exclusivamente de recursos financeiros. Já os bancos de dados, são elementos que exigem grande atenção em qualquer implantação de SIG, visto que, de um modo geral, o processo de aquisição de dados é caro e complexo, exigindo que se recorra às mais variadas fontes, sejam elas primárias (aquelas obtidas através de levantamento de campo, recenseamento, produtos de sensoriamento remoto ou vídeos) ou secundárias (aquelas que são derivadas das fontes primárias, tais como mapas e as cartas temáticas).

No tocante aos recursos humanos, SILVA (1998) considera que, de todos os elementos de um SIG, os recursos humanos são os mais difíceis de serem obtidos, já que exigem um período de treinamento e adaptação relativamente longo a fim de se atingir um nível de capacitação razoável.

4.3. Estrutura de representação dos dados espaciais

As estruturas de representação dos dados espaciais em um SIG podem ser classificadas em *raster* ou vetorial.

A estrutura *raster* ou matricial divide o espaço em elementos discretos, sendo obtida através de uma malha com linhas verticais e horizontais, formando as células (*pixel-picture element* ou quadrículas). A precisão do processo (nível de resolução) é definida através das dimensões dessas células. DINIZ (2000) considera que a divisão em células acarreta perda em exatidão e detalhes, entretanto, gera ganho em facilidade de manipulação no ambiente computacional, já que para armazenar dados em matrizes é mais adequada a estrutura da matemática computacional.

Já a estrutura vetorial considera o espaço de forma contínua, reduzindo os dados espaciais a três formas básicas, que são: pontos, linhas ou áreas (FRANÇOSO *et al.*, 1993). SANTOS (1999) destaca que este formato apresenta como principais vantagens a sua excelente precisão matemática, perfazendo boa

definição dos contornos dos objetos e economias de espaço para armazenamento das informações.

As principais vantagens e desvantagens da utilização dos formatos raster e vetorial, foram apresentadas por BRAVO & CERDA (1995), e podem ser vistas na tabela 4.1. DINIZ (2000) acrescenta que, com os avanços tecnológicos dos computadores, já foram superadas as desvantagens citadas em relação à estrutura vetorial.

TABELA 4.1 - Vantagens e desvantagens dos Formatos raster e vetorial

Formato	Vantagens	Desvantagens
Raster	Estrutura de dados simples	Estrutura pouco compacta
	Boa representação da variabilidade espacial	Difícil representação das relações topológicas
	Eficiência na manipulação de imagens digitais	Saídas gráficas mal delineadas
Vetorial	Estrutura de dados compacta	Estrutura de dados complexa
	Eficiência na representação e análise das relações topológicas	Difícil análise na superposição de áreas
	Saídas gráficas bem definidas (traços)	Representação regular da variabilidade espacial
		Difícil análise de imagens digitais

Fonte: BRAVO & CERDA, 1995

De acordo com SARKIS (2000), a discussão sobre qual é o melhor tipo de representação deixou de ser importante, uma vez que os SIGs mais recentes trabalham tanto com a estrutura vetorial como a matricial.

4.4. Aplicação dos SIGs

O SIG é, segundo SILVA (1998), uma ferramenta capaz de gerar soluções rápidas e precisas para diversos problemas, facilitando o processo de tomada de decisão em diversas áreas, tais como: Geologia, Hidrologia, Agricultura, Engenharia Civil, de Transportes, Urbana, de Minas.

KORTE (1997) afirma que, de acordo com uma pesquisa de mercado da *Dataquest* (companhia de pesquisa de mercado de computação), as aplicações de um SIG estão subdivididas nas seguintes categorias:

- Informações do solo: que incluem a criação e a manutenção de dados para registros, planejamento e uso do solo;
- Usos biológicos: incluem saúde e segurança pública e ambiental, silvicultura e agricultura;
- Aplicações em geociências: incluem exploração de óleo, gás e mineral;
- Gerenciamento de infra-estrutura: inclui transporte, logística, serviços de emergência e gerência de distribuição;
- Serviços utilitários: incluem água, esgoto, eletricidade, gás, telefone, TV a cabo, comunicação de dados e sistemas a vapor;
- Marketing e vendas: estão aqui envolvidas análises geográficas, de vendas e locais;
- Geopolíticas: envolvem o uso militar ou outros relacionados à defesa, bem como política distrital;

4.5. Aplicação dos SIGs nos transportes e logística

De acordo com SANTOS (1999), os SIGs podem ser utilizados por profissionais da área de transporte e logística, auxiliando nas análises e geração de informações oriundas de dados espaciais. Além da disponibilidade de recursos para armazenar, gerenciar e converter os dados para um conjunto específico de aplicações, estes sistemas facilitam a utilização de uma mesma base cadastral para diferentes serviços que necessitam de dados geográficos, como por exemplo, a rede de infra-estrutura viária.

De um modo simplificado, as aplicações de um SIG abrangem os três níveis de planejamento: operacional, tático e estratégico. No nível operacional estão as questões relativas ao transporte urbano e rodoviário de cargas, engenharia de tráfego e transporte coletivo urbano. No planejamento tático, os projetos estão centralizados no transporte coletivo, definição de zonas de análise de tráfego, transporte rodoviário e urbano de cargas. Já o planejamento estratégico trata de questões como análises sobre clientes em potencial, a imagem do setor junto aos clientes e aumento de receita (SANTOS, 1999).

De acordo com LOUREIRO & RALSTON (1996), no planejamento, gerência, operação e análise de sistemas de transporte, os SIGs representam uma ferramenta poderosa capaz de integrar funções básicas de um SIG às rotinas específicas de logística, pesquisa operacional e transportes em geral. Ainda, segundo os mesmos autores, os SIGs permitem dentre outras funções, determinar a rota de menor impedância entre nós e distribuir viagens entre zonas, resolver problemas convencionais de roteamento e programação de veículos, localização de instalações, alocação de recursos em redes, alocação de tráfego.

Para NAZÁRIO (1998), devido à importância que os dados espaciais ocupam na atividade logística, os SIGs possibilitam inúmeras aplicações. A partir da utilização de dados georeferenciados, pode-se executar diversas análises, nas seguintes áreas:

- Apoio ao Marketing: nesta área a utilização do SIG auxilia na identificação do potencial de vendas das diferentes regiões. Com isto é possível fornecer informações para eventuais promoções em pontos menos nobres. Além disso, pode-se realizar segmentação de mercado, pois se existirem dados disponíveis dos clientes com suas respectivas necessidades (obtidas através de pesquisas), pode-se estabelecer padrões de serviço diferenciados.
- Geografia de mercado – localização de pontos comerciais: atualmente a tecnologia SIG é utilizada amplamente na geografia de mercado, que tem no estudo de localização de pontos comerciais sua principal vertente. Esta abordagem possui um escopo diferente do estudo da localização de fábricas e centros de distribuição, já que na localização de fábricas e centros de distribuição os custos com transporte e armazenagem tem um impacto muito grande. Já na definição do melhor ponto comercial, questões como mão de via, sinais de trânsito e outros aspectos urbanos são mais ressaltados.
- Localização de fábricas e centros de distribuição / roteamento: neste tipo de estudo, os SIGs são utilizados como interface. A solução destes problemas é obtida através de algoritmos baseados em programação matemática. A representação visual, entretanto, é de grande importância, pois facilita o entendimento de não especialistas. Além disto a ferramenta SIG permite identificar problemas na resposta do modelo.

- Análises de sistemas logísticos: é importante a existência de controle em sistemas logísticos já implementados, o que pode ser obtido através de um SIG. No caso de distribuidores, por exemplo, torna-se possível a identificação de várias anomalias, tais como: desbalanceamento das regiões de entrega, fluxos inadequados, má formação na consolidação, entre outras.

4.6. Softwares

No Brasil já existe uma grande disponibilidade de *softwares* SIGs. Segundo NAZÁRIO (1998), eles vão desde *desktop mapping* até os *softwares* que possuem algoritmos e são capazes de executar tarefas como: roteamento, estudo de localização, obtenção de matriz de distâncias, entre outras.

A predominância deste tipo de *software* é americana, entretanto, empresas brasileiras vêm desenvolvendo seus produtos e ganhando mercado. Os principais *softwares* americanos possuem representantes no Brasil, sendo que estas empresas, além de representarem o produto, são prestadoras de serviço, fazendo consultoria, vendendo bases de dados e dando treinamento.

CÂMARA *et al.* (1999) apresentam os mais conhecidos SIG e *desktop mapping* comerciais disponíveis no mercado, os quais são listados na TABELA 4.2. Os autores deixam de fora, intencionalmente, os sistemas CAD, que podem ser utilizados em cartografia automatizada, e também os sistemas dedicados ao sensoriamento remoto.

TABELA 4.2 - *Softwares SIG disponíveis no mercado*

SIG Fabricante	Estrutura de dados	Banco de dados	Sistema Operacional	Observações
APIC	Vetorial	Orientado objetos	a UNIX	Produzido na França, tem muitas instalações na Europa
APIC Systèmes	Matricial		Windows	
ARC/INFO	Vetorial-topológica	Relacional	UNIX	Produtos complementares incluem o ARC/CAD (apoiado em AutoCAD) e o Arc/View (ferramenta de consulta)
ESRI	Matricial		Windows	
AutoDesk World	Vetorial	Relacional	Windows	Capaz de ler diretamente arquivos de vários SIG
AutoDesk				
DBMapa	Vetorial	XdBASE	Windows	Apoiado no MaxiCAD
MaxiData				
Genasys	Vetorial	Relacional	UNIX	
Genasys	Matricial		Windows	
GIS Plus	Vetorial	Relacional	Windows	O TransCAD, especializado em transportes, é baseado no GIS Plus
Caliper				
IDRISI	Matricial	Proprietário	Windows	Muito voltado para aplicações ambientais
Clark University				
MapInfo	Vetorial	Proprietário	Windows	Principalmente utilizado como ferramenta de Desktop Mapping
MapInfo		XBASE		
Maplitude	Vetorial	Relacional	Windows	Mais usado como Desktop Mapping
Caliper	Matricial			
MGE	Vetorial	Relacional	UNIX	Baseado no sistema de CAD
Intergraph	Matricial		Windows	Microstation
Spring	Vetorial	Relacional	UNIX	Permite uma integração entre vetores e imagens
INPE	Matricial		Windows	
Vision *GIS	Vetorial	Relacional	UNIX	Pioneiro no armazenamento de gráficos dentro do banco de dados relacional
System House	Matricial			

Fonte: CÂMARA *et al.*, 1999

CÂMARA *et al.* (1999) consideram que, com a grande variedade de SIGs disponíveis no mercado, é importante o conhecimento das necessidades pelo comprador, a fim de que se possa adequá-las aos recursos que cada um proporciona.

As características que devem ser investigadas em cada *software*, de acordo com o interesse e para testar sua adequação às necessidades do projeto, estão listadas por CÂMARA *et al.* (1999) e apresentadas na TABELA 4.3.

TABELA 4.3 - Características desejáveis de um SIG

Características desejáveis de um SIG
Flexibilidade da modelagem dos dados
Existência ou não da linguagem de programação para desenvolvimento de aplicativos; complexidade e quão completa é a linguagem de programação
Existência ou não de versão em português; disponibilidade de documentação e/ou material de treinamento em português
Armazenamento dos dados em base de dados geográfica contínua ou necessidade de fracionamento em mapas
Existência ou não de restrições e controles de integridade na conexão gráfico-alfa
Existência ou não de sistemas de indexação espacial, para recuperação rápida de informações gráficas; tipo de sistema de indexação espacial
Disponibilidade de aplicações prontas, desenvolvidas por terceiros, na área de interesse do projeto
Capacidade de importação e exportação de dados
Possibilidade de operação em redes heterogêneas de equipamentos
Capacidade de produção de saídas: mapas, cartas, mapas temáticos, gráficos, relatórios, etc
Recursos para conversão de dados
Capacidades de operação simultânea por diversos usuários
Aderência a padrões de fato ou de direito, principalmente nas áreas de bancos de dados e intercâmbio de informações
Recursos de gerenciamento de cópias de segurança e recuperação de dados
Existência ou não de linguagem de consulta à base geográfica/alfanumérica
Recursos de processamento de polígonos (operação de união, interseção, etc)
Recursos de detecção e correção de falhas nos dados gráficos
Variedade de tipos de dispositivos de saída (plotters e impressoras) e de entrada (scanners, mesas digitalizadoras, etc)
Confiabilidade comercial e técnica do representante e sua equipe de suporte

Fonte: CÂMARA *et al.*, 1999

5 CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL

Neste capítulo é feita uma breve descrição e revisão bibliográfica sobre os consórcios intermunicipais. Os seguintes tópicos são abordados no capítulo: consórcio intermunicipal como alternativa de integração regional, conceituação, áreas de aplicação e vantagens geradas através da utilização dos consórcios intermunicipais.

5.1. Consórcio Intermunicipal

O consórcio intermunicipal constitui uma forma de implantar e também de viabilizar as alternativas propostas no presente trabalho. A seguir serão abordados alguns itens considerados relevantes para a melhor compreensão do mesmo.

5.1.1. Conceituação

De acordo com VAZ (1997), os consórcios intermunicipais são entidades que reúnem diversos municípios para a realização de ações conjuntas que, se fossem produzidas pelos municípios individualmente, ou não atingiriam os mesmos resultados ou utilizariam um volume maior de recursos.

Os consórcios instrumentalizam a união entre municípios e têm o intuito de resolver problemas e implementar ações de interesse comum, por meio da articulação e racionalização dos recursos de cada esfera de poder (CRUZ, 2001).

Para CRUZ (2001) os consórcios são instrumentos capazes de viabilizar o planejamento local e regional, auxiliando na organização de planos, avaliações e controles; a superação de problemas locais, possibilitando ganhos de escala de produção; a racionalização no uso de recursos financeiros, humanos e tecnológicos; a modernização administrativa por meio da padronização de suprimentos e procedimentos administrativos; o aumento da capacidade de

cooperação técnica e a implementação e regulação de políticas públicas regionalizadas.

MEIRELES⁵ *apud* CRUZ (2001) define os consórcios como “acordos firmados entre entidades estatais, autárquicas, fundacionais ou paraestatais, sempre da mesma espécie, para a realização de objetivos de interesse comum dos partícipes”, mediante a utilização de recursos materiais e humanos que cada um dispõe.

5.1.2. O consórcio intermunicipal como alternativa de integração regional

A maioria dos municípios brasileiros é de pequeno ou médio porte, fato este que exige que muitos dos seus problemas sejam resolvidos de modo articulado e integrado.

Os municípios de pequeno porte não dispõem de recursos suficientes para a implantação de serviços mais complexos, criando desta forma uma situação de dependência em relação aos grandes municípios ou municípios-pólo.

Dentro deste contexto, diversos municípios têm inovado e criado novas formas de prestação de serviços e de organização, bem como de articulação. Nessa conjuntura, tomou corpo a discussão de parceria entre os municípios, a qual é chamada por alguns de cooperação horizontal, ou ainda cooperação intermunicipal.

Deste modo, os consórcios como sociedade civil sem fins lucrativos, as agências, as redes, as empresas, as associações, os fóruns intermunicipais são formas encontradas pelos municípios para se associar e resolver problemas comuns, posto que estas formas têm se apresentado como um instrumento para a implementação de várias políticas públicas.

5.1.3. Áreas de aplicação

Para VAZ (1997), existem amplas possibilidades de atuação conjunta de municípios através de consórcios, as quais vão desde pequenas ações pontuais a

⁵ MEIRELLES, H. L. *Direito administrativo brasileiro*. São Paulo: Malheiros, p.354 *apud* CRUZ, M. C. M. T., org. (2001). *Consórcios Intermunicipais: uma alternativa de integração regional ascendente*. Programa Gestão Pública e Cidadania/EAESP/FGV. São Paulo, Pólis. 96 p. Disponível em: <http://www.polis.org.br/publicacoes/download/arquivos/cadbid5.pdf>. Acesso em: 06 ago. 2001.

programas de longo prazo e intensa influencia sobre o destino dos municípios, podendo os consórcios se constituírem com menor ou maior pretensão de durabilidade e impacto.

Diversas ações e atividades podem ser concretizadas de forma consorciada, através da articulação dos municípios interessados, e a seguir serão citados alguns dos campos de atuação conjunta abordados por CRUZ (2001) e VAZ (1997).

- Saúde: a organização dos serviços de saúde requer um grande investimento a fim de atender o paciente integralmente. Deste modo, os consórcios nesta área auxiliam no planejamento da oferta de serviços e de sua demanda, assumindo muitas vezes a prestação de serviços especializados e hospitalares;
- Obras públicas: diversas obras públicas têm sido realizadas de forma consorciada, podendo-se citar como exemplos de ações que podem ser feitas conjuntamente, canalizações de rios, manutenção de estradas vicinais, aquisição ou locação de equipamentos para uso comum, entre outros.
- Recuperação e proteção ambiental: a preservação dos recursos hídricos, o tratamento e a destinação do lixo, ações de saneamento básico, a preservação de mata ciliar, entre outras ações, geralmente requerem ações articuladas. Um pequeno município encontrará dificuldade para adquirir uma usina de lixo ou um incinerador de lixo hospitalar, mas poderá fazê-lo com os vizinhos.
- Serviços públicos: os municípios podem oferecer serviços públicos em parceria com municípios vizinhos, sendo assim possível amortizar os custos fixos e os investimentos sobre uma base maior de usuários, reduzindo o custo unitário da produção e distribuição de serviços.
- Atividades-meio: uma outra forma de tirar mais proveito por intermédio de consórcios intermunicipais é através da realização de atividades-meio das prefeituras. Este é o caso da informática, que dá espaço para o uso comum de equipamentos e para o desenvolvimento de sistemas informatizados que possam atender a mais de um município. Também é possível o estabelecimento de consórcios para a realização de atividades de treinamento e capacitação de funcionários públicos municipais.

- Desenvolvimento econômico regional: existe uma ampla possibilidade para a atuação dos consórcios no campo da promoção do desenvolvimento regional, podendo o mesmo assumir funções de incentivo a atividades econômicas e funcionar como agente de controle e prevenção da guerra fiscal entre municípios.

5.1.4. Vantagens geradas através da utilização dos consórcios intermunicipais

VAZ (1997) considera que, do ponto de vista da ação dos governos municipais envolvidos, a criação de consórcios intermunicipais pode produzir resultados positivos de cinco tipos:

- Aumento da capacidade de realização: os governos municipais podem ampliar o atendimento aos cidadãos e o alcance das políticas públicas por conta da disponibilidade maior de recursos e do apoio dos demais municípios.
- Maior eficiência do uso dos recursos públicos: é o caso dos consórcios que têm como função central o compartilhamento de recursos escassos, desde máquinas de terraplanagem a unidades de saúde ou unidades de disposição final de resíduos sólidos. Neste caso, o volume de recursos aplicados como investimento no consórcio e o custeio de sua utilização são menores do que a soma dos recursos que seriam necessários a cada um dos municípios para produzir os mesmos resultados.
- Realização de ações inacessíveis a uma única prefeitura: a articulação de esforços em um consórcio intermunicipal pode criar condições para que seja possível atingir resultados que não seriam possíveis a nenhuma prefeitura isoladamente, ou mesmo à soma dos esforços individuais de cada uma delas. É o caso da aquisição de equipamentos de alto custo, o desenho de políticas públicas de âmbito regional.
- Aumento do poder de diálogo, pressão e negociação dos municípios: pela articulação de um consórcio intermunicipal é possível criar melhores condições de negociação dos municípios junto ao governo estadual e federal, ou a entidades da sociedade, empresas ou agências estatais. Com isso fica fortalecida a autonomia municipal.

- Aumento da publicidade das decisões públicas: devido ao fato de as decisões tomadas pelos consórcios serem de âmbito regional e envolverem diversos atores, elas se tornam naturalmente mais visíveis, posto que exigem um processo de discussão mais aprofundado em cada município e em termos regionais. Deste modo, abre-se espaço para uma maior fiscalização da sociedade sobre a ação dos governos.

6 MÉTODO

Neste capítulo será descrito o método empregado no trabalho. Serão abordados as técnicas e procedimentos das seguintes etapas: geração das alternativas, coleta e preparação dos dados, utilização das rotinas de localização de instalações e roteirização de veículos, análise e avaliação dos resultados. Na FIGURA 6.1 é apresentado o fluxograma das etapas constituintes do método aplicado no trabalho.

FIGURA 6.1 – Fluxograma das etapas do método

6.1. Determinação das alternativas

Foram consideradas quatro alternativas na realização das simulações, sendo as mesmas apresentadas na TABELA 6.1.

Cabe aqui tecer alguns comentários a respeito da situação 4, aqui denominada situação atual. Denominou-se situação atual, a situação hipotética, na qual cada um dos municípios considerados, levaria individualmente seus RSS ao incinerador existente mais próximo, de modo a dar um tratamento adequado aos mesmos.

TABELA 6.1 – Descrição das alternativas consideradas nas simulações

Alternativa	Descrição
1	Implantar 1 incinerador
2	Implantar 2 incineradores
3	Utilizar 2 incineradores mais próximos
4	Situação atual

Não foram feitas simulações considerando a existência de mais de dois incineradores, uma vez que os baixos volumes existentes, associado ao alto custo de implantação, inviabilizariam estas alternativas.

6.2. Coleta e preparação dos dados

O objetivo desta etapa é obter toda a base de dados, identificando as fontes de informações que serão utilizadas no estudo de caso. Prover portanto, subsídios para a realização das simulações utilizando o TransCAD, e gerar recursos para a etapa de análise e avaliação dos resultados. A partir das necessidades encontradas durante a elaboração do estudo, os dados puderam ser agrupados em três diferentes tipos de informações:

- Obtenção de dados sobre os RSS;
- Base de dados geográfica;
- Custos de transportes de RSS.

6.2.1. Obtenção de dados sobre os RSS

A fim de obter os dados relativos aos RSS das cidades consideradas, elaborou-se um questionário que abordou basicamente os aspectos técnicos e as condições financeiras da coleta dos RSS. As seguintes questões foram abordadas: método utilizado para a coleta destes resíduos, frequência de coleta, tipo de veículo utilizado, quantidade de resíduo produzida, tipo e quantidade de estabelecimentos geradores, método de tratamento e disposição final e, por fim, custos. Encontra-se no ANEXO A o modelo do questionário enviado às prefeituras, e os resultados obtidos encontram-se no ANEXO B.

Através destas informações, comprovou-se a necessidade de um planejamento adequado da destinação deste tipo de resíduo.

Primeiramente buscou-se estabelecer um contato com as prefeituras em questão, de modo a facilitar o envio dos questionários à pessoa responsável. Dessa forma foi realizado o envio dos mesmos e posteriormente o recebimento.

Outro dado levantado foi sobre unidades de tratamento de resíduos de serviços de saúde existentes no Estado de São Paulo, sendo este obtido por meio

de contato com a CETESB, através de correio eletrônico. Este dado foi levantado a fim de se identificar quais seriam os pontos possíveis de se enviar os RSS das cidades consideradas no estudo de caso para tratamento, para a alternativa de não se implantar um incinerador para atender as mesmas.

6.2.2. Base de dados geográfica

A base de dados geográfica foi obtida a partir de um arquivo digital, fornecido pelo Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo (DNER – SP), sendo que este arquivo encontrava-se em formato MicroStation (.dgn).

O arquivo apresentava as seguintes características técnicas: Sistema de projeção definido conforme padronização IBGE descrito em "Mapoteca Topográfica Digital – MTD" como Policônica com longitude origem –54 graus e datum South American Datum 1969 (SAD69). Unidades de trabalho (Working units) definidas no arquivo MicroStation conforme padronização IBGE descrito em "Mapoteca Topográfica Digital – MTD" como Km:1000:M:10, ou seja, menor unidade de desenho equivalente a um decímetro.

As informações cartográficas destes arquivos gráficos seguem Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC) conforme Decreto Lei 89817 de 20 de junho de 1984 que estabelece as "Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional". Precisão gráfica (PEC) e de posicionamento (Erro Padrão) do arquivo definido como Classe A para a escala gráfica 1:1.000.000.

A partir deste arquivo, fez-se inicialmente a conversão do mesmo para o formato AutoCAD (.dwg), através da opção "salvar como", escolhendo-se a extensão .dwg.

O TransCAD permite abrir arquivos com a extensão AutoCAD, sendo que, quando se solicita esta opção, o programa abre uma janela como a mostrada na FIGURA 6.2, através da qual é possível importar arquivos do AutoCAD para o TransCAD.

FIGURA 6.2 – Caixa de diálogos da opção importar arquivos do AutoCAD

Para realizar a importação do arquivo é necessário especificar o *layer* que se deseja importar e também seu tipo (*layer* de pontos, linhas ou área). No caso particular deste trabalho, trata-se de um *layer* de linhas, já que o arquivo contém as rodovias da região analisada no trabalho. Em seguida é necessário acessar a opção coordenadas, que permite escolher o tipo de coordenadas que se está trabalhando, conforme mostrado na FIGURA 6.3.

FIGURA 6.3 – Caixa de diálogos da opção coordenadas

Como o arquivo disponível encontra-se com projeção Policônica, a única opção de coordenadas possível seria como coordenadas arbitrárias, sendo então necessário entrar com as coordenadas x e y de três pontos conhecidos, bem como com as coordenadas de latitude e longitude dos mesmos. As coordenadas x e y dos pontos são obtidas a partir do AutoCAD, e como estes pontos escolhidos representam cidades, possuem coordenadas de latitude e longitude conhecidas. Desta forma criou-se então um arquivo .dbd, com o qual dar-se-á continuidade ao trabalho.

A partir destes *layers* foram criados outros, através de ferramentas disponíveis no TransCAD, permitindo, desta forma, acrescentar outros campos de interesse para o trabalho.

A FIGURA 6.4 apresenta a base de dados do sistema viário da região da APA Corumbataí.

FIGURA 6.4 – Mapa do sistema viário da região da APA Corumbataí

6.2.3. Custos de transportes de RSS

Para a realização da estimativa dos custos de transporte dos RSS, foi tomado por base o modelo de cálculo comumente utilizado pelas empresas prestadoras deste tipo de serviço e também o Laudo Pericial realizado no município de São Carlos no ano de 1996, cujo objetivo foi analisar tecnicamente a planilha de custos referente à contratação dos serviços de coleta de resíduos sólidos domiciliares e demais serviços correlatados.

Segundo o Laudo já citado, os itens que compõe os custos de coleta de RSS são: custos operacionais, despesas administrativas e Benefícios e Despesas Indiretas (BDI), conforme mostra a FIGURA 6.5.

FIGURA 6.5 – Composição dos custos de transporte dos RSS

A seguir serão detalhados cada um dos itens que compõem os custos de transporte dos RSS.

6.2.3.1. Custos operacionais

Os custos operacionais podem ser divididos em custos fixos mensais e custos variáveis por Km. Os custos operacionais com exceção da mão de obra direta, foram obtidos tomando por base a Planilha de Custos Operacionais do *site* Economia e Transporte. Optou-se pela utilização desta planilha uma vez que a mesma traz dados atualizados dos custos fixos e variáveis para transporte tanto de carga como de passageiros para diferentes tipos de veículos.

No caso de furgões leves de carga, considerando o modelo Fiorino da Fiat, os componentes dos custos fixos mensais considerados e seus respectivos valores são apresentados pela TABELA 6.2.

TABELA 6.2 – Custos fixos mensais de furgões leves de cargas

Custos Fixos Mensais				
Depreciação	Remuneração de capital	Licenciamento seguro obrigatório IPVA	Seguro do Casco	Total dos Custos Fixos Mensais
R\$ 200,22	R\$ 79,39	R\$ 30,58	R\$ 134,54	R\$ 444,73

Fonte: <http://www.economiaetransporte.com.br>

Conforme já comentado, o custo relativo à mão-de-obra direta será considerado a parte, uma vez que, para a coleta e transporte dos RSS é necessário, além do motorista, um assistente (gari). Foi realizada uma consulta junto a empresa que realiza o serviço de coleta dos RSS na cidade de São Carlos, que forneceu o piso salarial do motorista e do assistente (correspondente a uma jornada de trabalho de 220 horas), os valores dos adicionais de insalubridade, além dos valores referentes ao vale alimentação e gastos mensais com uniforme.

Como o valor do ticket refeição fornecido pela empresa é relativo a jornada de trabalho completa 220 horas, a fim de se obter resultados mais coerentes, estabeleceu-se que o funcionário receberá uma parcela correspondente ao número de horas trabalhadas.

Os custos com mão de obra para cada uma das rotas são obtidos, portanto, pela somatória do salário recebido (salário hora x número de horas trabalhadas por mês mais o adicional de insalubridade) mais os encargos sociais (110% do salário recebido) e o ticket refeição. A TABELA 6.2 mostra a composição dos custos de mão-de-obra direta.

TABELA 6.3 – Composição dos custos de mão-de-obra direta

Cargo	Salário hora	Salário (s)	Adicional de insalubrid. (i)	Salário recebido	Encargos sociais	Ticket alimentação
Motorista	Salário mensal/220h	Salário hora x n° de horas trabalhadas	20% salário mínimo	(s) + (i)	110% salário recebido	mensal/220h x n° de horas trabalhadas
Gari	Salário mensal/220h	Salário hora x n° de horas trabalhadas	40% salário mínimo	(s) + (i)	110% salário recebido	mensal/220h x n° de horas trabalhadas

Com relação aos custos variáveis por quilômetro, os seguintes componentes são considerados na Planilha de Custos Operacionais do *site* Economia e Transporte (TABELA 6.4).

TABELA 6.4 – Custos variáveis por Km de furgões leves de cargas

Custos variáveis por Km					
Manutenção	Pneus, câmaras e recapagens	Combustível	Óleo de carter	Lavagens e graxas	Total dos custos variáveis por Km
0,0584	0,0058	0,1468	0,0043	0,0200	0,2353

Fonte: <http://www.economiaetransporte.com.br>

6.2.3.2. Custos administrativos

Segundo o Laudo Pericial, a base de cálculo mais apropriada para a incidência da taxa de administração é a somatória dos custos operacionais, não devendo a mesma incidir sobre a depreciação e remuneração de capital. É adotado como custo administrativo o valor correspondente a 15% dos custos operacionais.

6.2.3.3. Benefícios e Despesas Indiretas (BDI)

O Laudo Pericial apresenta a seguinte composição do BDI, sendo que as porcentagens consideradas para cada um dos itens incidentes sobre o faturamento total são dadas a seguir:

- ISS = 5% do faturamento total
- COFINS = 2% do faturamento total
- PIS = 0,65% do faturamento total
- IPMF = 0,25% do faturamento total
- LUCRO = 10% do faturamento total

6.2.3.4. Obtenção da estimativa de custo de transporte dos RSS

A obtenção da estimativa de custos de transportes foi realizada para cada uma das alternativas. Na alternativa 4 o custo total foi obtido pela somatória dos custos individuais de cada uma das rotas.

Para as alternativas 1, 2 e 3 o custo operacional, foi obtido da seguinte forma:

$$CO_a = CF + MO + U + CV \times Qm \quad (1)$$

Onde:

CF = custo fixo

MO = Gastos com mão de obra direta por alternativa

CV = custo variável

Qm = quilometragem mensal por alternativa

U = parcela correspondente aos gastos mensais com uniforme

As despesas administrativas são calculadas da seguinte forma:

$$DA_a = 15\% CO_b \quad (2)$$

Onde:

CO_b = Custo operacional por alternativa (sem depreciação e custo de capital investido)

O faturamento mensal por alternativa (FM_a) é obtido através da somatória de CO_a e DA_a .

$$FM_a = CO_a + DA_a \quad (3)$$

Onde:

CO_a = Custo operacional por alternativa

DA_a = Despesas administrativas

O faturamento mensal total por alternativa (FT_a) é obtido através da seguinte equação:

$$FT_a = FM_a / (1-X) \quad (4)$$

Onde:

FM_a = faturamento mensal por alternativa

$X = 0,179$ (17,9%: corresponde a somatória das porcentagens dos itens que compõem o BDI, conforme já comentado anteriormente)

Por fim, obtém-se o preço por quilometro por alternativa (P_a), da seguinte forma:

$$P_a = FT_a / QM_a \quad (5)$$

Onde:

FT_a = faturamento mensal total por alternativa

QM_a = Quilometragem mensal por alternativa

No caso da alternativa 4, os cálculos devem ser realizados da mesma forma já descrita só que para cada uma das rotas. O custo total de transporte, para esta alternativa é obtido pela somatória dos custos de transportes das rotas.

6.3. Utilização das rotinas do TransCAD

Antes da descrição das rotinas utilizadas, cabe neste item algumas considerações a respeito de algumas premissas adotadas neste trabalho.

Foi assumido para a roteirização de veículos que é feita uma pré-coleta dos RSS nas cidades, o que de fato ocorre, já que a prefeitura faz a coleta destes resíduos. Diante desta situação, estipulou-se um tempo de 30 minutos que seria o tempo para o veículo entrar na cidade e coletar o RSS em um ponto. Outra consideração que foi feita é que a quilometragem dentro da cidade será desprezada, uma vez que o objetivo deste trabalho é trabalhar com o transporte intermunicipal.

Considerou-se também que o veículo utilizado será um furgão Fiorino, que é o veículo comumente utilizado neste tipo de operação, sendo sua capacidade de carga de 620 kg.

No caso da alternativa quatro, como a roteirização seria realizada sempre entre dois pontos utilizou-se a opção *Networks/Paths* escolhendo como opção *shortest path*, a qual dá o menor caminho entre os pontos. A partir da obtenção da menor distância entre os pontos e como a velocidade é conhecida, calculou-se a duração da rota pela divisão da distância pela velocidade.

6.3.1. Descrição da rotina de localização de instalações

Segundo CALIPER (1996), os modelos de localização de instalações são usados para identificar as melhores localizações de instalações e, em geral, seus objetivos são: prover um alto nível de serviço, minimizar os custos de operação ou maximizar os lucros.

O TransCAD resolve diferentes tipos de problemas de localização de instalações, com aplicações tanto no setor público como no privado.

Na execução desta rotina é necessária a criação de um *layer* de pontos ou área contendo as instalações existentes (isto no caso de se considerar esta hipótese, o que não é o caso do presente trabalho), um *layer* de pontos ou área contendo a localização dos clientes e uma matriz de custo ou matriz de lucro.

A preparação da base de dados portanto, refere-se à criação dos arquivos geográficos, contendo os possíveis pontos de localização das instalações, e também dos pontos de localização dos clientes. No caso do arquivo geográfico contendo as possíveis localizações das instalações, quando da criação dos mesmos, procurou-se manter uma distância média de 2 Km entre pontos.

A matriz de custo representa a distância entre os pontos existentes no arquivo geográfico dos possíveis pontos de localização das instalações e dos clientes. Na geração da matriz é possível optar por distâncias em rede ou distâncias euclidianas, sendo que neste trabalho optou-se por trabalhar com distâncias em rede. A FIGURA 6.6 ilustra a caixa de diálogos da matriz de custos.

FIGURA 6.6 – Caixa de diálogo usada na geração da matriz de custo

6.3.2. Descrição da rotina de roteirização de veículos

O TransCAD oferece um conjunto de ferramentas de roteirização de veículos que resolve diversos tipos destes problemas. Estas ferramentas são utilizadas na preparação da entrada de dados, resolução do problema de roteirização, apresentação das rotas resultantes e as programações dos veículos em mapa e tabelas.

Na execução desta rotina são necessárias quatro etapas: preparação da entrada de dados, criação da matriz de roteirização, resolução do problema de roteirização de veículos e apresentação dos resultados.

A preparação da entrada de dados refere-se à criação dos arquivos geográficos com a localização dos pontos de parada e do incinerador, bem como suas características.

A partir da matriz de roteirização são obtidas as distâncias entre os pontos existentes no arquivo geográfico com a localização dos pontos de parada e do depósito. Na criação da matriz de roteirização é possível optar pelo cálculo com base nas distâncias em rede ou nas distâncias euclidianas, sendo que neste trabalho optou-se por trabalhar com distâncias em rede. Quando se trabalha com distâncias em rede é possível optar por minimizar a distância percorrida ou o tempo de percurso. Ademais, é possível a visualização dos roteiros gerados no mapa e

dos relatórios dos itinerários em forma de texto, quando se trabalha com distâncias em rede.

A heurística implementada na rotina é baseada no método clássico de CLARKE & WRIGHT. A preparação desta heurística foi feita por SOLOMON (1986), a fim de manipular restrições de janela de tempo, problemas de um único depósito e múltiplos veículos, problemas com tempo de serviço fixo ou variável.

O modelo clássico começa com uma solução inicial gerando rotas completas, nas quais cada usuário é atendido por um único veículo. Em seguida, combinam-se dois usuários num mesmo veículo na tentativa de reduzir o custo total, sendo chamado, por este motivo de método das economias.

A iteração de menor custo resultante é usada como solução, sendo que de um modo geral, quanto maior o número de passos realizados, maior é a probabilidade de se encontrar uma solução mais próxima da ótima. CALIPER (1996) afirma que, uma vez construída uma rota com a rotina de CLARKE & WRIGHT, esta não poderá ser mais removida, podendo desta forma limitar a formação de grupos de rotas subseqüentes que poderiam gerar melhores resultados.

Um parâmetro de forma da rota é utilizado pelo programa a fim de dar maior ou menor ênfase ao custo de viagem entre os nós, dependendo de suas posições em relação ao depósito central. Este parâmetro foi adicionado ao modelo original de CLARKE & WRIGHT por YELLOW (1970).

6.4. Análise e avaliação dos resultados

Será feita uma análise a partir dos resultados obtidos com a utilização do TransCAD e da estimativa do custo de transporte. A análise dos resultados será feita de modo a destacar os pontos positivos e negativos de cada alternativa considerada, mostrando que a melhor alternativa é aquela que atenda as necessidades de município e melhor se adapte às suas características particulares e possibilidades de investimento.

7 ESTUDO DE CASO

Neste capítulo, apresenta-se o estudo de caso. Inicialmente é feita uma breve descrição da área escolhida como objeto de estudo. Em seguida são abordados os seguintes tópicos: caracterização sócio-econômica da área, área de proteção ambiental e atributos ambientais protegidos. O capítulo termina com o relato da situação atual dos RSS nos municípios estudados, no que se refere ao tratamento.

7.1. A área do estudo de caso

A atual pesquisa se desenvolveu na Área de Proteção Ambiental (APA) Corumbataí, situada no interior do estado de São Paulo. A APA Corumbataí abrange terras de quinze municípios, são eles: São Carlos, Analândia, Brotas, Itirapina, Corumbataí, Ipeúna, Rio Claro, Dois Córregos, Torrinha, Mineiros do Tietê, Barra Bonita, Santa Maria da Serra, São Pedro, Charqueada e São Manuel (Ilha do Serrito).

Entretanto, no presente trabalho, não serão considerados os municípios de São Carlos, Rio Claro e São Manuel. Os dois primeiros devido ao fato de apresentarem características diferentes dos demais (no que se refere à população e sistema de tratamento dos RSS); e o último, por abranger somente a porção que compreende a Ilha do Serrito, não havendo portanto, geração de RSS no mesmo. A FIGURA 7.1 mostra os limites da APA Corumbataí.

7.1.1. Caracterização sócio-econômica da área

Segundo ALVARENGA (1997), como resultado do processo histórico vivenciado pela região, a área ocupada pela APA Corumbataí mostra-se como um espaço predominantemente rural, localizado em um eixo de expansão industrial dinâmico do estado, polarizado ao sul pelos municípios mais desenvolvidos de Rio Claro e Piracicaba e ao norte por São Carlos e Araraquara.

De acordo com SÃO PAULO (1990) *apud* ALVARENGA (1997), os municípios que compõem a APA Corumbataí apresentam essencialmente dois perfis em relação à dimensão sócio-econômica: aqueles que vivenciam intenso processo de expansão e os que se encontram estagnados e registram, em consequência, a ocorrência de êxodo rural e até mesmo urbano. Além disso na maioria dos municípios que constituem a APA Corumbataí, há predominância do emprego da população economicamente ativa (PEA) em atividades do setor primário, dentre as quais destacam-se: o cultivo de cana de açúcar; fazendas de reflorestamento com eucaliptos e pinus; a pecuária de corte em grandes propriedades, a pecuária leiteira em pequenas propriedades, e as atividades mineradoras de areia, brita, pedra-mosaico e argila.

Conforme destaca ALVARENGA (1997), o baixo retorno econômico destas atividades, para as prefeituras municipais, inviabilizam maiores investimentos em infra-estrutura de saneamento, tratamento de esgoto, disposição de lixo doméstico, tratamento de RSS, etc.

Como se pode observar, diante da realidade destes municípios, torna-se relevante à realização de estudos que busquem indicar soluções de modo integrado, conseguindo desta forma viabilizar projetos que não poderiam ser realizados de forma individual pelos municípios ou custariam mais caro.

7.1.2. Área de Proteção Ambiental

Segundo a Secretaria de Estado do Meio Ambiente (SP), a Área de Proteção Ambiental é uma categoria de unidade de conservação relativamente nova, tendo sido sua implementação iniciada na década de 80, com base na Lei Federal nº 6.902, de 27 de abril de 1981.

Ainda segundo o mesmo órgão, as APAs são consideradas espaços de planejamento e gestão ambiental de extensas áreas que possuem ecossistemas de importância regional, englobando um ou mais atributos ambientais. Existe a necessidade de um ordenamento territorial, orientado para o uso sustentável dos recursos naturais, o qual deve ser elaborado através de processos participativos da sociedade, resultando na melhoria da qualidade de vida das comunidades locais.

Quanto ao licenciamento ambiental de empreendimentos em APAs, os mesmos devem seguir os procedimentos usuais já estabelecidos pelo Sistema Estadual de Meio Ambiente. Nos casos em que é requerida a Licença Ambiental por parte dos órgãos estaduais, o pedido deve ser iniciado em uma das Agências Estaduais da CETESB e/ou DEPRN, dependendo das características do empreendimento ou atividade. Já, no caso da obra a ser licenciada estar situada dentro dos limites de uma APA não regulamentada, o processo deve ser encaminhado para a apreciação da Divisão de Áreas Especiais (DAE), que é a área responsável pelas APAs na Diretoria de Planejamento Ambiental Aplicado (DPAA), a qual, por sua vez, faz parte da Coordenadoria de Planejamento Ambiental (CPLA), da Secretaria do Estado do Meio Ambiente. No caso das APAs já regulamentadas, a observância dos dispositivos legais referentes à elas é realizada diretamente pelos órgãos licenciadores.

7.1.3. Atributos ambientais protegidos

A criação da APA Corumbataí foi motivada pela existência das cuevas basálticas, além de outros atributos como os “morros testemunhos”, os recursos hídricos superficiais e o aquífero Guarani, os remanescentes de vegetação nativa e o patrimônio arqueológico.

Na área abrangida pelo perímetro Corumbataí, as cuevas basálticas compõem um cenário paisagístico de grande beleza, destacando-se aí a Serra de São Pedro e Itaqueri. Ainda restam trechos de mata original nos paredões, que formam os degraus das cuevas e são comuns os testemunhos (morros isolados que a erosão esculpiu), formando um cenário peculiar na região. Estendem-se ao pé das cuevas vales amplos e suaves, com a presença de várzeas ao longo do curso dos rios.

A região é conhecida por suas cachoeiras, as quais são resultantes dos desníveis abruptos de seu relevo, e vem se transformando num centro de ecoturismo no estado, principalmente nos municípios de Brotas e São Pedro.

7.2. Situação atual dos RSS

Através dos questionários enviados aos municípios foi possível fazer uma caracterização da situação atual dos RSS, nas cidades consideradas no estudo de caso (TABELA 7.2).

TABELA 7.2 – Situação atual dos RSS nos municípios considerados

Município	Situação atual
Mineiros do Tiete	Os RSS são tratados no incinerador de Jaú
Dois Córregos	Os RSS são tratados no incinerador de Jaú
Brotas	Os RSS são dispostos no aterro em vala com cal
Ipeúna	Os RSS são dispostos no aterro em vala com cal
Santa Maria da Serra	Os RSS são dispostos no aterro em vala com cal
Itirapina	Os RSS são dispostos no aterro em vala com cal
São Pedro	Os RSS são queimados no lixão
Corumbataí	Os RSS são queimados no aterro
Barra Bonita	Os RSS São queimados no próprio hospital em um forno não adequado
Analândia	Os RSS são queimados no lixão
Charqueada	Os RSS são dispostos em vala separada
Torrinha	Os RSS são dispostos em vala com cal

Conforme pode-se perceber, apenas dois dos municípios realiza tratamento adequado dos RSS antes da disposição. Quatro dos municípios pratica a queima dos RSS, procedimento que além de inadequado é prejudicial ao meio ambiente. Quanto aos demais pode-se observar que os mesmos utilizam vala séptica ou vala com cal que, embora seja uma alternativa para os municípios pequenos devido às

condições financeiras dos mesmos e o baixo volume de resíduos, não constitui a melhor alternativa.

A FIGURA 7.2 apresenta a distribuição dos municípios em relação ao tipo de tratamento dado aos RSS dos mesmos.

Tratamento dado aos RSS nos municípios estudados

FIGURA 7.2 - Distribuição dos municípios em relação ao tratamento dado aos RSS

8 RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados os resultados das simulações realizadas utilizando o TransCAD, assim como a análise das alternativas consideradas.

8.1. Apresentação dos resultados

Definidas as configurações do sistema de RSS dos municípios considerados no estudo de caso, foram realizadas as simulações utilizando o TransCAD. Foram consideradas quatro alternativas na realização das simulações, conforme já comentado no capítulo do método, sendo as mesmas ilustradas pela FIGURA 8.1.

FIGURA 8.1 – Alternativas consideradas na simulação

Após definidas as quatro alternativas, foram realizadas então as simulações no TransCAD, sendo os resultados apresentados a seguir.

8.2. Resultado da rotina de localização de instalações

Com a aplicação desta rotina, foi possível a simulação dos cenários anteriormente descritos. No primeiro deles admitiu-se a implantação de um incinerador para atender o conjunto de municípios estudados. O resultado obtido é mostrado na FIGURA 8.2.

FIGURA 8.2 – Resultado da rotina de localização de instalações para implantação de um incinerador

Já no caso da alternativa 2, a qual considera a implantação de dois incineradores obteve-se o resultado ilustrado a seguir, pela FIGURA 8.3.

FIGURA 8.3 – Resultado da rotina de localização de instalações para implantação de dois incineradores

No caso das alternativas 3 e 4, não foi necessária a utilização da rotina de localização de instalações, já que as mesmas consideram a utilização de incineradores já existentes, sendo os mais próximos os de São Carlos e de Jaú. A figura 8.4 ilustra a situação considerada nas alternativas 3 e 4.

FIGURA 8.4 – Incineradores existentes

8.3. Resultado da rotina de roteirização de veículos

A rotina de roteirização de veículos foi executada considerando a realização de coleta três vezes por semana, atendendo à recomendação da NBR 12.810, que diz que o intervalo entre coletas não deve ser superior a 24 horas, entretanto admite-se a realização das mesmas em até 48 horas.

Na execução desta rotina são possíveis duas opções: a de deixar o programa designar os pontos aos depósitos, ou de fazer esta execução de forma manual. Quando se opta por utilizar o programa, este associa os pontos ao depósito mais próximo sem considerar se vai se obter a melhor rota, conforme poderá ser observado na alternativa 2.

Os resultados obtidos para cada uma das alternativas consideradas são apresentados a seguir.

8.3.1. Resultado da rotina para a alternativa 1

O resultado encontrado para alternativa 1 é mostrado através da FIGURA 8.5.

FIGURA 8.5 – Resultado da rotina de roteirização para alternativa 1

Conforme pode-se observar, foram criadas duas rotas devido ao fato da duração da jornada de trabalho ser de oito horas. Os resultados obtidos para cada uma das rotas podem ser vistos na TABELA 8.1.

TABELA 8.1 – Resultado da rotina de roteirização para a alternativa 1

Rota	Distância (Km)	Duração (h)	Carregamento (Kg)
Rota 1 (lilás)	211,70	7:12	248,80
Rota 2 (verde)	98,60	2:48	136,70
	$\Sigma 310,30$	$\Sigma 10:00$	$\Sigma 385,50$

O TransCAD produz o relatório dos itinerários, no qual podem ser encontrados maiores detalhes sobre cada uma das rotas, o mesmo encontra-se no ANEXO C.

8.3.2. Resultado da rotina para a alternativa 2

Para a alternativa 2, a rotina de roteirização foi executada duas vezes. Na primeira deixou-se que o programa fizesse a designação dos pontos aos depósitos (FIGURA 8.6), e na segunda, a designação foi feita de forma manual (FIGURA 8.7).

FIGURA 8.6 – Resultado da rotina de roteirização de veículos para a alternativa 2

Os resultados obtidos para a alternativa 2 (primeiro caso) são dados pela TABELA 8.2.

TABELA 8.2 – Resultado da rotina de roteirização para a alternativa 2

Rota	Distância (Km)	Duração (h)	Carregamento (Kg)
Rota 1 (lilás)	146,30	4:33	107,20
Rota 2 (verde)	213,50	5:59	278,30
	$\Sigma 359,80$	$\Sigma 10:32$	$\Sigma 385,50$

Já no segundo caso, foram obtidos os resultados apresentados a seguir:

FIGURA 8.7 – Resultado da rotina de roteirização para a alternativa 2 designando-se os pontos aos depósitos manualmente

Os resultados obtidos são mostrados pela TABELA 8.3.

TABELA 8.3 – Resultado da rotina de roteirização para alternativa 2 designando os pontos aos depósitos de forma manual

Rota	Distância (Km)	Duração (h)	Carregamento (Kg)
Rota 1 (lilás)	156,70	5:06	150,50
Rota 2 (verde)	158,30	4:53	235,00
	$\Sigma 315,00$	$\Sigma 9:59$	$\Sigma 385,50$

Conforme pode-se perceber, os resultados obtidos através da execução da rotina de roteirização de veículos com designação dos pontos aos depósitos de forma manual, são melhores do que os obtidos pela execução da rotina com designação dos pontos aos depósitos através do programa. Pode-se concluir portanto, que no caso do SIG aqui utilizado, não existe uma integração entre o método utilizado para designar os pontos aos depósitos e o método utilizado para construir as rotas, o que constitui uma falha do mesmo já que, deste modo, não se obtém a otimização do sistema como um todo.

8.3.3. Resultado da rotina para a alternativa 3

O resultado obtido para a alternativa 3 é mostrado pela FIGURA 8.8 e TABELA 8.4.

FIGURA 8.8 – Resultado da rotina de roteirização para a alternativa 3

TABELA 8.4 – Resultado da rotina de roteirização para alternativa 3

Rota	Distância (Km)	Duração (h)	Carregamento (Kg)
Rota 1 (lilás)	205,90	5:43	150,50
Rota 2 (verde)	189,20	5:19	235,00
	$\Sigma 395,10$	$\Sigma 11:02$	$\Sigma 385,50$

8.3.4. Resultado da rotina para a alternativa 4

O resultado obtido para a alternativa 4, pode ser visto na FIGURA 8.9.

FIGURA 8.9 – Resultado obtido para a alternativa 4

Os resultados obtidos para a alternativa 4 são apresentados na TABELA 8.5.

TABELA 8.5 – Resultado da alternativa 4

Rota	Distância (Km)	Duração (h)	Carga (Kg)
Rota 1 (Barra Bonita - Jaú)	49,30	1:07	87,50
Rota 2 (Mineiros do Tietê-Jaú)	42,90	1:02	5,83
Rota 3 (Dois Córregos-Jaú)	60,70	1:15	43,33
Rota 4 (Brotas-Jaú)	114,40	1:56	66,67
Rota 5 (Torrinha-Jaú)	109,90	1:52	16,67
Rota 6 (Santa Maria da Serra-Jaú)	138,80	2:14	15,00
Rota 7 (São Pedro-São Carlos)	147,80	2:21	43,33
Rota 8 (Corumbatai-São Carlos)	87,70	1:06	3,33
Rota 9 (Itirapina-São Carlos)	59,50	1:15	28,00
Rota 10 (Ipeúna-São Carlos)	136,80	2:13	8,33
Rota 11 (Charqueada-São Carlos)	158,40	2:29	50,00
Rota 12 (Analândia-São Carlos)	87,50	1:36	17,50
	Σ1.193,70	Σ20:26	Σ385,50

8.3.5. Análise das alternativas

A partir dos resultados obtidos foi, então, realizada a análise, visando identificar a melhor ou melhores soluções.

Inicialmente apresenta-se na TABELA 8.6 algumas vantagens e desvantagens de cada uma das alternativas.

TABELA 8.6 – Vantagens e desvantagens de cada uma das alternativas

Alternativa	Vantagens	Desvantagens
Alternativa 1	Redução dos custos de transportes em relação as outras alternativas	Investimento inicial Criação de um ponto potencial de poluição, caso o incinerador não seja operado de modo adequado
Alternativa 2	Redução dos custos de transportes em relação às alternativas 3 e 4	Investimento inicial (maior que o da alternativa 1) Criação de dois pontos potenciais de poluição, caso os incineradores não sejam operados de modo adequado
Alternativa 3	Redução dos custos de transporte em relação à alternativa 4 Não necessitar de investimento inicial Não criar pontos potenciais de poluição	Maiores gastos com transporte em relação às alternativas 1 e 2 Dependência em relação a instalações de outro município
Alternativa 4	Não necessitar de investimento inicial Não criar pontos potenciais de poluição	Maiores gastos com transporte em relação às alternativas 1, 2 e 3 Dependência em relação a instalações de outro município

Conforme pode-se observar, todas as alternativas possuem vantagens e desvantagens, sendo portanto, necessário que os municípios analisem cada uma das alternativas e, de acordo com suas condições e características, encontrem uma alternativa que melhor atenda suas necessidades.

Um outro fator que pode ser considerado como vantagem ou desvantagem das alternativas é a redução do custo de tratamento, com a implantação do incinerador. Entretanto, para a consideração deste item, seria necessária uma análise mais detalhada, uma vez que nem sempre a implantação de um equipamento próprio gera menores custos de tratamento, já que a ociosidade do equipamento pode gerar custos iguais ou maiores que os pagos a instalações que prestam este serviço, dependendo do caso.

8.3.5.1. Estimativa dos custos de transportes das alternativas

Com base nos resultados obtidos na rotina de roteirização de veículos, foi realizada uma estimativa dos custos de transporte de cada uma das alternativas, tomando-se por base, para a realização dos cálculos, o modelo apresentado pelo Laudo Pericial realizado no município de São Carlos no ano de 1996, o qual teve o intuito de analisar a planilha de custos constantes do Edital de Licitação de número 1.620/94, referente à contratação dos serviços de coleta de resíduos sólidos domiciliares e demais serviços correlatos.

Encontra-se no ANEXO D as planilhas detalhadas, utilizadas para a realização dos cálculos dos custos de transporte por Km, para cada uma das alternativas.

Apresenta-se a seguir o resultado final obtido para cada uma das alternativas (TABELA 8.7).

TABELA 8.7 – Custo mensal total de cada uma das alternativas

Alternativa	Especificação da rota	Quilometrag. mensal por rota (Km)	Total dos custos por Km por rota (R\$)	Total dos custos mensais por alternativa (R\$)	Total dos custos anuais por alternativa (R\$)
Alternativa 1	Rota 1	2.540,40	1,06	3.952,42	47.429,04
	Rota 2	1.183,20	1,05		
Alternativa 2	Rota 1	1.880,40	0,94	3.967,67	47.612,04
	Rota 2	1.899,60	2,43		
Alternativa 3	Rota 1	2.470,80	2,71	4.461,54	53.538,48
	Rota 2	2.270,40	2,06		
Alternativa 4	Rota 1	591,73	1,33	20.789,89	249.478,68
	Rota 2	514,71	1,37		
	Rota 3	728,29	1,19		
	Rota 4	1.372,34	1,15		
	Rota 5	1.318,41	1,51		
	Rota 6	1.665,27	2,10		
	Rota 7	1.773,74	1,20		
	Rota 8	1.052,49	1,10		
	Rota 9	713,49	1,59		
	Rota 10	1.642,08	1,06		
	Rota 11	1.900,41	1,05		
	Rota 12	1.050,28	0,94		

A partir dos resultados da rotina de localização de instalações, a alternativa que apresentou os melhores resultados em relação aos custos de transporte foi a alternativa 1, que considera a instalação de um incinerador central para atender o conjunto dos municípios.

Outro fator importante é a economia que se consegue obter através da realização das operações conjuntas do transporte dos resíduos de serviço de saúde das cidades consideradas no estudo de caso. Este fato pode ser confirmado, através do resultado obtido na somatória dos custos da alternativa 4, que além de serem maiores que os das demais alternativas, em certos casos provavelmente nem sejam viáveis, devido aos volumes serem pequenos.

Conforme pode-se perceber, os ganhos obtidos através da realização das operações conjuntas extrapolam os limites financeiros, viabilizando alternativas que antes se mostravam impraticáveis.

A seguir é apresentado um gráfico onde podem ser observados os custos mensais e anuais de cada uma das alternativas.

FIGURA 8.10 - Custos de transportes das alternativas

Outros ganhos obtidos através da realização da operação conjunta são o melhor aproveitamento do veículo e diminuição da distância percorrida. As FIGURAS 8.11 e 8.12 mostram respectivamente o aproveitamento médio do veículo em cada uma das alternativas e a distância média percorrida.

FIGURA 8.11 – Aproveitamento médio do veículo

Conforme pode-se perceber através da FIGURA 8.11 o aproveitamento médio do veículo na alternativa 4 é muito baixo, o que faz com que o veículo seja sub utilizado. Nas outras alternativas embora o aproveitamento seja melhor, é ainda baixo o que se justifica pelo volume pequeno e pelo limitante do tempo nas rotas.

FIGURA 8.12 – Distâncias médias percorridas

No tocante as distâncias médias percorridas pode-se perceber que a alternativa que apresenta o melhor resultado é a alternativa 1. Novamente a alternativa que apresenta o pior desempenho é a alternativa 4, pois possui a maior média de distâncias percorridas.

9 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Conforme os objetivos propostos inicialmente, e com base nos resultados obtidos e já discutidos, pode-se chegar às conclusões e recomendações apresentadas a seguir.

9.1. Considerações gerais

A resolução do problema dos RSS torna-se ainda mais complexa em cidades de pequeno porte, já que o baixo volume de resíduos gerados e a falta de recursos, muitas vezes inviabiliza a solução apropriada para o problema.

Através do envio dos questionários, constatou-se que o método de tratamento mais utilizado por estes municípios foi a vala séptica. Entretanto, ressalta-se aqui que estudos realizados pela CETESB em 1990 abordando a disposição de RSS em valas sépticas nas quais os RSS são recobertos com cal virgem, constataram a ineficiência da cal utilizada desta forma na eliminação de organismos patogênicos.

Deste modo, torna-se necessário aos municípios adeptos desta prática a adoção de métodos de tratamento de comprovada eficiência (como é o caso da incineração, desde que realizada de modo adequado), a fim de evitar os problemas decorrentes da falta de tratamento dos RSS, sendo considerados relevantes, portanto, estudos que propõem alternativas para estes problemas, como é o caso deste trabalho.

9.2. Considerações sobre as alternativas

Conforme comentado no capítulo anterior, cada uma das alternativas consideradas possui vantagens e desvantagens. Entretanto, de um modo geral, as alternativas com melhor potencial de aproveitamento são a 1 e a 3.

A curto prazo, entende-se que a melhor alternativa seja a 3, uma vez que a mesma consegue resolver o problema do tratamento dos RSS, além de proporcionar a otimização do transporte em relação a solução individual dos municípios, sem necessitar de um investimento para a aquisição, implantação e operação do incinerador.

Já a médio e longo prazo, a alternativa 1 revela-se como a melhor solução, já que seria possível a organização dos municípios a fim de obter recursos para fazer o investimento necessário para a aquisição, implantação e operação do incinerador conseguindo, possivelmente, uma redução no custo pago pelo tratamento.

9.3. Sobre o consórcio intermunicipal

A possibilidade de implementação de um consórcio intermunicipal mostrou-se uma alternativa promissora na resolução de problemas de municípios de pequeno porte, uma vez que o mesmo constitui uma forma de os municípios associarem-se e resolverem problemas comuns.

Conforme CRUZ (2001), é inegável a necessidade dos municípios definirem formas de se associarem para prestar serviços que transcendam os seus territórios ou que, por uma necessidade econômica, sejam mais viáveis.

Desta forma, através do consórcio intermunicipal, é possível viabilizar o planejamento regional e local, auxiliando na organização de planos, avaliações e controles; superar problemas locais, possibilitando ganhos de escala de produção; racionalizar o uso de recursos financeiros, humanos e tecnológicos, entre outros.

No presente trabalho, constatou-se que o consórcio intermunicipal pode gerar bons resultados, tanto na alternativa de realização das operações de transportes de modo integrado pelos municípios, quanto na de implantação do incinerador juntamente com a realização das operações de transportes de modo integrado.

9.4. Sobre o estudo logístico

Ressalta-se aqui a possibilidade de aplicação da logística e seus conceitos em áreas não manufatureiras, uma vez que os princípios e conceitos logísticos

aprendidos ao longo dos anos podem ser aplicados em diversas áreas, como já comentado anteriormente. Através do estudo logístico é possível obter soluções capazes de otimizar o sistema como um todo.

Conforme já comentado, para a gestão logística, o planejamento gira em torno de um triângulo primário de decisões de localização, de estoques e de transportes, sendo que, neste trabalho, abordou-se localização e transportes (roteirização de veículos), que são os componentes responsáveis pela quase totalidade dos custos, no caso dos resíduos em geral.

Assim, considera-se cumprido o objetivo do estudo logístico, uma vez que neste trabalho foram propostas alternativas, tanto de localização, quanto de roteirização de veículos, sendo que as mesmas, além de indicar soluções para a resolução dos problemas dos RSS das cidades, em relação à situação atual, também propõem soluções para a questão do transporte dos mesmos.

9.5. Sobre a aplicação do SIG

A aplicação do SIG no planejamento logístico, mostrou-se uma ferramenta eficiente, uma vez que através do mesmo foi possível obter respostas rápidas, além da possibilidade da análise visual dos resultados. Outro fator positivo da utilização do SIG, é a possibilidade de se trabalhar com a rede viária digitalizada, conseguindo-se, deste modo, distâncias mais precisas.

No caso específico do TransCAD, que foi o programa utilizado neste estudo, existe um módulo de logística, o que permitiu a resolução dos problemas logísticos aqui abordados.

Ressalta-se aqui que nem sempre a solução obtida pelo programa é a melhor, conforme mostrado nos resultados, sendo importante que se faça uma análise crítica dos resultados obtidos.

9.6. Propostas para trabalhos futuros

Como propostas para trabalhos futuros os seguintes assuntos são sugeridos:

- Realização de um levantamento dos pontos de geração de cada um dos municípios e realização da roteirização interna para cada um deles.

- Fazer um estudo da viabilidade de implantação de um incinerador para atender estes municípios.
- Fazer um estudo logístico com cidades maiores, focando o ganho de escala.

ANEXO A
QUESTIONÁRIO PADRÃO RSS

**QUESTIONÁRIO PADRÃO
COLETA DE RESÍDUOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE**

1. Aspectos técnicos

a) Como é feita a coleta dos resíduos de serviços de saúde? É feita pelo veículo de coleta domiciliar ou por veículo especial? Os resíduos infectados são coletados juntos ou separadamente dos não infectados?

b) Qual a quantidade de resíduos coletada? (diariamente e mensalmente).

c) Quantos e que tipo de veículos são utilizados para este tipo de serviço?

d) Qual é a capacidade de carga (t) ou volumétrica (m³) dos veículos utilizados?

e) Que tipos de pontos geradores existem e qual a quantidade?

Gerador	Quantidade
Hospitais	
Clínicas médicas	
Clínicas veterinárias	
Clínicas odontológicas	
Farmácias	
Laboratórios	
Postos de saúde	
Prontos-socorros	
Outros(especificar)	

f) Qual a frequência de coleta destes resíduos em cada ponto gerador (hospitais, farmácias, etc)?

g) Que tipo de resíduo é coletado? O que é considerado como resíduo de serviço de saúde?

h) Onde este resíduo é disposto? Recebe algum tipo de tratamento (incineração, desinfecção, etc) antes de ser disposto?

- i) Os resíduos coletados estão contidos em sacos plásticos, tonalidade branca leitosa, conforma NBR 9190? Os resíduos perfurocortantes estão acondicionados em recipientes rígidos (de papelão, alumínio ou plástico)?
- j) A coleta é realizada em quantas horas por dia? Quantos quilômetros são percorridos por veículo por dia? Qual a velocidade média dos veículos?
- k) Existem pontos que tenham restrições de horário para coleta? Como é feita a coleta nestes pontos?

2. Aspectos financeiros

- a) Qual é o custo de coleta por tonelada de resíduo de serviço de saúde coletada?
- b) Qual é o custo de tratamento dos resíduos de serviço de saúde?
- c) O que é levado em consideração no cálculo do custo de coleta e tratamento destes resíduos?

ANEXO B

RESPOSTAS DO QUESTIONÁRIO PADRÃO RSS

Município	Tipo de coleta	Separação dos resíduos infectados	Resíduo coletado (Kg/mês)
Analândia	Especial	Existe	210
Barra Bonita	Não existe	Existe	1050
Brotas	Especial	Não Informado	800
Charqueada	Não Informado	Não Informado	600
Corumbataí	Convencional	Existe	40
Dois córregos	Especial	Existe	520
Ipeúna	Convencional	Existe	100
Itirapina	Não Informado	Não Informado	420
Mineiros do Tietê	Especial	Existe	70
Santa Maria da Serra	Especial	Não Informado	180
São Pedro	Especial	Existe	Não Informado
Torrinha	Não Informado	Não Informado	Não Informado

Município	Tipo de veículo utilizado	Tipo de resíduo coletado
Analândia	1 Saveiro	Seringa, material descartável, etc.
Barra Bonita	Não é utilizado nenhum veículo	Material infectado
Brotas	1 caminhonete com uma carreta coletora	Não informado
Charqueada	Não informado	Não informado
Corumbataí	Caminhão para coleta de lixo domiciliar	Seringa, agulha, gases, faixas, luvas, lençol descartável, etc.
Dois córregos	1 Saveiro	Resíduos provenientes de hospitais, farmácias, postos de saúde, clínicas médicas, etc.
Ipeúna	Caminhão com caçamba para lixo	Materiais oriundos de curativos, limpeza de ferimentos, embalagens, aplicações, luvas, etc.
Itirapina	Não informado	Não informado
Mineiros do Tietê	1 Currier	Resíduos biológicos, sangue e hemoderivados, cirúrgico, anapatólógico, pérfuro cortantes, animais contaminados e assistência ao paciente
Santa Maria da Serra	1 caminhão basculante	Não informado
São Pedro	1 Saveiro	Não informado
Torrinha	Não informado	Não informado

município	Estabelecimentos geradores atendidos pela coleta especial	Número de pontos geradores	Intervalo entre coletas
Analândia	Hospital e farmácia	2	De dois em dois dias
Barra Bonita	Não é feita coleta	1	Não é feita coleta
Brotas	Hospital, clínica médica, odontológica e veterinária; farmácias, laboratórios, postos de saúde, pronto socorro	30	Alternada
Charqueada	Não informada	Não informada	Não informada
Corumbataí	Farmácia, posto de saúde	2	Semanal
Dois córregos	Não informada	Não informada	Alternada
Ipeúna	Clínica odontológica, farmácia, posto de saúde	5	Alternada
Itirapina	Não informada	Não informada	Não informada
Mineiros do Tietê	Clínica odontológica, clínica veterinária, farmácia, laboratório, postos de saúde,	19	Semanal
Santa Maria da Serra	Hospital, clínica odontológica, farmácia, posto de saúde, laboratório, pronto socorro	6	Não informada
São Pedro	Hospital, clínica médica, odontológica e veterinária; farmácias, laboratórios, posto de saúde, pronto socorro	31	Alternada
Torrinha	Não informada	Não informada	Não informada

Município	Custo da coleta de RSS	Custo do tratamento de RSS	Dados considerados no cálculo do custo da coleta
Analândia	R\$ 5,00 por viagem	Não informado	Combustível gasto
Barra Bonita	Não informado	Não informado	Não informado
Brotas	Não informado	Não informado	Não informado
Charqueada	Não informado	Não informado	Não informado
Corumbataí	Não informado	Não informado	Não informado
Dois Córregos	Não informado	Não informado	Não informado
Ipeúna	Não informado	Não informado	Não informado
Itirapina	Não informado	Não informado	Não informado
Mineiros do tiete	Não informado	R\$3,00 por quilo	Não informado
Santa Maria da Serra	Não informado	Não informado	Não informado
São Pedro	Não informado	Não informado	Não informado
Torrinha	Não informado	Não informado	Não informado

ANEXO C

RELATÓRIO DOS ITINERÁRIOS PRODUZIDOS PELO TransCAD

Relatório dos itinerários Alternativa 1

Itinerary Report

Tour # : 1 Vehicle Type: 1 Capacity: 640.0
 Tot Time: 7:12 Tot Distance: 211.7 Tot Load: 248.8

No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Load
	Incinerador	- 9:00am		
1	Santa Maria da Serra	9:13am- 9:43am	18.2	15.0
2	São Pedro	10:01am-10:31am	27.6	43.3
3	Charqueada	10:47am-11:17am	21.3	50.0
4	Ipeúna	11:30am-12:00pm	13.9	8.3
5	Corumbataí	12:32pm- 1:02pm	37.6	3.3
6	Analândia	1:12pm- 1:42pm	12.9	17.5
7	Itirapina	2:00pm- 2:30pm	24.2	28.0
8	Brotas	2:54pm- 3:24pm	34.1	66.7
9	Torrinha	3:41pm- 4:11pm	19.8	16.7
END	Incinerador	4:12pm	2.1	

Tour # : 2 Vehicle Type: 1 Capacity: 640.0
 Tot Time: 2:48 Tot Distance: 98.6 Tot Load: 136.7

No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Load
	Incinerador	- 9:00am		
1	Dois Córregos	9:22am- 9:52am	25.6	43.3
2	Mineiros do Tiete	10:00am-10:30am	10.0	5.8
3	Barra Bonita	10:40am-11:10am	15.2	87.5
END	Incinerador	11:48am	47.7	

Relatório dos itinerários Alternativa 2

Itinerary Report

Tour # : 1 Vehicle Type: 1 Capacity: 640.0
 Tot Time: 4:33 Tot Distance: 146.3 Tot Load: 107.2

No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Load
	Incinerador 2	- 9:00am		
1	Corumbataí	9:09am- 9:39am	9.6	3.3
2	Analândia	9:49am-10:19am	12.9	17.5
3	Itirapina	10:37am-11:07am	24.2	28.0
4	Ipeúna	11:46am-12:16pm	46.9	8.3
5	Charqueada	12:29pm-12:59pm	13.9	50.0
END	Incinerador 2	1:33pm	38.8	

Tour # : 2 Vehicle Type: 1 Capacity: 640.0
 Tot Time: 5:59 Tot Distance: 213.5 Tot Load: 278.3

No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Load
	Incinerador 1	- 9:00am		
1	Torrinha	9:01am- 9:31am	2.1	16.7
2	Brotas	9:48am-10:18am	19.8	66.7
3	Dois Córregos	10:45am-11:15am	43.6	43.3
4	Mineiros do Tiete	11:23am-11:53am	10.0	5.8
5	Barra Bonita	12:03pm-12:33pm	15.2	87.5
6	São Pedro	1:28pm- 1:58pm	76.9	43.3
7	Santa Maria da Serra	2:16pm- 2:46pm	27.6	15.0
END	Incinerador 1	2:59pm	18.2	

Relatório dos itinerários Alternativa 2 (manual)

Itinerary Report

Tour # : 1 Vehicle Type: 1 Capacity: 640.0
 Tot Time: 5:06 Tot Distance: 156.7 Tot Load: 150.5

No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Load
Incinerador 2		- 9:00am		
1	Ipeúna	9:23am- 9:53am	28.0	8.3
2	Charqueada	10:06am-10:36am	13.9	50.0
3	São Pedro	10:52am-11:22am	21.3	43.3
4	Itirapina	11:59am-12:29pm	46.8	28.0
5	Analândia	12:47pm- 1:17pm	24.2	17.5
6	Corumbataí	1:27pm- 1:57pm	12.9	3.3
END	Incinerador 2	2:06pm	9.6	

Tour # : 2 Vehicle Type: 1 Capacity: 640.0
 Tot Time: 4:53 Tot Distance: 158.3 Tot Load: 235.0

No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Load
Incinerador 1		- 9:00am		
1	Torrinha	9:01am- 9:31am	2.1	16.7
2	Brotas	9:48am-10:18am	19.8	66.7
3	Dois Córregos	10:45am-11:15am	43.6	43.3
4	Mineiros do Tiete	11:23am-11:53am	10.0	5.8
5	Barra Bonita	12:03pm-12:33pm	15.2	87.5
6	Santa Maria da Serra	1:10pm- 1:40pm	49.4	15.0
END	Incinerador 1	1:53pm	18.2	

Relatório dos itinerários Alternativa 3

Itinerary Report

Tour # : 1 Vehicle Type: 1 Capacity: 640.0
 Tot Time: 5:43 Tot Distance: 205.9 Tot Load: 150.5

No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Load
	São Carlos	- 9:00am		
1	Analândia	9:32am-10:02am	43.8	17.5
2	Corumbataí	10:12am-10:42am	12.9	3.3
3	Ipeúna	11:14am-11:44am	37.6	8.3
4	Charqueada	11:57am-12:27pm	13.9	50.0
5	São Pedro	12:43pm- 1:13pm	21.3	43.3
6	Itirapina	1:50pm- 2:20pm	46.8	28.0
END	São Carlos	2:43pm	29.7	

Tour # : 2 Vehicle Type: 1 Capacity: 640.0
 Tot Time: 5:19 Tot Distance: 189.2 Tot Load: 235.0

No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Load
	Jaú	- 9:00am		
1	Barra Bonita	9:19am- 9:49am	24.7	87.5
2	Santa Maria da Serra	10:26am-10:56am	49.4	15.0
3	Torrinha	11:10am-11:40am	20.3	16.7
4	Brotas	11:57am-12:27pm	19.8	66.7
5	Dois Córregos	12:54pm- 1:24pm	43.6	43.3
6	Mineiros do Tiete	1:32pm- 2:02pm	10.0	5.8
END	Jaú	2:19pm	21.4	

ANEXO D
ESTIMATIVA DOS CUSTOS DE TRANSPORTES DOS RSS

TABELA D1 – Dados gerais sobre as alternativas

Alternativa	Rota	Veículos	Dias/mês	Km/dia	Km/mês
1	Rota 1	1	12	211,70	2540,40
	Rota 2	1	12	98,60	1183,20
2	Rota 1	1	12	156,70	1880,40
	Rota 2	1	12	158,30	1899,60
3	Rota 1	1	12	205,90	2470,80
	Rota 2	1	12	189,20	2270,40
4	Rota 1	1	12	49,31	591,73
	Rota 2	1	12	42,89	514,71
	Rota 3	1	12	60,69	728,29
	Rota 4	1	12	114,36	1372,34
	Rota 5	1	12	109,87	1318,41
	Rota 6	1	12	138,77	1665,27
	Rota 7	1	12	147,81	1773,74
	Rota 8	1	12	87,71	1052,49
	Rota 9	1	12	59,46	713,49
	Rota 10	1	12	136,84	1642,08
	Rota 11	1	12	158,3676	1900,41
	Rota 12	1	12	87,5234	1050,28

TABELA D2 -

Cargo	Salário Mensal (R\$)	Jornada de trabalho (h)	Salário Hora (R\$)
Motorista	558,00	220	2,54
Assistente (gari)	317,97	220	1,44

TABELA D3 -

Cargo	Porcentagem do adicional de insalubridade	Adicional de insalubridade (R\$)	Vale alimentação (R\$)
Motorista	20% salário mínimo	40,00	0,79 x n° horas trabalhadas
Assistente (gari)	40% salário mínimo	80,00	0,79 x n° horas trabalhadas

TABELA D4 – Gastos mensais com motorista

Alternativa	rota	Horas por mês	Salário mensal recebido (smr)	Adicional de insalub. (i)	Vale aliment.	Encargos sociais (110% smr+i)	Total dos gastos mensais com motorista
1	-	120	304,80	40,00	94,80	379,28	818,88
2	-	119,76	304,19	40,00	94,61	378,61	817,41
3	-	132,48	336,50	40,00	104,66	414,15	895,31
4	Rota 1	13,44	34,09	40,00	10,62	81,50	166,21
	Rota 2	12,36	31,35	40,00	9,76	78,45	159,56
	Rota 3	15	38,04	40,00	11,85	85,84	175,73
	Rota 4	23,16	58,74	40,00	18,30	108,61	225,65
	Rota 5	22,44	56,92	40,00	17,73	106,61	221,26
	Rota 6	26,76	67,87	40,00	21,14	118,66	247,67
	Rota 7	28,2	71,52	40,00	22,28	122,67	256,47
	Rota 8	13,2	33,48	40,00	10,43	80,83	164,74
	Rota 9	15	38,04	40,00	11,85	85,84	175,73
	Rota 10	26,64	67,57	40,00	21,05	118,33	246,95
	Rota 11	29,76	75,48	40,00	23,51	127,03	266,02
	Rota 12	19,2	48,70	40,00	15,17	97,57	201,44

TABELA D5 – Gastos mensais com assistente (gari)

Alternativa	rota	Horas por mês	Salário mensal recebido (smr)	Adicional de insalub. (i)	Vale aliment.	Encargos sociais (110% smr+i)	Total dos gastos mensais com assistente
1	-	120	172,80	80,00	94,80	278,08	625,68
2	-	119,76	172,45	80,00	94,61	277,70	624,76
3	-	132,48	190,77	80,00	104,66	297,85	673,28
4	Rota 1	13,44	19,35	80,00	10,62	109,29	219,26
	Rota 2	12,36	17,80	80,00	9,76	107,58	215,14
	Rota 3	15	21,60	80,00	11,85	111,76	225,21
	Rota 4	23,16	33,35	80,00	18,30	124,69	256,33
	Rota 5	22,44	32,31	80,00	17,73	123,54	253,59
	Rota 6	26,76	38,53	80,00	21,14	130,39	270,06
	Rota 7	28,2	40,61	80,00	22,28	132,67	275,55
	Rota 8	13,2	19,01	80,00	10,43	108,91	218,34
	Rota 9	15	21,60	80,00	11,85	111,76	225,21
	Rota 10	26,64	38,36	80,00	21,05	130,20	269,60
	Rota 11	29,76	42,85	80,00	23,51	135,14	281,50
	Rota 12	19,2	27,65	80,00	15,17	118,41	241,23

TABELA D6 – Gastos mensais com uniforme

Cargo	Gasto mensal com uniforme
motorista	17,2
Assistente (gari)	75,5
	Σ92,7

TABELA D7 – Custos fixos mensais

Depreciação	Remuneração de capital	Licenciamento seguro obrigatório IPVA	Seguro do Casco	Total dos Custos dos Custos Fixos Mensais
R\$ 200,22	R\$ 79,39	R\$ 30,58	R\$ 134,54	R\$ 444,73

TABELA D8 – Custos variáveis por quilômetro

Manutenção	Pneus, câmaras e recapagens	combustível	Óleo de carter	Lavagens e graxas	Total dos custos variáveis por Km
0,0584	0,0058	0,1468	0,0043	0,0200	0,2353

TABELA D9 – Total dos custos variáveis por mês

Alternativa	Rota	Total dos custos variáveis por km	Quilometragem mensal percorrida	Total dos custos variáveis por mês
1	-	0,2353	3723,60	876,16
2	-	0,2353	3780,00	889,43
3	-	0,2353	4741,20	1115,60
4	Rota 1	0,2353	591,73	139,23
	Rota 2	0,2353	514,71	121,11
	Rota 3	0,2353	728,29	171,37
	Rota 4	0,2353	1372,34	322,91
	Rota 5	0,2353	1318,41	310,22
	Rota 6	0,2353	1665,27	391,84
	Rota 7	0,2353	1773,74	417,36
	Rota 8	0,2353	1052,49	247,65
	Rota 9	0,2353	713,49	167,88
	Rota 10	0,2353	1642,08	386,38
	Rota 11	0,2353	1900,41	447,17
	Rota 12	0,2353	1050,28	247,13

TABELA D10 – Total dos custos operacionais mensais

Alternativa	rota	motorista	assistente	uniforme	Total dos custos fixos mensais	Total dos custos variáveis mensais	Total dos custos operacionais mensais
1	-	818,88	625,68	92,7	444,73	876,16	2.858,15
2	-	817,41	624,76	92,7	444,73	889,43	2.869,03
3	-	895,31	673,28	92,7	444,73	1115,60	3.221,62
4	Rota 1	166,21	219,26	92,7	444,73	139,23	1.062,13
	Rota 2	159,56	215,14	92,7	444,73	121,11	1.033,24
	Rota 3	175,73	225,21	92,7	444,73	171,37	1.109,74
	Rota 4	225,65	256,33	92,7	444,73	322,91	1.342,32
	Rota 5	221,26	253,59	92,7	444,73	310,22	1.322,50
	Rota 6	247,67	270,06	92,7	444,73	391,84	1.447,00
	Rota 7	256,47	275,55	92,7	444,73	417,36	1.486,81
	Rota 8	164,74	218,34	92,7	444,73	247,65	1.168,16
	Rota 9	175,73	225,21	92,7	444,73	167,88	1.106,25
	Rota 10	246,95	269,60	92,7	444,73	386,38	1.440,36
	Rota 11	266,02	281,50	92,7	444,73	447,17	1.532,12
	Rota 12	201,44	241,23	92,7	444,73	247,13	1.227,23

TABELA D11 – Despesas administrativas

Alternativa	Rota	Custos	Despesas administrativas
1	-	2.578,54	386,78
2	-	2.589,42	388,41
3	-	2.942,01	441,30
4	Rota 1	782,52	117,38
	Rota 2	753,63	113,04
	Rota 3	830,13	124,52
	Rota 4	1.062,71	159,41
	Rota 5	1.042,89	156,43
	Rota 6	1.167,39	175,11
	Rota 7	1.207,20	181,08
	Rota 8	888,55	133,28
	Rota 9	826,64	124,00
	Rota 10	1.160,75	174,11
	Rota 11	1.252,51	187,88
	Rota 12	947,62	142,14

TABELA D12 – Faturamento mensal

Alternativa	rota	Custos operacionais (CO)	Despesas administrativas (DA)	Faturamento mensal - FM (CO+DA)
1	-	2.858,15	386,78	3.244,93
2	-	2.869,03	388,41	3.257,44
3	-	3.221,62	441,30	3.662,92
4	Rota 1	1.062,13	117,38	1.179,51
	Rota 2	1.033,24	113,04	1.146,28
	Rota 3	1.109,74	124,52	1.234,26
	Rota 4	1.342,32	159,41	1.501,73
	Rota 5	1.322,50	156,43	1.478,93
	Rota 6	1.447,00	175,11	1.622,11
	Rota 7	1.486,81	181,08	1.667,89
	Rota 8	1.168,16	133,28	1.301,44
	Rota 9	1.106,25	124,00	1.230,25
	Rota 10	1.440,36	174,11	1.614,47
	Rota 11	1.532,12	187,88	1.720,00
	Rota 12	1.227,23	142,14	1.369,37

TABELA D13 – Faturamento mensal total

Alternativa	Rota	Faturamento Total Mensal - FTM (FM/1-0,179)	Faturamento Total anual (FTM x 12)
1	-	3952,42	47429,04
2	-	3967,67	47612,04
3	-	4461,54	53538,48
4	Rota 1	1436,81	17241,72
	Rota 2	1396,39	16756,68
	Rota 3	1503,54	18042,48
	Rota 4	1829,40	21952,8
	Rota 5	1801,61	21619,32
	Rota 6	1976,06	23712,72
	Rota 7	2031,86	24382,32
	Rota 8	1585,34	19024,08
	Rota 9	1498,66	17983,92
	Rota 10	1966,75	23601
	Rota 11	2095,33	25143,96
	Rota 12	1668,13	20017,56

TABELA D14 – Preço do transporte por quilômetro

Alternativa	Rota	Faturamento mensal total	Faturamento anual total	Quilometragem mensal percorrida	Preço do transporte por Km
1	-	3952,42	47429,04	3.723,60	1,06
2	-	3967,67	47612,04	3.780,00	1,05
3	-	4461,54	53538,48	4.741,20	0,94
4	Rota 1	1436,81	17241,72	591,73	2,43
	Rota 2	1396,39	16756,68	514,71	2,71
	Rota 3	1503,54	18042,48	728,29	2,06
	Rota 4	1829,40	21952,8	1.372,34	1,33
	Rota 5	1801,61	21619,32	1.318,41	1,37
	Rota 6	1976,06	23712,72	1.665,27	1,19
	Rota 7	2031,86	24382,32	1.773,74	1,15
	Rota 8	1585,34	19024,08	1.052,49	1,51
	Rota 9	1498,66	17983,92	713,49	2,10
	Rota 10	1966,75	23601	1.642,08	1,20
	Rota 11	2095,33	25143,96	1.900,41	1,10
	Rota 12	1668,13	20017,56	1.050,28	1,59

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AKUTSO, J. (1992). *Resíduos sólidos de serviço de saúde: proposição de metodologia para análise de alternativas de sistemas de tratamento*. São Carlos. 266p. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- ALMEIDA, M.F.B.; SANCHES, S.P.(2001). *Roteirização de veículos para o transporte de alunos da zona rural com auxílio de um SIG*. Disponível em: <http://www.port.unican.es/43/>. Acesso em: 5 maio 2001.
- ALVARENGA, S. R. (1997). *Análise das áreas de proteção ambiental enquanto instrumento da política nacional do meio ambiente: o caso da APA Corumbataí-SP*. São Carlos. 225p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- ANDRADE, J. B. L. (1997). *Análise do fluxo e das características físicas, químicas e microbiológicas dos resíduos de serviço de saúde: proposta de metodologia para o gerenciamento em unidades hospitalares*. São Carlos. 208p. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- ASSAD, A. A. (1988). *Modeling and implementation issues in vehicle routing*. In: GOLDEN, B. L.; ASSAD, A. A.; eds. *Vehicle routing: Methods and studies*. North Holland, Amsterdã, p.7-46.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1987a). NBR 7.500 – *Símbolos de risco e manuseio para o transporte e armazenagem de materiais: simbologia*. Rio de Janeiro, ABNT.

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1987b). NBR 10.004 - *Resíduos Sólidos: Classificação*, São Paulo, ABNT.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1993a). NBR 12.807 - *Resíduos de serviços de saúde: terminologia*. Rio de Janeiro, ABNT.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1993b). NBR 12.808 - *Resíduos de serviços de saúde: Classificação*. Rio de Janeiro, ABNT.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1993c). NBR 12.809 - *Manuseio de resíduos de serviços de saúde: procedimentos*. Rio de Janeiro, ABNT.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1993d). NBR 12.810 - *Coleta de resíduos de serviços de saúde: procedimentos*. Rio de Janeiro, ABNT.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1993e). NBR 12.980 - *Coleta, varrição e acondicionamento de resíduos sólidos urbanos: terminologia*. Rio de Janeiro, ABNT.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1985a). NBR 9.190 - *Sacos plásticos para acondicionamento de lixo: classificação*. Rio de Janeiro, ABNT.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1985b). NBR 9.191 - *Sacos plásticos para acondicionamento de lixo: especificação*. Rio de Janeiro, ABNT.
- BALLOU, R. H. (2001). *Gerenciamento da cadeia de suprimentos: planejamento, organização e logística empresarial*. Trad. Por Elias Pereira. Porto Alegre, Bookman.
- BALLOU, R. H. (1993). *Logística Empresarial: transportes, administração de materiais e distribuição física*. Trad. por Hugo T. Y. Yoshiaki. São Paulo, Atlas.
- BARBOSA, G. (1995). *Tratamento* – Parte 4 Incineração. In: JARDIM, N. S. coord. Et al. *Lixo Municipal: manual de gerenciamento integrado*. São Paulo, Instituto

- de Pesquisas Tecnológicas – IPT/Compromisso Empresarial para Reciclagem – CEMPRE. Cap. 3, p.219-237.
- BERTUSI FILHO, L. A. (1994). *Curso de Resíduos de Serviços de Saúde: Gerenciamento, Tratamento e Destinação Final* – ABES, Curitiba.
- BEZERRA, O. B. (1995). *Localização de postos de coleta para apoio ao escoamento de produtos extrativistas - um estudo de caso aplicado ao babaçu*. Florianópolis. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina.
- BIDONE, F. R. A; POVINELLI, J. (1999). *Conceitos básicos de resíduos sólidos*. São Carlos. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- BODIN, L. (1990). Twenty years in routing and scheduling. *Operations Research*, v.38, n.4, p.571-579, jul-ago.
- BODIN, L.; GOLDEN, B. (1981). *Classification in vehicle routing and scheduling*. *Networks*, v.11, p.97-108.
- BODIN, L.; GOLDEN, B.; ASSAD, A.; BALL, M. (1983). *Routing and scheduling of vehicles*. The State of the Art, *Computers and Operations Research*, v.10, n2, p.67-117.
- BOWERSOX, D. J.; CLOSS, D. J. (1996). *Logistical Management: The Integrated Supply Chain Process*. The McGraw-Hill Companies, Inc.
- BRACHT, M. J. (1993). *Disposição Final de Resíduos de Serviços de Saúde em Valas Sépticas*. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE RESÍDUOS SÓLIDOS HOSPITALARES, 1., Cascavel, 1993. Anais. Cascavel, Fundação Universidade Federal do Oeste do Paraná – UNIOESTE/Pr e Pontifícia Universidade Católica do Paraná – PUC/Pr. Trabalhos técnicos. P.215-30.
- BRASIL (1993). Presidência da República. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução n.º 5 de 5 de agosto de 1993. Define as normas mínimas para tratamento de resíduos sólidos oriundos de serviços de saúde, portos e aeroportos, bem como a necessidade de estender tais exigências aos terminais ferroviários e rodoviários. Diário Oficial da União, Brasília, 31 ago. 1993. Seção I, p. 12997.

- BRAVO, F.; CERDA, J. (1995). *Tecnologia SIG aplicada a sistemas de transporte*. In: CONGRESSO CHILENO DE INGENIERIA DE TRANSPORTE, 7, Santiago, 1995. Actas. P.547-62.
- CALIPER (1996). *Routing and Logistics with TransCAD 3.0*. Caliper Corporation, Newton, Massachusetts.
- CÂMARA, G. *et al.* (1999). *Geoprocessamento: Teoria e Aplicações*. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livros.html>. Acesso em: 03 abril 2001.
- CÂMARA, G. *et al.* (1996). *Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica*. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livros.html>. Acesso em: 03 abril 2001.
- CÂMARA, G. (1994). *Anatomia de um SIG*. Revista Fator GIS, v.1, n.4, p.11-15
- CENTRO DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA CVS/SISTEMA UNIFICADO E DESCENTRALIZADO DE SAÚDE - SUDS. (1989) *Subsídios para organização de sistemas de resíduos em serviços de saúde*. São Paulo.
- CRUZ, M. C. M. T., org. (2001). *Consórcios Intermunicipais: uma alternativa de integração regional ascendente*. Programa Gestão Pública e Cidadania/EAESP/FGV. São Paulo, Pólis. 96 p. Disponível em: <http://www.polis.org.br/publicacoes/download/arquivos/cadbid5.pdf>. Acesso em: 06 ago. 2001.
- CUNHA, C. B. (2000). *Aspectos práticos da aplicação de modelos de roteirização de veículos a problemas reais*. Transportes, v.8, n.2, p.51-74, nov.
- CUNHA, C.B. (1997). *Uma contribuição para o problema de roteirização de veículos com restrições operacionais*. São Paulo. 222p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- CUNHA, C. B. *et al.* (1995). *Serviços de Limpeza*. In: JARDIM, N. S. coord. Et al. *Lixo Municipal: manual de gerenciamento integrado*. São Paulo, Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT/Compromisso Empresarial para Reciclagem – CEMPRE. Cap. 3, p.37-71.

- DANTAS, A. S. et al. (1996). *Sistemas de Informação Geográfica em transportes: o estudo do estado da arte*. In: CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES, 10, Brasília, 1996. Anais. Rio de Janeiro, Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes, V.I, p.230-42.
- DINIZ, U. L. (2000). *Alocação e dimensionamento de frotas de veículos para apoio a maquinário agrícola de usinas sucroalcooleiras*. São Carlos. 157p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- DREZNER, Z. (1995). *Facility Location: A Survey of Applications and Methods*. Springer-Verlag, NY.
- EILON, S.; EATSON-GANDY, C.; CHRISTOFIDES, N. (1971). *Distribution Management: Mathematical Modeling and Practical Analysis*. Hafner, New York.
- FERREIRA, P. (2000). *Subsídios bibliográficos e proposta metodológica para elaboração de um sistema de combustão, em escala laboratorial, para a realização de ensaios com resíduos de serviços de saúde*. São Carlos. 86p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- FONTES, A. T. (2001). *Sistemas de Informações Geográficas: Digitalização – Vol II*. São Carlos. Universidade de São Paulo. Escola de Engenharia de São Carlos.
- FRANCIS, R. L. ; WHITE, J. A. (1974). *Facility Layout and Location: an analytical approach*. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey.
- FRANÇOSO, M. T. et al. (1993). *Sensoriamento remoto como fonte de dados para Sistemas de informação Geográfica aplicados ao transporte e urbanismo*. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 7, Curitiba, 1993. Anais. São José dos Campos, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. v. I, p.62-67.
- GAUSZER, T. (1996). *Levantamento da Geração dos Resíduos de Serviços de Saúde nas Unidades da Santa Casa de Misericórdia de São Carlos (SP)*. São

- Carlos. 133p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- GOLDBARG, M.C.; LUNA, H.P.L. (2000). *Otimização combinatória e programação linear*. Rio de Janeiro, Campus.
- GRACIOLLI, O. D. (1994). *Otimização de roteiros de veículos coletores de resíduos sólidos de serviços de saúde*. Florianópolis. 126p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina.
- GRIPP, W. G. (1998). *Aspectos técnicos e ambientais da incineração de resíduos sólidos urbanos*. São Carlos. 209p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- HALL, R. W.; PARTYKA, J. B. (1997). *On the road to efficiency*. OR/MS Today, v.24, n.2, p.277-285.
- JARDIM, N. S. coord. *et al.* (1995). *Lixo municipal: Manual de gerenciamento integrado*. São Paulo, Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT/Compromisso Empresarial para a Reciclagem - CEMPRE. Cap. V, p.125-237.
- KORTE, G. B. (1997). *The GIS Book*. 4.ed.Santa Fe, Onword.
- LACERDA, L. (1999). *Considerações sobre o estudo de localização de instalações*. Disponível em: [http:// www.coppead.ufrj.br/pesquisa/cel/new/fs-public.htm](http://www.coppead.ufrj.br/pesquisa/cel/new/fs-public.htm). Acesso em 10 maio 2001.
- LARSON, R. C.; ODONI, A. R. (1981). *Urban operations research*. Prentice Hall, Inc. New Jersey.
- LOUREIRO, C. F. G.; RALSTON, B., A. (1996). *SIG como plataforma para modelo de análise de redes de transporte*. In: Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, Brasília, v.1, p.235-244.
- MATTOSO, V. D. B. (1996). *Classificação, Quantificação e Análise Microbiológica dos Resíduos de Serviços de Saúde da Santa Casa de Misericórdia de São Carlos*. São Carlos. 90p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

- NÁZARIO, P. R. S. (1998). *GIS: definições e aplicações na logística*. Disponível em: <http://www.cel.coppead.ufrj.br/fr-public.htm>. Acesso em 5 mar. 2001.
- OROFINO, F. V. G. (1996). *Aplicação de um Sistema de Suporte Multicritério – Saaty for Windows – na Gestão dos Resíduos Sólidos de Serviços de Saúde – Caso do Hospital Celso Ramos*. Florianópolis. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina.
- OWEN, S. H.; DASKIN, M. S. (1998). *Strategic Facility Location: A Review*. European Journal of Operational Research, 111, 423-447.
- WANKE, P. (2001). *Aspectos Fundamentais do Problema de Localização de Instalações em Redes Logísticas*. Disponível em: <http://www.coppead.ufrj.br/pesquisa/cel/new/fs-public.htm>. Acesso em 10 junh 2001.
- PRANDINI, F. L. et al. (1995). *O gerenciamento integrado do lixo municipal*. In: JARDIM, N. S. coord. Et al. Lixo Municipal: manual de gerenciamento integrado. São Paulo, Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT/Compromisso Empresarial para Reciclagem – CEMPRE. Cap. 1, p.1-19.
- RISSO, W. M. (1993). *Gerenciamento de resíduos de serviço de saúde: caracterização como instrumento básico para abordagem do problema*. São Paulo. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo.
- RONEN, D. (1988). *Perpectives on practical aspects of truck routing and scheduling*. European Journal of Operation Research, v.35, p.137-145.
- RUIZ, M. S.; COSTA, A. J. M. P. (2000). *Resíduos de Serviços de Saúde*. In: D'ALMEIDA, M. I. O.; VILHENA, A., coords. Lixo Municipal: manual de gerenciamento integrado. São Paulo, Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT/Compromisso Empresarial para Reciclagem – CEMPRE. Cap. IV, parte 10, p.233-248.
- SALTORATO, P. (1998). *O roteamento de veículos: uma avaliação sobre sua introdução na coleta de resíduos sólidos urbanos*. São Carlos. 111p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

- SANTOS, C. M. (1999). *A viabilização de softwares comerciais na roteirização de veículos de serviços de entregas, visando a geração de respostas rápidas e eficientes*. São Carlos. 139p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- SARKIS, L. F. G. (2000). *Resíduos de serviço de saúde em cidades de médio porte: caracterização de sistemas de coleta e aplicação de um sistema de informação geográfica na roteirização de veículos de coleta e transporte*. São Carlos. 215p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- SCHALCH, V.; ANDRADE, J. B. L.; GAUSZER, T. (1995). *Gerenciamento de resíduos de serviço de saúde*. Seminário promovido pela Secretária de Saúde do Estado do Ceará - Departamento de Vigilância Sanitária. Fortaleza-CE.
- SILVA, H. A.; GRUBMAN, S. (1996). *Aplicação de geoprocessamento na distribuição de jornais*. In: Congresso de Geoprocessamento, São Paulo, 1996. Anais. Curitiba, p.373-375.
- SILVA, A. N. R. (1998). *Sistemas de Informação Geográfica para Planejamento de Transportes*. Trabalho apresentado para obtenção do título de Livre-Docente. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.
- SOARES, S. R.; CASTILHOS Jr., A. B.; MACEDO, M. C. (1997). *Diagnóstico da produção de resíduos de serviços da saúde estudo de caso: Hospital Universitário Florianópolis - SC*. In: XIX Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Foz do Iguaçu - Pr.
- SOLOMON, M. M. (1986). On the worst-case performance of some heuristics for the vehicle routing and scheduling problem with time window constraints. *Networks*, v.16, p. 161-174.
- STEVÃO, N. A. (2000). *Gerenciamento ambiental e propostas para minimização de resíduos orgânicos, de serviços de saúde e potencialmente recicláveis gerados em atividades industriais :estudo de caso*. São Carlos. 104p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

- TEIXEIRA, A. L. A. et al. (1992). *Introdução aos Sistemas de Informação Geográfica*. Rio Claro, Edição do Autor.
- YELLOW, P. (1970). A Computational modification to the savings method of vehicle scheduling. *Op. Res. Quart.*, v. 21, p. 281-283.
- VAZ, J. C. (1997). *Consórcios Intermunicipais*. Disponível em: <http://www.polis.org.br/publicacoes/download/#dicas> . Acesso em 10 jan. 2002.
- WANKE, P. (2001). *Aspectos Fundamentais do problema de localização de Instalações em Redes Logísticas*. <http://www.cel.coppead.ufrj.br/fr-aspec.htm>. Acesso em 08/08/2001.