

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
CENTRO DE CIÊNCIAS DO AMBIENTE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO AMBIENTE E
SUSTENTABILIDADE NA AMAZÔNIA**

**GEOTECNOLOGIAS E A PROBLEMÁTICA DOS RESÍDUOS
SÓLIDOS URBANOS EM TEFÉ, AM.**

ALEXANDRE DONATO DA SILVA

**MANAUS
2009**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
CENTRO DE CIÊNCIAS DO AMBIENTE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO AMBIENTE E
SUSTENTABILIDADE NA AMAZÔNIA**

ALEXANDRE DONATO DA SILVA

**GEOTECNOLOGIAS E A PROBLEMÁTICA DOS RESÍDUOS
SÓLIDOS URBANOS EM TEFÉ, AM.**

**Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em
Ciências do Ambiente e
Sustentabilidade na Amazônia da
Universidade Federal do Amazonas,
como requisito parcial para a
obtenção do título de Mestre em
Ciências do Ambiente e
Sustentabilidade na Amazônia. Área
de concentração: Políticas e Gestão
Ambiental.**

Orientador: Prof. Dr. Eduardo da Silva Pinheiro

**MANAUS
2009**

Ficha Catalográfica
(Catalogação realizada pela Biblioteca Central da UFAM)

Silva, Alexandre Donato da

S586g Geotecnologias e a problemática dos resíduos sólidos urbanos em Tefé, AM / Alexandre Donato da Silva. - Manaus: UFAM, 2009. 106 f.; il. color.

Dissertação (Mestrado em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade da Amazônia) — Universidade Federal do Amazonas, 2009.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo da Silva Pinheiro

1. Aterro sanitário 2. Sistemas de Informações Geográficas 3. Resíduos sólidos - Gerenciamento ambiental I. Pinheiro, Eduardo da Silva II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

CDU 628.6(811.3)(043.3)

ALEXANDRE DONATO DA SILVA

**GEOTECNOLOGIAS E A PROBLEMÁTICA DOS RESÍDUOS
SÓLIDOS URBANOS EM TEFÉ, AM.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia da Universidade Federal do Amazonas, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia. Área de concentração: Políticas e Gestão Ambiental.

Aprovado em 18 de setembro de 2009

BANCA EXAMINADORA

**Prof. Dr. Eduardo da Silva Pinheiro, Presidente
Universidade Federal do Amazonas**

**Prof. Dr. João Bosco Ladislau de Andrade
Universidade Federal do Amazonas**

**Prof. Dr. Neliton Marques da Silva
Universidade Federal do Amazonas**

Para minha mãe, Irene,
e em memória do meu pai, José.

AGRADECIMENTOS

A Deus.

Aos meus filhos Camila e Alexandre Bessa Donato, e para Leyla Bessa Donato, minha esposa, por permitirem minhas ausências, compreendendo e dando suporte aos meus projetos e sonhos.

Para meu irmão, Fabiano Donato da Silva, por toda a ajuda e incentivo no decorrer desta pesquisa.

Aos meus sogros, Lélío Bezerra Bessa e Dorotil Gomes Bessa, pela estrutura que têm proporcionado à minha família desde sempre.

Ao amigo Amilton Alves de Oliveira, Presidente Fundador da Companhia dos Intelectuais do Anonimato (CIA).

À amiga Sabina Antão de Sousa, pelas lições de alegria e o café de (quase) todas as manhãs.

Aos Professores Doutores José Aldemir de Oliveira e Tatiana Schor, pela atenção e ensinamentos.

À coordenação, professores e equipe administrativa do PPG/CASA. Às amigas secretárias Cleide Figueiredo da Costa e Raimunda Albuquerque de Oliveira por toda a atenção e apoio de todas as horas.

Aos “domingueiros” Sônia Maria Lemos, Carlos Henrique Ferreira Santos e Antonia Ivanilce Castro da Silva, assim como a todos os colegas mestrandos.

Aos amigos Cassius Marcelus de Almeida Ramos e Fausto Rodrigo Berwanger, pelo suporte em São Paulo.

Aos Professores Doutores Neliton Marques da Silva e João Bosco Ladislau de Andrade, participantes da Banca Examinadora deste trabalho, pela atenção e sugestões.

Ao engenheiro Carlos Sá, Secretário de infraestrutura do município de Tefê, pelo fornecimento de dados relevantes constantes nesta Dissertação.

Ao Subtenente Valmir José Kerkhoven, do Gabinete do Comandante do Exército, pela atenção e ajuda de sempre, mesmo à distância.

Ao amigo Mestre Willer Hermeto Almeida Pinto pelo incentivo e ajuda desde os primeiros trabalhos de pós-graduação. Estendo o agradecimento à sua família.

Por fim, e de forma especial, ao orientador deste trabalho, Prof. Dr. Eduardo da Silva Pinheiro, por toda motivação, ensinamentos e ajuda determinantes para a sua conclusão. Estendo este agradecimento à sua esposa, Marisa Pinheiro, também pela ajuda.

*“Antropoceno:
uma era em que a Terra está dominada pelo
ser humano porque o volume das atividades
humanas é agora tão grande que desbaratou
todos os sistemas fundamentais para a
sustentabilidade da vida”.*

Paul Crutzen (citado por Sachs, 2008)

RESUMO

A problemática dos resíduos sólidos é uma questão globalizada, assim como é a urbanização da humanidade. Apesar da relação entre o Produto Interno Bruto (PIB) e a geração de resíduos *per capita*, o problema atinge a todas as cidades, das mais ricas às mais pobres. As cidades amazônicas não são, portanto, isentas do problema e, proporcionalmente, também apresentam números significativos na geração de resíduos sólidos. A limitada infraestrutura de diversos municípios amazônicos, no entanto, impõe dificuldades para realizar os serviços de gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos, além do cumprimento da legislação ambiental. O objetivo do presente estudo foi analisar, sob a ótica da legislação ambiental e considerando as particularidades fisiográficas da região amazônica, as alternativas locais para a disposição dos resíduos sólidos urbanos no município de Tefé, AM. Além disso, caracterizar as condições de coleta e disposição dos resíduos sólidos no município e mapear as áreas potenciais para a instalação de um aterro sanitário municipal. Como suporte à decisão foi utilizada a análise multicritério com base em Sistemas de Informações Geográficas, por meio da superposição ponderada (*Weighted Overlay - ArcGIS*). Constatou-se que mesmo existindo alternativas locais para a instalação de aterro sanitário em Tefé, é necessário que a Resolução nº 04/95 – CONAMA seja adaptada para a realidade de infraestrutura do município no que tange à categoria do seu aeroporto e a Área de Segurança Aeroportuária. A exigência de escoar os resíduos sólidos urbanos além de 20 km a partir do centro geométrico do aeroporto exige a construção de estrada pavimentada de mais de 7 km de extensão, o que significaria impacto econômico e ambiental ao município pela necessidade de desmatar significativa área de floresta. Os resultados apontaram, ainda, para uma realidade que não é exclusiva de Tefé, mas de todos os municípios localizados nas calhas dos rios que, em quase todos os casos, apresentam as mesmas características fisiográficas e possibilidades logísticas impostas pelo ambiente amazônico.

Palavras-chaves: Amazônia, lixo, suporte à decisão, geoprocessamento.

ABSTRACT

The issue of urban solid waste is a globalized question, as well as the urbanization human kind. In spite of the relation between Gross domestic product (GDP) and the generation of per capita waste, the problem affects all cities, from the poorest to the rich ones. Due to this, the cities in the Amazon are not free of the problem and also present huge numbers in generation of solid waste. Thus there is a considerable difference between the collecting services and final disposal facilities for solid waste in these cities and those in other regions. The poor infrastructures of several Amazonian counties result in difficulties for urban solid waste management due to the attendance of the environmental legislation. The objective of this study was the analysis, under the viewpoint of the environmental legislation and, considering the physiographical features of the Amazonian region, the alternatives of sites for final disposal of urban solid waste in the municipality of Tefé, in the Amazonas State, Brazil. Also, characterize the collecting conditions and final disposal of solid waste of the county and map potential areas for a sanitary municipal landfill. To set a location for a new landfill installation, landfill installation, tabular and map data were used legal and environmental criteria, as well as Tefé's infrastructure and availability. As decision making was used a multicriteria analysis, based on GIS, by Weighted Overlay – ArcGIS software. While alternatives exist, sites for the installation of landfill in Tefé, an adaptation of the CONAMA Directive number 04/95 to the reality of the city infrastructure is necessary, related to the category of airport and its security. The requirement of disposing municipal waste beyond 20 km from the geometric center of the airport requires the construction of paved road for more than 7 km long, which would mean environmental and economic impact to the city since it would be necessary deforesting significant forest area. The results showed, indeed, a reality that is not an exclusivity of Tefé, but all municipalities located in the along the river basins, that in almost all cases have the same characteristics and logistics imposed by physiographic issues and the environment in the Amazon.

Keywords: Amazon, waste, decision making, GIS.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 01. A “crise do lixo” em Nápoles, na Itália..... | 23 |
| Figura 02. Áreas aproximadas da “sopa plástica” | 24 |
| Figura 03. Mapa de localização do município de Tefé, AM. | 27 |
| Figura 04. Distribuição da precipitação e temperaturas médias do município de Tefé, AM. ... | 28 |
| Figura 05. Mapa da geologia do município de Tefé, AM. | 29 |
| Figura 06. Mapa de declividades do município de Tefé, AM. | 30 |
| Figura 07. Mapa de solos do município de Tefé, AM. | 31 |
| Figura 08. Mapa de uso e cobertura do município de Tefé, AM. | 34 |
| Figura 09. População das áreas urbana e rural do município de Tefé (1970 a 2007). | 34 |
| Figura 10. Frigorífico flutuante no lago de Tefé. | 36 |
| Figura 11. Zoneamento da área urbana de Tefé. | 38 |
| Figura 12. Coleta dos resíduos sólidos dos serviços de saúde. | 42 |
| Figura 13. a) Área urbana de Tefé no período de cheia dos rios; b) Área urbana de Tefé no período de seca dos rios. | 43 |
| Figura 14. Zoneamento da área urbana de Tefé por condições ambientais de coleta de lixo. . | 45 |
| Figura 15. Ponto de coleta de lixo coletiva de uma das vilas militares. | 46 |
| Figura 16. Depósito de resíduos recicláveis do aeroporto de Tefé. Momento da pesagem para a venda. | 46 |
| Figura 17. Depósito de empresa compradora de resíduos recicláveis. | 47 |
| Figura 18. Balsa carregada de resíduos recicláveis coletados em Tefé. | 47 |
| Figura 19. Vista parcial de centro comercial de Tefé. | 48 |
| Figura 20. Limite fluvial do bairro de Olaria. | 49 |
| Figura 21. Lixo recolhido na orla por agentes de limpeza embarcados. | 49 |
| Figura 22. Pá mecânica e caminhão recolhendo o lixo das áreas sujeitas à alagação, em época de seca. | 50 |
| Figura 23. Queima de lixo em área de alagação sazonal, bairro Juruá. | 50 |
| Figura 24. “Quintais submersos” (casa à esquerda), bairro de Olaria. | 51 |
| Figura 25. Banhistas em praia do bairro do Abial, próximas de vazadouro de lixo. | 52 |
| Figura 26. Frigorífico de pesca “Frigopeixe”, no bairro de Abial. | 52 |
| Figura 27. Trecho da estrada da Agrovila em período de chuvas de 1999. | 53 |
| Figura 28. Malha viária de Tefé e outros aspectos do entorno urbano. | 54 |

| | |
|--|----|
| Figura 29. Localização das áreas utilizadas para disposição final dos resíduos em Tefé (1990 – 2009)..... | 55 |
| Figura 30. Instalação do SESC, construída sobre terreno que fora lixão..... | 56 |
| Figura 31. Crianças e adultos no lixão ao lado do Círculo Militar de Tefé..... | 57 |
| Figura 32. Lixão da estrada da Agrovila..... | 58 |
| Figura 33. Caminhões de coleta de lixo estacionados no aeroporto..... | 60 |
| Figura 34. Resíduos sólidos acumulados em calçadas do centro de Tefé..... | 61 |
| Figura 35. Distâncias de 13 e 20 km a partir do centro geométrico da pista do Aeroporto de Tefé, referentes à Resolução nº 04/95 – CONAMA..... | 62 |
| Figura 36. Cartaz da campanha “Tefé Limpa – Aeroporto seguro e qualidade de vida”..... | 64 |
| Figura 37. Melhorias realizadas na área do lixão a partir de 2006..... | 66 |
| Figura 38. Catadores de lixo da cooperativa “Unidos pela mudança” separando material reciclável..... | 67 |
| Figura 39. a) Vala impermeabilizada para a disposição resíduos sólidos de saúde; b) Coberta da vala para disposição de resíduos sólidos de saúde..... | 68 |
| Figura 40. Um dos poços para coleta de amostras de água para verificação de contaminação do lençol freático..... | 68 |
| Figura 41. a) Terra preta sobre valas já completadas e pronta para receber cobertura vegetal; b) Guarita de segurança e controle de acesso ao aterro controlado..... | 69 |
| Figura 42. Esquema de um aterro sanitário..... | 73 |
| Figura 43. Fluxograma dos procedimentos utilizados no estudo em modelagem OMT-G (<i>Object Modeling Techniques – Geographical</i>)..... | 84 |
| Figura 44. Ilustração do esquema realizado pela técnica superposição ponderada (<i>Weighted overlay</i>) do <i>software ArcGIS 9.3</i> | 85 |
| Figura 45. Mapa das alternativas locais para a instalação do aterro sanitário de Tefé.... | 93 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 01. Classificação dos resíduos sólidos segundo a sua origem..... | 18 |
| Tabela 02. Quantidade de resíduos sólidos urbanos coletados em relação à macro-origem.... | 20 |
| Tabela 03. População total, geração de resíduos e geração per capita no Brasil..... | 21 |
| Tabela 04. Quantidade de resíduos sólidos coletados nas regiões do Brasil e locais de disposição final..... | 25 |
| Tabela 05. Uso e cobertura da terra no município de Tefé/AM..... | 33 |
| Tabela 06. Relatório anual de coleta de resíduos sólidos em Tefé – 2008..... | 41 |
| Tabela 07. Principais características das abordagens multicritério MCDM e MCDA..... | 82 |
| Tabela 08. Escala de valores de importância da técnica superposição ponderada (<i>Weighted overlay</i>) para comparação de mapas..... | 85 |
| Tabela 09. Parâmetros utilizados como critérios para identificação de áreas potenciais para instalação do aterro sanitário..... | 89 |
| Tabela 10. Descrição das notas e tamanho das alternativas locais para instalação do aterro sanitário de Tefé/AM..... | 90 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil
ASA – Área de Segurança Aeroportuária
CNEM – Comissão Nacional de Energia Nuclear
CENIPA – Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos
CCPAB – Comissão de Controle do Perigo Aviário no Brasil
CEST – Centro de Estudos Superiores de Tefé
CF – Comunicação Formal
CIS – *Commonwealth of Independent States*
CMTF – Círculo Militar de Tefé
COMAR – Comando Aéreo Regional
COMARA – Comissão de Aeroportos da Região Amazônica
CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente
COSAMA – Companhia de Saneamento do Amazonas
CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
DTCEA-TF – Destacamento de Controle do Espaço Aéreo de Tefé
EMADE – Empresa Amazonense de Dendê
FVS – Fundação de Vigilância Sanitária
IBAM – Instituto Brasileiro de Administração Municipal
IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INCRA – Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
INFRAERO – Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária
IPAAM – Instituto de Proteção Ambiental do Estado do Amazonas
IPCC – *Intergovernmental Panel on Climate Change*
ISER – Instituto de Estudos da Religião
ISWA – *International Solid Waste Association*
MCDA – *Multicriteria Decision Aid*
MCDM – *Multicriteria Decision Making*
MPF – Ministério Público Federal
NBR – Norma Brasileira Registrada
NEPECAB – Núcleo de Estudos e Pesquisas das Cidades na Amazônia Brasileira
OECD – *Organisation for Economic Co-operation and Development*
PMT – Prefeitura Municipal de Tefé
PRAM – Procuradoria da República no Amazonas
SDS – Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável
SEINF – Secretaria de Infraestrutura do Estado do Amazonas
SEMMA – Secretaria Municipal de Meio Ambiente
SIG – Sistemas de Informações Geográficas
UEA – Universidade do Estado do Amazonas
UFAM – Universidade Federal do Amazonas
ZU – Zona Urbana

SUMÁRIO

RESUMO

ABSTRACT

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|--|----|
| INTRODUÇÃO | 13 |
| CAPÍTULO 1 - RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS: UMA QUESTÃO GLOBALIZADA .. | 17 |
| 1.1 Disposição final: o problema além da geração dos resíduos sólidos urbanos | 22 |
| 1.2 Coleta e disposição dos resíduos sólidos em Tefé..... | 26 |
| 1.2.1 Caracterização da área de estudo..... | 26 |
| 1.2.2 O zoneamento urbano de Tefé..... | 37 |
| 1.2.3 A coleta dos resíduos sólidos urbanos de Tefé..... | 37 |
| 1.2.4 A disposição final dos resíduos sólidos urbanos | 53 |
| 1.3 A crise do perigo aviário | 59 |
| 1.3.1 Dos lixões ao aterro controlado | 66 |
| CAPÍTULO 2 - ALTERNATIVAS LOCACIONAIS PARA A INSTALAÇÃO DE ATERRO SANITÁRIO EM TEFÉ | 71 |
| 2.1 Aterros sanitários e a disposição final dos resíduos sólidos urbanos | 71 |
| 2.1.1 Sistemas de informações geográficas e aterros sanitários | 78 |
| 2.2 Procedimentos metodológicos para identificação de locais para o aterro sanitário | 83 |
| 2.2.1 Área mínima para o aterro sanitário de Tefé | 86 |
| 2.3 Alternativas locais sugeridas | 88 |
| CONSIDERAÇÕES FINAIS | 96 |
| REFERÊNCIAS | 98 |

INTRODUÇÃO

A problemática dos resíduos sólidos urbanos no mundo, mais comumente conhecida como a “questão do lixo”, há muito tempo tomou proporções de poluição ambiental e cresce proporcionalmente ao aumento da população mundial e sua urbanização. Sobre esta proporcionalidade, é provável que o volume dos resíduos sólidos urbanos no mundo cresça mais que a população mundial, aumentando a produção *per capita* do lixo, uma vez que o consumo na era dos descartáveis toma formas de fundamentalismo pelo incentivo da mídia.

Besen (2007, p. 398) chama atenção para o fato de que a redução das milhões de toneladas de lixo que nossa civilização produz todos os dias é um dos maiores desafios da atualidade. Sirkis (2005, p. 17) ressalta que “a quantidade de resíduos sólidos produzidos na maioria das cidades vem crescendo sem parar”. Marques (2005, p. 92) cita a declaração emitida na Conferência de Berlin sobre Cidades Sustentáveis (1996), que adverte que “a formação do lixo em áreas urbanas está superando a capacidade do seu tratamento e a contaminação do solo continua a prejudicar a terra e as reservas de água”. Para Tenório e Espinosa (2004, p. 162), o saneamento básico no Brasil apresenta notáveis deficiências e que neste contexto a questão dos resíduos sólidos não poderia deixar de ser um reflexo desse quadro.

Os números da produção de resíduos sólidos urbanos no mundo são alarmantes. Segundo Lacoste e Chalmin (2006), o valor de até 4,2 bilhões de toneladas de resíduos produzidos anualmente em todo o globo. No Brasil, de acordo com a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2000 (IBGE, 2002), a geração de resíduos sólidos é superior a 228.000 toneladas diárias. A Região Norte do país produzia, na ocasião, cerca de 11.000 toneladas diárias de resíduos sólidos.

A consequência final do elevado volume de resíduos sólidos gerados no mundo ocorre de duas formas preocupantes. Em uma delas, os resíduos são dispostos impropriamente e mais notoriamente nos leitos dos rios e demais cursos d’água, inclusive o mar. Notícias de catástrofes ambientais urbanas, como enchentes, são constantemente associadas a entupimentos causados por resíduos nos cursos d’água intra-urbanos. Por outro lado, a disposição final dos resíduos nas áreas municipais ocorre na maioria das vezes de forma também imprópria, o que causa poluição visual, dos solos, das águas subterrâneas, além de atração de vetores, insetos, roedores, aves e as doenças emitidas pelos mesmos (Marques, 2005).

Para Jucá (2002), há uma relação entre o Produto Interno Bruto (PIB) e a geração *per capita* de resíduos sólidos. A Região Norte apresentou à época dos resultados do IBGE (2002) o menor PIB e a menor geração de resíduos sólidos no Brasil. Isso não significa, no entanto, que a Região esteja isenta do problema. Ao contrário disso, apesar da baixa geração de resíduos, o ambiente amazônico e as limitações que o mesmo impõe à infraestrutura das cidades, especialmente as das calhas dos rios da Amazônia Ocidental, o gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos é cercado de complicações.

Nas cidades das calhas dos rios amazônicos, nas quais a relação entre infraestrutura municipal e o gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos constitui uma problemática, de modo geral há deficiência nos serviços de coleta e disposição final dos resíduos. A coleta é prejudicada, principalmente, pela dificuldade do acesso dos caminhões de recolhimento dos resíduos sólidos às áreas de uso e ocupação impróprios do solo urbano. Essas áreas geralmente alagam durante parte do ano, no período da cheia dos rios, e é quando os cursos d'água são transformados em vazadouros dos resíduos diretamente lançados das moradias (palafitas). Durante esse período, que coincide com a época das chuvas na região, a ausência de estradas pavimentadas impossibilita o transporte dos resíduos sólidos até área apropriada para a sua disposição final, que na maioria dos casos também ocorre de forma imprópria (lixões).

Outros problemas, considerados também graves do ponto de vista ambiental, são complicadores no gerenciamento de resíduos sólidos urbanos nas cidades das calhas dos rios amazônicos. A hidrogeomorfologia da região, que associa complexidade hidrográfica e solos de recente formação, além da vasta floresta tropical, nem sempre permitem dispor os resíduos sólidos em situações ideais segundo a legislação ambiental brasileira.

O conjunto destes aspectos foi descrito por Silva e Schor (2007) no município de Tefé, região do médio rio Solimões, no Estado do Amazonas. A cidade produziu cerca de 20 toneladas diárias de resíduos sólidos, entre os anos de 2006 e 2007, e passou por período que ficou conhecido como a “crise do perigo aviário”. Neste período, a inadequação da forma de disposição final dos resíduos sólidos da cidade, em depósitos a céu aberto e próximos da cabeceira da pista do aeroporto, fez com que a justiça determinasse a paralisação das operações de navegação aérea pela iminência de choque entre aeronaves e pássaros que eram atraídos ao lixão em busca de matéria orgânica.

A crise do perigo aviário em Tefé chamou a atenção para o aspecto legislativo da Resolução nº 04/95 – CONAMA, que estabelece a Área de Segurança Aeroportuária (ASA) de 20 km de raio a partir do centro geométrico do aeroporto do município. Na ASA não são

permitidas atividades que atraíam pássaros, e os lixões constituem uma fonte de alimentos para aves pela presença de matéria orgânica. Nesse contexto, o principal problema em Tefé, diante da limitação infraestrutural do município, é como dispor os resíduos sólidos além de 20 km do centro geométrico do aeroporto de uma cidade localizada entre os rios e as florestas amazônicas, onde as estradas para além da área urbana são poucas e de curta extensão (Silva *et al.*, 2008).

Apesar de terminada a “crise do perigo aviário”, devido à tomada de algumas providências por parte da Prefeitura Municipal de Tefé, o aterro controlado da cidade ainda encontra-se próximo do aeroporto, dentro da ASA, contrariando a determinação da Resolução nº 04/95 – CONAMA. No entanto, desde 2008 novas estradas no município foram asfaltadas, permitindo o tráfego de veículos a uma distância maior do centro geométrico do aeroporto e, em consequência, permitindo que os resíduos sólidos sejam dispostos em local mais distante e apropriado, buscando a adequação do serviço mediante a legislação. Há, ainda em aberto, um Termo de Ajustamento de Conduta assinado pela Prefeitura Municipal de Tefé, comprometendo-se a retirar o depósito de resíduos do município dos limites da ASA.

O estudo foi realizado no município de Tefé, devido a sua importância na região do médio rio Solimões uma vez que disponibiliza para diversos municípios próximos serviços especializados não existentes nas cidades. Entre esses serviços, é possível citar o aeroportuário, sendo o aeroporto de Tefé um dos três únicos administrados pela Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária (INFRAERO) no Estado do Amazonas. Os períodos em que o aeroporto esteve fechado, durante a crise do perigo aviário, em consequência da má disposição dos resíduos sólidos no município, causaram graves impactos socioeconômicos também a outros municípios da região. Diversos municípios localizados nas margens dos rios amazônicos possuem as condições fisiográficas e de infraestrutura semelhantes às encontradas em Tefé e isso significa afirmar que a problemática dos resíduos sólidos urbanos não é exclusiva do município. Neste sentido, avalia-se que este trabalho possa contribuir para a questão dos resíduos sólidos, não apenas em Tefé, mas na Amazônia brasileira.

Em relação aos municípios que enfrentam o problema do perigo aviário por conta dos lixões, a Procuradoria da República no Amazonas (PRAM) informou que a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) está buscando soluções amigáveis com Barcelos, Borba, Eirunepé, Humaitá, Manicoré, Maués, Parintins, Santa Isabel do Rio Negro, Fonte Boa e São Paulo de Olivença que enfrentam os mesmos problemas relativos à disposição final dos resíduos sólidos e segurança da navegação aérea (NORMANDO, 2008). Considerando que a

disposição final dos resíduos sólidos urbanos é um dos sérios problemas de gestores dos diferentes municípios brasileiros, uma alternativa para solucionar o problema têm sido a construção de aterros sanitários, os quais devem satisfazer exigências legais e ambientais para projeto, implantação e operação. Ainda, em inúmeros casos, os municípios não possuem os recursos técnicos e financeiros para atendê-los, dificultando a execução da disposição final dos resíduos sólidos. Na busca de soluções, técnicas de suporte a decisão apoiadas em Sistemas de Informações Geográficas (SIG) têm permitido a identificação de algumas alternativas locais para a implantação de aterros sanitários. Diante desse quadro, considerando a realidade de geração de resíduos sólidos urbanos no município de Tefé, bem como os aspectos fisiográficos da região e a legislação brasileira, a possibilidade ou não de encontrar alternativas locais para a instalação de aterro sanitário no município foi a questão que norteou esta pesquisa.

O estudo teve como objetivo geral, analisar, sob a ótica da legislação ambiental nacional e considerando as particularidades fisiográficas da região amazônica, as alternativas locais para a disposição dos resíduos sólidos urbanos no município de Tefé, para auxiliar as políticas públicas concernentes à problemática. Os objetivos específicos foram caracterizar as condições de coleta e disposição dos resíduos sólidos urbanos no município e mapear as áreas potenciais para a instalação de um aterro sanitário municipal, a partir de ferramentas de Geotecnologias.

Para alcançar os objetivos propostos, o estudo foi estruturado em dois capítulos, onde são abordadas questões específicas, porém complementares. O primeiro capítulo, apresenta um panorama mundial dos resíduos sólidos, desde os grandes geradores mundiais, passando pelos números no Brasil, Região Norte e Amazonas e chegando ao município de Tefé. Neste capítulo são discutidas as condições de coleta e disposição final dos resíduos sólidos, a relação entre as dificuldades para a realização desses serviços e a limitação de infraestrutura de Tefé e a crise do perigo aviário ocorrida no município provocado pela disposição inadequada dos resíduos sólidos.

Em consequência da problemática exposta, o segundo capítulo apresenta revisão bibliográfica sobre formas de disposição final de resíduos sólidos e sobre a utilidade das Geotecnologias no apoio à tomada de decisão em relação à identificação de áreas potenciais para a instalação de aterros sanitários. Neste capítulo são apresentados, ainda, os procedimentos metodológicos empregados na pesquisa, baseados no uso de análise multicritério e Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e os resultados apontando as alternativas locais para a instalação de um aterro sanitário em Tefé.

CAPÍTULO 1

RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS: UMA QUESTÃO GLOBALIZADA

Segundo Tenório e Espinosa (2004), a palavra *resíduo* em conjunto com a palavra *sólido* possui um significado técnico específico definido por norma técnica. A NBR 10004 (ABNT, 2004) define resíduos sólidos como

resíduos nos estados sólidos ou semi-sólido, que resultam de atividade da comunidade de origem: industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Consideram-se também resíduos sólidos os lodos provenientes de sistema de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalação de controle de poluição, bem como determinados líquidos, cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpo d'água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível (p. 1).

Para a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE) (2009, p. 177), resíduos sólidos são

os materiais decorrentes de atividades humanas em sociedade, gerados como sobras de processos diversos ou, ainda, aqueles materiais que não possam ser utilizados com a finalidade para as quais foram originalmente produzidos e que se apresentam nos estados sólido ou semi-sólido, como líquidos não passíveis de tratamento (efluentes) ou, ainda, os gases contidos.

A NBR 10004 (ABNT, 2004) adota a seguinte classificação para os resíduos sólidos:

- **Resíduos Classe I** – Perigosos: são aqueles que apresentam periculosidade. Geralmente são inflamáveis, corrosivos, reativos, tóxicos ou patogênicos.
- **Resíduos Classe II** – Não perigosos, divididos em Classe II A e Classe II B:

Resíduos Não perigosos Classe II A - Não inertes: Não são considerados perigosos e podem apresentar propriedades como biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.

Resíduos não perigosos Classe II B - Inertes: Quaisquer resíduos que, quando amostrados de uma forma representativa e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou desionizada, à temperatura ambiente não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor.

Segundo Tchobanoglous (1993, apud DELUQUI, 2003), os resíduos sólidos podem ser classificados segundo sua origem, conforme a Tabela 01.

Tabela 01. Classificação dos resíduos sólidos segundo a sua origem.

| Fonte | Unidades típicas, atividades ou localização onde os resíduos são gerados | Tipos de resíduos sólidos |
|---|--|--|
| Residência | Família simples e várias famílias em residências independentes e apartamentos. | Resíduos de alimentos, papel, papelão, plásticos, tecidos, couros, resíduos de jardinagem e poda, madeira, vidro, latas, cinzas, resíduos de varrição, resíduos especiais (itens volumosos, artigos eletrônicos, baterias, pneus e óleos), resíduos sólidos perigosos. |
| Comércio | Lojas, restaurantes, mercados, escritórios, hotéis, motéis, lojas de impressão, serviços mecânicos etc. | Papel, papelão, plásticos, madeira, resíduos de alimentos, vidro, metal, resíduos especiais (veja acima), resíduos perigosos etc. |
| Instituições | Escolar, hospitalar, prisões, centros governamentais. | Papel, papelão, plásticos, madeira, resíduos de alimentos, vidro, metal, resíduos especiais (veja acima), resíduos perigosos etc. |
| Construção e demolição | Áreas de novas construções, recuperação/renovação de estradas, entulhos de pavimentação. | Madeira, aço, concreto, poeira etc. |
| Serviços municipais (exceto unidades de tratamento) | Varrição, limpeza de boca de lobo, parques e praias, outras áreas de recreação. | Resíduos especiais, refugos, resíduos de varrição, podas de árvores e de parques em geral, praias e áreas de recreação. |
| Unidades de tratamento; incineradores municipais | Processos de tratamento de água, efluentes e resíduos industriais. | Resíduos das unidades de tratamento, principalmente compostos por lodos residuais. |
| Município | Todos os citados anteriormente. | Todos os citados anteriormente. |
| Indústria | Construção, fabricação, indústrias pesadas e leves, refinarias, unidades geradoras de energia, demolições etc. | Resíduos de processo industrial, sucata etc. Resíduos não industriais, incluindo alimentos, refugos, cinzas, resíduos de demolição e construção, resíduos especiais, resíduos perigosos. |
| Agricultura | Colheita, pomares, videiras, leiteiras, fazendas etc. | Resíduos de alimentos estragados, resíduos de agricultura, refugos, resíduos perigosos. |

Fonte: Tchobanoglous *et al.* (1993, apud DELUQUI, 2003).

Tenório e Espinosa (2004), corroborando com a afirmação de Tchobanoglous *et al.* (1993, apud DELUQUI, 2003), acrescentam que a forma de classificação mais convencional dos resíduos leva em consideração a origem dos mesmos, conforme descrições a seguir, apontando os responsáveis pelo manejo dos resíduos gerados.

- **Resíduos industriais:** Gerados em indústrias. Variam entre 65 e 75% do total de resíduos gerados em regiões mais industrializadas. A responsabilidade pelo manejo e destinação desses resíduos é sempre da empresa geradora.
- **Resíduos urbanos:** Incluem-se nessa categoria os resíduos domiciliares, o resíduo comercial (produzido, por exemplo, em escritórios, lojas, hotéis, supermercados e

restaurantes), os resíduos de serviços oriundos da limpeza pública urbana (como exemplo, citam-se os resíduos de varrição das vias públicas, da limpeza de galerias, terrenos, córregos, praias, feiras e das podas). Os resíduos urbanos são de responsabilidade das prefeituras, no entanto as grandes quantidades geradas por comércios podem ser transferidas ao gerador.

- **Entulhos:** Basicamente resíduos de construção civil: demolições, restos de obras, solos de escavações e materiais afins. As prefeituras são responsáveis por pequenas quantidades.
- **Resíduos de serviços de saúde:** Produzidos em hospitais, clínicas médicas e veterinárias, laboratórios de análises clínicas, farmácias, centros de saúde, consultórios odontológicos, entre outros. Podem ser divididos em dois níveis distintos: resíduos comuns – compreendem os restos de alimentos, papéis, invólucros etc; resíduos sépticos – constituídos de restos de material cirúrgico e de tratamento médico. Seu manejo exige atenção por causa do potencial risco à saúde pública. Seu gerador é o responsável por seu gerenciamento.
- **Resíduos de portos, aeroportos, terminais rodoviários e ferroviários:** Resíduos sépticos que podem conter organismos patogênicos como materiais de higiene e de asseio pessoal e restos de comida. Possuem capacidade de veicular doenças de outras cidades, estados e países. Nesse caso, cabe ao gerador a responsabilidade pelo gerenciamento.
- **Resíduos agrícolas:** Correspondem aos resíduos das atividades da agricultura e da pecuária. Embalagens de adubos, de defensivos agrícolas e de ração, restos de colheitas e esterco animal ilustram esse tipo de resíduo. As embalagens de agroquímicos, pelo alto grau de toxicidade que apresentam, são alvo de legislação específica. Da mesma forma que os resíduos industriais, o gerador é responsável pelo gerenciamento e a empresa que faz o tratamento ou disposição é co-responsável.
- **Resíduos radioativos:** Provenientes dos combustíveis nucleares e de alguns equipamentos que usam elementos radioativos. A responsabilidade por essa categoria de resíduos é da Comissão Nacional de Energia Nuclear – CNEM.

O mundo coleta de 2,5 a 4,2 bilhões de toneladas de resíduos sólidos anualmente. Deste total, a coleta estimada de resíduos sólidos urbanos, para o mesmo período avaliado, é de aproximadamente 1,2 bilhões de toneladas (Lacoste e Chalmin, 2006). Os principais

responsáveis pela geração dos resíduos, segundo os autores, com base no ano de 2004, são os países da *Organisation for Economic Co-operation and Development* (OECD), com cerca de 620 milhões de toneladas anuais, seguidos pelos países da África (menos os que participam da OECD), que apresentam geração anual de 300 milhões de toneladas anuais, menos da metade dos geradores mais potenciais. As demais regiões analisadas constam na Tabela 02.

Tabela 02. Quantidade de resíduos sólidos urbanos coletados em relação à macro-origem.

| Regiões | Toneladas (x 1000) |
|------------------------------------|---------------------------|
| Países da OECD | 620 |
| Ásia (excluídos os países da OECD) | 300 |
| América do Sul | 86 |
| CIS (excluídos os países bálticos) | 65 |
| África do Norte e Oriente Médio | 50 |
| África Subsaariana | 53 |
| América Central | 30 |
| Total Estimado | 1.204 |

Fonte: Adaptado de Lacoste e Chalmin (2006, p. 11).

A geração *per capita* de resíduos sólidos urbanos acompanha os totais das macrorregiões geradoras. Um cidadão norte-americano gera mais de 700 kg de resíduos anualmente, sendo os Estados Unidos o primeiro em geração de resíduos sólidos urbanos, seguidos pela Austrália, pelos países da Europa Ocidental e pela China e Turquia urbanas, todos considerados países cuja população apresenta alta renda. O Brasil apareceu na análise entre os países com população de baixa renda, com cerca de 220 kg de resíduos produzidos *per capita*, anualmente.

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2002), a quantidade de resíduos sólidos urbanos coletados no Brasil, em 2000, era de aproximadamente 228.413 toneladas diárias. O IBGE descreve que apenas 8,4% dos 5.507 municípios constantes das 27 Unidades da Federação brasileira (abrangência geográfica da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico – PNSB, em 2000) pesavam os resíduos sólidos urbanos coletados, estando os equipamentos de medição principalmente localizados nas grandes cidades. No entanto, apesar da pequena porcentagem, 64,7% dos resíduos sólidos urbanos do Brasil são pesados. A Tabela 03 apresenta a distribuição de população, geração de resíduos e geração *per capita* de resíduos no Brasil, na época da PNSB – 2000 (IBGE, 2002), baseado em dados populacionais do ano da pesquisa.

Tabela 03. População total, geração de resíduos e geração per capita no Brasil.

| Região | População total | | Geração de Resíduos (toneladas/dia) | | Geração Per capita |
|------------------------|--------------------|-------------|--|-------------|-----------------------|
| | Valor | Percentual | Valor | Percentual | (kg/hab/dia) |
| Sudeste | 72.412.411 | 42,6% | 141.616,8 | 62,0% | 1,96 |
| Nordeste | 47.741.711 | 28,1% | 41.557,8 | 18,2% | 0,87 |
| Sul | 25.107.616 | 14,8% | 19.874,8 | 8,7% | 0,79 |
| Centro-Oeste | 11.636.728 | 6,9% | 14.296,5 | 6,3% | 1,23 |
| Norte | 12.900.704 | 7,6% | 11.067,1 | 4,8% | 0,86 |
| Brasil (totais) | 169.799.170 | 100% | 228.413,0 | 100% | 1,35 |

Fonte: Adaptado de Jucá (2002).

A Região Sudeste do Brasil apresentou os maiores números do universo pesquisado (Tabela 03), os números foram proporcionais, obviamente, à população daquela região e à presença das mais populosas cidades do país. Em segundo lugar aparece a região Nordeste, seguida pelas regiões Sul, Centro-Oeste e Norte (Tabela 03). A região Norte apresentou os menores números de coleta de lixo no Brasil, com aproximadamente 4,8%, ficando muito abaixo da região Sudeste, geradora mais potencial (Tabela 03). Entre os fatores para explicar estes valores, podem ser listados a população total da região (a segunda menos populosa do Brasil) e baixo número de municípios nos Estados. O estado do Amazonas, a maior Unidade da Federação brasileira, apresenta particular situação demográfica e, em consequência, os números relativos à coleta de lixo.

Este estado, com 2.817.252 habitantes (em 2000), concentrava 49,90% dos habitantes na capital, Manaus, que possuía 1.405.835 habitantes, dividindo o restante da população em 61 municípios do interior (IBGE, 2000). Enquanto no estado eram coletados, diariamente, 2.864 toneladas por dia de resíduos sólidos, em Manaus foram coletados 2.400 toneladas por dia (84% do total), restando 464 toneladas por dia divididos nos 61 municípios restantes (IBGE, 2002). De outra forma, 40,9% da população do estado, presente na cidade de Manaus, produziam 84% dos resíduos que foram coletados no estado e os demais 50,1% da população estadual, nos municípios, produzia 16%, apenas. Cabe lembrar que a quase totalidade das atividades industriais do estado do Amazonas concentram-se em sua capital.

De acordo com Jucá (2002), no Brasil, assim como ocorre em outras partes do mundo, há forte relação entre geração de resíduos sólidos e o Produto Interno Bruto (PIB) de cada região nacional. Segundo o autor, em 2000, período da última PNSB, o PIB da região Sudeste correspondia a 58,25% do total nacional enquanto que a região Norte, que aparece como a menor geradora de resíduos no país, apresentava PIB equivalente a 4,45%, o mais baixo do país.

Apesar do conhecimento sobre o crescimento da população do Brasil, assim como dos PIB regionais e outros dados, a PNSB – 2000 (IBGE, 2002) representa a mais abrangente pesquisa dessa natureza realizada no Brasil, servindo de base para diversas análises.

Em 2009 a ABRELPE divulgou o Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil – 2008. Segundo a Associação, a geração de resíduos sólidos urbanos no Brasil, naquele ano, foi de 169.659 toneladas/dia, o que representou acréscimo de 0,6% sobre o total de 2007 (168.653 toneladas/dia) (ABRELPE, 2009, p. 36). Já a produção *per capita*, segundo a Associação, é de 1,080 kg/hab/dia, o que representa um decréscimo de 1% em relação ao total apresentado em 2007 (1,106 kg/hab/dia). A pesquisa considerou a população urbana do Brasil em 2008, segundo o IBGE, a partir de amostra de 352 municípios de todas as regiões do Brasil (ABRELPE, 2009, p. 54). A PNSB (IBGE, 2002) informa que em 2000 foram coletadas 125.281 toneladas/dia de “lixo domiciliar”, mais 36.546 toneladas/dia de “lixo público”, resultando no total de 161.827,1 toneladas dia de “lixo urbano”.

1.1 Disposição final: o problema além da geração dos resíduos sólidos urbanos

Para Moreira *et al.* (2008, p. 178) “a disposição final dos resíduos sólidos, orgânicos e inorgânicos, é um dos sérios problemas que afetam as sociedades modernas”. Conforme Saraiva (2008, p. 7), “a situação caótica da destinação final do lixo urbano no Brasil precisa ter um fim.” Segundo o autor, em comentário sobre pesquisa realizada pelo Instituto de Estudos da Religião (ISER, 2008), quatro entre os cinco desafios ambientais citados na referida pesquisa têm relação com a gestão do lixo urbano. São eles “recursos hídricos”, “mudanças climáticas/aquecimento global”, “energia” e “redução de emissão de gases”.

Segundo Saraiva (2008), os recursos hídricos são poluídos por mais de 100.000 toneladas de resíduos sólidos diariamente lançados nos diversos cursos d’água, no Brasil. Também são contaminadas as águas subterrâneas pelo chorume dos lixões e aterros irregulares. O biogás dos aterros, segundo o *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), é responsável por cerca de 5% do total dos gases estufa. Além disso, praticamente todo o lixo urbano do Brasil é enterrado enquanto poderia estar sendo utilizado para a geração de energia.

Outras várias constatações e acontecimentos largamente divulgados na mídia internacional têm demonstrado a gravidade da crise em relação à disposição final dos resíduos sólidos urbanos em torno do planeta. Nos últimos anos, é possível citar a chamada “crise do lixo” em Nápoles, na Itália (CRISE, 2008). Em 2007, com o fechamento do aterro local, os

garis deixaram de recolher os resíduos sólidos urbanos da cidade que teve as ruas tomadas por milhares de toneladas de lixo (Figura 01). Em meio ao caos, que coincidiu com época de forte calor, moradores ateavam fogo às pilhas de resíduos sobrecarregando o corpo de bombeiros local. Pessoas tinham que usar máscaras para transitar nas ruas da cidade que se tornara um “lixão”. Escolas pararam suas atividades enquanto caminhões lotados de resíduos sólidos urbanos esperavam fora da cidade sem ter para onde ir.



Figura 01. A “crise do lixo” em Nápoles, na Itália.
Fonte: G1, 2007.

Em fevereiro de 2008, o jornal inglês *The Independent* divulgou a descoberta de duas gigantescas ilhas de plástico flutuantes localizadas no Oceano Pacífico entre a Califórnia, no continente norte-americano, e o Japão. As manchas estendem-se por vários quilômetros, e têm profundidade de aproximadamente 10 metros. A “*plastic soup*”, como foi chamada, é formada pela junção de garrafas, sacolas e uma outra gama de utensílios plásticos que foram descartados nos diversos continentes e levados pelas correntezas marítimas àquelas localizações, formando os “*trash vortex*” (Figura 02) entre o encontro das correntes marítimas (Marks e Howden, 2008). Segundo a Organização das Nações Unidas (UNEP, 2009), a maior parte do lixo marinho vem de atividades baseadas em terra firme.

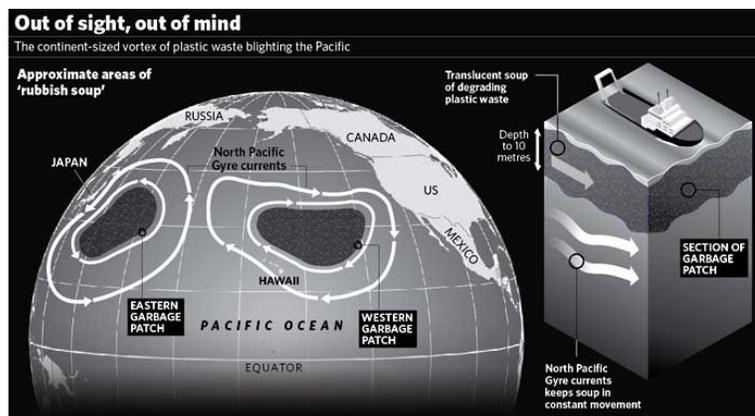


Figura 02. Áreas aproximadas da “sopa plástica”
Fonte: Jornal *The Independent*, 05 de fevereiro de 2008. Londres, Inglaterra.

No Brasil, em junho de 2008, a Procuradoria da República e o Ministério Público do Rio de Janeiro vedaram a construção de um aterro para resíduos no bairro de Paciência, cidade do Rio de Janeiro, por sua localização contrariar a Resolução nº 04/95 – CONAMA, além de estar sendo construído em área de preservação ambiental. O aterro, que em funcionamento seria o maior da América Latina, com capacidade para receber 90 milhões de toneladas de resíduos, ficaria entre os aeroportos de Jacarepaguá e o da Base Aérea de Santa Cruz (a menos de dez quilômetros desta), e sua localização ofereceria risco à segurança da navegação aérea, segundo o CONAMA, por conta do perigo aviário (PEDROSA, 2008).

Este acontecimento, dentre outros, está de acordo com o que observaram Samizava *et al.* (2008, p. 44), ao afirmarem que as áreas disponíveis para a disposição final dos resíduos sólidos urbanos no Brasil “apresentam-se cada vez mais escassas, uma vez que devem ser atendidos critérios de ordem social, econômica e, principalmente, ambiental”.

Como se não bastassem os problemas internos no Brasil com relação à disposição final dos resíduos sólidos, um acontecimento recente chocou a opinião pública. A Polícia Federal Brasileira apreendeu sessenta e quatro contêineres lotados com mais de mil toneladas de lixo que foram despachadas do porto de *Felixtowe*, na Inglaterra, para os portos brasileiros de Santos (SP) e Rio Grande (RS). Entre o conteúdo dos contêineres (papéis, plástico, vidros e até uma tampa de banheiro químico), uma mensagem escrita em português sugere que os brinquedos sejam entregues a crianças pobres e sejam lavados antes de usar (PF, 2009).

Segundo dados da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico de 2000 (IBGE, 2002), a situação da disposição final dos resíduos sólidos urbanos no Brasil apresentou uma melhora desde a pesquisa realizada em 1989 (IBGE, 1992). À época daquela PNSB, final da década de 1980, o percentual de municípios que dispunham seus resíduos de forma adequada era de

apenas 10,7%. Apesar da situação de disposição final dos resíduos sólidos urbanos coletados no Brasil ter apresentado melhoras quando analisada a disposição final do volume total (com totais de 47,1% sendo dispostos em aterros sanitários, 22,3% em aterros controlados e 30,5% em lixões), a análise do número de municípios que utilizam a disposição adequada revela que 63,6% utilizam lixões e somente 32,2%, aterros (13,8% sanitários, 18,4% aterros controlados) (IBGE, 2002). Um pequeno percentual de municípios não informou sobre seus procedimentos quanto à disposição final dos resíduos sólidos urbanos. Sobre a forma de disposição final dos resíduos sólidos no Brasil, a PNSB 2000 (IBGE, 2002) informou o constante da tabela 04, a seguir.

Tabela 04. Quantidade de resíduos sólidos coletados nas regiões do Brasil e locais de disposição final.

| Grandes Regiões, Unidades da Federação, Regiões Metropolitanas e Municípios das Capitais | Quantidade diária de lixo coletado (toneladas.dia ⁻¹) | | | | |
|--|---|---|-----------------------------|-------------------|------------------|
| | Total | Unidade de destino final do lixo coletado | | | |
| | | Vazadouro a céu aberto (lixão) | Vazadouro em áreas alagadas | Aterro controlado | Aterro sanitário |
| Sudeste | 141.616,8 | 13.755,9 | 86,6 | 65.851,4 | 52.542,3 |
| Nordeste | 41.557,8 | 20.043,5 | 45,0 | 6.071,9 | 15.030,1 |
| Sul | 19.874,8 | 5.112,3 | 36,7 | 4.833,9 | 8.046,0 |
| Centro-Oeste | 14.296,5 | 3.131,0 | 8,0 | 4.684,4 | 5.553,1 |
| Norte | 11.067,1 | 6.279,0 | 56,3 | 3.133,9 | 1.468,8 |
| Brasil (Totais) | 228.413,0 | 48.321,7 | 232,6 | 84.575,5 | 82.640,3 |

Fonte: Adaptado da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (IBGE, 2002).

No ano de 2003 o Ministério das Cidades, com base nos dados da PNSB 2000 (IBGE, 2002), ainda considerou o problema da disposição final de resíduos no Brasil “de uma magnitude alarmante” (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2003, p. 26). Conforme se observou nas pesquisas nacionais de saneamento básico de 1989 e 2000 (IBGE, 1992 e 2002) as formas mais usuais da referida disposição são os aterros controlados e os lixões. Em 2009 a ABRELPE divulgou melhoras na situação da disposição final dos resíduos sólidos no Brasil, dados esses obtidos a partir da amostra de 352 municípios brasileiros que reúnem 58% da população urbana do país (ABRELPE, 2009, p. 54). Segundo a Associação, 59,4% dos municípios participantes da amostragem estão utilizando forma de disposição adequada (aterro sanitário) para os resíduos sólidos urbanos, enquanto que 45,1% ainda utilizam formas inadequadas (aterro controlado e vazadouro a céu aberto [lixão]) (ABRELPE, 2009, p. 39).

Deve-se, no entanto, estar atento para o fato de que a pesquisa da ABRELPE concentrou a maioria dos municípios de grande população do Brasil e, conforme o Ministério das Cidades (2003, p. 26), “a situação é mais crítica quanto menor é o município”. A isso

equivale dizer que a abrangência das PNSB de 1989 e 2000 (IBGE 1992 e 2002) ainda faz dessas pesquisas as principais referências sobre o assunto no Brasil.

Segundo a ABRELPE (2009, p. 177 e 178), aterros controlados e lixões são considerados inadequados e assim descritos:

- **Aterro Controlado:** local de disposição final de resíduos sólidos urbanos no qual não são aplicadas todas as técnicas necessárias para assegurar a efetiva proteção ao meio ambiente e à saúde pública, configurando solução inadequada para disposição final.
- **Lixão (ou vazadouro a céu aberto):** local onde ocorre a disposição de resíduos em bruto, sobre o terreno, sem qualquer cuidado ou técnica, caracterizando-se pela falta de medidas de proteção ao meio ambiente e à saúde pública.

A ABRELPE (2009) considera como forma adequada para a disposição final dos resíduos sólidos urbanos o aterro sanitário. Segundo Moreira *et al.* (2008), devido ao grave problema da poluição do ar, solos e águas subterrâneas que geram grave impacto nos ecossistemas, a forma mais adequada para a disposição final dos resíduos sólidos urbanos é o aterro sanitário. Para os autores o aterro sanitário consiste na forma mais difundida dentre as soluções que têm sido propostas para a problemática.

Cabe enfatizar que os aterros controlados são regulares conforme a NBR 8849 (ABNT, 1985), e podem ser utilizados em substituição dos aterros sanitários a critério do Órgão Estadual de Controle da Poluição e Proteção Ambiental – OECPA, “quando em função de condições específicas, do sítio proposto e das opções na mesma localidade, a execução de Aterro Sanitário se mostrar onerosa em demasia” (ABNT, 1985, p.1). No entanto, a ausência de “todas as técnicas necessárias para assegurar a efetiva proteção ao meio ambiente e à saúde pública”, conforme especifica a ABRELPE (2009, p. 177), coloca em conflito as conceituações daquela Associação e da ABNT.

1.2 Coleta e disposição dos resíduos sólidos em Tefé

1.2.1 Caracterização da área de estudo

O município de Tefé está localizado entre as coordenadas geográficas 03°15'39'' a 05°34'22'' Sul e 64°04'12'' a 68°58'32'' Oeste de Greenwich (Figura 03). O município

possui uma área territorial de 23.704 km². A área urbana do município localiza-se à margem direita da foz represada do rio Tefé, acidente geográfico conhecido como lago Tefé, que a limita em sua porção oeste, noroeste e norte. A inexistência de estradas que cheguem a Tefé limita suas possibilidades de acesso a fluvial e aéreo.

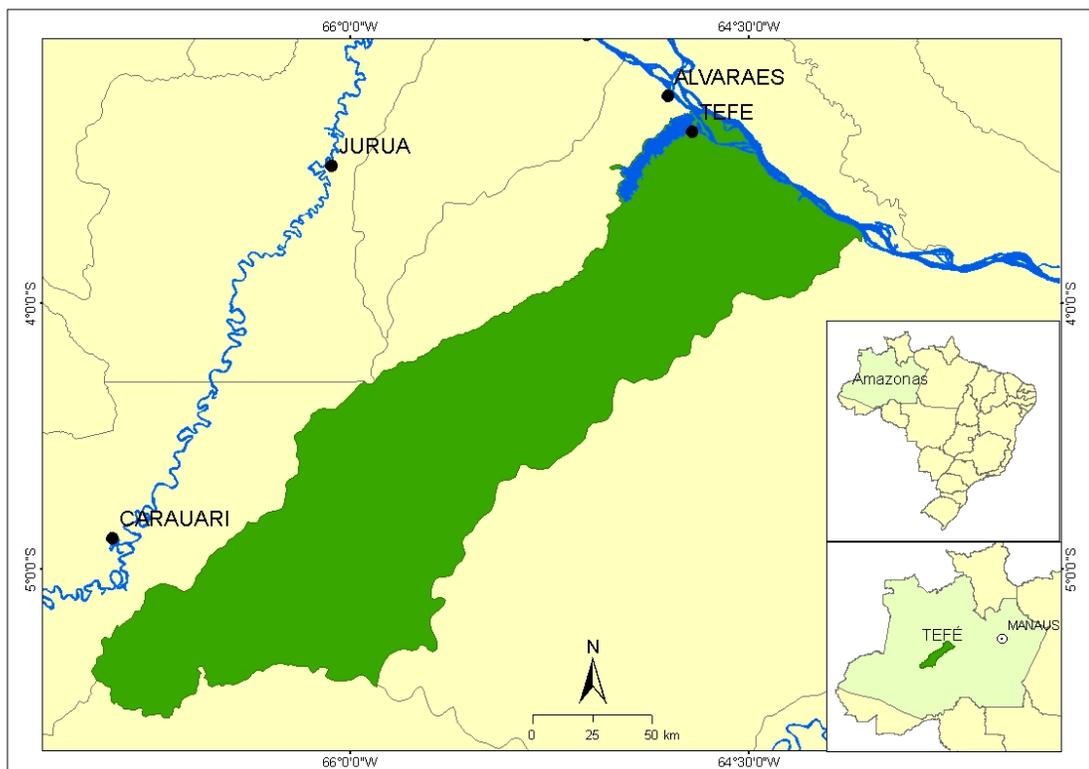


Figura 03. Mapa de localização do município de Tefé, AM.

O clima da região de Tefé, segundo a classificação de *Köppen*, é do tipo *Afi*, ou seja, clima tropical chuvoso, sem estação seca (totais mensais de chuva acima de 60mm), regime térmico sem estação fria, com temperaturas médias mensais acima de 18°C e oscilação anual de temperatura inferior a 5°C (EMBRAPA, 1999). Sob condições gerais o clima é quente e úmido, as temperaturas máxima e mínima oscilam entre 30°C e 32°C e 21°C e 23°C, respectivamente, a umidade relativa entre 84 e 88% e a precipitação pluviométrica anual entre 2.300 e 2.700mm. A característica principal é a presença de um período muito chuvoso, estendendo-se em geral de dezembro a maio, e um período de estiagem, que se prolonga de junho a novembro (Figura 04). No período chuvoso, os totais pluviométricos mensais atingem valores sempre acima de 100 mm e resultam principalmente da ação da Zona Intertropical de Convergência dotada de grande umidade e instabilidade; as chuvas costumam ser intensas e intermitentes, num período que pode durar de 24 a 72 horas. No período de estiagem, os totais

pluviométricos mensais podem alcançar valores abaixo de 60mm, sendo as chuvas de caráter local ou convectivo, caracterizando-se como chuvas de pancadas, em geral com menos de uma hora de duração. De acordo com EMBRAPA (1999), a análise dos dados climatológicos, tomando por base os municípios de Tefé e Carauari, mostram que a região apresenta oscilação espacial e temporal de temperatura e umidade do ar, e moderada variabilidade no regime pluviométrico.

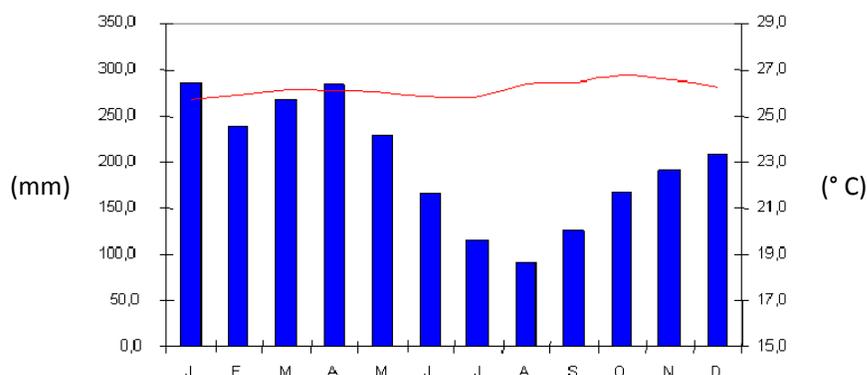


Figura 04. Distribuição da precipitação e temperaturas médias do município de Tefé, AM.
Fonte: Ataíde *et al.*, 2004.

A hidrografia do município merece destaque, uma vez que este sistema, em conjunto com o aeroporto, é responsável pela integração de Tefé ao resto do Estado. Ao norte o município é banhado pelo rio Solimões e a noroeste pelo do rio Tefé, acidente geográfico conhecido como lago Tefé. Além deste sistema de drenagem principal, a área que constitui a planície de inundação é formada por vários furos que permitem intercomunicação com o rio Solimões, facilitando o tráfego de pequenas e médias embarcações. Observa-se o desenvolvimento de uma vasta rede de drenagem dendrítica e subdendrítica sobre os interflúvios tabulares (EMBRAPA, 1999).

Um panorama geral do aspecto geológico de Tefé demonstra que no município ocorrem duas principais unidades os Depósitos Aluvionares e Formação Içá (CPRM, 2005) (Figura 05).

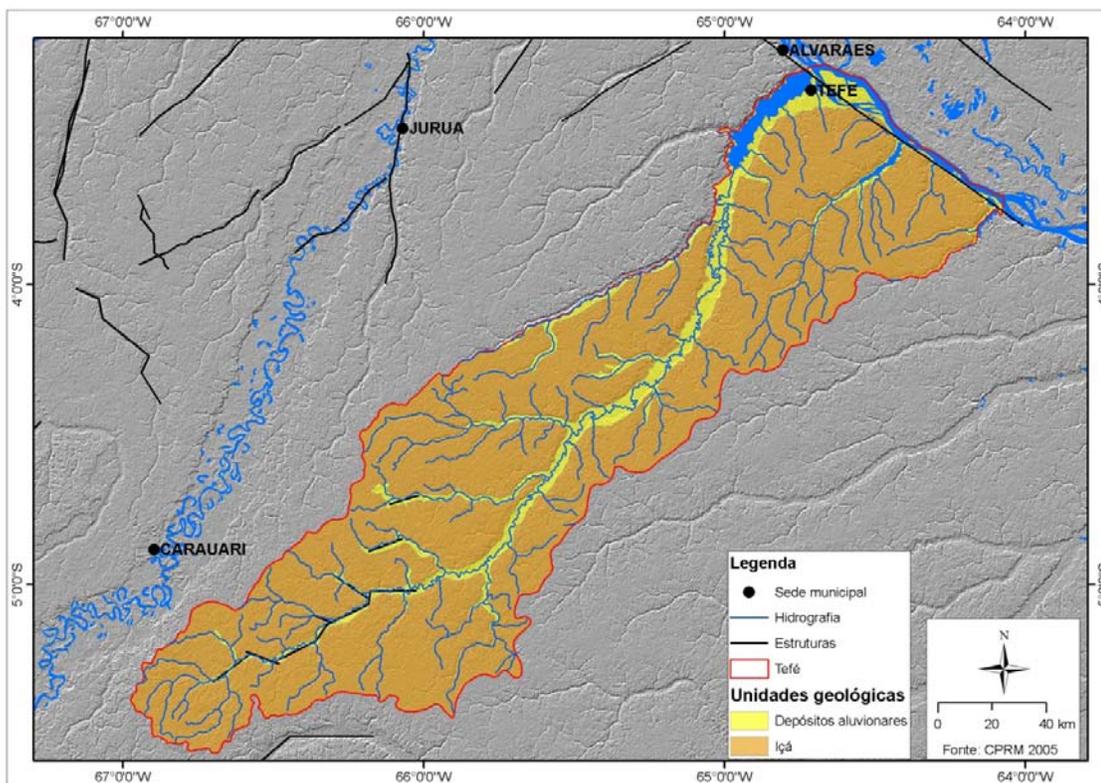


Figura 05. Mapa da geologia do município de Tefé, AM.
Fonte: Base cartográfica do CPRM, 2005.

Os Depósitos Aluvionares, que datam do Quaternário (Holoceno), são representados por areias, siltes e argilas inconsolidadas, correspondentes aos depósitos recentes e atuais de planícies fluviais, às vezes, apresentando-se mais litificados e arenitos ferruginosos com seixos de quartzo arredondados com aspecto conglomerático. Situam-se principalmente na planície do rio Solimões e nos seus principais afluentes, dando origem a solos pouco a muito pouco desenvolvidos, pertencentes às classes Gleissolos Háplicos e Neossolos Flúvicos (EMBRAPA, 1999).

A Formação Içá foi designada, formalmente, por Maia *et al.* (1977), para depósitos arenosos e conglomeráticos oxidados sobrejacentes à Formação Solimões (ROSSETI *et al.* 2007). Segundo este último autor, a Formação Içá apresenta morfologia em colinas muito suaves, com drenagem densa desenvolvida em padrão dentrítico a subdendrítico, menos comumente em treliça, contendo tributários numerosos, longos a curtos, bem definidos e arranjados de forma relativamente fechada (ROSSETI *et al.* 2007). De acordo com os autores, devido à ausência de fósseis, a Formação Içá não pode ser datada, contudo seu posicionamento estratigráfico, sobrejacente à Formação Solimões, que se estende até o Neomioceno, e subjacente a depósitos datada do Neopleistoceno, permite estabelecer

deposição durante o Pliopleistoceno. Faciologicamente a Formação Içá apresenta-se com espessuras em geral inferiores a 25m em escala de afloramento composta por arenitos, argilitos e conglomerados, arenitos finos e grosseiros cinza a vermelhados em lentes ou interdigitados com siltitos e argilitos com estratificação de pequena a grande amplitude, argilosos ou não, friáveis, arenitos arcoseanos ferruginosos e conglomerados interformacionais, dando origem às classes Argissolo Vermelho-Amarelo plíntico e Plintossolo, com diferentes fases de relevo e vegetação (EMBRAPA, 1999).

O relevo de Tefé apresenta altitudes que variam entre 23m ao norte, próximo do rio Solimões, e crescente em direção ao sul, atingindo o máximo de 122m, com altitudes predominantes por volta do 57m. De acordo com o Projeto RADAMBrasil (IBGE, 1978), o município está inserido nas unidades morfoestruturais, Planície Amazônica e parte do Planalto rebaixado da Amazônia Ocidental. O relevo é suave ondulado e ondulado, as declividades predominantes estão entre 0 a 5% e entre 5% a 12% (Figura 06).

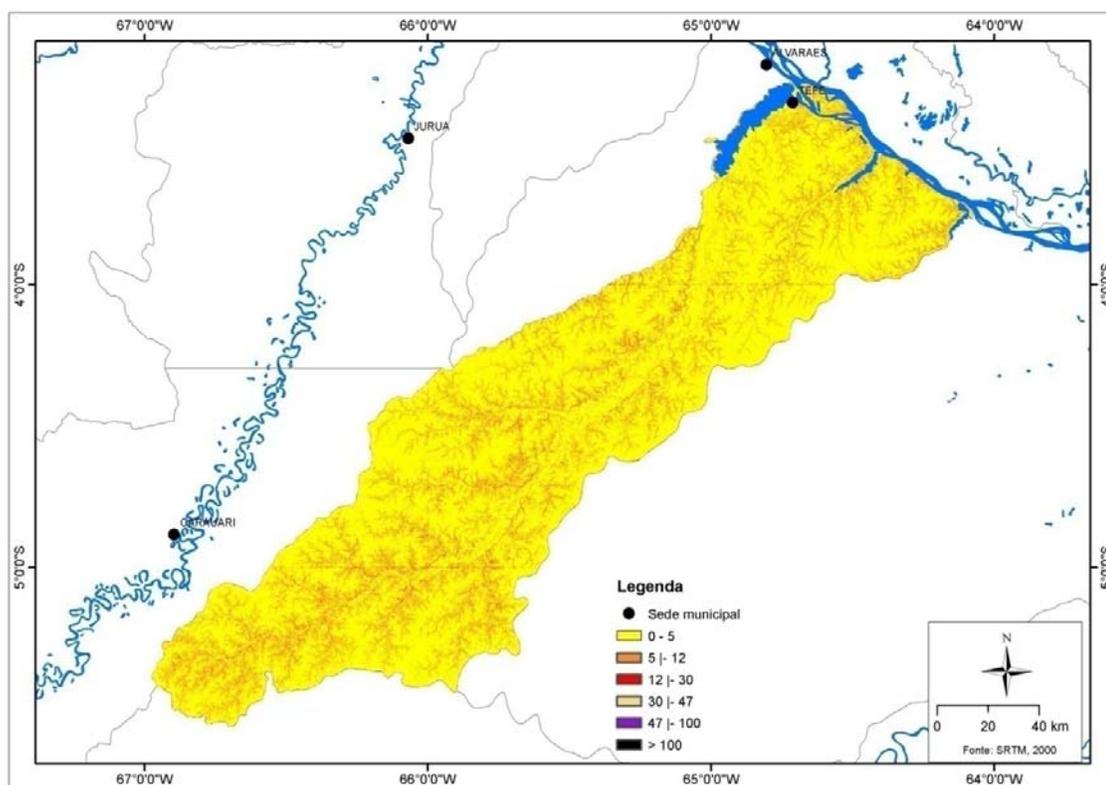


Figura 06. Mapa de declividades do município de Tefé, AM.
Fonte: Adaptado de Valeriano, 2008.

No município de Tefé as principais ordens de solos são Argissolo, Gleissolo, Plintossolo e Neossolo Flúvico (Solo aluvial) (Figura 07):

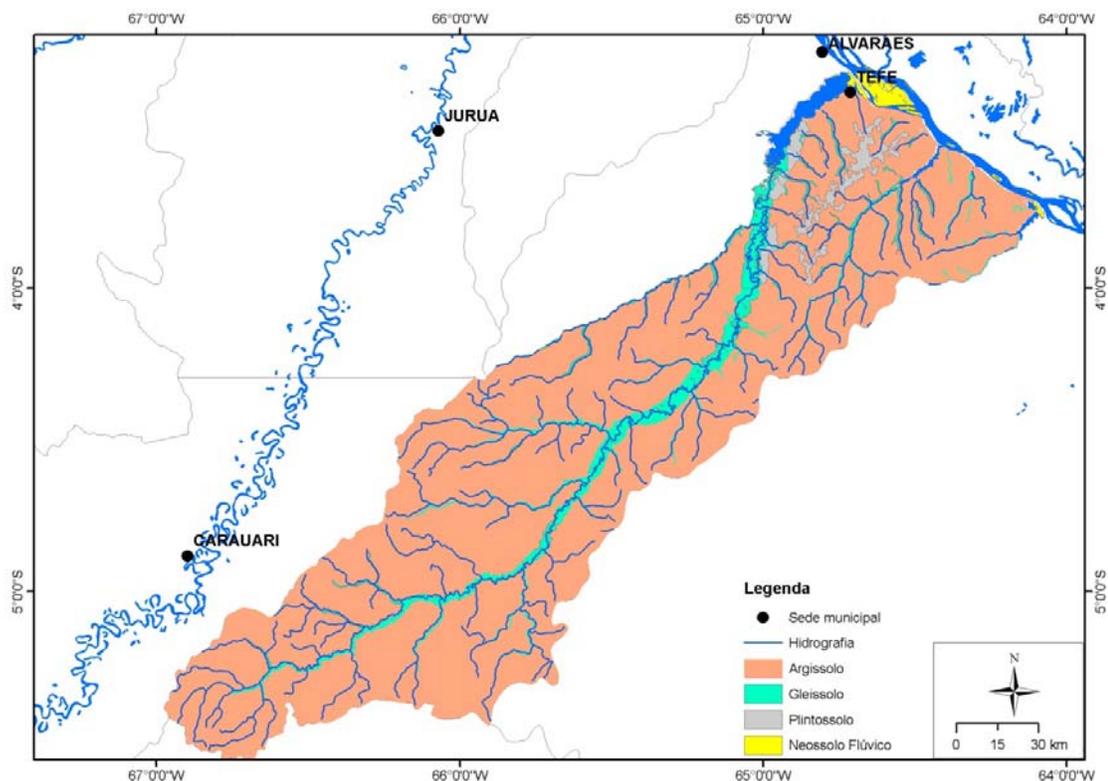


Figura 07. Mapa de solos do município de Tefê, AM.
Fonte: SIPAM/IBGE, 2005.

- **Argissolo** - são solos minerais, álicos, que têm como característica diferencial a presença de um horizonte B textural imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte superficial, exceto o orgânico, o horizonte A é moderado. Possuem textura média a argilosa (LESPCH, 2002). Uma característica do Argissolo é o grande aumento de argila em profundidade. Na superfície do solo o teor de argila é muito baixo, mas em subsuperfície é médio/alto. Por esse motivo a velocidade de infiltração da água é muito rápida na superfície e lenta em subsuperfície, consistindo em solos altamente susceptíveis à erosão (PRADO, 2001). Este solo possui as argilas de atividades baixa, ou seja, capacidade de troca da fração argila, quando muito elevada (LESPCH, 2002). Ocupam a terra firme onde com revelo predominante é ondulado e suave ondulado (SIPAM/IBGE, 2005).
- **Gleissolo** - são solos hidromórficos, constituídos por material mineral, que apresentam horizonte glei (horizonte mineral subuperficial ou eventualmente superficial caracterizado pela intensa redução de ferro e formado sob condições de excesso de água, o que confere cores neutras ou próximas de neutras), dentro dos primeiros 50 cm de profundidade, ou a profundidade entre 50 a 125 cm desde que imediatamente

abaixo de horizontes A ou E (gleisados ou não), ou precedidos por horizonte B incipiente, B textural ou C com presença de mosqueados abundantes com cores de redução (LIMA *et al.*, 2007). De acordo com Lepsch (2002), estes solos são desenvolvidos em materiais inconsolidados (sedimentos ou saprolito) e muito influenciados por ocorrências de encharcamento prolongado. Os solos desta classe encontram-se periodicamente saturados por água, salvo quando drenados artificialmente, a água permanece estagnada internamente, ou a saturação é por fluxo lateral no solo. Em qualquer circunstância, a água do solo pode se elevar por ascensão capilar, atingindo a superfície (LIMA *et al.*, 2007). Essa saturação, na presença de matéria orgânica, diminui o oxigênio dissolvido e provoca a redução química e dissolução dos óxidos de ferro, que é transformado, e parcialmente removido, o que faz com que surjam cores cinzentas, azuladas ou esverdeadas (LIMA *et al.*, 2007). Segundo os autores, em geral os Gleissolos apresentam textura fina e não se incluem nas classes texturais areia ou areia fina. Os Gleissolos são solos de várzea, álico, horizonte A moderado, textura média a argilosa e relevo plano (SIPAM/IBGE, 2005).

- **Plintossolo** – são solos minerais formados sob condições de restrição à percolação da água, sujeitos ao efeito temporário de excesso de umidade, de maneira geral imperfeitamente ou mal drenados, que se caracterizam fundamentalmente por apresentar expressiva plintização, ou seja, formação constituída de mistura de argila, pobre em húmus e rica em ferro e alumínio, com quartzo e outros minerais (LEPSCH, 2002). Os Plintossolos álicos, horizonte A moderado, textura argilosa a muito argilosa, relevo suave ondulado e plano (SIPAM/IBGE, 2005).
- **Neossolos Flúvicos (Solos aluviais)** - estes solos são pouco evoluídos e não possuem qualquer tipo de horizonte B diagnóstico, horizontes glei (subsuperficial com quantidades apreciáveis de petroplintita, ou seja, laterita endurecida), plíntico (subsuperficial com quantidades apreciáveis de plintita, laterita não endurecida) e vértico (subsuperficial B ou C, apresentando rachaduras e superfícies de fricção típicas de argilas expansivas 2:1) quando presentes (LEPSCH, 2002). São constituídos por material mineral ou por material orgânico, apresentam pequena expressão dos processos pedogenéticos como consequência de características do próprio material, de sua resistência ao intemperismo ou composição química, e do relevo, que podem impedir ou limitar a evolução desses solos. Os Neossolos Flúvicos são eutróficos, horizonte A proeminente, textura indiscriminada, ocorrem em relevos planos (SIPAM/IBGE, 2005). Segundo Lima *et al.* (2007), na paisagem de várzea do rio

Solimões é comum a ocorrência de Neossolos Flúvicos Ta eutróficos gelissólicos, solos com horizonte glei dentro de 150 cm da superfície do solo. Nas partes mais rebaixadas, próximas as margens do rio Solimões, são comuns a ocorrência de bancos de areia, regionalmente denominados de “praia”. Os solos geralmente encontrados nestas áreas são os Neossolos Quartzarênicos Hidromórficos, com presença de lençol freático elevado durante grande parte do ano, na maioria dos anos, imperfeitamente ou mal drenados.

Quando ao uso e cobertura da terra em Tefé (Figura 08), a maior parte da superfície do município está coberta por Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas (82,16%) (Tabela 05), seguido pela Floresta Ombrófila Aberta Aluvial (6,32%) e Floresta Ombrófila Aberta Terras Baixas (3,48%) (SIPAM/IBGE, 2005). Em Tefé também é possível identificar campinaranas, formações pioneiras com influências fluvial e vegetação secundária (Tabela 05 e Figura 08). As áreas alteradas com culturas ou ocupação urbana representam apenas 0,27% da área do município (Tabela 05). Os dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2009), para o ano de 2007, apontam Tefé no 21º lugar de desflorestamento no Estado do Amazonas, com 598.4 km² o que representa 2% do município.

Tabela 05. Uso e cobertura da terra no município de Tefé/AM.

| Uso e cobertura da terra | Área (km²) |
|--|------------------------------|
| Floresta Ombrófila Densa Aluvial | 470,324 |
| Floresta Ombrófila Densa Terras Baixas | 19.474,535 |
| Floresta Ombrófila Aberta Aluvial | 1.497,527 |
| Floresta Ombrófila Aberta Terras Baixas | 825,089 |
| Campinarana arborizada com palmeiras | 84,986 |
| Formações Pioneiras com influencia fluvial | 66,345 |
| Vegetação secundária | 566,547 |
| Culturas permanentes | 25,671 |
| Culturas cíclicas | 35,589 |
| Urbano | 1,596 |
| Água | 656,282 |
| Total | 23.704,491 |

Fonte: Adaptado de SIPAM/IBGE, 2005.

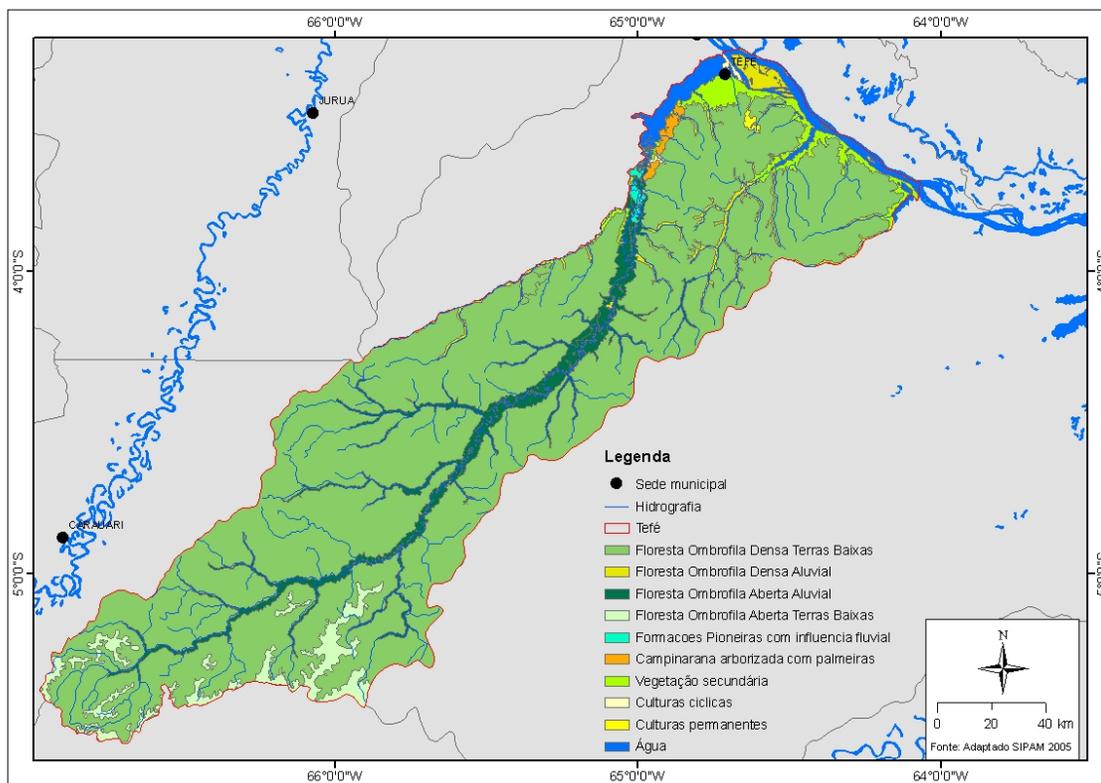


Figura 08. Mapa de uso e cobertura do município de Tefé, AM.
Fonte: Adaptado de SIPAM/IBGE, 2005.

No ano de 2007, a população de Tefé era de 62.290 habitantes, segundo resultados da contagem da população realizada pelo IBGE (2007b) (Figura 09). Para o ano de 2008 a população estimada no município foi de 64.703 habitantes (IBGE, 2008). Atualmente, Tefé apresenta a sexta maior população total do Estado (IBGE, 2007b).

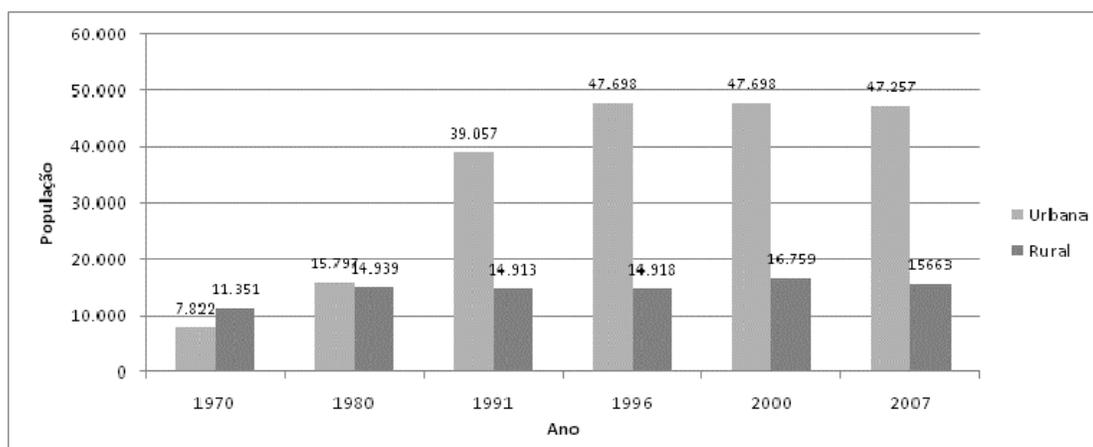


Figura 09. População das áreas urbana e rural do município de Tefé (1970 a 2007).
Fonte: IBGE, Censos Demográficos de 1970, 1980, 1991 e 2000, e Contagens da População de 1996 e 2007.

As atividades urbanas do município são intensas, o que confere a Tefé o *status* de cidade pólo da região. Sua importância geopolítica, observada ao longo da história, possibilitou a presença de órgãos e instituições ausentes na maioria dos municípios do estado do Amazonas. Dentre estes é possível citar a presença de um Comando de Brigada do Exército Brasileiro, Agência Fluvial da Marinha do Brasil, destacamento da Aeronáutica (Destacamento de Controle do Espaço Aéreo de Tefé - DTCEA-TF), Delegacia da Polícia Federal, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), Fórum de Justiça, Delegacia da Justiça do Trabalho, campus da Universidade do Estado do Amazonas / Centro de Estudos Superiores de Tefé (UEA/CEST) e 3º Batalhão de Polícia Militar do Amazonas, entre outros.

Estando um fator ligado ao outro, a presença desses órgãos e instituições é acompanhada de uma corrente circulação de capital, sendo a rede comercial local bastante diversificada, abastecida principalmente por Manaus. Além do comércio e prestação de serviços, no setor terciário, se verificam atividades relevantes no setor primário principalmente representado pela agricultura, e no setor secundário pela indústria da pesca e móveis. Cabe enfatizar que a indústria da pesca em Tefé conta com a presença de um frigorífico de grande porte que abastece, inclusive, a mercados no exterior, principalmente Colômbia, havendo a presença constante de pequenos frigoríficos flutuantes, geralmente de proprietários estrangeiros oriundos da Colômbia e Peru, exclusivamente para esse fim (Figura 10). Além desses, Tefé conta ainda com um flutuante denominado “Entrepasto de Pescado”, situado no lago de Tefé nas proximidades do Mercado Municipal. Nesse entreposto desembarca a maior parte do peixe que é vendido ao consumidor em Tefé.

Em 2000 o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) Municipal de Tefé era 0,663. Segundo a classificação do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), o município apresenta médio IDH (entre 0,5 e 0,8). Em relação aos outros municípios do Brasil, Tefé ocupa a 3555ª posição, sendo que 3.554 municípios (64,5%) estão em situação melhor e 1.952 municípios (35,5%) estão em situação pior ou igual. Em relação aos outros municípios do Estado, Tefé apresenta uma situação boa: ocupa a 15ª posição, sendo que 14 municípios (22,6%) estão em situação melhor e 47 municípios (77,4%) estão em situação pior ou igual em termos de IDH (SEPLAN/AM, 2009).



Figura 10. Frigorífico flutuante no lago de Tefé.
Fonte: Alexandre Donato da Silva, 2007.

Recente estudo da rede urbana no Amazonas intitulado “As cidades e os rios: tipificação da rede urbana da calha Solimões-Amazonas”, realizado pelo Núcleo de Estudos e Pesquisas das Cidades na Amazônia Brasileira (NEPECAB), tipificou Tefé como “cidade média de responsabilidade territorial”, o que indica que a cidade

Exerce uma função na rede que vai além das suas características em si, pois detém uma responsabilidade territorial que a torna um nó importante internamente na rede. Exerce diversas funções urbanas e contém diferentes arranjos institucionais que são importantes não só para o município, mas principalmente para as cidades e municípios ao seu redor. A importância territorial da cidade tem origem no desenvolvimento histórico-geográfico que constituiu a rede urbana nesta região. Normalmente o desenvolvimento econômico desta cidade tende a agregar valor na região (SCHOR *et al.*, 2007).

Apesar disso, Tefé, assim como a maioria das cidades do Estado do Amazonas, enfrenta problemas complexos que perpassam por questões de saúde, energia elétrica, saneamento básico e outros. A localização da cidade na bacia Amazônica lhe confere características geomorfológicas que apresentam uma abundante malha hídrica com vastas áreas alagáveis sazonalmente, de acordo com o regime das águas. Em consequência, essas características influem substancialmente no formato do ambiente físico urbano, notadamente no uso e ocupação do solo, definindo até mesmo o mapa da cidade.

Um grande igarapé, o Xidarini, e suas ramificações, dividem a cidade causando uma descontinuidade do sítio urbano. O nível de suas águas acompanha os regimes de seca e cheia dos rios de toda a região. Esse movimento natural e sazonal também impõe à paisagem urbana as parcelas de terrenos alagáveis, localizados justamente às margens dos referidos cursos d’água. Assim como observado em outras cidades da região esses espaços são

impropriamente ocupados, uma vez que a história revela a ocupação das margens dos cursos d'água desde longo tempo.

1.2.2 O zoneamento urbano de Tefé

A cidade de Tefé é dividida em vinte e dois bairros considerados tradicionais (Figura 11), conforme o Plano Diretor do Município (TEFÉ, 2006). Além dos bairros de Tefé, constam as vilas militares do Exército, Marinha e Aeronáutica (TEFÉ, 2006, p. 37), que também fazem parte da área urbana do município na chamada “Locais e Zona Especial Militar” (Figura 11). Esta zona inclui, também, os quartelamentos do Exército e Aeronáutica. O quartelamento da Marinha (Agência Fluvial de Tefé) é localizado no centro da cidade.

Os bairros de Tefé estão distribuídos em quatro zonas urbanas (ZU): ZU 1 – Centro, Santa Rosa, Olaria, Monte Castelo, Santo Antonio, Santa Luzia, Nossa Senhora de Fátima e Vila Nova; ZU 02 – Juruá, São Francisco, São José, Vila Batalha, Vila Buriti; ZU 03 – Fonte Boa, Jerusalém, São Raimundo, São João, Nova Esperança, Mutirão, Santa Teresa; e ZU 04 – Abial e Colônia Ventura. Quatro desses bairros estão separados da cidade por cursos d'água: Abial e Colônia Ventura (a leste do Centro) e os bairros de Nossa Senhora de Fátima e Vila Nova (ao Sul do Centro) (Figura 11).

1.2.3 A coleta dos resíduos sólidos urbanos de Tefé

O serviço de coleta de resíduos sólidos em Tefé é administrado pela Prefeitura Municipal por meio da Secretaria de Meio Ambiente e Secretaria de Infraestrutura. A coleta atinge a todos os bairros tradicionais mais as Vilas da Marinha e Aeronáutica, e recolhe os resíduos de origem domiciliar, comercial, industrial e hospitalar, produzidos no município Tefé, incluindo o entulho.

Para a coleta dos resíduos sólidos são empregados cinco caminhões caçamba e um bote de alumínio para os bairros localizados além dos cursos d'água e área de concentração de flutuantes. Os caminhões circulam com os resíduos expostos, impropriamente, contudo representam a única opção. Estudos realizados sobre a possibilidade de utilização de caminhões compactadores de lixo, ideais para esse fim, apontaram para um resultado negativo devido ao formato e pavimentação das ruas de Tefé não oferecerem bases resistentes aos eixos de rolamentos desse tipo de veículo (PMT/SEMMA, 2005).

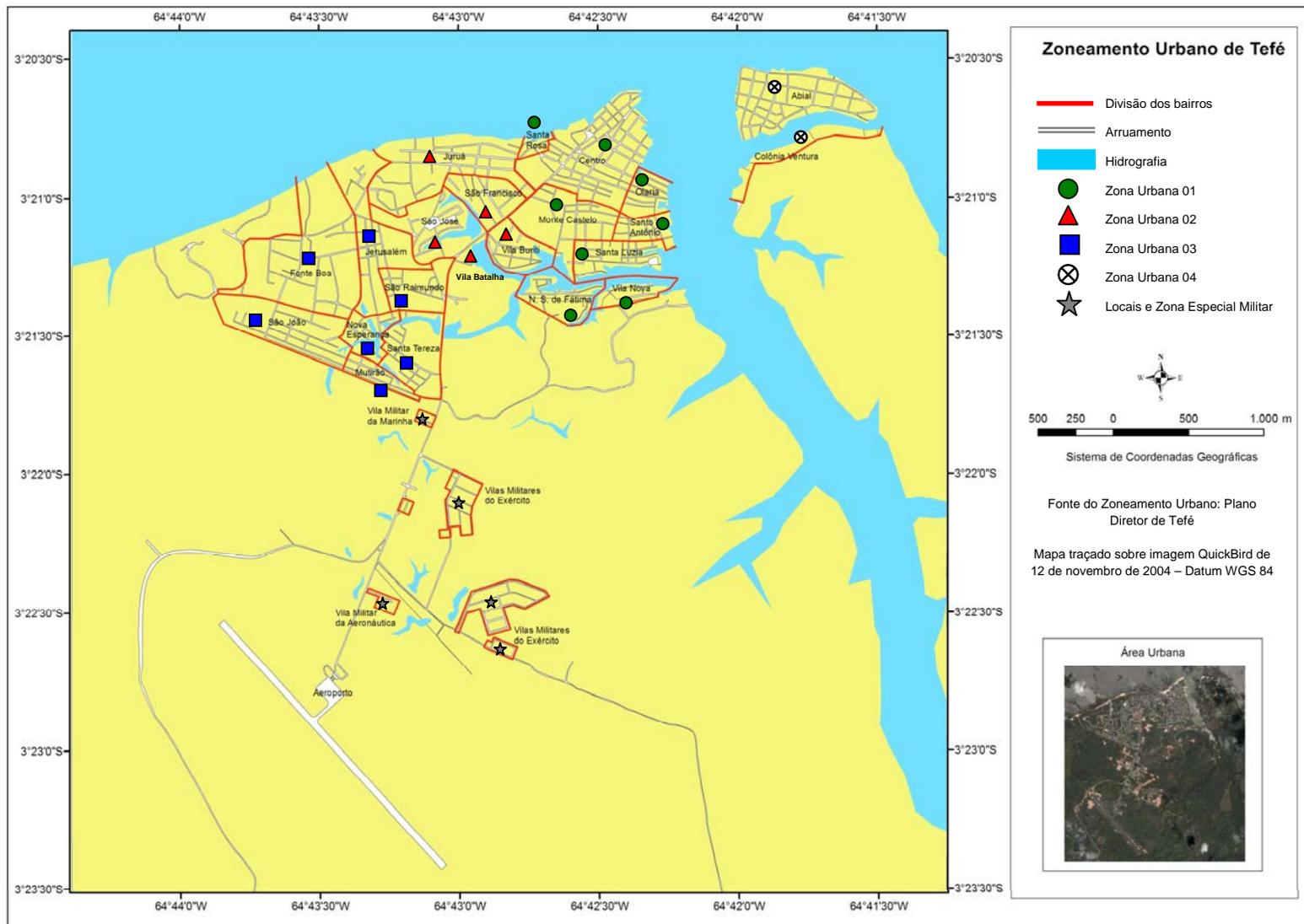


Figura 11. Zoneamento da área urbana de Tefé.

Segundo o planejamento da PMT, os resíduos sólidos e entulhos são coletados em sete rotas distintas, além das particulares, que operam toda a semana de segunda-feira a domingo, assim distribuídas aos caminhões e suas equipes:

- Rota 01: abrange a região do centro comercial da cidade, parte do bairro de Olaria e Santa Rosa. É a rota com maior quantidade de resíduos coletados, sendo realizada duas vezes por dia. O fato se dá pela concentração e atividades comerciais na região do centro, em grande parte de estivas. O serviço de coleta nesta rota é executado de segunda-feira a sábado durante todo o mês;
- Rota 02: abrange os bairros de Santo Antonio, Santa Luzia, Monte Castelo e parte do bairro de Olaria;
- Rota 03: realiza a coleta dos bairros de Juruá, São Francisco, São Raimundo e Santa Teresa;
- Rota 04: bairros de Jerusalém, Fonte Boa e parte do bairro de São João;
- Rota 05: bairros de Mutirão, Nova Esperança, parte do bairro de São João e Estrada do Aeroporto, inclusive as vilas da Marinha e Aeronáutica;
- Rota 06: esta rota é exclusiva para a coleta dos resíduos produzidos na Feira do Agricultor e no Mercado Municipal, uma vez que estes são conjugados. É a única rota atendida em todos os dias da semana, de segunda-feira a domingo. O resíduo dessa rota é composto quase totalmente por matéria orgânica, principalmente de origem vegetal. Quando há a coleta embarcada, os resíduos recolhidos às margens do bairro do Abial e dos flutuantes do lago também são recolhidos por essa rota depois de chegarem às margens de Tefé;
- Rota 07: esta rota recolhe os resíduos da varrição noturna, realizada nas vias principais da cidade;
- Rotas particulares: uma delas realizada pelo Exército nas Vilas Militares e suas unidades (quartéis), e a outra por iniciativa de alguns comerciantes, com veículos e pessoal próprios, que têm o acesso autorizado ao aterro controlado da cidade.

De acordo com a Prefeitura de Tefé (2006) não há coleta sistematizada nos bairros do Abial, Colônia Ventura, N. S. de Fátima e Vila Nova e há sérias dificuldades estruturais para a coleta de resíduos em bairros como São José, Nova Esperança, parte do São João e Jerusalém. Não foi informada a coleta nos bairros Vila Batalha e Vila Buriti.

Somente as vilas militares do Exército, assim como todos os seus quartéis presentes em Tefé e o Aeroporto não tem seus resíduos coletados pela Prefeitura Municipal de Tefé ,

possuindo um serviço próprio para tal. Neste serviço é utilizada uma viatura com motoristas e dois garis, que executam a coleta de três a quatro vezes por semana. Cabe lembrar que além das unidades do Exército localizadas na Zona Especial Militar, outros quartéis localizam-se em diferentes endereços na cidade.

Segundo a PMT/SEMMA (2009), tiveram destino ao aterro controlado de Tefé, durante o ano de 2008, aproximadamente 7.438,4 toneladas de resíduos sólidos urbanos. Desse total, 191,5 toneladas de resíduos foram reaproveitadas, não somado volume no aterro. Dessa forma, 7.224,45 toneladas foram dispostas no aterro, uma média de mensal de 602 toneladas e média diária de cerca de 20,07 toneladas (Tabela 06).

Dentre as rotas públicas, a que apresentou maior volume e peso de resíduos foi a número 01, que coletou em 2008, 3.837 m³ ou 1.534,8 toneladas de resíduos sólidos. Em último lugar, a rota número 07 coletou o 1.008 m³, o equivalente a 403,2 toneladas de resíduos sólidos. Dentre as rotas particulares, com coleta e transporte dos resíduos sólidos ficam por conta dos geradores, a rota do Exército produziu 2.106 m³ de resíduos, cerca de 842,4 toneladas de resíduos, mais do que a somatória do peso de todas as outras rotas reunidas, que incluem a vila da Marinha, da Aeronáutica e alguns comércios locais.

Apesar de não haver dados de composição gravimétrica dos resíduos sólidos em Tefé, observa-se que os resíduos orgânicos ocorrem em maior volume. A afirmativa pode ser comprovada ao se observar que a rota número 01 é a responsável pela coleta dos resíduos do Mercado Municipal. É necessário ressaltar que não existe, em Tefé, balança apropriada para a aferição do peso dos resíduos que têm destino ao aterro controlado. Os referidos números, anotados diariamente quando os caminhões dão entrada no aterro de Tefé, são registrados pela PMT/SEMMA e o peso é estimado pela metragem cúbica de cada carga de resíduos sólidos. A PMT/SEMMA considera que 2,5 m³ de volume de resíduos equivalem a uma tonelada de peso, proporção diferente da estimada por Schalch e Andrade (1996, p. 17), onde o mesmo volume corresponderia a 0,750 toneladas de resíduos (0,3 toneladas/m³).

Tabela 06. Relatório anual de coleta de resíduos sólidos em Tefê – 2008.

| 2008 | Condições Climáticas por Operação* | | | ROTAS PÚBLICAS | | | | | | | TOTAL DOMÉSTICO 1 | RESÍDUOS SAÚDE | ROTAS PARTICULARES | | | | | | TOTAL DOMÉSTICO 2 | TOTAL GERAL | TOTAL ESTIMADO | |
|--------------|------------------------------------|------------|-----------|----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------------|----------------|--------------------|-----------|------------|------------|--------------|-----------------|-------------------|-------------|----------------|---------------|
| | | | | ROTA 01 | ROTA 02 | ROTA 03 | ROTA 04 | ROTA 05 | ROTA 06 | ROTA 07 | | | EXÉRCITO | MARINHA | INFRAERO | MAMIRAUÁ | MERC. VÍCTOR | MERC. SÃO PAULO | | | | OUTROS |
| Mês | B | C | CC | m³ | m³ | m³ | m³ | m³ | m³ | m³ | m³ | m³ | m³ | m³ | m³ | m³ | m³ | m³ | m³ | m³ | m³ | t |
| Jan | 247 | 43 | 1 | 299 | 155 | 160 | 213 | 165 | 180 | 110 | 1282 | 6 | 159 | 4 | 0 | 24 | 0 | 12 | 45 | 244 | 1532 | 612.8 |
| Fev | 183 | 44 | 6 | 259 | 149 | 150 | 301 | 160 | 147 | 40 | 1206 | 0 | 110 | 0 | 0 | 10 | 3 | 22 | 25 | 170 | 1376 | 550.4 |
| Mar | 215 | 57 | 2 | 322 | 105 | 90 | 252 | 105 | 165 | 85 | 1124 | 3 | 273 | 3 | 0 | 37 | 3 | 4 | 45 | 365 | 1492 | 596.8 |
| Abr | 232 | 53 | 15 | 346 | 160 | 165 | 220 | 140 | 150 | 105 | 1286 | 5 | 208 | 7 | 0 | 23 | 6 | 5 | 45 | 294 | 1585 | 634 |
| Mai | 181 | 75 | 0 | 329 | 135 | 185 | 148 | 95 | 190 | 82 | 1164 | 3 | 182 | 10 | 8 | 9 | 5 | 10 | 50 | 274 | 1441 | 576.4 |
| Jun | 266 | 24 | 3 | 315 | 160 | 160 | 202 | 120 | 160 | 90 | 1207 | 5 | 175 | 0 | 31 | 14 | 2 | 27 | 55 | 304 | 1516 | 606.4 |
| Jul | 264 | 37 | 2 | 364 | 190 | 150 | 238 | 140 | 160 | 40 | 1282 | 2 | 196 | 4 | 32 | 15 | 0 | 7 | 50 | 304 | 1588 | 635.2 |
| Ago | 242 | 55 | 0 | 315 | 150 | 100 | 217 | 170 | 230 | 90 | 1272 | 4 | 140 | 8 | 31 | 22 | 45 | 55 | 20 | 321 | 1597 | 638.8 |
| Set | 223 | 42 | 5 | 343 | 110 | 95 | 251 | 150 | 155 | 142 | 1246 | 3 | 154 | 2 | 8 | 7 | 40 | 30 | 13 | 254 | 1503 | 601.2 |
| Out | 249 | 37 | 0 | 351 | 150 | 165 | 210 | 150 | 169 | 105 | 1300 | 3 | 167 | 0 | 9 | 3 | 55 | 42 | 12 | 288 | 1591 | 636.4 |
| Nov | 253 | 26 | 0 | 273 | 190 | 150 | 210 | 185 | 200 | 28 | 1236 | 0 | 189 | 0 | 1 | 6 | 40 | 40 | 14 | 290 | 1526 | 610.4 |
| Dez | 268 | 36 | 22 | 321 | 247 | 215 | 177 | 191 | 336 | 91 | 1578 | 10 | 153 | 3 | 17 | 2 | 39 | 20 | 27 | 261 | 1849 | 739.6 |
| TOTAL | 2823 | 529 | 56 | 3837 | 1901 | 1785 | 2639 | 1771 | 2242 | 1008 | 15183 | 44 | 2106 | 41 | 137 | 172 | 238 | 274 | 401 | 3369 | 18596 | 7438,4 |

| | | | | | | | | | |
|------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|
| CAPACIDADE OPERACIONAL (ANO) | 4368 | 3120 | 3120 | 3120 | 3120 | 3120 | 3120 | 23088 | 36 |
| PRODUTIVIDADE POR ROTA | 88% | 61% | 57% | 85% | 57% | 72% | 32% | 66% | 122% |

| | | | | | |
|---|------------|-------------|------------|-------------|-------------|
| RESÍDUOS SELECIONADOS PARA RECICLAGEM (toneladas) | Vidro | Metais | Papel | Plástico | PET |
| | 1,8 | 1,25 | 144 | 30,4 | 14,5 |

| | | | |
|---|----------------|---|--------------|
| Total de resíduos coletados em 2008 (toneladas) | 7.438,4 | Total de resíduos destinados a reciclagem em 2008 (t) | 191,9 |
|---|----------------|---|--------------|

| | | | |
|--|-----------|---|----------------|
| Total de resíduos de saúde coletados em 2008 (t) | 22 | Total de resíduos aterrados em 2008 (toneladas) | 7.224,4 |
|--|-----------|---|----------------|

| | | | |
|--|------------|--|-------------|
| Média mensal de resíduos aterrados (t) | 602 | Média diária de resíduos aterrados (toneladas) | 20,1 |
|--|------------|--|-------------|

* B – Bom Tempo C – Chuva CC – Chuva torrencial ou forte

Fonte: Prefeitura Municipal de Tefê/Secretaria Municipal de Meio Ambiente, 2009.

Os resíduos sólidos de serviço de saúde são coletados à parte, por viatura e pessoal específicos para esse fim (Figura 12). Além de farmácias, consultórios médicos, odontológicos e veterinários, Tefé possui seis Centros de Saúde administrados pela PMT: três no centro (Irmã Adonay, São Miguel e Unidade Sanitária Central – Policlínica) e nos bairros de Abial, Mutirão e Santa Luzia. Além desses, um Hospital Regional administrado pelo Governo do Estado. Por ser baixo o volume dos resíduos sólidos de serviço de saúde produzido pelo Posto Médico do Exército, o material é levado a alguma unidade de saúde por onde passa o serviço de coleta de lixo da PMT. Em 2008, foram coletadas 22 toneladas de resíduos sólidos de serviço de saúde em Tefé. Apesar do controle, segundo a PMT/SEMMA, o planejamento nem sempre é executado conforme previsto por fatores que vão desde problemas mecânicos com os caminhões à utilização dos mesmos para outros fins.

Quanto às despesas, a PMT/SEMMA informou que são empregados cerca de R\$ 200.000,00 (duzentos mil reais) mensais no serviço de coleta dos resíduos sólidos municipais. Estes distribuídos entre custos de pagamento de pessoal (cerca de cem pessoas), manutenção de caminhões, máquinas e embarcações, combustível, equipamentos, projeto de compostagem do aterro controlado e apoio à cooperativa de catadores que lá atua, entre outros gastos eventuais.



Figura 12. Coleta dos resíduos sólidos dos serviços de saúde.
Fonte: PMT/SEMMA, 2007.

O fato da área urbana de Tefé estar situada entre cursos d'água, o lago de Tefé e o igarapé do Xidarini (Figura 11), faz com que grande parte de sua área esteja sujeita ao regime de seca e cheia dos rios. Ocupados imprópriamente, esses locais não oferecem a infraestrutura mínima que permita a circulação dos caminhões do serviço de coleta de resíduos sólidos.

Segundo dados da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM, 2007), a variação dos níveis do rio Solimões na região de Tefé, entre os períodos de cheia e seca para o

ano de 2006, foi de 11,37 metros, tendo sido a mínima registrada de 2,19 metros e a máxima 13,56 metros, com a média anual ficando em 8,65 metros. Pela proximidade da localização da régua de aferição que apontaram esses dados, na região da Missão, e pelo fato de as águas do rio Solimões e do lago Tefé serem comunicantes, esses níveis são sentidos na área urbana de Tefé, onde a variação causa significativas mudanças na hidrogeomorfologia local (Figuras 13a e 13b).



Figura 13. a) Área urbana de Tefé no período de cheia dos rios; b) Área urbana de Tefé no período de seca dos rios.

Fonte: 16ª Brigada de Infantaria de Selva, 2003.

Medições realizadas em imagem de alta resolução espacial de outubro de 2004, período de seca, apontam para uma variação horizontal de até 235 metros em alguns pontos da margem em relação à área urbana, faixa onde também ocorrem o surgimento das conhecidas “praias” que circundam a cidade, formadas às margens do lago de Tefé e do igarapé do Xidarini. A maioria dos bairros de Tefé possui um dos seus limites voltados para um dos cursos d’água que cercam a cidade, seja o lago Tefé, o igarapé do Xidarini, o furo do Abial, o igarapé do Aroldo ou uma das suas múltiplas ramificações intra-urbanas destes. Esse aspecto fisiográfico é o principal complicador das ações de coleta dos resíduos sólidos em Tefé.

Silva (2007) identificou três situações fisiográficas e de infraestrutura urbana distintas em Tefé, que influem diretamente nas condições de coleta dos resíduos sólidos urbanos, principalmente na época da cheia dos rios naquele município. Para a representação das referidas áreas, propôs o “zoneamento urbano de Tefé pelas condições ambientais de coleta de lixo”, dividindo a cidade nas zonas verde, amarela e vermelha (Figura 14), conforme características a seguir discriminadas.

a) Zona Verde

A Vila Militar do Exército: localizada na porção sul da área urbana de Tefé, divide-se em Vila de Oficiais Superiores, Vila de Capitães e Tenentes e Vila de Subtenentes e Sargentos. A coleta dos resíduos nessas vilas ocorre de forma independente do serviço de coleta da Prefeitura. A 16ª Brigada de Infantaria de Selva dispõe de uma viatura e equipe exclusiva para a coleta do lixo nas referidas vilas.

A coleta é realizada de segunda à sexta-feira, por um trator que reboca uma carreta de porte que permite o transporte da carga de resíduos sólidos produzidos nas vilas militares. O trator foi originalmente utilizado pelas dificuldades de acesso ao aterro nas estações de chuva, conforme será detalhado posteriormente.

Das vilas militares presentes em Tefé, as vilas da Marinha e da Aeronáutica têm seus resíduos coletados pelo serviço da Prefeitura Municipal. Esse fato ocorre pela facilidade de seu acesso, uma vez que estão próximas da estrada do aeroporto, via pública, e o serviço de coleta dos resíduos sólidos da Prefeitura tem acesso às lixeiras comunitárias das vilas. O mesmo não ocorre com as vilas militares do Exército, uma vez que seus núcleos estão afastados da estrada do Aeroporto, inclusive suas lixeiras (Figura 11). Os resíduos sólidos produzidos nas vilas militares têm destino ao aterro de lixo da Prefeitura Municipal, ficando o mesmo mais próximo dessas vilas do que das outras áreas da cidade.

Vários aspectos contribuem para que o serviço de coleta dos resíduos sólidos nas vilas militares seja eficiente. Além das excelentes condições de infraestrutura dessas áreas, o serviço é administrado de forma que o pessoal seja escalado diariamente e exclusivamente para esse fim. A viatura recebe manutenção preventiva, e corretiva quando necessário, e o pessoal empregado é destinado exclusivamente para a coleta. Além disso, as casas das vilas não possuem lixeiras individuais e os pontos de deposição dos resíduos são coletivos (Figura 15), localizados em pontos estratégicos, contendo tonéis tampados, evitando a ação da chuva e de urubus aos resíduos, e com bases protegidas da ação de cães e outros animais.

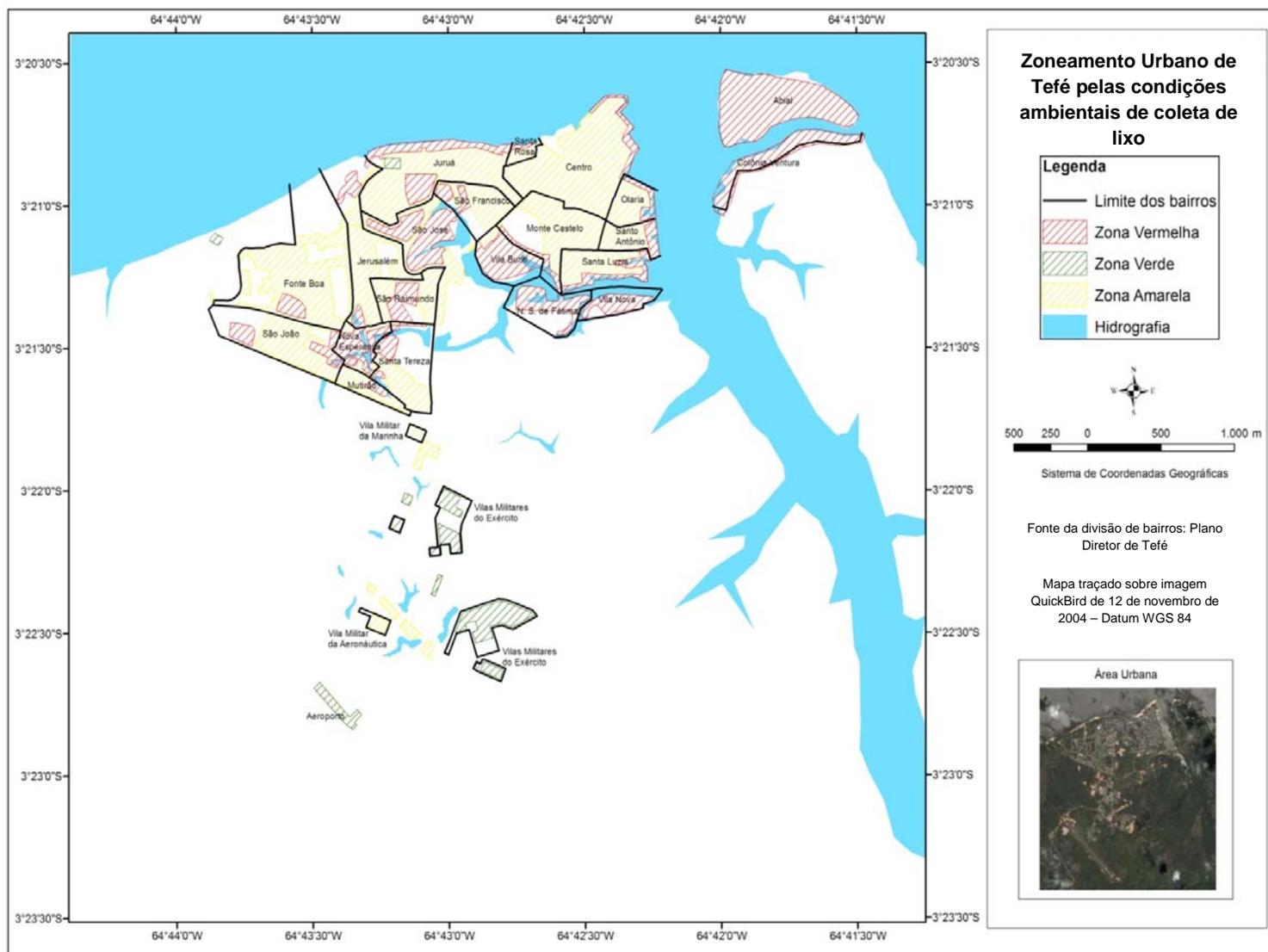


Figura 14. Zoneamento da área urbana de Tefé por condições ambientais de coleta de lixo.
 Fonte: Silva, 2007.



Figura 15. Ponto de coleta de lixo coletiva de uma das vilas militares.
Fonte: 16ª Brigada de Infantaria de Selva, 2003.

Os resíduos sólidos produzidos no aeroporto de Tefé também recebem tratamento diferenciado. A INFRAERO mantém um depósito para resíduos recicláveis (Figura 16), onde são dispostos de forma seletiva e regularmente coletados por empresas que compram o material segundo seu valor por quilo. Os resíduos orgânicos são enterrados em área para esse fim, enquanto os demais resíduos, em volume bastante reduzido ao da produção original, são destinados no aterro controlado de Tefé, conduzidos por viatura da própria INFRAERO. Dessa forma, o serviço de coleta e destinação dos resíduos sólidos produzidos no aeroporto de Tefé também não encontra dificuldades para a sua execução.



Figura 16. Depósito de resíduos recicláveis do aeroporto de Tefé. Momento da pesagem para a venda.
Fonte: INFRAERO, 2004.

A coleta para fins de reciclagem é realizada pelas empresas COPELRIO, COMETAIS e COPLAST, todas com representantes em Tefé e com suas sedes em Manaus. Essas

empresas possuem depósitos na cidade (Figura 17) onde são armazenados os resíduos recicláveis adquiridos e o material é enviado para Manaus, por balsas, após atingir determinado volume (Figura 18).



Figura 17. Depósito de empresa compradora de resíduos recicláveis.
Fonte: INFRAERO, 2004.



Figura 18. Balsa carregada de resíduos recicláveis coletados em Tefé
Fonte: INFRAERO, 2004.

b) Zona Amarela

A maior parte da população de Tefé habita nesta zona, nela estão localizados todos os bairros tradicionais de Tefé (menos os da ZU 04), mais as vilas militares das três Forças Armadas e seus aquartelamentos. O centro comercial, Prefeitura e suas secretarias, feira, Mercado Municipal, rede de ensino, hospital e centros de saúde, bancos, indústrias (principalmente moveleiras), oficinas, hotéis, Organizações Militares, portos fluviais,

restaurantes e a maioria de outras atividades relevantes à economia local, também potenciais geradoras de resíduos sólidos, estão presente nesta zona.

A coleta dos resíduos sólidos nessa zona é administrada pela Prefeitura municipal com os equipamentos e pessoal disponível. Das sete rotas de coleta de lixo da Prefeitura, todas passam pela Zona Amarela que ainda conta com a rota particular. Como já mencionado, o centro comercial recebe atendimento diário de coleta de resíduos e os demais bairros são atendidos de duas a três vezes por semana. A infraestrutura urbana nesta zona é a que oferece melhores condições de tráfego para os caminhões de coleta de resíduos na cidade.

Do ponto de vista fisiográfico, a Zona Amarela é composta pela parcela de território da cidade que se encontra na região mais alta em relação ao nível dos cursos d'água e, portanto, não apresenta alagações sazonais (salvo casos de grandes cheias). Este fato influencia sobremaneira na conservação da infraestrutura urbana, aspecto observado no asfaltamento das ruas (Figura 19).



Figura 19. Vista parcial de centro comercial de Tefé.
Fonte: Alexandre Donato da Silva, 2003.

c) Zona Vermelha

A Zona Vermelha recebe esta denominação devido à dificuldade da coleta de resíduos nestes locais. Nesta zona há dois aspectos limitantes principais para coleta: a necessidade de transposição dos cursos d'água, porém não há pontes para o tráfego dos caminhões nos casos dos bairros do Abial, Colônia Ventura, Vila Nova e Nossa Senhora de Fátima; e o uso e ocupação impróprios do solo urbano nas regiões que sofrem alagamento sazonal (Figuras 14 e 20).

Segundo a Secretaria de Meio Ambiente de Tefé, a impossibilidade de controle, pela Prefeitura, sobre o despejo desordenado e impróprio dos resíduos nessas áreas, permite apenas o que se chama de “coleta de correção”, ação de garis que, embarcados em um bote de alumínio (Figura 21), circulam as áreas de deposição recolhendo os resíduos que flutuam nos cursos d’água. No período da seca dos rios, quando as máquinas e os caminhões podem circular nas áreas anteriormente alagadas, é realizada uma limpeza com equipamentos mecânicos e um grande número de agentes de limpeza do município (Figura 22).



Figura 20. Limite fluvial do bairro de Olaria.
Fonte: Alexandre Donato da Silva, 2007.



Figura 21. Lixo recolhido na orla por agentes de limpeza embarcados.
Fonte: PMT/SEMMA, 2007.



Figura 22. Pá mecânica e caminhão recolhendo o lixo das áreas sujeitas à alagação, em época de seca.
Fonte: PMT/SEMMA, 2007.

Na zona vermelha, também foram verificados focos de queima de resíduos sólidos (Figura 23), que apesar de impróprio, é procedimento que revela a preocupação de alguns moradores em eliminar os dejetos e afastar urubus, roedores, insetos, entre outros, e consequentes doenças. Durante as visitas na área foram observados escavações de buracos na praia, durante a época da seca, para a disposição dos resíduos. Esse procedimento também foi utilizado pela Prefeitura de Tefé em situações emergenciais.



Figura 23. Queima de lixo em área de alagação sazonal, bairro Juruá.
Fonte: Alexandre Donato da Silva, 2007.

Fato interessante de ser mencionado diz respeito aos observados “quintais submersos” (Figura 24). Em algumas das casas, também chamadas de palafitas, situadas sobre o igarapé do Xidarini na época da cheia dos rios, alguns proprietários cercam seus quintais, metros abaixo dos seus assoalhos, com o intuito de que os resíduos sólidos depositados diretamente no igarapé não se acumulem embaixo de suas casas. Para tal, tomam o devido cuidado para que os resíduos sólidos por eles próprios arremessados no igarapé ultrapassem os limites do seu quintal.



Figura 24. “Quintais submersos” (casa à esquerda), bairro de Olaria.
Fonte: Alexandre Donato da Silva, 2007.

Na região do igarapé do Aroldo, nos bairros de Nossa Senhora de Fátima e Vila Nova, também foram observados as “latrinas flutuantes”, casinhas destinadas às necessidades fisiológicas de moradores construídas sobre toras de madeira flutuante e amarradas no fundo das casas, geralmente por cordas. Na época da cheia dos rios a “latrina flutuante” permanece junto a casa. À medida que os níveis das águas baixam e o igarapé distancia-se da casa a latrina acompanha com a liberação da corda que a mantinha junto à residência. As mesmas casas dessa região que não utilizam essas latrinas têm seus esgotos despejados diretamente no igarapé ou no seu leito seco, dependendo do regime das águas.

No bairro do Abial, que se torna uma ilha durante o período de cheia, observou-se, somente na porção norte e oeste dos seus limites, cerca de seis pontos de despejo de resíduos que descem pelos barrancos até a areia da praia que é freqüentada por banhistas (Figura 25). A realidade remete à notícia veiculada em cadeia nacional pela Radiobrás, por meio da Agência Nacional de notícias, que traz o comentário impressionado da pesquisadora Margi Moss (Projeto Brasil das Águas) ao relatar seu sobrevôo em Tefé e observar a situação do lixo nas praias e cursos d’água: “as pessoas estavam sentadas na praia em meio ao lixo. O rio subia, pegava o lixo e levava embora e todo mundo estava dentro da água, com o lixo boiando, sem se preocupar” (AQUINO, 2007).

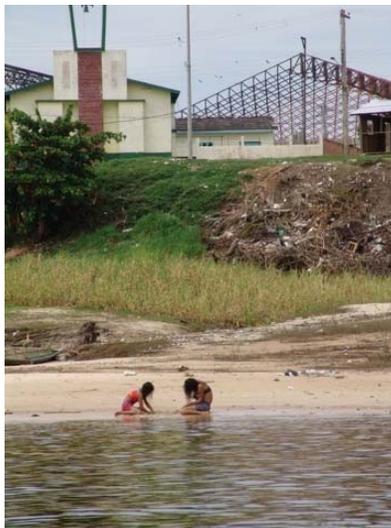


Figura 25. Banhistas em praia do bairro do Abial, próximas de vazadouro de lixo.
Fonte: Alexandre Donato da Silva, 2007.

Como agravante para a zona vermelha, no bairro do Abial existe um frigorífico de pesca, o “Frigopeixe” (Figura 26), que produz, fora da época do defeso, aproximadamente 2,5 toneladas diárias de resíduos de peixes, partes destes não aproveitadas para o comércio (PMT, 2007). Benites *et al.* (2007) informam que todo resíduo gerado pela limpeza dos peixes no referido frigorífico era jogado no lago de Tefé, e por consequência esses resíduos atraíam peixes como piranhas e candirus e que estes chegaram a atacar banhistas nas praias que se formam ao redor da cidade e bairro do Abial. Para que se tenha uma ideia, de cada peixe Aruanã (*Osteoglossum bicirrhosum*) são aproveitados para comércio somente 30% de seu corpo/peso, sendo que 70% (cabeça, carcaça e vísceras) tornam-se resíduos. Benites *et al.* (2007) informam, ainda, que no período de junho de 2003 a maio de 2004 o referido frigorífico produziu 323,65 toneladas de resíduos de peixe.



Figura 26. Frigorífico de pesca “Frigopeixe”, no bairro de Abial.
Fonte: Alexandre Donato da Silva, 2007.

O que se observa na Zona Vermelha é que os cursos d'água acabam sendo utilizados como grandes vazadouros de resíduos sólidos em consequência da inexistência do serviço de coleta nessas áreas. Em consequência de sua extensão e densidade demográfica, observada pela quantidade de moradias, somado à presença dos frigoríficos de pesca, pode-se afirmar que esta zona produz tanto ou mais resíduos que as demais zonas juntas, no entanto isso, na ocasião, não pôde ser mensurado. Cabe enfatizar, contudo, que o fato ocorre em decorrência da precariedade de infraestrutura e do uso e ocupação impróprios dos locais. Dessa forma, a Zona Vermelha apresenta o quadro mais crítico da problemática dos resíduos na cidade de Tefé, assim como os ambientes mais degradados. Nesta zona, a parcela dos resíduos que pode ser recolhida pela PMT é destinada para o aterro controlado de Tefé.

1.2.4 A disposição final dos resíduos sólidos urbanos

Segundo a PMT/SEMMA, o grande problema da disposição final dos resíduos sólidos urbanos em Tefé sempre esteve associado à indisponibilidade de estradas pavimentadas e locais apropriados para esse fim. As estações de seca e chuva, refletidas no regime das águas da região, influem substancialmente nas condições de transporte dos resíduos coletados na cidade para locais considerados próprios.

Até o ano de 2008 somente a estrada da Agrovila permitia o escoamento das cargas de resíduos coletados da área urbana de Tefé. A sua extensão é de aproximadamente 16 km, considerando a distância entre o centro da cidade e a Agrovila do igarapé Açú. Esta estrada foi asfaltada na década de 1980 e posteriormente recebeu novo asfaltamento somente em 2002. Nesse intervalo de tempo o asfalto deteriorou-se em praticamente toda sua extensão, tornando impossível o tráfego de veículos em períodos de chuva (Figura 27).



Figura 27. Trecho da estrada da Agrovila em período de chuvas de 1999.
Fonte: Alexandre Donato da Silva.

A estrada da Empresa Amazonense de Dendê (EMADE) inicia-se no km 10 da estrada da Agrovila, e chega à Agrovila da EMADE cerca de 12 km após seu início, e segue por mais 9 km até encontrar-se com o rio Solimões, onde será construído o novo porto fluvial de Tefé (Figura 28).

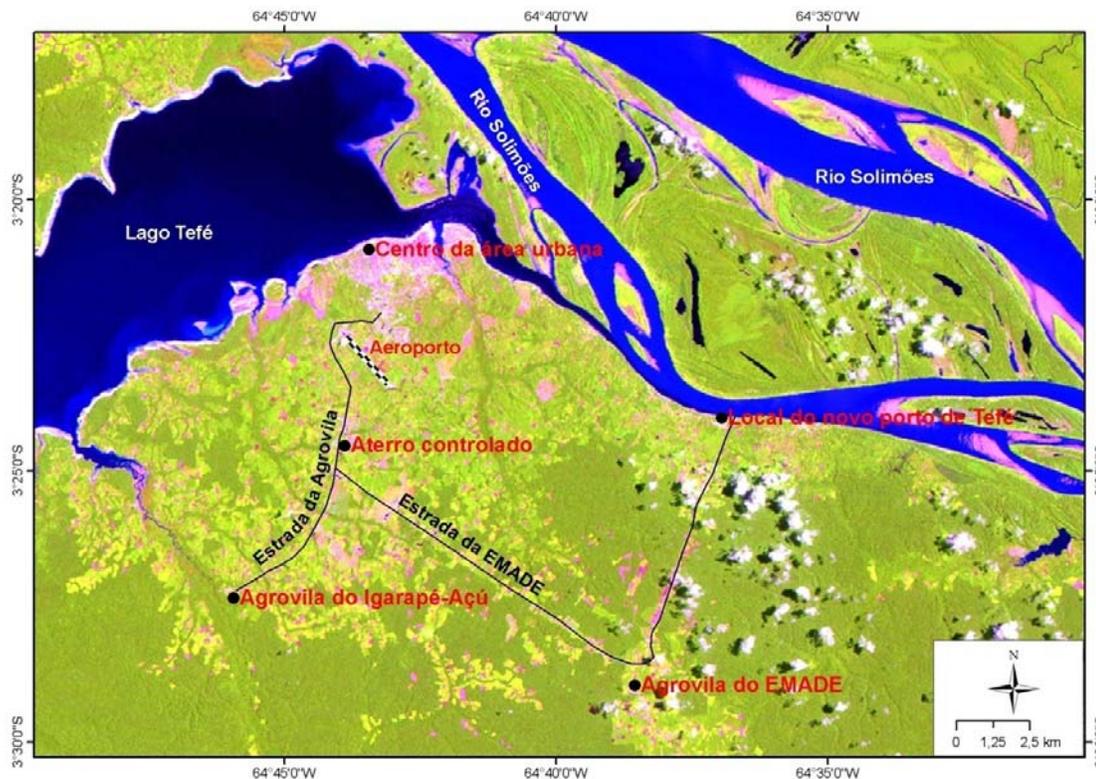


Figura 28. Malha viária de Tefé e outros aspectos do entorno urbano.

Antes da recuperação da estrada da Agrovila, em 2002, a impossibilidade do tráfego impedia o trânsito dos caminhões de coleta de resíduos sólidos da cidade, o que determinou que os depósitos para a destinação final dos resíduos ocorressem na própria área urbana do município. Dessa forma, os possíveis locais utilizados durante o período de seca para a disposição dos resíduos ao longo da estrada da Agrovila eram abandonados no período das chuvas, fato que acabava consagrando os lixões na área urbana.

Um levantamento de campo em Tefé revelou as últimas localizações de lixões a céu aberto (Figura 29). No início da década de 1990, o lixão localizava-se aos fundos da antiga olaria, no bairro de São Raimundo (Figura 29). Ainda no início da década de 1990 a maior parte dos resíduos produzidos na feira do município, na época localizada na região da praça Remanso do Boto, era depositada no igarapé que chegava até os fundos da feira (Figura 29).

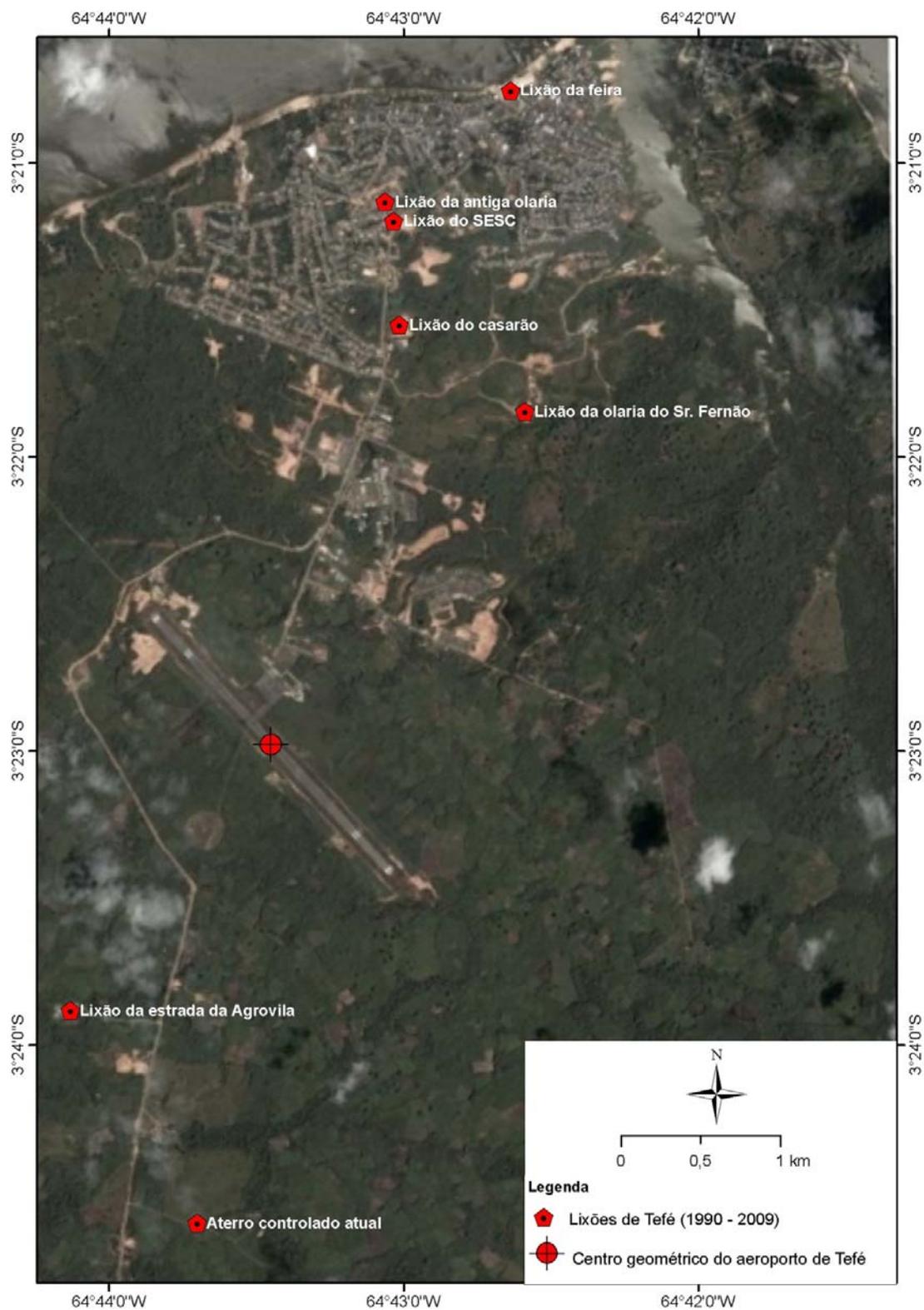


Figura 29. Localização das áreas utilizadas para disposição final dos resíduos em Tefé (1990 – 2009).
Fonte: Google Earth, 2007.

Por volta do ano de 1992 os resíduos passaram a ser depositados no terreno onde hoje se localiza o Serviço Social do Comércio (SESC) (Figuras 29 e 30), ao lado da antiga olaria, também bairro de São Raimundo (Figura 29). Esse local foi utilizado até 1997, quando então houve a tentativa de levar o lixão para a estrada da Agrovila, com a criação da Lixeira Municipal (Figura 29). No entanto, os já mencionados problemas de infraestrutura em períodos de chuva, faziam com que fosse recorrente a utilização do terreno do SESC para depositar os resíduos sólidos.



Figura 30. Instalação do SESC, construída sobre terreno que fora lixão.
Fonte: Alexandre Donato da Silva, 2003.

No “vai e volta” da disposição dos resíduos imposta pelos períodos de seca e chuvas, no ano de 2000 a Prefeitura municipal passa a alternar o lixão da estrada da Agrovila com o da estrada do Aeroporto (também chamado de lixão do Casarão), ao lado do Círculo Militar de Tefé (CMTF) (Figura 29). Esta localização foi utilizada nos períodos de chuva até meados de 2003 e seguiu o padrão de desorganização dos demais lixões. Além da localização imprópria, geralmente alugada pela Prefeitura, os lixões não eram cercados ou vigiados, o que permitia o acesso sem controle de pessoas ao seu interior, nestes locais as pessoas amontoavam-se sobre as descargas de resíduos (Figura 31). O fato já havia sido observado por Schalch e Andrade (1996).

As pessoas, dentre elas crianças, que freqüentavam os lixões estavam expostas à contaminação pelas doenças comuns ao contato com resíduos, ou por ataque de roedores, cães e urubus, também muito presentes nesses locais. Além disso, os resíduos sólidos de serviços de saúde eram destinados nos lixões junto aos resíduos de outras origens, o que significava mais risco pela contaminação por contato com agulhas, lâminas de bisturis e outros materiais infectados.



Figura 31. Crianças e adultos no lixão ao lado do Círculo Militar de Tefé.
Fonte: Alexandre Donato da Silva, 2003.

Nesse intervalo de tempo, em 2001, surgiu uma nova problemática para a questão da disposição dos resíduos. Em uma parte baixa do ramal de acesso ao lixão da estrada da Agrovila, ou Lixeira Municipal, há o igarapé do Patoá, para onde escorria todo o chorume dos resíduos sólidos dispostos no local. Esse igarapé banha propriedades de diversos agricultores produtores de farinha e que utilizam suas águas para o tratamento da macaxeira, pesca e demais usos domésticos. Além disso, o igarapé do Patoá junta-se com o igarapé do Curupira, um dos principais da região, que por sua vez desemboca no lago Tefé. Segundo o Setor Curupira e Entidades Parceiras (2002), grupo organizado de agricultores de Tefé, o fato do lixão contaminar os referidos igarapés prejudicava diretamente trinta e oito famílias e cerca de duzentas indiretamente, todas pertencentes àquele setor. As águas contaminadas, que chegavam ao lago, passavam pela bomba de coleta de água da extinta Companhia de Saneamento do Amazonas (COSAMA), que abastecia a cidade de Tefé, atingindo um grande número de famílias da área urbana.

Até abril de 2005, segundo a Prefeitura Municipal de Tefé, a localização do lixão alternava entre a estrada da Agrovila (Figura 29) e alguma posição intra-urbana. Contudo, em maio de 2005 a estrada da Agrovila foi interditada para os caminhões de lixo, por ordem judicial. Esse evento, que será detalhado posteriormente, fez com que a Prefeitura de Tefé passasse a utilizar como lixão uma área dentro da olaria do Sr. Fernão, com acesso pela estrada do Aeroporto, portanto posição intra-urbana (Figura 29).



Figura 32. Lixão da estrada da Agrovila.
Fonte: INFRAERO, 2005.

Depois de reaberta a estrada da Agrovila, a Prefeitura passou a dispor os resíduos sólidos em local conhecido como terreno do Sr. Ananias (também conhecido como lixão do INCRA) (Figura 35). No entanto, após três meses de uso, a área foi interdita pelo Governo do Estado do Amazonas. Em mais uma mudança, a partir de agosto de 2005 a Prefeitura passou a utilizar um local que permanece até os dias atuais, conhecido como ramal da Vovó, que tem acesso pela estrada da Agrovila, pouco adiante do antigo lixão, do lado oposto da referida estrada (Figura 29).

Cabe enfatizar que durante o período que precedeu o ponto culminante da crise da coleta e disposição dos resíduos sólidos em Tefé, um grande número de pontos de despejo clandestinos ainda eram utilizados por iniciativa própria de comerciantes, independente do controle da Prefeitura municipal. A estrada da Agrovila sempre foi o local de maior ocorrência dos referidos despejos.

O crescente volume de resíduos sólidos depositados a céu aberto, em locais impróprios para tal, sem o devido tratamento, passou a atrair um número cada vez maior de urubus a essas regiões, intensificando o perigo aviário, fator que viria a culminar em fechamentos do Aeroporto de Tefé nos anos seguintes. Ainda no ano de 2005 a imprensa passou a relatar esta problemática em Tefé (LIXEIRA, 2005).

1.3 A crise do perigo aviário

O evento de maior notoriedade desencadeado pela má disposição final dos resíduos sólidos em Tefé foi a interdição do seu aeroporto em consequência da presença de urubus na região da cabeceira da pista de pouso e decolagem. Estas aves foram atraídas pela oferta de resíduos orgânicos de origem animal e vegetal dispostos a céu aberto nos lixões às margens da estrada da Agrovila e outros locais. O aeroporto foi interditado por duas vezes entre os anos de 2006 e 2007 (INFRAERO, 2007a), por determinação da Justiça Federal, em vista do que é tratado por “perigo aviário”.

O aeroporto de Tefé foi construído pela Comissão de Aeroportos da Região Amazônica (COMARA), inaugurado em 1975 (PESSOA, 2005) e absorvido pela Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária (INFRAERO), em 1980. O aeroporto possui uma área de 14.324.689,00 m² e uma pista de 2.200 x 45 m. Está distante a aproximadamente 5 km do centro de Tefé. O seu terminal possui capacidade anual para receber até 38.000 passageiros (INFRAERO, 2007b). O aeroporto de Tefé é um dos três administrados pela INFRAERO no Estado do Amazonas e um dos mais importantes do ponto de vista geoestratégico na região amazônica.

Os alertas da INFRAERO à Prefeitura Municipal de Tefé sobre o perigo aviário iniciaram ainda informalmente, em 1995, com a publicação da Resolução n° 04 do CONAMA, daquele ano. Junto a esse fato, o crescimento de Tefé e o conseqüente aumento do volume dos resíduos sólidos urbanos fazia crescer o número de urubus na região e havia uma notória insatisfação da população urbana em relação aos precários serviços de coleta dos resíduos sólidos (SCHALCH e ANDRADE, 1996). O fato chamou a atenção da Superintendência da INFRAERO local, que passou a investigar a situação dos resíduos sólidos urbanos na cidade. Notoriamente, a distância entre a localização do lixão e o centro geométrico da pista do aeroporto contrariava a Resolução n° 04/95 – CONAMA, que estabelece a Área de Segurança Aeroportuária (ASA) de 20 km para aeroportos que operam com regras de vôo por instrumento, como é o caso de Tefé.

Mesmo antes da Resolução n° 04/95 – CONAMA, já haviam recomendações neste sentido com a Portaria n° 1.141-GM5/1987, do Ministro de Estado da Aeronáutica, que estabelece “que nas Áreas de Aproximação e Áreas de Transição dos aeródromos e helipontos não são permitidas implantações de natureza perigosa, mesmo não ultrapassando os gabaritos fixados para as rampas de aproximação e decolagem de aeronaves”. Os lixões de Tefé sempre estiveram dentro da Área de Segurança Aeroportuária (Figuras 29 e 35).

Como marco inicial da fase crítica, em 2003 a INFRAERO realizou uma palestra para a população sobre o perigo aviário que prenunciava uma possível interdição dos trabalhos do aeroporto de Tefé. Ainda nessa época a Prefeitura recebeu formalmente a solicitação da INFRAERO, para que fossem tomadas providências no sentido de melhorar os serviços de coleta e disposição final dos resíduos sólidos urbanos no município, por conta do perigo aviário. A INFRAERO enfatizava em suas solicitações a importância de garantir o nível de segurança necessário aos usuários do transporte aéreo no município de Tefé.

Tentando atender às solicitações da INFRAERO, a Prefeitura procurou nos anos de 2003 a 2005 novas possibilidades de localização para a disposição final dos resíduos sólidos urbanos em Tefé. No entanto, acabavam sendo utilizadas as mesmas áreas, sempre intercalando entre zona urbana e estrada da Agrovila, de acordo com as condições de tráfego da estrada. Em abril de 2005, depois de tentados vários acordos entre a Prefeitura e a INFRAERO, a administração local ainda não conseguira cumprir com o firmado entre as partes. Os limites impostos pelas precárias condições de infraestrutura faziam com que a Prefeitura continuasse a dispor os resíduos coletados imprópriamente e em área da INFRAERO que, por sua vez, amparada em decisão judicial, interditou a estrada da Agrovila permitindo somente a passagem de moradores da região. Em protesto, a Prefeitura de Tefé determinou que os caminhões carregados de resíduos estacionassem em frente ao escritório da INFRAERO, na área do aeroporto (Figura 33).



Figura 33. Caminhões de coleta de lixo estacionados no aeroporto.
Fonte: Alexandre Donato da Silva, 2005.

Os acontecimentos que se seguiram a partir de então constituíram o auge da crise da coleta e disposição dos resíduos sólidos urbanos em Tefé. Estando a estrada interditada e não havendo outra opção para a disposição dos resíduos, a Prefeitura parou o serviço de coleta e

os resíduos acumularam-se nas ruas e calçadas da cidade (Figura 34), atraindo sobre a área urbana um grande número de urubus anteriormente concentrados na área do lixão. Essa situação permaneceu por dez dias (BRIANEZI, 2006c).

Esse período de interdição da estrada da Agrovila foi também marcado pelo embate público entre a Prefeitura de Tefé e a INFRAERO, manifestado nos meios de comunicação municipal, principalmente pelo rádio, onde políticos locais apresentavam suas versões para o, até então, cume da crise. A INFRAERO, por sua vez, não respondia às acusações publicamente, compreendendo que a campanha que desenvolvera nos últimos dois anos justificava suas ações que ora surgiam como coercitivas.



Figura 34. Resíduos sólidos acumulados em calçadas do centro de Tefé.
Fonte: INFRAERO, 2005.

O perigo aviário continuava a ameaçar as operações aéreas no aeroporto de Tefé. Uma ocorrência registrada por operadora de tráfego aéreo em serviço na ocasião de um pouso e decolagem de aeronave da Trip Linhas aéreas, na tarde do dia 6 de agosto de 2005, demonstra a situação que vivia o aeródromo (INFRAERO, 2005):

Informo que as 1421 local, do dia 06 de agosto 2005, Anv TIB5540, da Trip Linhas Aéreas, comandante Almir, informou via fonia para a estação rádio Tefé, que ao pousar na cabeceira três três da pista de Tefé, procedente de Carauari, cruzaram em sua frente três urubus passando muito próximos da cabine de comando da aeronave e solicitou que fosse feita vistoria de pista antes de sua decolagem, pois o mesmo não tinha certeza se teria colidido ou não com os urubus. O fato foi informado de imediato para o fiscal de pátios Luis Souza e para o faiska uno-bombeiros de aeródromo, que se deslocaram até a cabeceira três três, informaram que havia dois urubus mortos sobre a pista. Detalhe, um morto e outro vivo, porém gravemente ferido, informando ainda que os urubus estavam pousando em bando sobre o eixo da pista. Diante de tal situação os bombeiros permaneceram no local até a decolagem do TIB5540 com destino à Manaus. O fiscal de pátios PSA Luis Souza, informou via canal interno HT para a estação rádio, que o piloto após fazer vistoria na aeronave no pátio, afirmou não encontrar nada resultante da colisão com os urubus,

ou seja, danos causados. A referida aeronave decolou as 1852Z com destino Manaus normalmente. Os bombeiros registraram o fato com fotos e repassaram para o fiscal Luis. A aeronave transporta 48 passageiros, 4 tripulantes, com peso máximo de decolagem de 17 toneladas (Pana-Nirba).

Ainda em 2005, mês de novembro, uma das propostas para a solução temporária do problema da destinação dos resíduos sólidos urbanos e o perigo aviário em Tefé foi apresentada pelo COMAR VII. Em reunião realizada em Tefé, com a presença do vice-prefeito do município, assim como secretários e vereadores, a proposta foi a de utilizar as determinações da Resolução n° 04/95 – CONAMA, considerando a ASA de 13 km, temporariamente, até a infra-estrutura municipal permitir o tráfego até além de 20 km. Segundo a PMT/SEMMA, o acordo possibilitaria a utilização de áreas nas laterais da pista, fora dos cones de aproximação de aeronaves representados por um ângulo de 45° à esquerda e direita, a partir das duas cabeceiras. Espacializados os dados, observa-se que a zona urbana do município de Alvarães por menos de 1 km não se encontra na ASA de 20 km. Isso indica que, dependendo da localização do lixão de Alvarães, este estará ameaçando a ASA de Tefé (Figura 35).

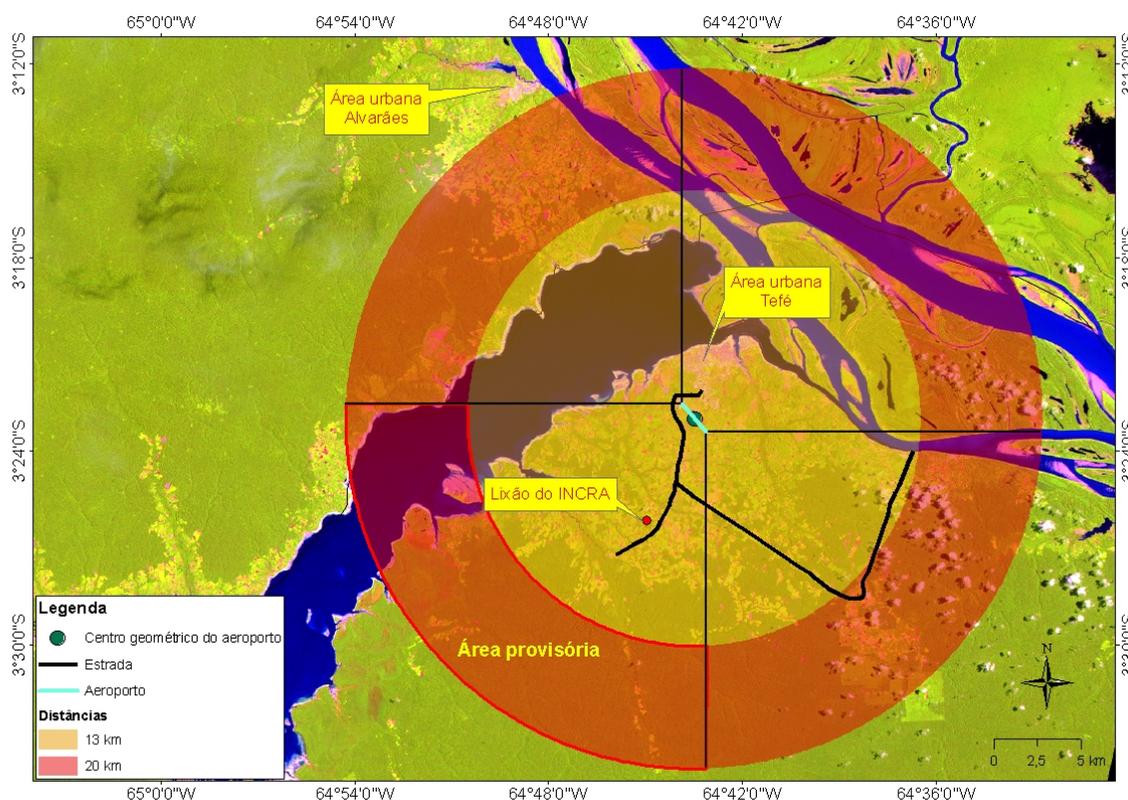


Figura 35. Distâncias de 13 e 20 km a partir do centro geométrico da pista do Aeroporto de Tefé, referentes à Resolução n° 04/95 – CONAMA.

A continuidade do problema, pela impossibilidade de acordo entre a Prefeitura e a INFRAERO, assim como dos demais órgãos envolvidos, culminou no primeiro fechamento do aeroporto de Tefé, por ordem judicial, em 7 de julho de 2006. A partir de então ficaram autorizados somente pouso e decolagem de aeronaves militares e outras em situação de emergência médica. Três anos após a primeira palestra sobre perigo aviário em Tefé, acontecia o temido pela INFRAERO.

Durante o primeiro fechamento, a Prefeitura passou a utilizar para a disposição final dos resíduos uma área próxima do Assentamento Flora Agrícola, local também conhecido como terreno do Sr. Ananias, área esta considerada adequada pela Prefeitura, INFRAERO, Poder Judiciário e outros órgãos envolvidos na questão. No entanto, o acesso à área passava por dentro do Assentamento Flora Agrícola, o que comprometia as atividades agrícolas de nove famílias residentes no local (PRELAZIA DE TEFÉ, 2006). Em consequência, os moradores do assentamento fizeram um abaixo assinado que foi encaminhado ao Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), onde expunham a discordância do uso da área para a implantação do aterro controlado, mas não obtiveram resposta. O próprio INCRA havia autorizado a Prefeitura de Tefé a utilizar a área pelo prazo de trinta dias.

A mesma reivindicação, então, foi apresentada em agosto de 2006 no Fórum Estadual de Resíduos Sólidos, realizado em Tefé, que contou com a presença de representantes do Governo do Estado do Amazonas. A Prelazia de Tefé, representando as comunidades da Flora Agrícola, alegou que além do prazo já ter sido extrapolado em mais de dois meses, já havia planos para a instalação definitiva de um aterro sanitário na área. O Governo, acatando a reivindicação feita pela Prelazia, interditou a área.

O Fórum, ocorrido sob a coordenação da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SDS) e do Instituto de Proteção Ambiental do Estado do Amazonas (IPAAM), contando com a participação de várias instituições como a INFRAERO, o Exército Brasileiro, a Universidade do Estado do Amazonas (UEA), a Prefeitura Municipal de Tefé e outros segmentos organizados da sociedade tefeense, debateu as questões emergenciais da problemática dos resíduos sólidos urbanos em Tefé. Iniciou-se a partir daí a campanha “Tefé Limpa – Aeroporto seguro e qualidade de vida” (BRIANEZI, 2006b) (Figura 36). Durante vários dias um mutirão entre as referidas instituições, principalmente Prefeitura e Exército, trabalharam na conscientização da população sobre a temática e também participaram da limpeza da cidade, efetivamente.



Figura 36. Cartaz da campanha “Tefé Limpa – Aeroporto seguro e qualidade de vida”.
Fonte: SDS, 2006.

Após a execução da campanha e várias visitas técnicas da SDS e IPAAM, assim como da Secretaria de Infraestrutura do Estado do Amazonas (SEINF), constatou-se melhoras nas condições gerais da disposição final dos resíduos sólidos em Tefé. Dessa forma, em 4 de setembro de 2006, foi determinada a reabertura parcial do aeroporto por um prazo de noventa dias. A reabertura foi parcial pelo fato de ter sido autorizado o funcionamento do aeroporto somente no período noturno, faixa horária na qual os urubus não voam. Nos demais horários permaneceu a autorização para aeronaves militares, assim como de outros órgãos federais e estaduais e situações de emergência médica. Ao final dos noventa dias as condições de perigo aviário seriam novamente avaliadas para que o aeroporto continuasse – ou não – em operação.

No entanto, antes mesmo do final do prazo, a INFRAERO denunciou ao 7º Comando Aéreo Regional (COMAR VII) o descumprimento dos acordos determinados em juízo, especialmente em relação ao gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos no município. Segundo a INFRAERO, até aquele momento não havia sido elaborado o Plano de Controle Ambiental (PCA), o Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD), ainda não havia sido definida a nova localização do que viria a ser o aterro controlado, e fora, ainda, observado o surgimento de lixeiras clandestinas e a existência de matadouros e frigoríficos de peixes irregulares.

Conseqüentemente, em 7 de dezembro de 2006, o aeroporto de Tefé foi fechado pela segunda vez, sem previsão para a reabertura, com as ressalvas de operação do primeiro

fechamento (BRIANEZI, 2006b). Uma vez mais a Prefeitura apresentou suas justificativas, detalhando informações sobre as dificuldades de implementar o gerenciamento dos resíduos sólidos aos moldes do exigidos, apresentando, também, as melhorias que vinham sendo realizadas nos últimos meses. Em fevereiro de 2007, a Prefeitura assinou com o IPAAM um Termo de Convênio de Cooperação Técnica na intenção de solucionar o problema e possibilitar a reabertura do aeroporto. Assim sendo, o Governo do Estado do Amazonas e a Prefeitura de Tefé comprometeram-se a implantar o aterro controlado no município e realizar outras melhorias no gerenciamento dos resíduos.

A partir desse convênio foram estabelecidas as melhorias estruturais na área do aterro controlado e ainda no mês de fevereiro uma comissão formada por representantes da INFRAERO, IPAAM, Fundação de Vigilância Sanitária (FVS), Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) e outros órgãos do Governo do Estado, atestou a melhoria das condições de gerenciamento dos resíduos sólidos em Tefé, assim como constatou medidas em andamento como a melhoria das condições do aterro controlado. Após isso, em 18 de abril de 2007, o aeroporto foi reaberto sem restrições (PEDROSA, 2007).

Durante os períodos de fechamento do aeroporto de Tefé, vários setores da sociedade foram afetados, direta ou indiretamente. No campo econômico, além das empresas aéreas que atuavam em Tefé ou prestavam serviço na região e dependiam do seu aeroporto (Rico, Trip, Amazonaves etc), um dos setores bastante afetado foi o ecoturismo, principalmente representado nessa região pela Reserva de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá (BRIANEZI, 2006a). Apesar da Reserva não estar localizada no município de Tefé, os turistas que a visitam chegam pelo seu aeroporto.

Outro exemplo diz respeito ao serviço dos Correios. A correspondência que chega a Tefé por aviões, cerca de oitenta quilos por dia (INTERIOR, 2006), teve de ser transportada de barco no período do fechamento do aeroporto. Uma encomenda Sedex com origem de Manaus que levaria vinte e horas para chegar a Tefé passou a ser recebida em sete dias. Ainda pior, o aeroporto de Tefé é o único da região que comercializa legalmente combustível para aeronaves. Qualquer aeronave que precisasse reabastecer em Tefé para seguir viagem para outras cidades também estava impedida de realizá-lo, fato que inibia a viagem desde a sua origem.

1.3.1 Dos lixões ao aterro controlado

No mês de julho de 2007 a INFRAERO e as demais instituições anteriormente citadas realizaram novas visitas à Tefé, para verificar o cumprimento do acordo realizado entre a Prefeitura municipal e o Governo do Estado do Amazonas. Nas próprias palavras da INFRAERO, constantes no relatório “Histórico do Perigo Aviário na Cidade de Tefé” (2007a, p. 46), a comissão conclui:

Ao término da visita, no entender da INFRAERO, como administradora do aeroporto, concluiu que as atuais condições higiênico-sanitárias do Aterro Controlado e no Entorno Aeroportuário estão satisfatórias, com evidente redução da presença de aves (urubus) no local. No entanto, é pertinente intensificar o processo de Gerenciamento dos Resíduos Sólidos gerados no Município, inclusive quanto aos programas de Educação Ambiental com a Comunidade local, pois ainda é possível visualizar a presença de aves (urubus) em áreas do centro da cidade e nas margens do lago de Tefé.

As melhorias na área do lixão de Tefé, área que vem sendo utilizada pela Prefeitura desde agosto de 2005, evoluíram após a campanha “Tefé Limpa – Aeroporto seguro e qualidade de vida”, ocorrida em agosto de 2006. Na época da campanha, a SEINF/AM disponibilizou um trator para trabalhar na área do lixão, e este passou a tomar forma de aterro controlado (Figura 37). Ao mesmo tempo a Prefeitura recuperou um dos seus tratores e os resíduos sólidos urbanos passaram a ser aterrados em valas, regularmente. Ao mesmo tempo o serviço de coleta de resíduos sólidos foi incrementado pela Prefeitura. Junto às melhorias realizadas pela prefeitura, o Governo, por intermédio de empresa contratada, também realizou várias melhorias e administrou o aterro no início de suas operações. A mesma empresa asfaltou a estrada da EMADÉ com vistas a permitir o acesso ao novo Porto Fluvial de Tefé, a ser localizado no rio Solimões (Figura 28).



Figura 37. Melhorias realizadas na área do lixão a partir de 2006.
Fonte: PMT/SEMMA, 2006.

Em fevereiro de 2006 a área do aterro já estava completamente cercada, assim como todas suas vias transitáveis asfaltadas, tanto a via de acesso como as vias internas, uma vez que a área encontra-se a cerca de 220 metros distante da estrada da Agrovila. Além disso, já havia sido construída uma guarita de controle de entrada de veículos, onde um funcionário fiscaliza a entrada e saída de veículos e pessoal ao local da disposição dos resíduos sólidos (Figura 41b).

No aterro controlado é permitido o acesso somente dos catadores credenciados pela Prefeitura de Tefé e organizados em uma cooperativa (Figura 38). Os catadores realizam uma triagem em busca de materiais recicláveis, principalmente papelão, que são empilhados em área própria para tal e posteriormente recolhidos por empresa que os compra e envia para indústrias de reciclagem em Manaus. O lucro da venda é dos integrantes da cooperativa.



Figura 38. Catadores de lixo da cooperativa “Unidos pela mudança” separando material reciclável.
Fonte: Alexandre Donato da Silva, 2007.

Uma vez no interior do aterro controlado, as caçambas despejam os resíduos em rampas. Para evitar a presença de urubus no local ou em sobrevôo à área, os resíduos assim que despejados nas valas recebem cobertura de terra. Os resíduos que por ventura fiquem na superfície do solo são catados manualmente por funcionários da Prefeitura e dispostos nas valas, posteriormente.

Os resíduos sólidos de serviços de saúde são dispostos em vala exclusiva para tal, que além de impermeabilizada por concreto, de forma que se evite o contato direto do material com o solo, é também coberta para que não inunde com chuvas (Figura 39). A cada carga esse material recebe uma camada de terra e quando cheias essas valas são lacradas com concreto e suas posições sinalizadas. A situação atual da disposição dos resíduos sólidos dos serviços de saúde é bem diferente das condições pretéritas quando esses resíduos eram comumente encontrados nos lixões, a céu aberto (VEREADORES, 2006).



Figura 39. a) Vala impermeabilizada para a disposição resíduos sólidos de saúde; b) Coberta da vala para disposição de resíduos sólidos de saúde.
Fonte: Alexandre Donato da Silva, 2007.

Existem ainda dentro da área do aterro, cinco poços com a profundidade média de vinte e quatro metros, cuja finalidade é a análise laboratorial de amostras de água para verificar se há contaminação dos lençóis freáticos por percolação de chorume no solo (Figura 40).



Figura 40. Um dos poços para coleta de amostras de água para verificação de contaminação do lençol freático.
Fonte: Alexandre Donato da Silva, 2007.

Depois de determinado número de valas fechadas, a área que as contém recebe uma camada de terra preta assim como uma camada de material oriundo de capina e poda de árvores (Figura 41a). Essas áreas serão posteriormente recuperadas com a plantação de árvores de espécies nativas assim como com as plantas que crescerem naturalmente.



Figura 41. a) Terra preta sobre valas já completadas e pronta para receber cobertura vegetal; b) Guarita de segurança e controle de acesso ao aterro controlado.

Fonte: Alexandre Donato da Silva, 2007.

Além das melhorias físicas realizadas para a otimização dos serviços de coleta e disposição final dos resíduos sólidos urbanos, o Plano Diretor de Tefê de 2006 prevê (TEFÊ, 2007, p. 33):

Art. 93- O Plano Diretor de Resíduos Sólidos tem como objetivos:

I - Estender, em curto prazo a prestação dos serviços de limpeza urbana, sobretudo a coleta e transporte dos resíduos, a 100% das populações residentes, e proceder adequadamente o tratamento e/ou disposição final.

II - Tratar estes serviços de acordo com as tecnologias modernas viáveis economicamente, levando-se em consideração as condições do município.

III - Possibilitar, cada vez menos, a geração dos resíduos sólidos.

IV - Estimular a prática da educação sanitária e ambiental nas zonas urbana e rural.

V - Oferecer à administração municipal soluções que visem a melhoria qualitativa dos serviços de limpeza urbana.

Art. 94 - Para a execução dos objetivos propostos as diretrizes necessárias são:

I - Organização da geração dos resíduos sólidos através de coleta diferenciada dos tipos domiciliar, comercial, serviços de saúde, industrial e outros.

II - Otimização das tecnologias existentes e adoção de outras, compatíveis com as características locais.

III - Proposição do manuseio e acondicionamento corretos dos resíduos através de linguagem assimilável pelas populações residentes.

IV - Minimização dos impactos ambientais negativos mediante indicação de procedimentos para a recuperação das áreas degradadas.

V - Indicação e execução de soluções que reduzam a geração de resíduos e incentivem o aumento da reciclagem na fonte.

VI - Elaboração e execução de programas de educação sanitária e ambiental.

VII - Indicação do(s) tratamento(s) mais adequado(s) para cada tipo de resíduo, assim como do aterro sanitário para a disposição dos rejeitos e/ou dos resíduos sólidos.

Apesar da melhoria nas condições de disposição final dos resíduos sólidos urbanos em Tefé, isso constatado inclusive pela própria INFRAERO, a atual localização do aterro controlado naquele município ainda contraria a legislação vigente no Brasil. Na 2ª Vara da Justiça Federal, em Manaus, encontra-se em aberto, desde 2004, o Processo Nr 2004.32.00.005878-9 (MPF/PRAM), de 1º de fevereiro de 2005, que trata sobre a exigência na adequação do local para a efetivação do serviço. Mais recentemente, pelo Processo Nr 2008.32.00.001507-1 (MPF/PRAM), de 26 de março de 2008, o Prefeito Municipal de Tefé foi condenado por improbidade administrativa, ainda pela inadequação dos serviços de disposição final dos resíduos sólidos em Tefé. Atualmente o aterro sanitário continua localizado dentro da ASA do aeroporto local e, em consequência, a problemática persiste (NORMANDO, 2008).

Isso posto, a localização ideal para a construção e operação de um aterro sanitário no município, forma considerada adequada para a disposição final dos resíduos sólidos urbanos, merece ainda estudos de identificação de possíveis alternativas locacionais de áreas potenciais para a instalação do empreendimento.

CAPÍTULO 2

ALTERNATIVAS LOCACIONAIS PARA A INSTALAÇÃO DE ATERRO SANITÁRIO EM TEFÉ

2.1 Aterros sanitários e a disposição final dos resíduos sólidos urbanos

A definição de aterro sanitário para a ABRELPE (2009, p. 177):

Local de disposição final de resíduos urbanos no qual são aplicadas todas as técnicas de engenharia e normas operacionais específicas para confinar os resíduos, com vistas à efetiva proteção ao meio ambiente e à saúde pública. Os critérios de engenharia compreendem, no mínimo, a impermeabilização do solo, o sistema de drenagem superficial, o sistema de drenagem, remoção e tratamento do líquido percolado, o sistema de drenagem de gases, incluindo a chaminé para a sua dispersão, e a cobertura diária dos resíduos depositados.

A definição de aterro sanitário segundo a NBR 8419 (ABNT, 1992, p.1);

técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos ou riscos à saúde pública e à sua segurança, minimizando os impactos ambientais, método este que utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos à menor área possível e reduzi-los ao menor volume permissível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho ou a intervalos menores, se necessário.

Observa-se que a principal diferença entre o aterro sanitário e as demais modalidades de disposição final de resíduos sólidos urbanos é a estrutura de engenharia que vai impedir a poluição do ambiente (impermeabilização do solo, coleta e tratamento do chorume, coleta e queima ou aproveitamento do biogás, sistemas de monitoramento ambiental topográfico e geotécnico).

A afirmativa é corroborada por Bidone e Povinelli (1999) que afirmam ser o aterro sanitário uma forma de disposição final de resíduos sólidos urbanos no solo, dentro de critérios de engenharia e normas operacionais específicas, proporcionando o confinamento seguro dos resíduos, evitando riscos à saúde pública e minimizando os impactos ambientais.

Tenório e Espinosa (2004) afirmam que o aterro sanitário ainda é o processo mais utilizado no mundo para a disposição dos resíduos sólidos por causa de seu baixo custo frente a outros processos. Os autores apresentam, ainda, as vantagens e desvantagens do aterro sanitário (p. 176-177):

- **Vantagens:**
 - Baixo custo comparado com outros tipos de tratamento;
 - Utilização de equipamentos de baixo custo e de simples operação;
 - É possível a implementação em terrenos de baixo valor;
 - Evitam a proliferação de insetos e animais que transmitem doenças; e
 - Não estão sujeitos a interrupções no funcionamento por alguma falha (caso, por exemplo, de incineradores e usinas de compostagem).

- **Desvantagens:**
 - Perda de matérias-primas e da energia contida nos resíduos;
 - Transportes de resíduos a longas distâncias;
 - Desvalorização da região ao redor do aterro;
 - Riscos de contaminação do lençol freático;
 - Produção de chorume e percolados; e
 - Necessidade de manutenção e vigilância após o fechamento do aterro.

As desvantagens da utilização de aterro sanitário para a disposição de resíduos sólidos alertam para uma série de itens que devem ser observados para seu projeto, implantação e operação. Esses itens revertem-se em critérios que prevêm, ainda, o monitoramento e o encerramento das atividades da área utilizada para esse fim.

O projeto, implantação e operação de um aterro sanitário devem satisfazer todas as exigências previstas pela legislação ambiental em vigor no Brasil, obedecendo a uma série de critérios. Segundo Boscov (2008, p. 98), um aterro sanitário “deve ser projetado e operado de forma a (...) reduzir a possibilidade de poluição das águas superficiais e subterrâneas, do solo e do ar, e eliminar impactos adversos na cadeia alimentar”.

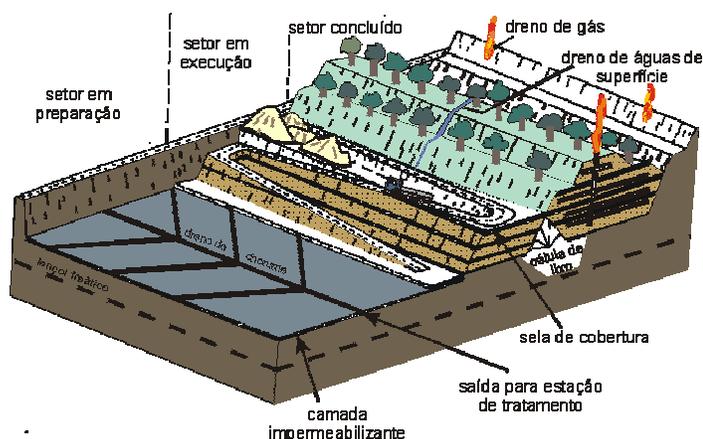


Figura 42. Esquema de um aterro sanitário.
Fonte: Boscov, 2008, p. 112.

A NBR 8419 (ABNT, 1992) fixa as condições mínimas exigíveis para a apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos. O projeto deve apresentar, obrigatoriamente, memorial descritivo, memorial técnico, cronograma de execução e estimativa de custos, desenhos e eventuais anexos. O memorial descritivo deve apresentar, ainda, informações cadastrais, informações sobre os resíduos a serem dispostos no aterro sanitário, concepção e justificativa do projeto, descrição e especificações dos elementos do projeto, operação do aterro sanitário e uso futuro da área do aterro sanitário.

Para que se cumpram as exigências da legislação ambiental, os aterros sanitários devem envolver, basicamente, os seguintes serviços, segundo o Instituto de Pesquisas Tecnológicas e o Compromisso Empresarial para Reciclagem – IPT/CEMPRE (2000): terraplanagem, forração do terreno com material impermeável, de preferência argila, canalização das águas da chuva e do lixiviado, tubulação para saída de gases, plantio de grama e, finalmente, instalação de uma cerca ao redor da área de serviço. Em geral, um aterro sanitário deve ter vida útil de, no mínimo, entre dez e quinze anos, o que torna sua implantação mais vantajosa do ponto de vista econômico e operacional.

Para Monteiro *et al.* (2001, p. 151), um aterro sanitário deve ter a vida útil de no mínimo cinco anos. Além disso, um aterro sanitário deve contar, necessariamente, com as seguintes unidades:

- **Unidades Operacionais:** Células de lixo domiciliar; Células de lixo hospitalar (caso o município não disponha de processo mais efetivo para dar destino final a esse tipo de lixo); Impermeabilização de fundo (obrigatória) e superior (opcional); Sistema de coleta e tratamento dos líquidos percolados (chorume); Sistema de coleta e queima (ou

beneficiamento) do biogás; Sistema de drenagem e afastamento das águas pluviais; Sistemas de monitoramento ambiental, topográfico e geotécnico e pátio de estocagem de materiais.

- **Unidades de Apoio:** Cerca e barreira vegetais; Estradas de acesso e serviço; Balança rodoviária e sistema de controle de resíduos; Guarita de entrada e prédio administrativo; Oficina e borracharia.

Outras fontes sugerem diferentes critérios que formam um conjunto de aspectos a serem considerados. Os critérios descrevem os condicionantes físicos (geológicos, hidrogeológicos e geomorfológicos) e socioeconômicos. Segundo Monteiro *et al.* (2001), três critérios devem ser observados para a seleção de áreas propícias à implantação de aterros sanitários:

- **Crítérios técnicos:** uso do solo, proximidade de cursos d'água relevantes, proximidade de núcleos residenciais urbanos, proximidade de aeroportos, distância do lençol freático, vida útil mínima, permeabilidade do solo natural, extensão da bacia de drenagem, facilidade de acesso para veículos pesados e disponibilidade de material de cobertura dos resíduos sólidos urbanos dispostos.
- **Crítérios econômico-financeiros:** distância do centro geométrico de coleta, custo de aquisição do terreno, custo de investimento em construção e infra-estrutura, custos com a manutenção do sistema de drenagem.
- **Crítérios político-sociais:** distância de núcleos urbanos de baixa renda, acesso à área através de vias com baixa densidade de ocupação e inexistência de problemas com a comunidade local.

Para o IPT/CEMPRE (2000), ainda, os critérios a serem observados para construção e operação de um aterro sanitário são:

- Adequação ambiental, considerando-se a legislação ambiental em vigor;
- Aptidão natural do terreno, avaliada em função de características como geologia, geotecnia, hidrogeologia, biota, tendências de uso e ocupação do solo nos entornos da área, conflitos de uso do solo existentes;
- Vida útil remanescente, determinada com base no volume do resíduo sólido a ser disposto, área efetiva disponível (considerando-se restrições de uso e as áreas já

utilizadas) e projeto geométrico mais adequado à utilização do local;

- Histórico de operação, incluindo-se aspectos como volume e, principalmente, tipos de resíduos sólidos recebidos, infra-estrutura existente (impermeabilização de base, drenagens, sistemas de tratamento de percolado e biogás, isolamento etc.), e condições de operação praticadas no passado (compactação, cobertura, entre outros.);
- Distância aos centros produtores de resíduos e estado de conservação das vias de acesso;
- Infra-estrutura, mão-de-obra e equipamentos necessários à adequada operação do local;
- Possibilidade de expansão em áreas contígua ao atual local de disposição;
- Existência de áreas alternativas e tempo necessário para viabilizar o novo aterro;
- Disponibilidade de recursos financeiros.

Andrade (2007, p.4) relaciona critérios que possibilitam identificar áreas potenciais para a implantação de aterros sanitários na Amazônia, dividindo-os em quatro grupos a serem submetidos à análise ponderada:

- **Crítérios ambientais:** Poluição, terra para cobertura e desmatamento;
- **Crítérios econômicos:** Distância de transporte, custo do terreno, infraestrutura;
- **Crítérios sociais:** vizinhança, saúde e segurança pública e modificação nos padrões socioculturais;
- **Crítérios técnicos:** Acesso, capacidade, topo-hidro-geologia.

Outros fatores importantes dizem respeito aos parâmetros técnicos das normas e diretrizes federais, estaduais e municipais, os aspectos legais das três instâncias governamentais, planos diretores dos municípios envolvidos, pólos de desenvolvimentos locais e regionais, distâncias de transporte, vias de acesso e os aspectos político sociais relacionados com a aceitação do empreendimento pelos políticos, pela mídia e pela comunidade (MONTEIRO *et al.*, 2001).

Guimarães (2000) chama a atenção para o fato de que os critérios estabelecidos na literatura por diferentes autores apresentam-se não comprovados, com valores contraditórios e excessivamente restritivos quando aplicados às condições reais do município. De outra forma, os critérios devem ser reavaliados e adaptados a cada caso.

De forma geral, pode-se observar a relevância dos critérios que envolvem a escolha da localização geográfica para a implantação de aterros sanitários. Segundo Monteiro *et al.* (2001, p. 151), “a escolha de um local para a implantação de um aterro sanitário não é tarefa simples”, isso devido ao grau de urbanização das cidades e também à ocupação intensiva do solo do seu entorno. Esse alto grau de ocupação restringe a disponibilidade de áreas ideais para a implantação de aterros sanitários próximos aos locais de geração de lixo, assim como com as dimensões requeridas suficientes para atender às necessidades dos municípios.

Sobre os critérios para a seleção da área para a implantação de aterros sanitários municipais, ainda necessários para a apresentação do projeto, a NBR 8419 (ABNT, 1992) explica que devem ser considerados os aspectos de: zoneamento ambiental, zoneamento urbano, acessos, vizinhança, economia de transporte, titulação da área escolhida, economia operacional do aterro sanitário (jazida etc), infraestrutura urbana além da bacia e sub-bacia hidrográfica onde o aterro se localizará.

Monteiro *et al.* (2001) afirmam que a estratégia a ser adotada para seleção da área do novo aterro consiste nos seguintes passos: seleção preliminar das áreas disponíveis no município; estabelecimento de um conjunto de critérios de seleção; definição de prioridades para o atendimento aos critérios estabelecidos; análise crítica de cada uma das áreas frente aos critérios estabelecidos e priorizados, selecionando-se aquela que atenda a maior parte das restrições através de seus atributos naturais.

Dentre critérios considerados por diferentes autores, Santos e Girardi (2007) analisaram a direção dos ventos no município de Alegrete (RS) a fim de prevenir que o aterro sanitário fosse localizar-se em posição a transmitir os odores dos resíduos sólidos concentrados para a área urbana.

Com caráter normalizador no Brasil, a NBR 13896 (ABNT, 1997) fixa as condições mínimas exigíveis para projeto, implantação e operação de aterros de resíduos não perigosos, “de forma a proteger adequadamente as coleções hídricas superficiais e subterrâneas próximas, bem como os operadores destas instalações e populações vizinhas” (ABNT, 1997, p. 1).

Considerando a afirmação de que os resíduos sólidos urbanos fazem parte da Classe II A (não perigosos e não inertes), e que os mesmos são dispostos em aterros sanitários (BOSCOV, 2008, p. 94), o local para ser utilizado para aterros de resíduos não perigosos, segundo a NBR 13896 (ABNT, 1997, p. 2), deve ser tal que:

- O impacto ambiental a ser causado pela instalação do aterro seja minimizado;

- A aceitação da instalação pela população seja maximizada;
- Esteja de acordo com o zoneamento da região; e
- Possa ser utilizado por um longo espaço de tempo, necessitando apenas de um mínimo de obras para início da operação.

São critérios para a localização de aterro de resíduos não perigosos segundo a NBR 13896 (ABNT, 1997, p.3), constantes no item 4.1.1 da norma:

- **Topografia** – Esta característica é fator determinante na escolha do método construtivo e nas obras de terraplanagem para a construção da instalação. Recomenda-se locais com declividade superior a 1% e inferior a 30%. (Nota: locais com declividade maiores que 30% podem ser utilizados a critério da OCA)
- **Geologia e tipos de solos existentes** – Tais indicações são importantes na determinação da capacidade da depuração do solo e da velocidade de infiltração. Considera-se desejável a existência, no local, de um depósito natural extenso e homogêneo de materiais com coeficiente de permeabilidade inferior a 10^{-6} cm/s e uma zona não saturada com espessura superior a 3,0 m.
- **Recursos hídricos** – Deve ser avaliada a possível influência do aterro na qualidade e no uso das águas superficiais e subterrâneas próximas. O aterro deve ser localizado a uma distância mínima de 200 m de qualquer coleção hídrica ou curso de água. (Nota: A critério da OCA essa distância pode ser alterada)
- **Vegetação** – O estudo macroscópico da vegetação é importante, uma vez que ela pode atuar favoravelmente na escolha de uma área quanto aos aspectos de redução do fenômeno de erosão, da formação de poeira e transporte de odores.
- **Acessos** – Fator de evidente importância em um projeto de aterro, uma vez que são utilizados durante toda a sua operação.
- **Tamanho disponível e vida útil** – Em um projeto, estes fatores encontram-se inter-relacionados e recomenda-se a construção de aterros com vida útil mínima de 10 anos.
- **Custos** – Os custos de um aterro têm grande variabilidade conforme o seu tamanho e o seu método construtivo. A elaboração de um cronograma físico-financeiro é necessária para permitir a análise de viabilidade econômica do empreendimento.
- **Distância mínima a núcleos populacionais** – Deve ser avaliada a distância mínima do limite da área útil do aterro a núcleos populacionais, recomendando-se que esta

distância seja superior a 500 m. (Nota: A critério da OCA essa distância pode ser alterada)

A NBR 13896 (ABNT,1997) observa, ainda, no item 4.1.2, que obrigatoriamente os aterros não devem ser construídos em áreas sujeitas a inundações em período de recorrência de 100 anos e que os aterros só podem ser construídos em áreas de uso conforme legislação local de uso do solo. Esses aspectos podem ainda serem considerados como critérios locacionais e definidos previamente na análise da escolha da área, desde que disponíveis as informações necessárias.

Além desses, a norma define que a área deve proporcionar uma camada de no mínimo 1,5 m de solo insaturado entre o limite fundo do depósito de resíduos e o limite superior máximo de lençóis freáticos e, ainda, que o subsolo da área deve apresentar coeficiente de permeabilidade superior a 5×10^{-5} cm/s, não podendo exceder 10^{-4} cm/s. Esses critérios devem ser avaliados a partir de técnicas de engenharia após a seleção preliminar das áreas.

Deve-se observar com atenção que a referida norma define núcleos populacionais como sendo “localidades sem a categoria de sede administrativa, mas com moradias, geralmente em torno de igreja ou capela, com pequeno comércio” (ABNT, 1997, p. 2). No entanto, a mesma não estabelece distância mínima da sede administrativa de um município, a cidade, sendo esse um critério locacional importante no que tange a “saúde pública e à sua segurança” (ABNT, 1992, p.1).

Os critérios para a localização de aterros de resíduos perigosos, determinados pela NBR 10157 (ABNT, 1987) diferem somente na porcentagem recomendada para a declividade do terreno, que é limitada em 20%. (p. 3).

De acordo com Samizava *et al.* (2008), a disponibilidade de locais para a disposição de resíduos sólidos é um problema crescente nos municípios brasileiros, uma vez que estas áreas devem atender critérios de ordem social, econômica e ambiental. Neste contexto, técnicas de suporte a decisão apoiadas em Sistema de Informações Geográficas (SIG) e outras Geotecnologias têm consistido em uma importante ferramenta de análise e planejamento de locais para instalação de aterros sanitários.

2.1.1 Sistemas de informações geográficas e aterros sanitários

Em consequência da complexidade e ao grande número de fatores que devem ser considerados para estabelecer áreas propícias para a instalação de aterro sanitários, os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) são ferramentas que podem auxiliar no processo,

como demonstraram trabalhos realizados por Weber e Hasenack (2000), Calijuri *et al.* (2002), Rocha *et al.* (2004), Biana (2007), Santos e Girardi (2007), Samizava *et al.* (2008) e Moreira *et al.* (2008).

Os Sistemas de Informações Geográficas são ferramentas computacionais adequadas para tomada de decisões em estudos que necessitem análises espaciais, uma vez que reúnem a funcionalidade de diversos módulos para aquisição, armazenamento e manipulação de dados georreferenciados. Os SIG são considerados, portanto, como um dos principais mecanismos tecnológicos para auxiliar na elaboração, análise e acompanhamento de projetos de mapeamento, dentre outras inúmeras aplicações (PINTO, 2005).

Segundo Aronoff (1989), um SIG é um conjunto de procedimentos manuais ou baseados em computador, usados para armazenar e manipular dados geograficamente referenciados. Para Câmara *et al.*, (2001), o termo Sistema de Informação Geográfica é aplicado para sistemas que realizam tratamento computacional de dados geográficos e recuperam informações, não apenas com base em suas características alfanuméricas, mas também através de sua localização espacial.

De um modo geral, na literatura especializada existe alguma confusão entre os termos Sistema de Informação Geográfica e Geoprocessamento. Uma das diferenças básicas entre os termos é que enquanto os SIG são essencialmente sistemas de informação, que possuem recursos especiais para lidar com a informação georreferenciada, o termo geoprocessamento se refere a todo conjunto de técnicas para lidar com informação geográfica (DAVIS & FONSECA, 2001).

Pode-se dizer que o geoprocessamento é o conjunto de várias ciências e tecnologias para o armazenamento, tratamento, manipulação e exibição de dados geográficos. Os SIG são as ferramentas computacionais (*softwares*) do geoprocessamento para lidar com as informações espaciais georreferenciadas (PINTO, 2005).

Conforme Câmara *et al.* (1996), o geoprocessamento vem influenciando de maneira crescente as áreas de cartografia, análise de recursos naturais, transportes, comunicações, energia e planejamento urbano e regional. As técnicas de geoprocessamento possuem abrangência em diferentes áreas de aplicação, sendo a área de análise ambiental uma das mais favorecidas, pois as ferramentas disponíveis facilitam o trabalho de análise integrada de dados e permite a simulação de inúmeros processos e fenômenos naturais.

Um SIG possui a capacidade de armazenar a geometria e os atributos de dados geográficos georreferenciados, isto é, localizados na superfície terrestre numa determinada projeção cartográfica. Para Câmara *et al.* (2001), os dados tratados em um SIG têm como

principal característica a diversidade de fontes geradoras, sendo *capaz de gerenciar e analisar diversos tipos de dados, a saber:*

- **Temáticos:** esses dados, obtidos a partir de levantamento de campo, são inseridos no sistema por digitalização ou, de forma mais automatizada, a partir de classificação de imagens. São exemplos de dados temáticos os mapas de geologia, geomorfologia, solos, vegetação, ocupação urbana, uso da terra, dentre tantos outros.
- **Cadastrais:** o dado cadastral distingue-se do dado temático, pois cada um de seus atributos é um *objeto geográfico*, que possui atributos e pode estar associado a várias representações gráficas.
- **Redes:** o conceito de rede denota as informações associadas aos serviços de utilidade pública (como as redes de água, gás, luz e telefone), bem como as redes de drenagem de uma bacia hidrográfica e de uma malha rodoviária. Cada objeto geográfico dessa rede possui uma localização geográfica exata e está sempre associado a atributo descritivo presente em um banco de dados.
- **Modelo Numérico de Terreno:** O termo é utilizado para descrever a representação quantitativa de uma grandeza que varia continuamente no espaço. Comumente associados aos dados de altimetria, também podem ser utilizados para modelar dados geoquímicos, geofísicos, teores de elementos no solo ou subsolo etc. Estes modelos permitem o cálculo de declividade, volume, cortes transversais, linha de visada entre outras funções.
- **Imagens:** são dados produzidos por sistemas sensores fotográficos ou imageadores aerotransportados ou orbitais em diferentes faixas do espectro eletromagnético. As imagens representam formas de captura indireta de informação espacial. Armazenadas como matrizes cada elemento de imagem (denominado pixel) tem um valor proporcional à energia eletromagnética refletida ou emitida pela área da superfície terrestre correspondente.

Em um ambiente de SIG, a representação computacional dos dados é realizada a partir de vetores ou matrizes (BURROUGH, 1986). Na estrutura vetorial, a representação de um elemento ou objeto é uma tentativa de reproduzi-lo o mais exatamente possível. A representação vetorial pode ser realizada por três elementos gráficos, a saber:

- **Pontos:** são definidos por pares de coordenadas x,y . Além das coordenadas, outros dados não-espaciais (atributos) podem ser arquivados para indicar de que tipo de ponto se está tratando;
- **Linhas (arcos ou elementos lineares):** são definidas por uma seqüência de pontos conectados. Além das coordenadas dos pontos que compõem a linha, devem-se armazenar as informações que indiquem de que tipo de linha se está referindo, ou seja, a que atributo ela está associada;
- **Polígonos:** são definidos por linhas fechadas, que delimitam as bordas da área mapeada.

A representação matricial consiste no uso de uma malha quadriculada regular sobre a qual se constrói, célula a célula (*pixel*), o elemento representado. A cada célula, atribui-se um código referente ao atributo estudado, de tal forma que o computador saiba a que elemento ou objeto pertence determinada célula. A representação matricial é feita a partir de três elementos gráficos:

- **Pontos:** são armazenados como células individuais.
- **Linhas:** são armazenadas como um grupo de células conectadas.
- **Polígonos:** são armazenados como um grupo de células contíguas.

Segundo Moreira (2003), a configuração básica de um SIG é composta de cinco componentes independentes que, porém, estão interligados e seriam: interface usuário; entrada e integração de dados; funções de consulta e análise espacial; visualização e plotagem e banco de dados geográfico. Para Medeiros (1999), estes componentes do SIG se relacionam de forma hierárquica, isto é, no nível mais próximo ao usuário a interface homem-máquina define como o sistema é operado e controlado. No nível intermediário, um SIG deve ter mecanismos de processamento (algoritmos) de dados espaciais. No nível mais complexo do sistema, um sistema de gerenciamento de bancos de dados geográficos oferece armazenamento, recuperação e atualização dos dados espaciais e seus atributos correspondentes.

Um potencial da maioria dos Sistemas de Informações Geográficas é a sua capacidade de apoio à decisão. Os SIG permitem combinar uma série de dados para obter informações que auxiliam no planejamento ambiental. Segundo Fitz (2008, p. 140), “o processo decisório

consiste no desencadeamento das ações realizadas no decorrer de um estudo, plano ou projeto que envolva a possibilidade de escolha por um ou outro direcionamento dado no quadro das opções existentes”. Ao final, a decisão será tomada de acordo com a concepção epistemológica dos atores que participam no processo decisório com real ingerência sobre ele.

Quando se realiza análise geográfica, onde há o envolvimento de várias informações, devem ser empregadas metodologias multicritério, aquelas que trabalham com mais de um critério simultaneamente. A possibilidade de manipular simultaneamente mais de um critério permitirá melhores resultados para a tomada de decisão (FITZ, 2008). Calijuri *et al.* (2002, p.232) afirmam que “a forma de combinar os critérios, a consideração de todos ou apenas parte deles, a forma como uns podem compensar os outros, são aspectos que assumem grande importância nas decisões, principalmente em contextos de recursos escassos”. Para os autores “a decisão é suportada pela consideração de critérios que servem como normas para encontrar as melhores alternativas e representam condições possíveis de quantificar ou avaliar contribuindo para a tomada de decisão” (p. 232).

De acordo com Fitz e Hasenack (2007), existem metodologias voltadas à tomada de decisão, as quais utilizam preceitos racionalistas ou construtivistas. Nestas duas abordagens podem ser utilizados métodos monocritérios ou multicritério. O problema do monocritério é que não considera todos os aspectos envolvidos no processo decisório. Por outro lado, o multicritério avalia as ações de acordo com um conjunto de critérios, ou seja, utilizam mais de um aspecto de cada vez em sua abordagem (FITZ e HASENACK 2007). Existem duas abordagens em termos de multicritério: Metodologias Multicritério de Tomada de Decisão (*Multicriteria Decision Making - MCDM*), vinculadas ao paradigma racionalista e Metodologias Multicritério em Apoio à Decisão (*Multicriteria Decision Aid - MCDA*), vinculadas aos preceitos construtivistas (Tabela 07).

Tabela 07. Principais características das abordagens multicritério MCDM e MCDA

| MCDM | MCDA |
|--|---|
| Base: princípios racionalistas | Base: princípios construtivistas |
| Busca da solução “ótima” | Busca da construção de uma solução representativa |
| As decisões são tomadas a partir de aspectos objetivos | Levam em consideração a subjetividade dos decisores |
| Decisor é tido como neutro no processo decisório | Participantes do processo não são neutros e devem expressar suas posições de forma aberta |
| Agilidade, rapidez e simplicidade na execução | Burocracia, lentidão e complexidade na execução |
| Poder decisório centralizado | Poder decisório descentralizado |

Fonte: Fitz (2008, p. 144)

Uma técnica de suporte à decisão desenvolvida em alguns *softwares* de SIG é o Processo Analítico Hierárquico (*Analytic Hierarchy Process* - AHP) que consiste em um método com base matemática que permite organizar e avaliar a importância relativa entre critérios, além de medir a consistência dos julgamentos (SAATY, 1999). No AHP os fatores que influenciam a tomada de decisões são comparados dois a dois, ou seja, um par de planos de informações, um critério de importância relativa é atribuído ao relacionamento entre estes fatores.

Diversos trabalhos utilizaram ferramentas de SIG e métodos multicritérios para auxiliar no processo de decisão do local mais adequado para de instalação de aterros sanitários (VIEIRA *et al.*, [1999], em Florianópolis, SC; WEBER e HASENACK, [2000], no município de Osório, RS; CALIJURI *et al.*, [2002], em Cachoeiro do Itapemerim, ES; SANTOS e GIRARDI, [2007], no município de Alegrete, RS; BIANA, [2007], em Campina Grande, PB; SAMIZAVA *et al.*, [2008], em Presidente Prudente, SP; MOREIRA *et al.*, [2008], em Descalvado, SP e ROCHA *et al.*, [2004], em Mangaratiba, RJ).

Todos esses estudos concordam que as técnicas e ferramentas disponíveis em Sistemas de Informações Geográficas são eficientes e adequadas para obtenção de mapas com áreas aptas para instalação de aterros sanitários.

2.2 Procedimentos metodológicos para identificação de locais para o aterro sanitário

Para definir as alternativas locais para instalação de um aterro sanitário em Tefê/AM foram empregados os dados cartográficos e tabulares, disponíveis para o município, a saber:

- Base cartográfica do Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2005) em escala 1:250.000 contendo o limite e sede municipal, geologia e hidrografia;
- Base cartográfica do Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia (SIPAM/IBGE) em escala 1:250.000 contendo os mapas de solos e vegetação;
- Mapa de declividades gerado a partir do Modelo Digital de Elevação (MDE) da missão *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) e processado por Valeriano (2008);

- Imagem do sensor *Thematic Mapper* (TM) do satélite LANDSAT-5 de 12/09/2008 com as bandas espectrais: vermelho (0,63 a 0,69 μm), infravermelho próximo (0,76 a 0,90 μm) e infravermelho médio (1,55 a 1,75 μm) e resolução espacial de 30m;
- Imagem do satélite *QuickBird* de 24/10/2004 com resolução espacial de 0,6m;
- Dados da estimativa da população de Tefé em 2008 (IBGE, 2008);
- Dados dos resíduos sólidos gerados no município em 2008 (Tabela 06).

Os procedimentos metodológicos, utilizados para indicação das alternativas locacionais do aterro sanitário, foram realizados a partir da compilação de pesquisas feitas por Calijuri *et al.* (2002), Rocha *et al.* (2004) e Moreira *et al.* (2008), os quais empregaram análises multicritérios com base em Sistemas de Informações Geográficas. Os procedimentos estão resumidos no fluxograma da Figura 43. Os critérios selecionados basearam-se, por sua vez, em aspectos normalizadores (NBR 13896, ABNT/1997), ambientais e de disponibilidade de infraestrutura no município, de acordo com as recomendações de Rocha *et al.* (2004).

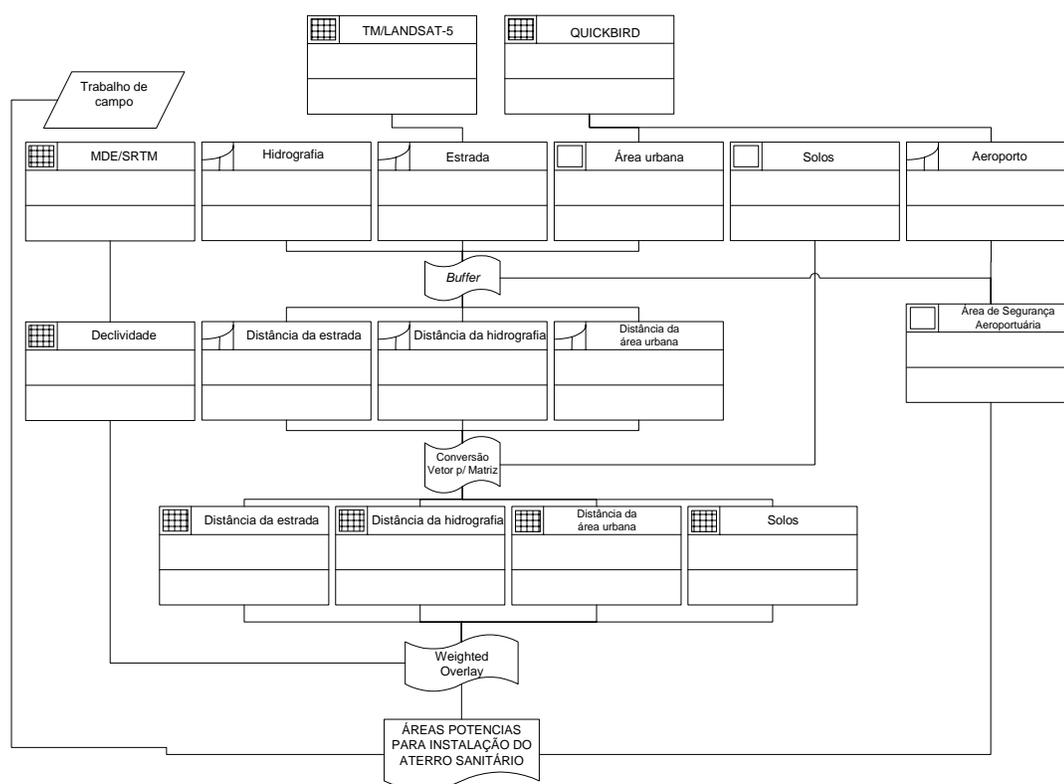


Figura 43. Fluxograma dos procedimentos utilizados no estudo em modelagem OMT-G (*Object Modeling Techniques – Geographical*).

A análise multicritério utilizada foi a superposição ponderada (*Weighted overlay*) disponível do *software ArcGIS 9.3* (ESRI, 2008). Esta técnica agrega e pondera valores diversos para possibilitar uma análise integrada de múltiplos dados (mapas) envolvidos em uma mesma problemática (ESRI, 2008). A superposição ponderada executa operações aritméticas apenas no formato matricial (*raster*), os quais são ponderados em graus de importância, valores entre 1 a 9 (Figura 44 e Tabela 08), produzindo um arquivo matricial de saída.

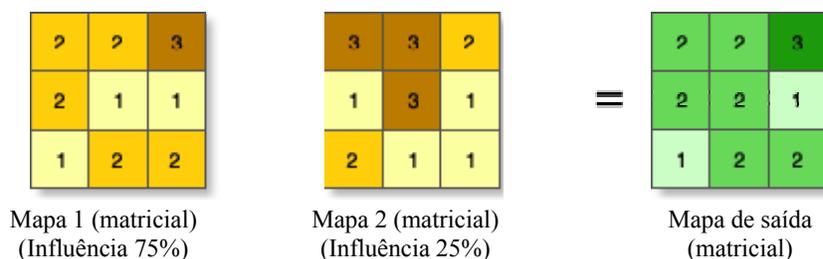


Figura 44. Ilustração do esquema realizado pela técnica superposição ponderada (*Weighted overlay*) do *software ArcGIS 9.3*.

Fonte: Adaptada de ESRI (2008).

Tabela 08. Escala de valores de importância da técnica superposição ponderada (*Weighted overlay*) para comparação de mapas.

| Intensidade de importância | Definição e explicação |
|----------------------------|---|
| 1 | Importância igual - os dois fatores contribuem igualmente para o objetivo |
| 3 | Importância moderada - um fator é ligeiramente mais importante que o outro |
| 5 | Importância essencial - um fator é claramente mais importante que o outro |
| 7 | Importância demonstrada - um fator é fortemente favorecido e sua maior relevância foi demonstrada na prática |
| 9 | Importância extrema - a evidência que diferencia os fatores é da maior ordem possível. |
| 2, 4, 6, 8. | Valores intermediários entre julgamentos - possibilidade de compromissos adicionais |
| Restrito | Atribui o valor restrito (o valor mínimo da escala de avaliação estabelecido, menor do que um) para as células (<i>pixels</i>) na saída, independentemente dos outros dados de entrada. |
| NoData | Atribui nenhum dado para as células (<i>pixels</i>) na saída, independentemente dos outros dados de entrada. |

Fonte: Adaptado de Câmara *et al.* (1996) e ESRI (2008).

A imagem TM/LANDSAT-5 foi georreferenciada por meio do modelo polinomial de 1º grau e interpolação por vizinho-mais-próximo, os pontos de controle foram obtidos na base cartográfica do CPRM em escala 1:250.000, o erro médio quadrático do processamento foi de 0,45 *pixels*.

O mapa de estradas de Tefé foi obtido a partir da interpretação visual da imagem TM/LANDSAT e digitalização na tela do computador em uma escala média de 1:60.000. Os mapas da área urbana e aeroporto do município também foram gerados pela mesma técnica, contudo nesta etapa foi utilizada a imagem *QuickBird* em uma escala média de 1:20.000.

A Área de Segurança Aeroportuária (ASA) foi mapeada por meio do cálculo do “mapa de distâncias” (*Buffer*), esta técnica permite gerar análise de proximidade em variáveis geográficas. De acordo com a Resolução nº 04/95 – CONAMA, o aeroporto de Tefé está na categoria do item I:

São consideradas Área de Segurança Aeroportuária - ASA as áreas abrangidas por um determinado raio a partir do "centro geométrico do aeródromo", de acordo com seu tipo de operação, divididas em 2 (duas) categorias: I - raio de 20 km para aeroportos que operam de acordo com as regras de voo por instrumento (IFR); e II - raio de 13 km para os demais aeródromos.

A Resolução nº 04/95 – CONAMA também descreve as atividades consideradas perigosas para aeroportos:

Dentro da ASA não será permitida implantação de atividades de natureza perigosa, entendidas como "foco de atração de pássaros", como por exemplo, matadouros, cortumes, vazadouros de lixo, culturas agrícolas que atraem pássaros, assim como quaisquer outras atividades que possam proporcionar riscos semelhantes à navegação aérea.

Para os mapas de estrada, hidrografia e área urbana foram gerados mapas de distância de acordo com os critérios estabelecidos pela NBR 13896 (ABNT, 1997) e por Rocha *et al.* (2004). Após a geração dos mapas de distância e análise dos mapas, estes foram convertidos do formato vetorial para o matricial. Posteriormente, foi aplicada a técnica da superposição ponderada e atribuídos diferentes fatores de influência e pesos, de acordo com a importância atribuída a cada mapa (declividade, solos, distância da estrada, distância da área urbana, distância da hidrografia) e na avaliação e escolha das áreas potenciais para instalação do aterro sanitário. O mapa da Área de Segurança Aeroportuária foi sobreposto ao mapa final para verificar se as áreas definidas estavam contidas no raio de 20 km a partir do centro geométrico do aeródromo de Tefé.

2.2.1 Área mínima para o aterro sanitário de Tefé

A definição da área mínima para o aterro sanitário em Tefé foi estabelecida a partir dos dados de população e quantidade de resíduos gerados no município, considerando um mínimo de dez anos para a vida útil do aterro sanitário. A população do município para o ano de 2018 foi estimada pela fórmula da progressão geométrica constante em Rocha *et al.* (2004, p. 286), a saber:

$$P_F = P_0 \cdot (1 + \alpha)^t, \text{ onde:}$$

$$P_F = \text{População ao final da vida útil do aterro (ano 2018)}$$

P_0 = População de Tefé em 2008 = 64.703 habitantes (IBGE, 2008).

α = Taxa de crescimento anual = 2,07% (SEPLAN/AM, 2009)

t = Tempo em anos.

$$P_{2008} = 64.703(1 + 0,0207)^{10}$$

$$P_{2018} = 79.415,55 \text{ habitantes.}$$

De acordo com a Prefeitura Municipal de Tefé, a produção *per capita* de resíduos sólidos no município, com base nos dados de 2008 (Tabela 06), é de 0,315 kg.hab⁻¹.dia⁻¹. Neste contexto, a quantidade de resíduos estimados para 2018 será $Q_{2018} = 79.415 \text{ hab} * 0,315 \text{ kg.hab}^{-1}.\text{dia}^{-1} = 25.013,12 \text{ kg.dia}^{-1}$.

Conforme Haddad (1994, apud ROCHA *et al.*, 2007, p. 286), o peso específico (P_e) dos resíduos sólidos urbanos compactados varia entre 500 a 700 kg.m⁻³, desta forma o volume de resíduos sólidos $V_{2018} = Q/P_e = 25.013,12 \text{ kg.dia}^{-1} / 700 \text{ kg.m}^{-3} = 35,73 \text{ m}^3.\text{dia}^{-1}$. Para o ano de 2018 as estimativas demonstram que o $V_{2018} = 35,73 \text{ m}^3.\text{dia}^{-1} * 365 \text{ dias} * 10 \text{ anos} = 130.425,54 \text{ m}^3$.

De acordo com Haddad (1999, apud ROCHA *et al.*, 2007, p. 287), um aterro deve atingir, após a compactação das camadas em células, uma altura variável entre três e seis metros. Para a maior segurança das águas subterrâneas no município de Tefé, levando em consideração a complexidade hídrica da região e o volume de chuvas anuais, optou-se por estabelecer valas de três metros de profundidade. Assim, o tamanho de área mínima para a disposição dos resíduos sólidos urbanos em um aterro sanitário no município de Tefé é $S_{\min} = V/h_{\max} = 130.425,54 \text{ m}^3 / 3 \text{ m} = 43.475,1793 \text{ m}^2 = 4,35 \text{ hectares}$.

Considerando a necessidade de implementar no complexo do aterro sanitário o que Monteiro *et al.* (2001, p. 151) denominaram “unidades de apoio”, recomenda-se um incremento de 20% ou 40% sobre o tamanho da área necessária para a disposição dos resíduos (João Bosco Ladislau de Andrade, comunicação pessoal), o que totaliza a necessidade mínima de 5,22 ha para a construção do aterro sanitário em Tefé.

Alguns critérios, normalmente descritos na literatura para instalação de aterros sanitários não foram considerados neste trabalho pela carência de dados disponíveis para municípios do interior do Amazonas. Os dados de altimetria não foram considerados nas análises, uma vez que estavam disponíveis apenas na escala 1:250.000 (VALERIANO, 2008) e nesta escala foi verificada pequena variação de altitude entre a região do centro gerador dos resíduos sólidos e as áreas com potencial para a instalação do aterro sanitário. Essa é uma característica quase geral dos municípios localizados na planície do rio Solimões, as quais apresentam relevo suave ondulado.

Na escala do mapa disponível (1:250.000) foram observadas apenas duas unidades litológicas no mapa de geologia (Figura 05), além disso foi verificado que as estruturas (falhas) do município de Tefé encontram-se distantes da região de possível potencial para a instalação de aterros no município. Por este motivo não foi necessária a sua incorporação nas análises. Outros dados como direção dos ventos, coeficiente de permeabilidade dos solos e níveis do lençol freático não estavam disponíveis para este trabalho.

Durante os meses junho e agosto de 2007 e abril de 2008 foram realizadas visitas técnicas à Tefé para reconhecimento e registro iconográfico das principais áreas enfocadas no trabalho, com especial interesse em verificar as condições da nova estrada da EMADÉ, já completamente asfaltada. Além disso foram realizadas visitas a órgãos da Prefeitura Municipal de Tefé.

Em Manaus foram realizadas visitas à INFRAERO onde a Superintendência Regional do Noroeste autorizou contato com funcionários e disponibilizou material relativo à problemática do perigo aviário em Tefé, além de outras informações de relevância. Foram, também, utilizados contatos via correspondência eletrônica com o Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA), com a Comissão de Controle do Perigo Aviário no Brasil (CCPAB), com a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) e com a Secretaria de Meio Ambiente de Tefé (SEMMA/Tefé), para a aquisição de informações.

2.3 Alternativas locais sugeridas

A técnica da superposição ponderada (*Weighted overlay*) foi estruturada com a influência e o peso para cada mapa e suas respectivas classes temáticas (Tabela 09). Os resultados da análise multicritério apontaram nove alternativas locais para instalação do aterro sanitário em Tefé (Figura 45), as áreas variaram com tamanho de 4,67 a 195,81 hectares (Tabela 10).

Tabela 09. Parâmetros utilizados como critérios para identificação de áreas potenciais para instalação do aterro sanitário.

| Mapas | Pesos (%) | Classes | Notas |
|-------------|-----------|------------------|----------|
| Declividade | 10 | 0 – 5 % | 9 |
| | | 5 – 12 % | 9 |
| | | 12 – 30 % | 9 |
| | | 30 – 47 % | Restrito |
| | | 47 – 100 % | Restrito |
| | | > 100 % | Restrito |
| Estradas | 20 | 0 – 20 m | Restrito |
| | | 20 – 50 m | Restrito |
| | | 50 – 100 m | 7 |
| | | 100 – 500 m | 9 |
| | | 500 – 1000 m | 5 |
| | | > 1000 m | Restrito |
| Hidrografia | 20 | 0 – 200 m | Restrito |
| | | > 200 m | 9 |
| Área urbana | 10 | 0 – 2000 m | Restrito |
| | | > 2000 m | 9 |
| Solos | 20 | Plintossolo | 9 |
| | | Argissolo | 7 |
| | | Gleissolo | Restrito |
| | | Neossolo flúvico | Restrito |

Um dos fatores limitantes na escolha de áreas para construção de um aterro sanitário são os limites de um município, embora seja possível um consórcio entre municípios para uma solução comum deste problema. O mapa síntese das alternativas locais para instalação do aterro sanitário permitiu reduzir os 23.704 km² de Tefé, para uma área potencial de 8,7 km² (Tabela 10 e Figura 45). Ainda que estes resultados não apontem exatamente o local para construção do aterro, explicado pela carência e escala de dados disponíveis, os resultados alcançados são importantes, uma vez que delimitam áreas menores para serem realizados estudos geotécnicos para instalação do aterro sanitário. Nesses estudos são realizadas análises como verificação da estabilidade dos taludes de escavação das jazidas de empréstimos dos solos, projeto de fundação das diversas estruturas (escritórios, oficinas, caixas de acumulação do chorume), projeto de escavação para a implantação de estruturas, projeto do sistema de impermeabilização de fundação para evitar a poluição do subsolo e das águas subterrâneas e estudo da geomecânica dos resíduos (BOSCOV, 2008, p. 96).

Tabela 10. Descrição das notas e tamanho das alternativas locacionais para instalação do aterro sanitário de Tefé/AM.

| Nota de indicação e local* | Perímetro (m) | Área (ha) |
|----------------------------|------------------|---------------|
| 7a | 4.708,78 | 94,50 |
| 7b | 9.655,45 | 195,81 |
| 7c | 6.769,10 | 138,53 |
| 7d | 864,08 | 4,67 |
| 8a | 10.107,59 | 171,84 |
| 8b | 5.950,53 | 104,88 |
| 8c | 7.046,53 | 118,15 |
| 8d | 3.455,47 | 36,51 |
| 8e | 945,90 | 5,43 |
| Total | 49.503,43 | 870,32 |

* Locais apresentados no mapa da Figura 45.

Conforme os cálculos apresentados, e que resultaram na necessidade de área mínima de 5,22 ha para a instalação do aterro sanitário em Tefé, todas as alternativas locacionais mapeadas (Figura 45), com exceção da área 7d, apresentaram um tamanho suficiente para a disposição final dos resíduos sólidos urbanos produzidos em um período de 10 anos no município (Tabela 10). A técnica utilizada permitiu identificar diferentes notas às diferentes áreas potenciais, e cinco das oito áreas apontadas como possíveis para a construção do aterro receberam nota oito, as quais somaram 436,81 ha e três receberam nota sete totalizando 428,84 ha (Figura 45 e Tabela 10).

Todas as alternativas locacionais que receberam nota oito como potenciais para instalação do aterro sanitário (Figura 45 e Tabela 10), estão próximas das vias pavimentadas, seja na estrada da Boa Vontade ou na estrada da Empresa Amazonense de Dendê (EMADE). Essas áreas foram apontadas na faixa de 20 a 500 metros de proximidade com as vias pavimentadas, uma vez que a faixa de até 50 metros foi considerada restrita para a instalação de aterros (Tabela 09).

As áreas que obtiveram nota sete como alternativas locacionais para instalação do aterro (Figura 45 e Tabela 10), também estão próximas das estradas Boa Vontade e EMADE, aproximadamente 700m. Como se observa, estas alternativas locacionais estão mais distantes das estradas quando comparadas com as áreas que receberam nota oito. Para o aproveitamento adequado destas áreas seria necessária a construção de vias de acesso que oferecessem condições de tráfego durante todo o ano, conforme previsto na NBR 13896 (ABNT, 1997).

Para as distâncias das estradas foram estabelecidas seis classes, tornando restrita a possibilidade de que o aterro sanitário seja implantado exatamente nas margens da via ou a uma distância maior de 1000 metros (Tabela 09). A disponibilidade de estradas e suas

condições de tráfego ao longo do ano, independente das condições de tempo (chuvas ou estiagem), sempre foi a principal dificuldade para a execução satisfatória dos serviços de disposição final dos resíduos sólidos em Tefé. A NBR 13896 (ABNT, 1997) enfatiza a importância das condições de acesso à área do aterro sanitário, este critério é importante para sua operação desde o projeto até o fechamento. No entanto, a norma não estabelece distâncias mínimas das estradas, mas destaca que os acessos internos e externos devem permitir sua utilização sob quaisquer condições de tempo. Esse aspecto sugere que o aterro deve localizar-se próximo de vias pavimentadas. A distância mínima de 50m das estradas pavimentadas (Tabela 09) foi estabelecida devido o acesso dos caminhões, a preocupação com o impacto visual e o acesso de pedestres à área do aterro. De outra forma a norma refere-se à presença da vegetação como aspecto importante para impedir erosão, formação de poeira e transporte de odores, o que sugere a necessidade de uma faixa de vegetação no entorno do aterro.

As áreas apontadas com potencias para a instalação do aterro sanitário estão em uma distância média de 15 km do limite da área urbana municipal (Figura 45), o que indica resultados adequados segundo Gomes *et al.* (2001) que consideram ideais as distâncias entre 2 e 15 km da cidade para construção de aterro sanitário. Sobre essas distâncias os autores chamam a atenção para dois fatores opostos: quanto mais longe da cidade é o aterro, mais caro é o transporte; quanto mais próximo o é, menor é a aceitação da população urbana.

Para análise da influência da área urbana foi adotada uma distância mínima de 2000m (Tabela 09), recomendada por Rocha *et al.* (2004), uma vez que o limite sul da área urbana está próxima da cabeceira do aeroporto de Tefé (1900m) (Figura 45). O mapa da área urbana recebeu o peso de 10% de influência na análise multicritério, uma vez que são poucas as alternativas viárias para o afastamento do aterro da área urbana.

O município de Tefé possui o relevo suave ondulado, com declividades predominantes entre 0 a 5% (Figura 06). Conforme recomendação da NBR 13896 (ABNT, 1997) foi estabelecida a declividade máxima de 30% para instalação do aterro sanitário (Tabela 09). Esta NBR fixa as condições mínimas exigíveis para projeto, implantação e operação dos aterros de resíduos não perigosos. As declividades receberam peso de 10% na análise multicritério (Tabela 09), devido às formas de relevo suave ondulado. É importante citar que as áreas próximas das estradas disponíveis no município apresentaram ao máximo de 12% de declividade.

Outro fator importante na definição de áreas para instalação de aterros sanitários é a hidrografia sendo necessário avaliar a influência do aterro na qualidade e no uso das águas superficiais e subterrâneas, devido à possível contaminação. As nove alternativas locais

identificadas estão com distâncias maiores do que 200m (Tabela 09), ou seja, de acordo com recomendação da NBR 13896 (ABNT, 1997). Esta NBR também indica uma permeabilidade inferior a 10^{-6} cm/s nos solos para a implantação de aterros sanitários. A recomendação expressa a importância da manutenção das águas subterrâneas, uma vez que os solos que possuem grande permeabilidade permitem a contaminação dos lençóis freáticos pela possível percolação do chorume concentrado nos aterros sanitários. Neste contexto, os solos também são fatores importantes no processo de identificação de locais para instalação de aterro, por esse motivo, o mapa de solos recebeu peso de 20% (Tabela 09).

Com base na literatura especializada, descartaram-se as regiões com ocorrência dos Gleissolos e os Neossolos Flúvicos para a instalação do aterro sanitário em Tefê (julgados restritos) devido as suas características (hidromórficas, saturados de água e arenosos, respectivamente [LESPCH, 2002; LIMA *et al.*, 2007]). Como mais favoráveis indicaram-se as regiões com ocorrência dos Plintossolos, em primeiro, e os Argissolos em segundo lugar (Tabela 09). Os Plintossolos apresentam restrição à percolação da água, além de textura argilosa a muito argilosa, presentes em terra firme, de relevo suave ondulado e plano o que indica, também, sua adequação às exigências da NBR 13896 (ABNT, 1997) sobre declividades. Os Argissolos apresentam grande aumento de argila em profundidade (LESPCH, 2002), sendo o teor considerado médio a alto. No entanto, na superfície o teor de argila é muito baixo, o que determina alta velocidade de infiltração tornando o solo altamente susceptível à erosão.

Os resultados obtidos para as alternativas locacionais para instalação do aterro em Tefê indicam que estes locais devem estar a uma distância menor do que 20 km do raio a partir do centro geométrico do aeroporto da cidade (Figura 45), ou seja, dentro da Área de Segurança Aeroportuária definida pela Resolução nº 04/95 – CONAMA. As áreas estão a uma distância média de 13 km do centro geométrico do aeroporto (Figura 45). Estes resultados sugerem mais um problema para a disposição final dos resíduos sólidos em Tefê. As possibilidades de escoamento dos resíduos sólidos urbanos do município, a partir do centro gerador, estão limitadas à disponibilidade de estradas pavimentadas que permitam o acesso ao aterro sanitário durante todo o ano. Caso não fossem incluídos os 20 km de raio a partir do centro do aeroporto, todas as alternativas locacionais mapeadas não passariam do limite de 1 km a partir das estradas pavimentadas disponíveis.

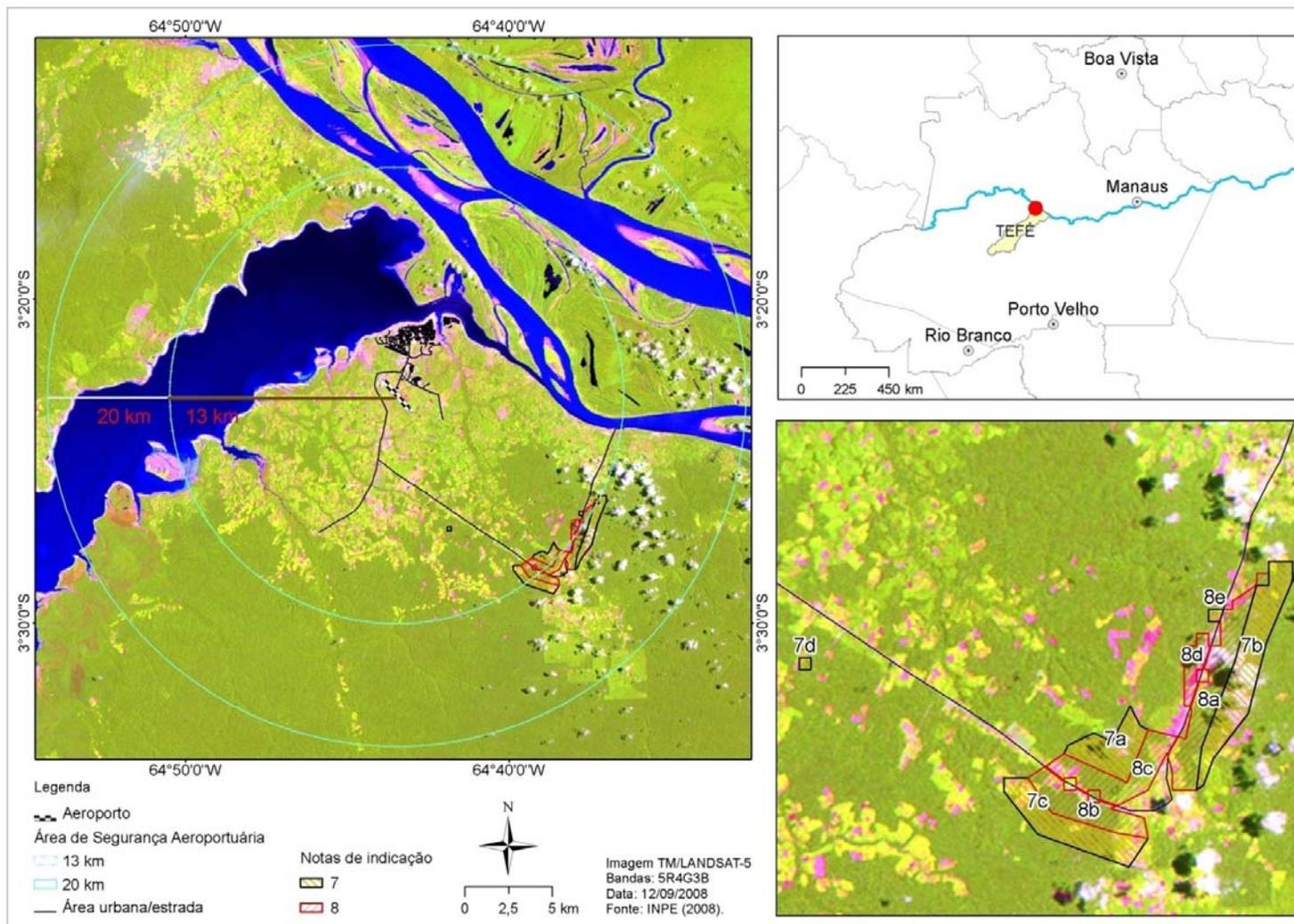


Figura 45. Mapa das alternativas locais para a instalação do aterro sanitário de Tefé.

A única possibilidade de afastar os locais para a disposição dos resíduos sólidos a mais de 20 km do centro geométrico do aeroporto em Tefé é a construção de nova estrada pavimentada que possa ser mantida em condições de tráfego durante todo o ano. Observando o mapa final gerado pela análise multicritério (Figura 45), constata-se que a nova estrada teria que ter, no mínimo, 7 km de extensão a partir da estrutura viária já existente, isso no ponto mais próximo da possibilidade de afastamento. Esse ponto coincide com a localização da antiga EMADÉ, área já antropizada, com presença de vegetação secundária e solos considerados adequados para a construção do aterro sanitário (Plintossolo). Há, no entanto, nessa região várias famílias de agricultores e suas propriedades, e a construção de estrada para fins de acesso a um aterro sanitário pode ser contrário aos interesses daquelas populações, a exemplo do que já ocorreu em Tefé em outra região. Além disso, recentemente a imprensa publicou que empresa da Malásia, mediante acordo com o Governo do Estado do Amazonas, irá retomar as atividades da EMADÉ naquela localização.

A escolha de outro ponto para a construção da estrada iria implicar em dois outros fatores complicadores. Em primeiro lugar, a estrada necessitaria ser mais extensa, fato que exigiria maior investimento econômico por parte da Prefeitura Municipal, tanto para a construção da via como para sua manutenção. O segundo aspecto, de cunho ambiental, demonstra que seria necessário desmatamento de grande parte do percurso da nova estrada a ser construída, uma vez que as demais áreas que possibilitam o afastamento da Área de Segurança Aeroportuária têm predominância de vegetação primária. Essa ação significaria grande impacto ambiental na região. Embora o desflorestamento seja um processo de natureza complexa para ser atribuído apenas a um único fator, a pavimentação de estradas e/ou a construção de vicinais (ramais) representa um dos principais vetores de desflorestamento na Amazônia (LAURANCE *et al.*, 2001; FEARNSSIDE, 2005).

Diante dessas constatações, a solução mais plausível para a problemática da disposição final dos resíduos sólidos urbanos em Tefé seria a realização de um acordo entre Prefeitura e INFRAERO, dentre outros órgãos envolvidos, no sentido de:

- serem realizados estudos que levem em consideração as particularidades fisiográficas da região de Tefé, com vistas a investigar a possibilidade de se adotar como Área de Segurança Aeroportuária a distância de 13 km do centro geométrico do aeroporto, prevista para aeroportos que não operam de acordo com as regras de vôo por instrumento. Essa possibilidade permitiria que grande parte das áreas apontadas no mapa (Figura 45) pudessem ser aproveitadas para a instalação do aterro sanitário a um custo econômico e ambiental menores;

- a Prefeitura Municipal de Tefê planejar, implantar e operar o aterro sanitário de acordo com todos os critérios previstos na legislação ambiental referente a esta forma de disposição final dos resíduos sólidos urbanos e sob rigorosa fiscalização, especialmente no que tange a questão do perigo aviário. De outra forma, criar mecanismos para evitar o sobrevôo de aves na área do aterro sanitário, motivo pelo qual este tipo de empreendimento é considerado ameaça à navegação aérea.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Brasil é um país de proporções continentais, dotado de características físicas e sociais variadas, entretanto, a legislação ambiental brasileira não faz distinção em meio a essa diversidade e suas exigências não contemplam as particularidades ambientais regionais. Desse modo, suas exigências facilmente cumpridas em algumas regiões aparecem como complicações em outras.

Em outros lugares do Brasil, já foram demonstradas dificuldades quanto ao cumprimento da Resolução nº 04/95 – CONAMA, mesmo em regiões possuidoras de extensa infraestrutura viária e áreas já degradadas, fatores que facilitam, naqueles locais, o escoamento e a disposição final dos resíduos sólidos urbanos.

Nas cidades amazônicas, porém, especialmente naquelas localizadas nas calhas dos rios, interligadas somente por hidrovias, a infraestrutura viária é limitada. Nas cidades dessa região que possuem aeroportos, para que se dê cumprimento à referida Resolução, é necessário que se causem significativos impactos ambientais como, por exemplo, a abertura de estradas para o afastamento de 13 ou 20 km do centro geométrico dos aeródromos. Além do impacto ambiental, o impacto econômico é também significativo, uma vez que se não forem pavimentadas e não receberem manutenção constante essas estradas ficam inutilizadas durante aproximadamente seis meses, na estação das chuvas.

De outra forma, paradoxalmente neste caso em particular, o cumprimento de uma resolução ambiental dificulta cumprimento de outras, principalmente as que prescrevem restrições ao desmatamento, a degradação da flora e fauna, à degradação de áreas de conservação, entre outros aspectos.

As dificuldades encontradas em Tefé para o cumprimento da legislação são, desta forma, comuns às demais cidades das calhas dos rios amazônicos. Deve-se ressaltar que Tefé apresenta malha viária extra-urbana atípica na região. Após o ano de 2008, há no município vias pavimentadas que, por vezes, não são encontradas na grande maioria dos municípios banhados pelos rios amazônicos. Ainda assim, em resposta à questão inicial, não foi possível, a partir da disponibilidade atual de estradas, encontrar um local para a instalação de aterro sanitário no município ao utilizar como critério a Área de Segurança Aeroportuária de 20 km de raio a partir do centro geométrico do aeroporto. As alternativas locais encontradas podem ser utilizadas desde que se considere a Área de Segurança Aeroportuária o raio de 13 km a partir do centro geométrico do aeroporto.

Apesar da resposta negativa à questão inicial, este trabalho não teve a pretensão de esgotar as possibilidades para a instalação do aterro sanitário de Tefé, mas discutir e apontar algumas alternativas locais a partir dos dados cartográficos e tabulares disponíveis para o município. Para afastar o local de instalação do aterro sanitário a uma distância maior do que 20 km do centro geométrico do aeroporto, é necessário a construção de nova estrada pavimentada e nela manter as condições de tráfego durante todo o ano, o que implicaria em maiores custos econômicos e ambientais. É importante citar, além das variáveis analisadas neste estudo, que também são necessárias outras investigações que dependem de levantamentos de campo mais detalhados, principalmente em relação à situação fundiária do município e a aceitação, por parte da população próxima, da localização escolhida para a instalação do aterro sanitário.

É necessário, também, que estudos geotécnicos sejam realizados em cada uma das áreas apontadas para o levantamento das questões anteriormente referidas à instalação de aterro sanitário. Este estudo foi dirigido à questão espacial da problemática, levando em consideração, principalmente, os aspectos ambientais e legislativos na busca das alternativas locais, e com isso contribuir em nível de tomada de decisão. Isso não quer dizer que foram desconsideradas as questões sociais e esta é uma das principais preocupações intrínseca à análise. Avalia-se que os resultados obtidos neste estudo possam contribuir com a questão em outros municípios da região, uma vez que também apresentam problemas similares com a disposição final de seus resíduos sólidos.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, João Bosco Ladislau de. Critérios aplicáveis em projetos de disposição final de resíduos sólidos na Amazônia Brasileira. In: 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 24., 2007, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: FITABES, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Apresentação de projetos de aterros controlados de resíduos sólidos urbanos (NBR 8849)**. Rio de Janeiro: ABNT, 1985.

_____. **Aterros de resíduos perigosos: critérios para projeto, construção e operação (NBR 10157)**. Rio de Janeiro: ABNT, 1987.

_____. **Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos (NBR 8419)**. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

_____. **Aterros de resíduos não perigosos: critérios para projeto, implantação e operação (NBR 13896)**. Rio de Janeiro: ABNT, 1997.

_____. **Resíduos sólidos: classificação (NBR 10004)**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS – ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil - 2008**. São Paulo: ABRELPE, 2009.

AERONAUTICA. **Portaria Nr 1.141-GM5**. Disponível em <<http://www.anac.gov.br/Biblioteca/portarias/portaria1141.pdf>>. Acesso em 11 ago. 09.

AQUINO, Yara. Pesquisa constata boa qualidade de água no país, mas alerta que é preciso preservar. **Agência Brasil**, 20 fev. 2007. Disponível em <<http://www.agenciabrasil.gov.br/noticias/2007/02/20/materia.2007-02-20.3135189724/view>>. Acesso em 19 jul. 2009.

ARONOFF, S. **Geographic Information Systems: a management perspective**. Canadá: WDL Publications, 1989.

ATAÍDE, Kleber R. Paixão; BEZERRA, Ana Cleide; RIBEIRO, João Batista M. Classificação climática da bacia do rio Urucu pelos métodos de Köppen e Thornthwaite. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, XIII., 2004, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza, 2004.

BENITES, José Siqueira. et al. Destino e análise quali-quantitativa dos resíduos orgânicos produzidos pelas indústrias de pescado em Tefé/AM (2004/2005). In: TERÁN, Augusto Fachin (Org.). **Resultados das pesquisas de Iniciação Científica da Escola Normal Superior: PROFIC 2004-2006**. Manaus: UEA Edições, 2007.

BESEN, Gina Rizpah. Lixo. In: **Almanaque Brasil Socioambiental**. RICARDO, Beto; CAMPANILI, Maura (Orgs.). São Paulo: Socioambiental, 2007.

BIANA, Silvio Mário de Souza. **Seleção de áreas para implantação de aterros sanitários no município de Campina Grande–PB**. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) PRODEMA, Universidade Federal da Paraíba. Campina Grande, 2007.

BIDONE, F. R. A.; POVINELLI, J. **Conceitos básicos de resíduos Sólidos**. São Carlos: EESC/USP, 1999. 120 p.

BOSCOV, Maria Eugênia Gimenez. **Geotecnia Ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

BRIANEZI, Thaís. Aeroporto no Amazonas é fechado novamente por ficar perto de lixão. **Agência Brasil**, 24 jul. 2006. Disponível em <<http://www.agenciabrasil.gov.br/noticias/2006/07/24/materia.2006-07-24.1714631567/view>>. Acesso em 20 out. 2007.

_____. Governo lança campanha para reduzir lixo em Tefé, mas aeroporto continua fechado. **Agência Brasil**, 15 ago. 2006. Disponível em <<http://www.agenciabrasil.gov.br/noticias/2006/08/15/materia.2006-08-15.7732374155/view>>. Acesso em 12 set. 2007.

_____. Justiça Federal volta a fechar aeroporto de Tefé. **Agência Brasil**, 11 dez. 2006. Disponível em <<http://www.agenciabrasil.gov.br/noticias/2006/12/11/materia.2006-12-11.0161893970/view>>. Acesso em 22 set. 2007.

BURROUGH, P. A. **Principles of Geographic Information Systems for land resources assessment**. Oxford: Oxford University Press, 1986.

CALIJURI, Maria. Lúcia; MELO, André Luis de oliveira; LORENTEZ, Juliana Ferreira. Identificação de áreas para implantação de aterros sanitários com uso de análise estratégica de decisão. In: **Informática Pública**, v.4:, n. 2, p. 231-250. 2002.

CÂMARA, G.; SOUZA, R.C.M.; FREITAS U.M.; GARRIDO, J. SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. **Computers & Graphics**, 20: (3) 395-403, Mai-Jun 1996.

CÂMARA, G; DAVIS, C; MONTEIRO, A. M; D'ALGE, J. C. **Introdução à Ciência da Geoinformação**. São José dos Campos, INPE, 2001. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro>> Acesso em 25 nov 2001.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. **Resolução nº 04/95**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res95/res0495.html>>. Acesso em 20 ago. 2006.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS - CPRM. **Relatório da cheia 2005**. Disponível em <<http://www.cprm.gov.br/rehi/manaus/pdf/pdf/cheia2005.pdf>>. Acesso em 19 nov. 2007.

CRISE do lixo em Nápoles será tema de reunião ministerial com Berlusconi. **G1**, 20 2008. Disponível em <<http://g1.globo.com/Noticias/Mundo/0,,MUL487606-5602,00.h>> Acesso em 06 dez. 2008.

DAVIS, Clodoveu; FONSECA, Frederico. **Introdução aos Sistemas de Informação Geográficos**. Belo Horizonte, 2001 p. 210. Disponível em: <<http://www.csr.ufmg.br/cartografia>>. Acesso em: 19 de maio de 2008.

DELUQUI, K. K. **Roteirização para veículo de coleta de resíduos sólidos domiciliares utilizando um Sistema de Informações Geográficas – SIG**. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.

EMPRESA BRASILEIRA DE INFRA-ESTRUTURA AEROPORTUÁRIA - INFRAERO. **Resumo de acontecimentos, providências, ações e ocorrências geradas, acerca de riscos provocados contra a segurança do usuário do transporte aéreo no aeroporto de Tefé**. Arquivo, 2005.

_____. **Histórico do Perigo Aviário na cidade de Tefé**. Arquivo, 2007a.

_____. **Guia dos aeroportos do Brasil**. Brasília: Virthus, 2007b.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos e avaliação da aptidão agrícola das terras do pólo Juruá-Solimões, Amazonas**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. Boletim de Pesquisa, n.2, Dez. 1999, 96p.

ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE – ESRI. **ArcGIS Desktop help**. Ver 9.3. ESRI, 2008.

FEARNSIDE, Philip M. Desmatamento na Amazônia brasileira: história, índices e consequências. **Megadiversidade**. Belo Horizonte, v.1, n.1, p.113-123, 2005.

FITZ, Paulo Roberto; HASENACK, Heinrich. O processo de tomada de decisão e os Sistemas de Informação Geográfica. In: Conferência Iberoamericana de SIG, XI., 2007, Luján. **Anais...** Luján: Universidad Nacional de Luján, 2007.

FITZ, Paulo Roberto. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

GOMES, L. P.; COELHO, O.; ERBA, D.; VERONEZ, M. Critérios de seleção de áreas para disposição final de resíduos sólidos. In: ANDREOLI, C. (Org.). **Resíduos sólidos do saneamento: processamento, reciclagem e disposição final**. São Carlos: Rima, 2001.

GUIMARÃES, L. T; **Utilização do Sistema de Informação Geográfica (SIG) para identificação de áreas potenciais para disposição de resíduos na bacia do Paquequer, município de Teresópolis - RJ**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Projeto RADAMBRASIL. Folha SA. 20 Manaus: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra**. Rio de Janeiro, Departamento Nacional da Produção Mineral (Levantamento de Recursos Naturais, 18). 1978. 628p. mapas.

_____. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico – 1989**. Rio de Janeiro: IBGE, 1992.

_____. **Censos demográficos dos anos 1970, 1980, 1991 e 2000**. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em 19 jul. 2009a.

_____. **Contagens da população dos anos de 1996 e 2007.** Disponível em <http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em 19 jul. 2009b.

_____. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico – 2000.** Rio de Janeiro: IBGE, 2002.

_____. **Estimativas das populações residentes, em 1º de julho de 2008, segundo os municípios.** IBGE, 2008. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2008/POP_2008_TCU.pdf>. Acesso em 04 ago. 2009.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE. **Projeto PRODES: Monitoramento da floresta amazônica brasileira por satélite.** Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/prodes/index.html>>. Acesso em 19 jul. 2009.

INTERIOR fica sem Correios. **A Crítica**, Manaus, 13 jul. 2006. Disponível em <http://www.acritica.com.br/content/not-detail_busca.asp?materia_id=115924&ed=1702&dt=13/7/2006>. Acesso em 20 out. 2007.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS – IPT/COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA A RECICLAGEM – CEMPRE. **Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado.** São Paulo: 2ª edição. IPT/CEMPRE, 2000

INSTITUTO DE ESTUDOS DA RELIGIÃO (ISER). **Pesquisa: o que as lideranças brasileiras pensam sobre mudanças climáticas e o engajamento do Brasil.** Relatório de divulgação. Rio de Janeiro: ISER, 2008.

JUCÁ, José Fernando Thomé. Destinação final dos resíduos sólidos no Brasil: situação atual e perspectivas. In: SILUBESA - Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 10., 2002, Braga. **Anais...** Braga, 2002.

LACOSTE, Elisabeth; CHALMIN Philippe. **From waste to resource: An abstract of “2006 World Waste Survey”.** Paris: Economica Editions, 2006.

LAURANCE, William F.; COCHRANE, Mark A.; BERGEN, Scott; FEARNSIDE, Philip M.; DELAMÔNICA, Patricia; BARBER, Christopher; D'ANGELO, Sammya; FERNANDES, Tito. The future of the Brazilian Amazon. **Science**, v. 291, p.438-439, 2001.

LEPSCH, Igor F. **Formação e conservação dos solos.** São Paulo: Oficina de Textos, 2002.

LIMA, Hedinaldo Narciso; TEIXEIRA, Wenceslau Geraldes; SOUZA, Kleberson Worsley de. Os solos da paisagem da várzea com ênfase no trecho entre Coari e Manaus. In: FRAXE, Therezinha de Jesus; PEREIRA, Henrique dos Santos; WITKOSKI, Antônio Carlos (org.) **Comunidades ribeirinhas Amazônicas: modos de vida e uso dos recursos naturais.** Manaus, EDUA, cap. 2. p.35-52, 2007.

LIXEIRA pública põe aviação em perigo. **A Crítica**, Manaus, 14 dez. 2005. Disponível em <http://www.acritica.com.br/content/not-detail_busca.asp?materia_id=110248&ed=1485&dt=14/12/2005>. Acesso em 25 out. 2008.

MAIA, Marco de Lara; PEIXOTO, Jose Voltaire Brito. **O uso de SIG no licenciamento ambiental das propriedades rurais do DF**. Monografia (Especialização em Geoprocessamento). Instituto de Geociências, Universidade de Brasília. 2007.

MARKS, Kathy; HOWDEN, Daniel. The world's rubbish dump: a garbage tip that stretches from Hawaii to Japan. **The Independent**, Londres, 05 fev. 2008. Disponível em <<http://www.independent.co.uk/environment/the-worlds-rubbish-dump-a-garbage-tip-that-stretches-from-hawaii-to-japan-778016.html>>. Acesso em 25 dez. 09.

MARQUES, José Roberto. **Meio ambiente urbano**. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2005.

MEDEIROS, J. S. **Bancos de Dados Geográficos e Redes Neurais Artificiais: Tecnologias de Apoio à Gestão do Território**. Tese (Doutorado em Geociências). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo. São Paulo, jul. 1999.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Avaliação Regional dos Serviços de Manejo de Resíduos Sólidos Municipais. Informe Analítico da Situação da Gestão Municipal de Resíduos Sólidos no Brasil – Avaliação 2002**. Brasília: Ministério das Cidades, 2003.

MONTEIRO, José Henrique Penido... [et al.]. **Manual de gerenciamento integrado de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro: IBAM, 2001.

MOREIRA, Marco Antonio Albano; LORANDI, Reinaldo e MORAES, Maria Eugênia Bruck de. Caracterização de áreas preferenciais para a instalação de aterros no município de Descalvado (SP), na escala de 1:50.000. In: **Revista Brasileira de Cartografia**. Nr 60/2, ago. 2008.

MOREIRA, Marco Antonio Albano. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação** 2. ed. Viçosa: Editora UFV, 2003. 307 p.

NORMANDO, Marcella. MPF/AM processa prefeito de Tefê por improbidade. **Notícias do Ministério Público Federal**. Brasília, 28 mar. 2008. Disponível em <<http://noticias.pgr.mpf.gov.br/noticias-do-site/patrimonio-publico-e-social/mpf-am-denuncia-prefeito-de-tefe-por-improbidade/>>. Acesso em 09 ago. 2009.

PEDROSA, Julio. Aeroporto volta a operar após adequação de lixeira. **A Crítica**, Manaus, 19 abr. 2007. Disponível em <http://www.acritica.com.br/content/not-detail_busca.asp?materia_id=123370&ed=1990&dt=19/4/2008>. Acesso em 21 abr. 2009.

PEDROSA, Mino. Minc e o lixão de Paciência. **Istoé Independente**, 25 jun. 08. Disponível em <<http://www.terra.com.br/istoe/edicoes/2016/artigo93457-1.htm>>. Acesso em 25 out. 2008.

PESSOA, Protásio Lopes. **História de Santa Teresa D'Ávilla dos Tupébas**. Manaus Tempo, 2005.

PF investiga despejo de lixo vindo da Europa nos portos do Brasil. **G1**, 08 jul. 2009. Disponível em <<http://g1.globo.com/Noticias/Brasil/0,,MUL1223571-5598,00.html>>. Acesso em 09 jul. 2009.

PINTO, Willer Hermeto Almeida. **Geoprocessamento aplicado a análise físico-territorial da área do Tarumã – AM**. Dissertação (Mestrado em Geociências). Universidade Federal do Amazonas. Manaus, 2005.

PRADO, Hélio do. **Solos do Brasil: gênese, morfologia, classificação e levantamento**. 2ª.ed. Piracicaba: ESALQ/USP, 2001.

PRELAZIA DE TEFÉ. **Nota de esclarecimento**. 19 ago. 2006. Tefé, 2006.

PREFEITURA MUNICIPAL DE TEFÉ – PMT / SECRETARIA MUNICIPAL DE MEIO AMBIENTE – SEMMA. **Avaliação de processo: perigo aviário – visão municipal**. Arquivo, 2005.

_____. **Relatório anual de coleta de resíduos sólidos em Tefé – 2008**. PMT/SEMMA, 2009.

RICHARDSON, Doug. Mapping opportunities. **Nature**, v. 427, 22, jan. 2004.

ROCHA, César Henrique Barra; FILHO, Luiz Fernandes de Brito; SILVA, Jorge Xavier da. Geoprocessamento aplicado à seleção de locais para a implantação de aterros sanitários: o caso de Mangaratiba – RJ. In: SILVA, Jorge Xavier da; Z AidAN, Ricardo Tavares. **Geoprocessamento e análise ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.

ROSSSETTI, Dilce de Fátima, GOÉS, Ana Maria; TOLEDO, Peter Mann; SANTOS JUNIOR, Antonio Emílio de Araújo dos; PAZ, Jackson Douglas Silva. Reconstrução de paisagens pós-miocênicas na Amazônia Brasileira. In: ALBERNAZ, Ana Luisa K.M. (org.) **Conservação da várzea: identificação e caracterização de regiões biogeográficas**. Manaus: IBAMA/PróVárzea, 2008, Cap. 2, p29-64.

SAATY, T.L. **The seven pillars of the analytic hierarchy process**. 1999, 15p. Disponível em: <http://www.isahp2003.net/menus/about_ahp/JAPAN_too.pdf>. Acesso em: 14 mai 2008.

SACHS, Jeffrey. **Economía para un planeta abarrotado**. Barcelona: Debate, 2008.

SAMIZAVA, Tiago Matsuo; KAIDA, Rodrigo Hiroshi; IMAI, Nilton Nobushiro e NUNES, João Osvaldo Rodrigues. SIG aplicado à escolha de áreas potenciais para instalação de aterros sanitários no município de Presidente Prudente – SP. In: **Revista Brasileira de Cartografia**, Nr 60/01, Abril de 2008 (ISSN 1808-0936).

SANTOS, Juliana Silveira dos; GIRARDI, Alessandro Gonçalves. Utilização de geoprocessamento para localização de áreas para aterro sanitário no município de Alegrete-RS. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, XIII., 2007, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: INPE, 2007.

SANTOS, Maria Cristina dos; TOPAN, Cláudia Saldanha de Oliveira; LIMA, Ellen Kaunuen Rabelo Lima. **Lixo: curiosidades e conceitos**. Manaus: EDUA, 2002.

SARAIVA, Henrique. O caos do lixo urbano. **O Globo**, Rio de Janeiro, 24 set. 2008. Disponível em <<http://oglobo.globo.com>>. Acesso em 25 mai. 2009.

SCHALCH, Valdir; ANDRADE, João Bosco Ladislau de. **Parecer Técnico sobre o serviço de limpeza urbana no município de Tefé (AM)**. São Carlos: USP, 1996.

SCHOR, Tatiana; COSTA, Danielle Pereira da; OLIVEIRA, José Aldemir de. Notas sobre a tipificação da rede urbana na calha do rio Solimões, Amazonas. In: Encontro Nacional da Anpur, XII., 2007, Belém. **Anais...** Belém, 2007.

SECRETARIA DE ESTADO DE PLANEJAMENTO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO DO AMAZONAS – SEPLAN. **Perfil Municipal – Tefé**. Disponível em <<http://www.seplan.am.gov.br/planejamento/ddr/Condensadov3/Conteudo/subregiao2/11-tefe.html>>. Acesso em 19 jul. 2009.

SETOR CURUPIRA E ENTIDADES PARCEIRAS. **Ofício Nr 001/02**, de 24 jul. 2002, enviado à Gerência Executiva I do IBAMA-AM. Tefé, 2002.

SILVA, Alexandre Donato da. **Coleta e destinação final do lixo urbano nas cidades da calha do rio Solimões e o perigo aviário: o estudo de caso de Tefé**. Monografia (Especialização em Geografia da Amazônia Brasileira). Universidade Federal do Amazonas. Manaus, 2007.

SILVA, Alexandre Donato da; SCHOR, Tatiana. Quando o lixo sobe aos ares: o destino final dos resíduos sólidos urbanos nas cidades da calha do rio Solimões e o perigo aviário. In: FERREIRA, Y. N., NAKAGAWARA, Y. ; YAMAKI, Humberto ; PINESE, J. P. P.; SOARES, P. F.. (Orgs.). **Águas urbanas: memória, gestão, riscos e regeneração**. Londrina: UEL, 2007 (no prelo).

SILVA, Alexandre Donato da; OLIVEIRA, José Aldemir de; SCHOR, Tatiana. Entre rios florestas e urubus: para onde vai o lixo das cidades na Amazônia? In: Encontro Nacional da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Ambiente e Sociedade – ENANPPAS, IV., 2008, Brasília. **Anais...** Brasília, 2008.

SIRKS, Alfredo. Cidade. In: TRIGUEIRO, André (Coord.). **Meio ambiente no século 21**. São Paulo: Autores associados, 2005.

SISTEMA DE PROTEÇÃO DA AMAZÔNIA (SIPAM); INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Amazonas: base cartográfica: solos, vegetação, altimetria, rodoviária, hidrográfica. Brasil**. 2000. Escala 1:250.000.

TEFÉ. **Lei Complementar Nr 026/2006, de 9 de outubro de 2006**. Dispõe sobre a política territorial e urbana do município, institui o plano diretor participativo da cidade de Tefé, e dá outras providencias. Tefé: Câmara Municipal, 2006.

TENÓRIO, Jorge Alberto Soares; ESPINOSA, Denise Croce Romano. Controle Ambiental de Resíduos. In: PHILIP JR., Arlindo; ROMÉRO, Mardelo de Andrade; BRUNA, Gilda Collet (editores). **Curso de Gestão Ambiental**. Barueri: Manole, 2004.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME – UNEP. **Marine litter: a global challenge**. Nairobi: UNEP, 2009.

VALERIANO, Márcio de Morisson. TOPODATA: **Banco de dados geomorfométricos do Brasil – 2008**. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/topodata/>> Acesso em 10 jan. 2008.

VEREADORES vão ao lixão e cobram medida do prefeito. **A Crítica**, Manaus, 11 jul. 2006. Disponível em <http://www.acritica.com.br/content/notdetail_busca.asp?materia_id=115879&ed=1700&dt=11/7/2006>. Acesso em 10 jan. 2009.

VIEIRA, Sálvio José; LAPOLLI, Édis Mafra; ORTH, Dora Maria; FRANZONI, Ana Maria Benciveni. Geoprocessamento utilizado na seleção de áreas para aterro sanitário. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 21., 2001, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa, 2001.

WEBER, Eliseu; HASENACK, Heinrich. **Avaliação de áreas para instalação de aterro sanitário através de análises em SIG com classificação contínua dos dados**. Porto Alegre: UFRGS, 2000. Disponível em <<http://www.ecologia.ufrgs.br/labgeo/artigos/aterro.pdf>>. Acesso em 20 mar. 09.