



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ
PRÓ-REITORIA DE ENSINO E GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO
COORDENAÇÃO DO CURSO DE CIÊNCIAS AMBIENTAIS
CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS**

JESSÉ PENA LOPES

**ESTUDOS DE ALTERNATIVAS LOCACIONAIS PARA IMPLANTAÇÃO DE
ATERRO SANITÁRIO NO MUNICÍPIO DE MACAPÁ**

Macapá

2023

JESSÉ PENA LOPES

**ESTUDO DE ALTERNATIVAS LOCACIONAIS PARA IMPLANTAÇÃO DE
ATERRO SANITÁRIO NO MUNICÍPIO DE MACAPÁ**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado para obtenção de título de Bacharelado em Ciências Ambientais pela Universidade Federal do Amapá.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Julieta Bramorski.

Macapá

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca Central/UNIFAP-Macapá-AP
Elaborado por Cristina Fernandes – CRB-2 / 1569

L864e Lopes, Jessé Pena.
Estudos de alternativas locais para implantação de aterro sanitário no Município de Macapá / Jessé Pena Lopes. - Macapá, 2023.
1 recurso eletrônico. 85 folhas.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Fundação Universidade Federal do Amapá, Coordenação do Curso de Ciências Ambientais, Macapá, 2023.
Orientadora: Profª. Drª. Julieta Bramorsk.
Coorientador: .

Modo de acesso: World Wide Web.
Formato de arquivo: Portable Document Format (PDF).

1. Aterro sanitário. 2. Resíduos sólidos. 3. Macapá . I. Bramorsk, Julieta, orientadora. II. Fundação Universidade Federal do Amapá . III. Título.

CDD 23. ed. – 628.5

LOPES, Jessé Pena. **Estudos de alternativas locais para implantação de aterro sanitário no Município de Macapá.** Orientadora: Profª. Drª. Julieta Bramorsk. 2023. 85 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Ciências Ambientais. Fundação Universidade Federal do Amapá, Macapá, 2023.

JESSÉ PENA LOPES

**ESTUDO DE ALTERNATIVAS LOCACIONAIS PARA IMPLANTAÇÃO DE
ATERRO SANITÁRIO NO MUNICÍPIO DE MACAPÁ**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal do Amapá,
como requisito para obtenção do título de Bacharelado em Ciências Ambientais.

Data da defesa em 03 de Outubro de 2023.

BANCA AVALIADORA

Prof. Dr^a. Julieta Bramorski.
Orientador

Prof. Dr. Herondino

Prof. Dr. Karina

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a toda minha Família e a todos que me apoiaram e incentivaram na produção.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que tornou possível chegar nesse momento depois de tantos longos anos na universidade e sempre esteve ao meu lado trazendo paz e refrigério, mesmo quando o final da graduação parecia não chegar.

A minha família, em especial minha mãe, minha esposa e minha filha que trouxeram por tantas vezes um sorriso ao meu rosto e a vontade de continuar, mesmo quando os obstáculos pareciam enormes. Agradeço também aos meus irmãos, que sempre me incentivaram nas minhas escolhas e projetos de vida.

A minha orientadora e professora Dra. Julieta Bramorski, por toda paciência, dedicação a essa orientação e por estar sempre presente ao longo de toda a construção desse trabalho. Sou grato pela oportunidade de realizar um projeto em conjunto com uma profissional que tenho total respeito e admiração.

Ao professor Dr. Herondino dos Santos, pelas suas contribuições, a qual me possibilitou ótimo aprendizado. Foi uma experiência enriquecedora colocar em prática os conhecimentos atribuídos em suas disciplinas ministradas no decorrer do curso e durante o estágio supervisionado no laboratório de geoprocessamento.

Aos colegas que fizeram parte da minha graduação e contribuíram direta ou indiretamente com esta etapa. Ao meu pai, que sempre me incentivou em meus estudos e que por ironia do destino não está presente me deixando imensa saudade.

EPÍGRAFE

“O grande desafio de hoje em dia é salvar o meio ambiente e as condições para que se mantenha a vida na Terra”. **Jostein Gaarder**

RESUMO

A geração de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) e sua adequada gestão é um desafio para qualquer sociedade. A influência negativa das más técnicas de gestão dos RSU em todas as fases cria a necessidade de desenvolver sistemas de gestão adequados, ambientais, sociais e económicos. A implantação das obras de destinação final do lixo exigiu, como etapa prévia, a elaboração de normas sanitárias para regulamentar os entes públicos e a disponibilidade de espaços destinados ao acúmulo de lixo em Macapá, no Estado do Amapá. A Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) na cidade continua sendo desfavorável em todas as etapas incluídas na gestão. Levando em consideração essas deficiências, foi proposto como objetivo deste trabalho selecionar um número reduzido de áreas com aptidão para comportar um aterro sanitário, dentro dos limites municipais. Foram aplicadas três abordagens (ambiental, social e econômica) para tratar de alternativas locais para o empreendimento de aterro sanitário no município de Macapá, diferenciados pela significância dos elementos, que são considerados essenciais aos estudos. Os resultados apontaram que para a correta tomada de decisão na gestão de resíduos, é necessário conhecer os impactos presentes e futuros da geração de resíduos, coleta seletiva e disposição final. Estimativas que não tenham em conta as características da produção de resíduos podem levar a que a capacidade das estações de tratamento de resíduos seja excedida com o conseqüente aumento econômico. Os resíduos sólidos enterrados no aterro estão sujeitos a uma série de alterações biológicas, físicas e químicas simultâneas. A degradação biológica dos componentes orgânicos inicia-se em condições aeróbias, consumindo o ar preso no interior do enchimento; quando o oxigênio está esgotado, a decomposição a longo prazo permanece sob condições anaeróbicas. A degradação dos resíduos é influenciada pelo grau de compactação, composição dos resíduos sólidos urbanos, umidade e temperatura. A taxa de produção de gás é o principal indicador de reações biológicas em um aterro sanitário. O tempo de estabilização dos resíduos depende da intensidade dos processos biológicos para se chegar a um estado "inerte" de resíduos depositados num aterro tradicional. Em geral, para avaliar o funcionamento do aterro, deve ser monitorizado o cumprimento das normas de emissão e de qualidade ambiental aplicáveis e o estudo ou declaração de impacto ambiental. A monitorização das águas subterrâneas e do biogás deve incluir um período após a fase de desmantelamento, geralmente até que as concentrações sejam inferiores às indicadas pelos regulamentos. Levando em conta todos esses longos períodos para alcançar a estabilização da matéria orgânica em aterros sanitários, é necessário influenciar e promover a aceleração desses fenômenos anaeróbios, estudando a recirculação de lixiviados e operando aterros sanitários como biodigestores; aproveitando o biogás neles gerado.

Palavras-chave: Aterro sanitário. Resíduos Sólidos. Macapá. Amapá. Lixo.

ABSTRACT

The generation of Urban Solid Waste (MSW) and its proper management is a challenge for any society. The negative influence of poor MSW management techniques at all stages creates the need to develop adequate environmental, social and economic management systems. The implementation of works for the final disposal of garbage required, as a previous step, the elaboration of sanitary norms to regulate public entities and the availability of spaces destined to the accumulation of garbage in Macapá, in the State of Amapá. Urban Solid Waste Management (MSW) in the city continues to be unfavorable in all stages included in management. Taking these shortcomings into account, we proposed as the general objective of this work to select a reduced number of areas suitable for a sanitary landfill, within municipal limits. Three approaches (environmental, social and economic) were applied to deal with locational alternatives for the sanitary landfill project in the city of Macapá, differentiated by the significance of the elements, which are considered essential to the studies. The results showed that for the correct decision-making in waste management, it is necessary to know the present and future impacts of waste generation, selective collection and final disposal. Estimates that do not take into account the characteristics of waste production can lead to the capacity of waste treatment plants being exceeded with the consequent economic increase. Solid waste buried in the landfill is subject to a series of simultaneous biological, physical and chemical changes. The biological degradation of the organic components starts under aerobic conditions, consuming the air trapped inside the filling; when oxygen is depleted, long-term decomposition remains under anaerobic conditions. Waste degradation is influenced by the degree of compaction, composition of Urban Solid Waste, humidity and temperature; The gas production rate is the main indicator of biological reactions in a landfill. The stabilization time of the residues depends on the intensity of the biological processes; to reach an "inert" state of waste deposited in a traditional landfill. In general, to assess the operation of the landfill, compliance with applicable emission and environmental quality standards and the study or declaration of environmental impact must be monitored. Monitoring of groundwater and biogas should include a period after the decommissioning phase, generally until concentrations are below those indicated by regulations. Taking into account all these long periods to achieve the stabilization of organic matter in landfills, it is necessary to influence and promote the acceleration of these anaerobic phenomena, studying the recirculation of leachate and operating landfills as biodigesters; taking advantage of the biogas generated in them.

Keywords: Landfill. Solid Waste. Macapá. Amapá. Trash.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Contêineres de plástico	28
Figura 2 - Caixa Estacionária	29
Figura 3 - Veículo compactador	30
Figura 4 - Ponto de Entrega Voluntária	31
Figura 5 - Localização do Município de Macapá.	55
Figura 6 - Estrutura referente à comparação pareada de variáveis.	59
Figura 7 - Mapa hipsométrico.	61
Figura 8 - Mapa da declividade em percentual e interpretação do relevo.	62
Figura 9 - Mapa das Principais Rodovias de Macapá.	63
Figura 10 - Carta imagem da área de estudo.	64
Figura 11 - Hodógrafa de vento em Macapá (2008-2018).	65
Figura 12 - Mapa dos Cursos de Água de Macapá.	66
Figura 13 - Mapa Ressaca de Macapá Área de Proteção Permanente (APP's).	00
Figura 14 - Mapa das Unidades de Conservação dentro dos limites de Macapá.	70
Figura 15 - Mapa dos Tipos de solos.....	71
Figura 16 - Formações Geológicas de Macapá.....	72
Figura 17 - Área de proteção aeroportuária.....	73

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Definições para o termo “resíduos sólidos” instituído por organismos internacionais.	20
Quadro 2 - Definições para o termo “resíduos sólidos” de normas técnicas, Leis e Decretos Estaduais no Brasil.	21
Quadro 3 - Tipos de resíduos e seus respectivos responsáveis	26
Quadro 4 - Código de cores estabelecido pela resolução CONAMA nº 275	28
Quadro 5 - Abordagem Ambiental.	56
Quadro 6 - Abordagem Social.....	56
Quadro 7 - Abordagem Econômica.....	57
Quadro 8 - Ponderações dos critérios preliminarmente adotados	58
Quadro 9 - Escala de importância do método AHP.	60

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
APA	Área de Proteção Aeroportuária
APO	Aeroporto Internacional de Macapá - Alberto Alcolumbre
APP's	Áreas De Proteção Permanente
APPs	Áreas de Proteção Permanente
CEE	Comissão Econômica Europeia
CEMPRE	Compromisso Empresarial para Reciclagem
CONAMA	O Conselho Nacional do Meio Ambiente
CRPM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
GPS	Sistema de Posicionamento Global
IEPA	Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas
LEV	Locais de entrega voluntária
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NBR	Norma Brasileira
OCDE	Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico
PDI	Plano de Desenvolvimento Individual
PEV	Pontos de entrega voluntária
RC	Resíduos Comerciais
RCD	Resíduos de Construção e Demolição
RSD	Resíduos Sólidos domiciliares
RSI	Resíduos Sólidos Industriais
RSS	Resíduos de Serviços de Saúde
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
SAGA	Sistema de Análise Geo-Ambiental
SEMA	Secretaria Especial do Meio Ambiente
SGBD	Sistemas Gerenciadores de Bancos de dados
SIG's	Sistemas de Informação Geográficas
UC's	Unidades de Conservação
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
UNESP	Universidade Estadual Paulista

UNICAMP Universidade Estadual de Campinas

USP Universidade de São Paulo

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	15
1 REFERENCIAL TEÓRICO	19
1.1 Gerenciamento de Resíduos Sólidos	19
1.1.1 Definições.....	20
1.1.2 Características dos Resíduos Sólidos Urbanos	26
1.1.3 Acondicionamento, Coleta e Transporte.....	27
1.1.4 Formas de Disposição	32
1.2 Estudos de Alternativas Locacionais Para Aterros Sanitários.....	34
1.2.1 Critérios Para o Estudo de Alternativas Locacionais Para Aterro Sanitário.....	35
1.2.2 Usos de Geotecnologias no Estudo de Alternativas Locacionais	37
1.2.3 Modelos de Dados Espaciais.....	39
1.3 O Uso de Tecnologias de Geoprocessamento	41
1.3.1. Pré-processamento	46
1.3.2. Processamento Digital de Imagens na Geração de Mapa	47
1.3.3. Integração Entre Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Geográficas	48
1.3.4. Sistemas de Informação Geográfica.....	50
1.3.5. Aplicações de SIG.....	52
1.4 Objetivos	54
1.4.1 Geral	54
1.4.2 Específicos	54
2 METODOLOGIA	54
2.2 Definição dos Critérios	55
2.2.1 Abordagem Ambiental.....	55
2.2.2 Abordagem Social.....	56
2.2.3 Abordagem Econômica.....	57

2.3	Elaboração da Base Cartográfica e do Banco de Dados	57
2.4	Ponderações dos Critérios.....	58
2.5	Processo Analítico Hierárquico	59
3	RESULTADOS E DISCUSSÕES	61
3.1	Direção do Vento.....	64
3.2	Presença de Cursos D'água	66
3.3	Presença de Unidades de Conservação	68
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	74
	REFERÊNCIAS.....	77

INTRODUÇÃO

Os resíduos sólidos são aqueles materiais, não incluindo líquidos ou gases, que segundo a opinião das pessoas que geram, não apresentam nenhum tipo de valor e devem ser descartados. Esse resíduo é gerado em qualquer tipo de atividade, e a quantidade de geração varia de acordo com diversos fatores, como a estação meteorológica e a área geográfica.

Antigamente, a destinação de resíduos sólidos não concebia grandes problemas, devido à baixa população em relação à terra que era contada para disposição final. Ao mesmo tempo, a dieta baseava-se principalmente em espécies vegetais de rápida assimilação ao meio ambiente, além disso, tanto os bens quanto os equipamentos disponíveis eram de origem natural. Problemas relacionados aos resíduos sólidos começaram a surgir quando os seres humanos começaram a se reunir em tribos, aldeias e comunidades, e, assim, o acúmulo de resíduos é apresentado como uma derivação da vida que começou a se desenvolver.

O manejo inadequado de resíduos sólidos, como o descarte a céu aberto, favorece a proliferação de vetores, como ratos, moscas, mosquitos e baratas, que podem transmitir diversos tipos de doenças aos seres humanos. Também pode causar poluição da água, do ar e do solo. Por outro lado, a natureza tem a capacidade de reduzir os impactos negativos, mas quando é substituída, os desequilíbrios ecológicos podem se desenvolver. De fato, como expresso por Lino (2007) é necessário implementar ações sustentáveis do ponto de vista das políticas, culturas e educação, para resolver ou minimizar os impactos negativos sobre o meio ambiente.

Os resíduos sólidos urbanos incluem todos os resíduos gerados a partir das atividades urbanas de uma comunidade, tais como: residências, lojas, instituições, construção e demolição, serviços municipais e outros relacionados, com exceção dos resíduos sólidos provenientes de atividades industriais e agrícolas. Ribeiro (2011) considera que o conhecimento das origens, tipos, composição e geração de resíduos sólidos é essencial para a seleção de áreas destinadas aos aterros.

A gestão dos Resíduos Sólidos Urbanos - RSU - continua a ser uma questão por resolver para a grande maioria dos países. O crescimento populacional, a ascensão das indústrias, as mudanças nos padrões de consumo e as melhorias nos

padrões de vida são os fatores que o influenciam diretamente na cidade de Macapá no Amapá. Para esta parte da região, há um aumento na tendência da produção per capita de RSU.

Da mesma forma, no país estima-se que apenas uma pequena parcela dos RSU gerados seja tratada em locais com licenças ambientais. De fato, a informação sobre a gestão integral dos RSU é essencial para iniciar a ação baseada no fortalecimento da consciência ambiental apontando para a construção de uma sociedade sustentável.

Um dos requisitos dos estudos de impacto ambiental (primeira fase do licenciamento ambiental) é o estudo de alternativas locais, que tem por objetivo selecionar o local com maior potencial para receber os empreendimentos. Estes locais são aqueles que, a partir de critérios pré-estabelecidos para os meios físico, biótico e antrópico torne possível reunir, dentro do território do município algumas áreas na qual o menor número de impactos possa se manifestar e com menor intensidade.

A legislação que trata da Avaliação de Impacto Ambiental (CONAMA nº 01/86 e CONAMA nº 237/97) determina que, devem sempre ser consideradas todas as alternativas de localização dos projetos. Isto, de forma geral, significa avaliar todo o território municipal quanto à existência e identificação de locais com maior aptidão para acomodar essas atividades.

Avaliar todo o território de um município não é tarefa simples. Tradicionalmente, o processo de escolha de área para implantação de aterros sanitários é focado em aspectos técnicos e econômicos. Órgãos públicos, muitas vezes, negligenciam elementos indispensáveis aos estudos que envolvam passivos ambientais, acarretando problemas posteriores, não apenas de ordem ambiental, mas também, sociais, econômicos e de saúde pública. Esta mesma conclusão foi alcançada por Montaño et al. (2012).

Segundo Bueno (2013), a integração de diversos critérios, englobando fatores de ordem socioeconômico, legal e ambiental, possibilita identificar áreas favoráveis que, através de estudos de campo, podem ser confirmadas e indicadas para a instalação de aterros. Identificar as áreas mais aptas resulta em economia e agilidade dentro do processo de licenciamento, já que os estudos de campo necessários serão realizados apenas em um reduzido número de áreas que apresentam potencial. Deve-se ainda considerar os ganhos ambientais resultantes de uma análise deste

tipo, visto a garantia de se escolher áreas com maior capacidade de suporte frente ao empreendimento em questão.

Neste contexto, o presente estudo será conduzido no sentido de selecionar um número reduzido de áreas com aptidão para comportar um aterro sanitário, dentro dos limites municipais de Macapá. O uso de técnicas em geoprocessamento permitirá uma análise integrada e ampla de todas as possibilidades de escolha, contribuindo para uma boa tomada de decisão no que concerne à localização de um novo aterro no município.

O plano de Saneamento Básico é formado basicamente por diagnóstico dos serviços de saneamento básico que envolve o abastecimento de água, coleta e tratamento de esgoto, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos e a drenagem de águas pluviais, a projeção desses empreendimentos para cenários futuros devem atender demandas em um horizonte de 20 anos. Por sua vez, o Plano Municipal de Saneamento Básico do município de Macapá foi aprovado recentemente e paralelo se faz necessário que haja estudos de Alternativas Locacionais para a implantação das obras de saneamento básico.

Apesar de Macapá já possuir, desde 2013, um aterro sanitário, este apresenta vida útil de apenas 20 anos. Entretanto, essa projeção começou a diminuir recentemente, pois, o aterro passou a receber os resíduos das cidades de Santana e Mazagão que não possuem aterro sanitário.

Ressalta-se que obras de saneamento básico, tais como aterros sanitários, são ações estruturais previstas no plano e necessário ao alcance das condições sanitárias ideais para o município. Porém, são obras de significativo impacto ambiental, que necessitam de licenças ambientais já que concentram poluentes, antes dispersos espacialmente, em um único lugar para tratamento.

Com isso, instala-se uma situação de risco de ocorrência de impactos ambientais e sociais importantes, devido à vulnerabilidade do solo, a proximidade aos centros urbanos, a proximidade de águas superficiais, a profundidade do lençol freático, entre outros.

Dentro do processo de licenciamento ambiental o estudo de alternativas locacionais assume um papel de grande importância já que é através deste que, pode-se selecionar o local com maior aptidão para receber o empreendimento, ou seja, o local no qual os impactos decorrentes serão menos numerosos e intensos.

As geotecnologias constituem uma das principais ferramentas de estudo e monitoramento do ambiente natural bem como do construído pelo homem. O processamento digital de imagens associado a um pacote de ferramentas de análises espaciais fornecidas por softwares (livres ou pagos) além de proporcionarem uma visão instantânea do ambiente, permitem a geração de produtos cartográficos e produção de mapas com diferentes temas ou fenômenos relacionados ao espaço geográfico.

Além disso, com o advento dos sistemas de informação geográficas (SIG's), possibilitou-se a integração de mapas produzidos a partir das imagens dos sensores remotos à banco de dados dinâmicos, auxiliando o monitoramento no tempo e no espaço de determinados fenômenos na paisagem terrestre. Essas características tornam o geoprocessamento como um instrumento indispensável na gestão ambiental e territorial.

As técnicas em geoprocessamento permitem uma avaliação geral e integrada do município, selecionando áreas com maior aptidão para receber os empreendimentos. A partir de critérios pré-estabelecidos para os meios físico, biótico e antrópico é possível reunir, dentro do município, alguns locais indicados e nestes locais proceder, investigações de campo mais precisas. Assim, o processo de escolha do local adequado para o empreendimento se torna mais célere e menos oneroso aos cofres públicos, além do ganho ambiental em relação à minimização de impactos ambientais.

1 REFERENCIAL TEÓRICO

1.1 Gerenciamento de Resíduos Sólidos

O crescente avanço populacional e da industrialização vêm colaborando significativamente com o aumento da geração dos resíduos sólidos, principalmente na zona urbana. A degradação ambiental e o comprometimento da qualidade de vida da população têm sido intensificados por esse crescimento desordenado de indústrias.

O resíduo vem sendo considerado como um dos problemas mais sérios enfrentados por toda a humanidade, pois “o surgimento do resíduo, principalmente no meio urbano, está diretamente ligado às atividades diárias do homem” (FONSECA, 1999, p.05), sendo a origem e a formação dos resíduos dependentes, entre outras variáveis, dos hábitos e costumes, do local onde se vive, do grau de instrução e educação, poder aquisitivo, número de habitantes do local, condições climáticas e grau de desenvolvimento local.

A Política Nacional de Saneamento Básico, instituída pela Lei nº. 11.445/2007 prescreve que o saneamento é como um conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana, manejo de resíduos sólidos, drenagem e manejo das águas pluviais urbanas (BRASIL; 2007).

Em 2010, foi sancionada a Lei nº 12.305/2010, Política Nacional dos Resíduos Sólidos, tratando especificamente da gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos. Esta lei determina a obrigatoriedade, entre outras, de:

“Art. 3º. A disposição final ambientalmente adequada: distribuição ordenada de rejeitos em aterros, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos.” (Brasil, 2010)

As duas Leis em questão trazem a obrigatoriedade de elaboração, por todos os municípios, dos Planos Municipais de Saneamento Básico e o Plano Municipal de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos. Ambos os planos devem preconizar soluções adequadas para a disposição final de resíduos sólidos, que envolvem desde

a escolha de áreas até o licenciamento dos empreendimentos, sua implantação e operação.

1.1.1 Definições

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) define resíduos sólidos como:

“resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades da comunidade de origem: industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível” (NBR nº 10.004, ABNT, 2004).

Outra definição importante é a que consta na Agenda 21, p. 274: “Os resíduos sólidos [...] compreendem todos os restos domésticos e resíduos não perigosos, tais como os resíduos comerciais e institucionais, o lixo da rua e os entulhos de construção”.

Sanches (2004) apresentou diferentes definições para resíduos sólidos trazidas por alguns organismos (Quadro 1).

Quadro 1 – Definições para o termo “resíduos sólidos” instituído por organismos internacionais.

Organização	Ano	Definições
CEE	1978	Qualquer substância ou objeto de que o detentor se desfaz ou tem a obrigação de se desfazer por força das disposições nacionais em vigor.
CEE	1991	Qualquer substância ou objetos abrangidos pelas categorias fixadas no anexo I de que o detentor se desfaz ou tem a intenção ou a obrigação de se desfazer, excluídos os efluentes gasosos, resíduos radioativos, minerais, agrícolas dentre outros.
OCDE	1995	Refere-se a qualquer material considerado como desprezível, ou legalmente definido como resíduo no país onde se situa, ou através do qual é transportado.

Fonte: Sanches, 2004, p. 27-28

A Comissão Econômica Européia (CEE) por meio da Diretiva 91/156 define resíduos de uma forma reducionista, tendo em vista que exclui desta classificação os efluentes gasosos, resíduos radioativos, minerais, agrícolas dentre outros. Em

contrapartida, a Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico (OCDE) tem a definição mais ampla, pois além de considerar como material desprezível ou algo sem valor, considera que deve ser aquele instituído em cada país.

Algumas definições para o termo “resíduos sólidos” são demonstradas em normas técnicas Brasileiras, Leis e Decretos Estaduais (Quadro 2).

Quadro 2 – Definições para o termo “resíduos sólidos” de normas técnicas, Leis e Decretos Estaduais no Brasil.

Regulamentos e normas técnicas	Definição
RESOLUÇÃO CONAMA Nº 05 */1993	Qualquer material desprovido de utilidade pelo possuidor.
Lei Estadual RS Nº9.921/1993	Aqueles provenientes de atividades industriais, urbanas, comerciais, de serviços de saúde, rurais, de prestação de serviços e de extração de minerais; sistemas de tratamento de águas e resíduos líquidos, cuja operação gere resíduos semilíquidos ou pastosos, enquadráveis como resíduos sólidos, a critério do órgão ambiental do Estado; outros equipamentos e instalações de controle da poluição.
Dec. Estadual RS Nº38.356/1998	A mesma definição da Lei nº 9.921/1993 porém determina-se o órgão ambiental pertinente a definir critério para enquadramento dos resíduos a FEPAM.
Decreto Estadual BA Nº7.967/2001	Considera-se resíduo sólido qualquer lixo, refugo, lodos, lama e borras nos estados sólido e semi-sólido, resultantes de atividades da comunidade, bem como de determinados líquidos que pelas suas particularidades não podem ser tratados em sistemas de tratamento convencional, tornando inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água.
Lei Estadual CE Nº13.103/2001	Qualquer forma de matéria ou substância, no estado sólido e semi-sólido, que resulte de atividade industrial, domiciliar, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços, de varrição e de outras atividades humanas, capazes de causar poluição ou contaminação ambiental.
Decreto Estadual PE Nº12.008/2002	São os restos das atividades humanas consideradas indesejáveis, descartáveis e sem mais utilidade por seus geradores, definidos como sólidos, semi-sólidos, particulados, lodos e os líquidos não passíveis de tratamento convencional, provenientes de atividades domiciliares e de prestação de serviços, industriais, agrícolas, de serviço de saúde, de vias e logradouros públicos e de extração de minerais desenvolvidas no espaço urbano e rural; sistemas de tratamento de água e efluentes líquidos, cuja operação gere resíduos semi-líquidos ou pastosos, enquadráveis como resíduos sólidos, a critério da Companhia Pernambucana do Meio Ambiente.
Lei Estadual GO Nº14.248/2002	São os resíduos que resultem de atividade humana em sociedade e que se apresentam nos estados sólido, semi-sólido ou líquido não passível de tratamento convencional.
Lei Estadual SP Nº12.300/2006	Os materiais decorrentes de atividades humanas em sociedade, e que se apresentam nos estados sólidos ou semi-sólidos, como líquidos passíveis de tratamento como efluentes, ou ainda os gases contidos.

Fonte: Sanches (2004, p.30-31)

Verifica-se na maioria das definições apresentadas, que os resíduos são tratados como algo que não tem utilidade, o que descarta a possibilidade de eles serem introduzidos no mercado e fazerem parte da economia de um local.

Segundo Mancini (1999) o termo técnico “resíduos sólidos”, corresponde ao que popularmente chamamos de “lixo” e até o início da década de 90, os resíduos sólidos eram chamados simplesmente de lixo, porém, atualmente, eles são conhecidos ou recebem a denominação de resíduos sólidos urbanos.

Atualmente, o termo resíduo sólido tem tido uma aceitação positiva em várias áreas da sociedade, pois descobriu-se que, além de ser ambientalmente correto tratá-los de forma adequada, tem gerado emprego e renda àqueles que têm investido na reciclagem. Por isso, pode-se vislumbrar um caminho muito promissor àqueles que no futuro desejarem gerir os resíduos sólidos urbanos da sua cidade.

Existem diversas maneiras de se classificar os resíduos sólidos, deve-se utilizar a mais adequada ao objetivo pretendido. Os resíduos sólidos são classificados quanto a sua origem ou fonte e quanto ao seu grau de periculosidade em relação a determinados padrões de qualidade ambiental e de saúde pública.

Através da NBR nº 10.004 (ABNT, 2004), classificam-se os resíduos nas seguintes categorias:

- * Resíduos Classe I – Perigosos;
- * Resíduos Classe II – Não Perigosos;
 - Resíduos Classe II A – Não inertes.
 - Resíduos Classe II B – Inertes.

Essa classificação baseia-se nos riscos potenciais que um resíduo pode apresentar à saúde pública e ao ambiente, devido as suas propriedades físicas, químicas ou infectocontagiosas.

* Resíduos Classe I – Perigosos: Recebem esta classificação os resíduos sólidos ou misturas de resíduos que devido as suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade, podem apresentar riscos à saúde pública, provocando ou contribuindo para o aumento de mortalidade ou incidência de doenças e/ou apresentar efeitos adversos ao ambiente, quando manuseados ou dispostos de forma inadequada.

– Resíduos Classe IIA - Não Inertes: Aqueles que não se enquadram nas classificações de resíduos Classe I - Perigosos, ou de resíduos classe IIB - Inertes,

nos termos da norma. Os resíduos Classe IIA podem ter propriedades como: biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.

– Resíduos Classe IIB - Inertes: quaisquer resíduos que, quando amostrados de uma forma representativa, segundo NBR nº 10.007, e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou desionizada, à temperatura ambiente, conforme NBR 10.006, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto de cor, turbidez, dureza e sabor.

Phillippi Jr. (2005) classifica os resíduos sólidos de acordo com a sua fonte da seguinte maneira: RSD – Resíduos Sólidos domiciliares; RSI – Resíduos Sólidos Industriais; RSS - Resíduos de Serviços de Saúde; RCD – Resíduos de Construção e Demolição e RC – Resíduos Comerciais.

Nos resíduos sólidos domiciliares (RSD) predominam os restos orgânicos e outros materiais não perigosos, recicláveis ou não. A responsabilidade pelos RSD recai sobre o município, segundo a lei nº 11.445 (BRASIL, 2007). Os RSD são compostos principalmente por matéria orgânica, papel, plásticos, metais, vidros e outros materiais. Em decorrência da matéria orgânica, possuem grande capacidade de atrair vetores e sua decomposição produz mau cheiro e um líquido escuro, altamente poluente conhecido como chorume. Na maioria dos municípios brasileiros, os RSD destinam-se a aterros adequados ou locais inadequados, sem tratamento prévio (Phillippi Jr. 2005).

Os resíduos sólidos industriais (RSI) são gerados tanto nos processos produtivos quanto nas atividades auxiliares, como manutenção, operação de área de utilidades, limpeza e obras industriais, e outros serviços. Por causa disso, é preciso que as atividades industriais sejam planejadas e operadas de forma a minimizar a geração de resíduos nos processos e atividades. Entre as atividades industriais que influenciam a geração dos resíduos industriais estão: processo, aquisição e armazenamento de matérias-primas, operações de produção, limpeza e manutenção de equipamentos e derramamentos e vazamentos. As características dos RSI são extremamente variadas, em função dos diferentes processos produtivos.

A disposição final de RSI enfrenta questões do mesmo tipo daqueles presentes na disposição final de resíduos domésticos, principalmente quanto às características de solo, relevo, clima e regime de águas, e às características socioeconômicas para definição da localização adequada. Como a legislação brasileira estabelece que o

responsável pela correta destinação é o gerador, as empresas mesmo contratando um terceiro para cuidar de seus resíduos, continuam responsáveis, portanto, precisam verificar de perto, por meio de inspeções ou auditorias, os procedimentos de seus contratados.

Os resíduos de serviços de saúde (RSS) são aqueles gerados em hospitais, clínicas, ambulatórios e similares. Apresentam como principal característica o potencial de estarem contaminados com agentes patogênicos. Os RSS são classificados geralmente como infectantes, especiais ou comuns. Os infectantes, por suas características de origem, contêm organismos patogênicos. As origens mais comuns são as etapas de atendimentos de saúde, como diagnóstico, tratamentos, pesquisas, análises clínicas e cirurgias. Os resíduos especiais podem apresentar outras características de periculosidade, como radioatividade e toxicidade. Por outro lado, tais estabelecimentos produzem também resíduos compatíveis com características domésticas, ou seja, resíduo comum. O tratamento dos RSS deve ser feito de acordo com suas características. Merecem destaque os resíduos patogênicos, cujo tratamento deve visar a eliminação dos microrganismos causadores de doenças. Entre os processos existentes, podem ser citados: autoclavagem, micro-ondas, aplicação de cal, incineração e desinfecção química (Phillippi Jr., 2005).

Os resíduos de construção e demolição (RCD) têm provocado inúmeros problemas nas cidades. O manejo inadequado, além de gerar abrigos para vetores, pode causar acidentes e incômodos ao trânsito de veículos. A Resolução nº 307/02 do CONAMA regulamentou a classificação e a priorização do reuso e reciclagem desse tipo de resíduo. Os materiais que predominam nos RCD são restos de tijolos e revestimentos cerâmicos, materiais provenientes de demolição de concreto e alvenaria, sucata metálica, madeira e embalagens em geral. Muitos deles são materiais inertes, a maioria classificado como classe IIB de acordo com a NBR nº 10004 (ABNT, 2004). No entanto, o progressivo uso de aditivos químicos na construção tem levado à geração de restos de materiais e embalagens de produtos perigosos, que são resíduos classe I, que raramente tem tido tratamento diferenciado (Phillippi Jr, 2005).

Os resíduos comerciais são gerados em estabelecimentos de comércio e prestação de serviços, tais como lojas, escritórios, bares e restaurantes. Em geral, possuem características compatíveis com os resíduos domésticos, embora sua composição possa ter proporções diferentes dos materiais, bem como produção mais

elevada. RC tem características, do ponto de vista qualitativo, parecidas com aquelas existentes nos resíduos domiciliares, predominando matéria orgânica e materiais recicláveis, principalmente papel. As proporções em que os diversos componentes são encontrados dependem da atividade comercial desenvolvida no estabelecimento e tamanho do mesmo. Alguns estabelecimentos comerciais como postos de gasolina e oficinas mecânicas geram também resíduos perigosos, como óleos e embalagens contaminadas (Phillippi Jr, 2005).

Os resíduos agrícolas são provenientes das atividades agrícolas e da pecuária. Incluem embalagens de defensivos agrícolas, ração, adubos, restos de colheita, esterco de animais, embalagens de agroquímicos, entre outros.

Tem-se também outros tipos de resíduos perigosos como as pilhas e baterias, lâmpadas fluorescentes e pneus.

* Pneus – A Resolução nº 301/02 do CONAMA atribui aos fabricantes e importadores de pneumáticos a responsabilidade pela coleta e destinação, estabelecendo inclusive metas quantitativas progressivas;

* Resíduos de Laboratórios – Existem normas e recomendações desenvolvidas por universidades – Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Universidade Estadual Paulista (UNESP), Universidade de São Paulo (USP), entre outras – para segregação e tratamento desses resíduos (Phillippi Jr., 2005);

* Lâmpadas fluorescentes – Possui um vapor de mercúrio (Hg), e apesar de ser reconhecidamente um resíduo perigoso, vêm sendo na maioria das vezes descartadas como resíduo comum. No Brasil ainda não existem empresas capazes de processar esse resíduo em quantidade suficiente para atender a todo mercado (Phillippi Jr. 2005);

* Pilhas e Baterias – A Resolução nº 257/99 do CONAMA estabeleceu limites de conteúdo de mercúrio (Hg), cádmio (Cd) e Chumbo (Pb) e ainda estabeleceu a responsabilidade do produtor e do importador pela coleta e destinação desses resíduos (CONAMA, 2002);

* Embalagens descartáveis – Não há no Brasil legislação sobre embalagens descartáveis, exceto para o caso dos resíduos de agroquímicos (PHILIPPI Jr., 2005). As embalagens de agrotóxicos altamente tóxicas têm sido alvo de legislação específica quanto aos cuidados na sua destinação final.

O Quadro 3 mostra de maneira sintética os tipos de resíduos e os responsáveis pelo gerenciamento até a sua destinação final.

Quadro 3 - Tipos de resíduos e seus respectivos responsáveis

Tipos de Resíduos	Responsável pelo Gerenciamento até Destinação Final
Domiciliar	Prefeitura Municipal
Comercial ³	Prefeitura Municipal
Saúde (hospitalar)	Gerador
Outros tipos(pneus,pilhas, bateria, etc)	Gerador
Industrial	Gerador
Agrícola	Gerador
Construção e Demolição	Gerador

Fonte: Grippi (2001)

Finalmente, existem maneiras menos comuns de classificação dos resíduos sólidos, mas que podem ser úteis conforme uma necessidade específica. Pode-se, por exemplo, separar os resíduos de acordo com seus graus de biodegradabilidade, ou seja, a facilidade com que são decompostos por meios biológicos. Dessa forma, existem os resíduos facilmente, moderadamente, dificilmente e não-biodegradáveis. Pode haver ainda a segregação em frações seca e úmida, de acordo com a quantidade de água presente nos materiais componentes dos resíduos, ou ainda, pode-se utilizar a separação entre fração reciclável e não-reciclável dos resíduos.

1.1.2 Características dos Resíduos Sólidos Urbanos

De acordo com IPT/CEMPRE (2000), para o tratamento do resíduo se faz necessário o conhecimento de suas características como:

- Densidade aparente, que é a relação entre a massa do resíduo e o volume ocupado por ele. Essa variável é bastante importante para determinar a capacidade dos veículos coletores, tratamento e sistema de disposição final;
- Teor de umidade em base úmida, refere-se a massa da água em relação a massa total dos resíduos e, em base seca, a massa de água presente em determinada quantidade seca de resíduos sólidos;
- Poder calorífico é a quantidade potencial de calor liberada por unidade de massa de um determinado material quando submetido à queima. Indica a maior ou menor facilidade de combustão do material;

- Composição química dos resíduos sólidos determina as quantidades de cinzas, matéria orgânica, carbono, nitrogênio, potássio, cálcio, fósforo, resíduo mineral total, resíduo mineral solúvel e gorduras no material;

- Relação carbono/nitrogênio indica a proporção de carbono em relação à de nitrogênio encontrados nos resíduos sólidos. Esta relação é uma das formas de se determinar a facilidade com que o material será decomposto pelos agentes biológicos. Geralmente a proporção fica na faixa de 35:1 a 20:1.

A composição gravimétrica, que é o percentual de cada componente em relação a massa total dos resíduos analisados, também é de extrema importância para seu conhecimento, pois permite definir quais materiais podem ter potencial para serem reciclados e reaproveitados. A composição gravimétrica é obtida separando-se os diversos componentes presentes no resíduo, como vidro, plástico, madeira, papel, metal, matéria orgânica e contabilizando cada componente separadamente.

1.1.3 Acondicionamento, Coleta e Transporte

Segundo o *Manual de Gerenciamento Integrado/IPT (2000)*, a escolha do tipo de recipiente mais adequado deve ser orientada em função:

- das características do lixo;
- da geração do lixo;
- da frequência da coleta;
- do tipo de edificação;
- do preço do recipiente.

O acondicionamento adequado é importante pois evita acidentes e proliferação de vetores, minimiza o impacto visual e olfativo, reduz a heterogeneidade dos resíduos, além de facilitar a boa realização da coleta.

A Resolução CONAMA nº 275, de 25 de abril de 2001, estabelece o código de cores para os diferentes tipos de resíduos, a ser adotado na identificação de coletores e transportadores, bem como nas campanhas informativas para a coleta seletiva (Quadro 4): (CONAMA, 2001)

Quadro 4 - Código de cores estabelecido pela resolução CONAMA nº 275/2001

Padrão de Cores	
Azul	Papel / papelão
Vermelho	Plástico
Verde	Vidro
Amarelo	Metal
Preto	Madeira
Cinza	Resíduo não reciclável ou misturado, ou contaminado não passível de separação

Fonte: CONAMA 2001

A capacidade dos recipientes deve ser compatível com a geração diária de cada tipo de resíduo.

Os recipientes do tipo contêineres de plástico ou metal (Figura 1) podem ser colocados em locais estratégicos da cidade, assim como em edifícios residenciais ou comerciais, cuja capacidade varia de 120 a 360 litros (plásticos) e 760 a 1100 litros (metálicos).

Figura 1- Contêineres de plástico

Fonte: <http://aprendendoapreservar.zip.net/>

Os resíduos gerados nos logradouros (ruas, avenidas, praças, jardins e parques públicos) podem ser acondicionados em contêineres plásticos como os utilizados pelos garis, ou ainda os metálicos.

É necessário que a administração municipal exerça funções de regulamentação, educação e fiscalização, visando assegurar condições sanitárias e operacionais adequadas. Ao mesmo tempo viabilize meios para adaptar a cidade a sua realidade investindo em recipientes adequados para o recolhimento dos resíduos

em áreas públicas com base nas características dos resíduos, quantidade gerada, frequência da coleta, tipo de edificação e o preço do recipiente.

Muitos municípios têm usado nos bairros mais pobres, caixas estacionárias, do tipo “brooks”, que não possuem tampas, o que é totalmente desaconselhável pelo motivo da proliferação de vetores e aglomeração de animais (Figura 2).

Figura 2- Caixa Estacionária



Fonte: Cursos CPT'

A qualidade da operação de coleta e transporte do resíduo depende muito da forma adequada do seu acondicionamento, armazenamento e da disposição dos recipientes no local, dia e horários estabelecidos pelo órgão de limpeza urbana para a coleta. Por isso, recomenda-se que os resíduos sejam colocados em recipientes que permitam o manuseio de uma quantidade acumulada.

A eficácia na coleta também deve-se ao conhecimento da quantidade gerada dos resíduos, por isso se faz necessário no planejamento um dimensionamento da quantidade e capacidade da frota de veículos coletores, número de trabalhadores envolvidos na coleta – geralmente de três a quatro por turnos de trabalho, bem como da rota horária.

Um exemplo interessante de divulgação encontra-se no *site* da Prefeitura de Aracajú/SE onde consta uma relação dos bairros e horários que o veículo coletor obrigatoriamente passa. Essas informações, no entanto, podem ser colocadas em panfletos e entregues a população, tendo em vista que nem todos têm acesso a computadores. O importante é que haja regularidade no serviço prestado.

Os traçados dos itinerários bem planejados proporcionam ganho de tempo e redução dos custos de operação, além de dar confiança à população, que prestará sua colaboração não jogando os resíduos em locais impróprios, acondicionando e posicionando embalagens adequadas nos dias e horários marcados, o que produzirá grandes benefícios para a higiene ambiental, a saúde pública, a limpeza e o bom aspecto dos logradouros públicos.

A coleta pode ser realizada tanto no período diurno quanto no período noturno. A programação da coleta em período noturno depende de diversos fatores, entre os quais, o porte e as características do local.

Os caminhões que são utilizados na coleta de RSD normalmente podem ser de dois tipos compactadores (Figura.3) e não-compactadores, estes não possuem o mecanismo hidráulico que reduz o volume dos resíduos coletados e têm um custo menor de aquisição.

Figura 3 - Veículo compactador



Fonte: Pesquisa de imagens do Google

Os caminhões adequados para a coleta de resíduos domiciliares não devem permitir derramamento do resíduo ou do chorume na via pública; devem apresentar taxa de compactação de pelo menos 3:1, ou seja, cada 3 m³ de resíduos ficarão reduzidos, por compactação, a 1 m³; apresentar altura de carregamento na linha de cintura dos trabalhadores, ou seja, no máximo a 1,20 m de altura em relação ao solo; possibilitar esvaziamento simultâneo de pelo menos dois recipientes por vez; possuir carregamento traseiro; dispor de local adequado para transporte dos trabalhadores;

apresentar descarga rápida do resíduo no destino; possibilitar basculamento de contêineres de diversos tipos e distribuem adequadamente a carga no caminhão.

Para a coleta seletiva, os caminhões ideais devem possuir plataforma do tipo auto socorro, utilizando recipientes móveis com rodízios, tipo gaiola, dimensionados para serem acomodados sobre este tipo de caminhão, que tem a vantagem de transportar o resíduo de forma prática e rápida de maneira segura e higiênica com muita economia.

A coleta seletiva pode ocorrer de várias maneiras: a) porta a porta, que consiste na coleta do resíduo reciclável por um veículo específico diretamente das fontes geradores; b) locais/pontos de entrega voluntária (LEV/PEV) (Figura 4), que consiste em locais previamente definidos e devidamente preparados para receber o resíduo reciclável que é levado pela população por meios próprios; c) por catadores, que consiste na coleta, informal ou formal, realizada por pessoas, individualmente ou agrupadas em associações ou cooperativas.

Figura 4- Ponto de Entrega Voluntária



Fonte: <http://www.saaeatibaia.sp.gov.br/noticias.asp?numero=172>

Assim, para que a coleta seletiva porta a porta e a por locais/pontos de entrega voluntária possam ser eficazes, a população terá que contribuir na separação dos resíduos “recicláveis” e “não recicláveis” nas suas residências e/ou comércio. Deve-

se, ter muito cuidado em divulgar o termo “reciclável” já que se entende compostagem como uma forma de reciclagem, correndo-se o risco, por exemplo, de misturar restos orgânicos com materiais recicláveis. Por isso, durante a campanha informativa deve-se deixar claro que o que define o resíduo como reciclável é a existência de mercado para sua comercialização e reciclagem (SILVA, 2009).

Vale salientar que a coleta seletiva não é uma atividade lucrativa de um ponto de vista de retorno imediato, pois a receita obtida com a venda dos recicláveis quase sempre não cobre as despesas de um programa dessa magnitude. No entanto, é fundamental considerar os custos ambientais e os custos sociais.

Em contrapartida, a separação na fonte geradora dos diferentes tipos de materiais recicláveis presentes nos resíduos promove inúmeros ganhos que se traduzem em redução de custos nas etapas posteriores. Estes custos estão associados a triagem, lavagem, secagem, transporte, entre outros.(IPT/CEMPRE, 2000)

1.1.4 Formas de Disposição

Segundo D'almeida e Vilhena (2000), as formas de disposição mais conhecidas e utilizadas para os resíduos sólidos urbanos são:

- **Lixões**: também conhecidos como aterro comum ou vazadouro, na grande maioria localizam-se em locais afastados do centro das cidades onde são depositados no solo a céu aberto todos os tipos de resíduos coletados, constituindo na forma inadequada de descarga final dos resíduos sólidos urbanos. Infelizmente, é a forma mais comum na maior parte das cidades de países em desenvolvimento e, as consequências decorrentes do abandono dos resíduos a céu aberto é visível à população.

- **Aterro controlado**: prejudica menos do que os lixões pelo fato dos resíduos dispostos no solo serem recobertos com terra, o que acaba por reduzir a poluição do local, porém trata-se de solução primitiva para a resolução do problema do descarte dos resíduos sólidos urbanos. O aterro controlado não é a alternativa ideal para a disposição final dos RSU, pois, apesar de compactados e cobertos, ainda assim, os resíduos podem causar contaminações do meio físico.

- **Aterro sanitário:** é a alternativa que abrange as maiores vantagens considerando a redução dos impactos ocasionados pelo descarte dos resíduos sólidos urbanos, apresentando características como subdivisão da área de aterro em células de colocação de resíduo; disposição dos resíduos no solo previamente preparado para que se torne impermeável – caso necessário - impossibilitando o contato do lixiviado com o lençol freático; presença de drenos superficiais para a coleta das águas das chuvas; drenos de fundo para a coleta do lixiviado e biogás.

O aterro sanitário, portanto, é um método para disposição final dos resíduos sólidos, sobre terreno natural, através do seu confinamento em camadas cobertas com material inerte, geralmente solo, segundo normas operacionais específicas, de modo a evitar danos ao meio ambiente, em particular à saúde e à segurança pública. O aterro sanitário é fundamentado em critérios de engenharia e normas operacionais específicas, permitindo um confinamento seguro em termos de controle da poluição ambiental e proteção à saúde pública.

Na instalação de um aterro sanitário alguns estudos devem ser feitos para se detectar a viabilidade e aptidão de áreas para essa utilização. A importância dos estudos numa área para a instalação do aterro sanitário deve-se a significativa diminuição nos gastos com preparo, operação e encerramento do aterro, contribuindo também a diminuição de riscos ao meio ambiente e à saúde pública. Ao adotar essas medidas, a administração municipal se prevenirá contra os efeitos indesejáveis da contaminação dos solos e das águas subterrâneas, bem como da insatisfação popular.

A RESOLUÇÃO CONAMA nº 237/97 preconiza em seu Art. 1º. que o Licenciamento Ambiental é procedimento administrativo pelo qual o órgão ambiental competente licencia a localização, instalação, ampliação e a operação de empreendimentos. A RESOLUÇÃO CONAMA nº 1/86 apresenta:

Art. 2º. Dependerá de elaboração de estudo de impacto ambiental e respectivo relatório de impacto ambiental – RIMA, a serem submetidos à aprovação do órgão estadual competente, e da Secretaria Especial do Meio Ambiente - SEMA em caráter supletivo, o licenciamento de atividades modificadoras do meio ambiente, tais como:

(...)

X - Aterros sanitários, processamento e destino final de resíduos tóxicos ou perigosos;

Neste processo entende-se que a escolha do local no qual será implantado o empreendimento tem influência direta sobre os possíveis impactos ambientais, sociais e econômicos (LUPATINI; 2002). A própria RESOLUÇÃO CONAMA nº1/86 já destacava essa questão:

Art. 5º. O estudo de impacto ambiental, além de atender à legislação, em especial os princípios e objetivos expressos na Lei de Política Nacional do Meio Ambiente, obedecerá às seguintes diretrizes: **Contemplar todas as alternativas tecnológicas e de localização do projeto, confrontando-as com a hipótese de não execução do projeto (grifo nosso).**

1.2 Estudos de Alternativas Locacionais para Aterros Sanitários.

Apesar da contradição, em vários países, como é o caso do Brasil, o aterro sanitário tem sido a mais importante meta a se alcançar, visando um tratamento adequado dos resíduos (JUCÁ; 2003).

Russo (2003) enfatiza que a escolha de locais candidatos à implantação de sistema de tratamento de RSU, em que se inclui o aterro sanitário, é o obstáculo mais difícil de ultrapassar no desenvolvimento dessas infraestruturas sanitárias.

Para Piedade e Aguiar (2010), a escolha do terreno revela-se bastante complexa, na medida em que é difícil encontrar um local que reúna todos os requisitos para a construção e operação deste tipo de infraestrutura.

Segundo Andrade (2015), a localização de um aterro pode tornar um processo árduo de planificação, especialmente pela necessidade de fazer a compatibilização com as variáveis sociais, ambientais e econômicas, visto que precisa de uma análise criteriosa de certos parâmetros com o objetivo de reduzir os impactos ambientais e socioeconômicos, entre os quais se encontram a proximidade dos recursos hídricos, resistência do solo aos efeitos contaminantes, proteção de áreas de preservação, tamanho da área disponível, e a distância entre a coleta e a disposição.

De acordo com o Cempre (2010), uma área adequada significa menores riscos ao meio ambiente e saúde pública, mas, fundamentalmente, significa menos gastos com o preparo, operação e encerramento do aterro.

É importante salientar que o custo depende também do local onde se realiza o empreendimento, o que nos remete novamente à seleção adequada da área (Prosab, 2003).

A distância do recurso hídrico até o local pretendido pode ser utilizada como um dos parâmetros de avaliação da vulnerabilidade dos recursos hídricos superficiais (Lupatini, 2002).

A escolha do local adequado está condicionada a diversos fatores como, a proximidade dos cursos d'água, resistência do solo aos efeitos contaminantes, proteção de áreas de preservação, tamanho da área disponível, distância entre a coleta e a disposição, ou seja, são questões que tornam os estudos sobre o tema relevantes (ROBERTO et. al. 2015). Assim, a identificação das alternativas locais que apresentem condições adequadas à implantação do empreendimento é condição essencial para o Estudo de Impacto Ambiental (MONTAÑO, et. al.2012).

Segundo o Prosab (2003), “a escolha equivocada de uma área para a implantação de um aterro sanitário pode acarretar impactos ambientais negativos aos meios físico, biótico e antrópico; custos envolvidos elevados; alta complexidade técnica para viabilização do aterro; e baixa aceitação pública.”

De outro modo, podem-se utilizar metodologias que apontam para diminuir o custo financeiro e os gastos com recursos humanos nos estudos de seleção de áreas para a localização de aterros sanitários (Roberto et. al., 2015).

A seleção de locais para implantação de aterros sanitários envolve diversos atores (tomadores decisão, especialistas, comunidade), procedimentos e informações, cuja organização visa atingir certos objetivos pré-estabelecidos (Lupatini; 2002).

1.2.1 Critérios Para o Estudo de Alternativas Locacionais Para Aterro Sanitário

Os estudos para localização de aterros sanitários têm se concentrado essencialmente em aspectos técnicos, quando comparados aos demais fatores sociais e ambientais (Montaño et al., 2012).

Segundo Calvo et. al., (2007), a seleção de áreas e as obras de aterro sanitário, devido aos seus impactos negativos, encontram vários entraves para implantação, desde aspectos sociais, legais e ambientais, podendo até mesmo ser inviabilizado.

O processo de seleção consiste na consideração não só de aspectos técnicos ambientais e operacionais ou de critérios restritivos, mas também devem ser

observados aspectos socioeconômicos e pontuais que podem gerar entraves políticos, muitas vezes, definitivos na escolha do local (Lino e Ismail, 2012).

Além do arcabouço acadêmico, vale destacar a existência de normas técnicas e aspectos legais de âmbito estadual e federal, como elementos relevantes para definir os critérios para localização de aterros sanitários (Montaño et al., 2012).

Segundo IPT (2001), o aterro sanitário consiste em um processo de disposição de resíduos sólidos no solo, fundamentado em critérios de engenharia e normas operacionais específicas, permitindo um confinamento seguro do ponto de vista ambiental.

As Áreas De Proteção Permanente (APP's) são consideradas áreas restritas à implantação do aterro sanitário já que são protegidas no âmbito da Lei Federal Nº 12.651 de 2012 (Brasil, 2012)

São consideradas as rampas do terreno com declividade maior que 45° até uma distância mínima de 200m devido à instabilidade e risco de erosão preconizada na NBR nº 13.896/97 e Portaria nº124 de 1980 do Ministério do Interior.

Além disso, são restritivas todas as categorias de Unidades de Conservação (UC's) instituídas pela Lei Federal n.º 9.985 de 2000.

De acordo com a NBR nº 13.896/97 são aptos a receber aterros sanitários os terrenos com até 30% de declividade, podendo a critério de órgão ambiental local decidir pela aprovação de áreas com porcentagens superiores.

Na determinação da aptidão do meio para implantação de empreendimentos e desenvolvimento de atividades humanas, deve-se tomar como premissa básica o fato de que as características dos meios físico, biológico e antrópico conferem, para cada parcela de território, maior ou menor potencial para as diferentes tipologias de ocupação (Montaño et al., 2012).

Também, já que toda esta avaliação técnica para a localização da área mais adequada é razoavelmente complexa, é interessante não escolher áreas com capacidade inferior a 5 anos de geração/disposição de resíduos (PROSAB, 2003). Segundo Gomes et al., (2003), as áreas situadas no entorno das rodovias que cortam o território não devem receber um aterro sanitário devido aos perigos com relação à atração de pássaros e aos ruídos e gases emitidos.

No caso de um aterro sanitário é possível assumir que a combinação de fatores como conformação do relevo, tipos de solos, formações geológicas, recursos hídricos, entre outros, determinam a capacidade (ou aptidão) do meio em acomodar

certas atividades humanas de forma que os impactos dessas atividades não ultrapassem os níveis aceitos pela sociedade e/ou impostos pela legislação (Montano et al., 2012).

O fato de que cada critério estabelecido é aplicado em função das condições ambientais que representam, admitindo a necessidade de minimização dos impactos ambientais significativos associados ao empreendimento (Montano et al., 2012).

Segundo Russo (2003), há duas formas de se iniciar o processo de seleção de áreas para implantação de aterros sanitários em Portugal: calculando-se uma área buffer (de 5, 10 ou 15 km a partir do centro produtor) ou por áreas pré-definidas (para áreas conhecidas por suas potencialidades e que ainda não estejam incluídas nas áreas buffer); o objetivo é localizar áreas próximas aos centros produtores (urbanos) de forma a minimizar os custos de transporte envolvidos.

1.2.2 Usos de Geotecnologias no Estudo de Alternativas Locacionais

Segundo Batistella e Moran (2008), o uso de geotecnologias vem se tornando importante instrumento de análises de impactos ambientais, elaboração de zoneamentos, gestão de bacias hidrográficas e monitoramento de fontes poluidoras. Desta forma, tem-se utilizado de um conjunto de tecnologias computacionais que permitem à coleta e tratamento de informações espaciais capaz de transformar e emitir informações de atributos do mundo real levando em conta suas características físicas, químicas e sociais, bem como sua distribuição espacial, com o objetivo de facilitar as inter-relações com o espaço geográfico e providenciar estudos com finalidades específicas (CÂMARA; 2007; FONSECA e MOREIRA, 2011).

Assim, o uso das diversas técnicas de geoprocessamento incorporado ao ambiente informatizado dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG) apresenta um enorme potencial para este tipo de análise (ROBERTO, et. al.2015).

Para Pirolí (2010), o termo geoprocessamento é traduzido separadamente, assim sendo: “Geo” como significado de terra, superfície ou espaço e “processamento”, relacionado a informações ou informática.

A utilização das técnicas de sensoriamento remoto são as mais indicadas para uma análise preliminar das áreas candidatas ao aterro (SILVA E ZAIDAN; 2004).

Visando facilitar esse trabalho, pesquisadores e instituições vêm desenvolvendo métodos de seleção de áreas nos últimos anos, impulsionados

especialmente pelo uso de sistemas de informações geográficas (SIGs), que permitem combinações complexas de fatores por meio do uso de geoestatísticas e geomatemática (LINO, 2012).

De acordo com Sener et al., (2010), há diversas técnicas de seleção de locais para a implantação de um aterro sanitário, sendo utilizados métodos de geoprocessamento e sondagens iniciais das possíveis áreas. As vantagens de se utilizar imagens de satélite, neste caso, são a rapidez e o baixo custo com que as análises podem ser feitas, evitando deslocamentos que geram gastos, por vezes desnecessários (Dos Santos, 2007).

O geoprocessamento consiste na utilização de técnicas matemáticas e computacionais para tratar objetos ou fenômenos geograficamente identificáveis ou extrair informações desses objetos ou fenômenos (Moreira, 2005).

No ano de 1854, devido a uma grave epidemia de cólera, surgiu em Londres o Geoprocessamento. A forma de contaminação era desconhecida na época e mais de 500 pessoas vieram a falecer. O Dr. John Snow teve a ideia de colocar no mapa da cidade a localização das pessoas acometidas pela doença e dos poços de água.

Através desta análise, o Dr. John Snow percebeu que a maioria dos casos estavam concentrados perto do poço da “Broad Street” e que esta doença era provavelmente transmitida pela ingestão de água contaminada, o que foi comprovado posteriormente (CÂMARA e MEDEIROS, 1996).

Este foi um dos primeiros casos de que se tem conhecimento da análise espacial em nossa história. Se apenas fosse realizada a listagem dos casos de cólera, dificilmente poderia se realizar a mesma análise, que só foi possível através do mapa, realizando-se então a interdição dos poços contaminados.

No decorrer de 1950 a 1980 houve a automatização de processamento de dados espaciais. A primeira tentativa de reduzir os custos na produção e manutenção dos mapas ocorreu na década de 50 nos Estados Unidos e Inglaterra. No Canadá em 1960 surgiram os primeiros Sistemas de Informações Geográficas. Seu uso era muito complexo. Não existia monitor gráfico de alta resolução, o computador necessário era caro, os programas tinham que ser desenvolvidos por cada interessado, o que demandava tempo e dinheiro, e pôr fim a mão de obra especializada era caríssima.

Na década de 70 surgiram os primeiros sistemas comerciais CAD (*Computer Aided Design*), mas, foi nos anos 80, com a evolução dos computadores pessoais e dos sistemas gerenciadores de banco de dados que ocorreu a grande difusão do uso

de SIG. No decorrer dos anos, com a evolução tecnológica, o geoprocessamento se transformou muito através das técnicas computacionais.

O geoprocessamento iniciou-se no Brasil a partir da década de 80 quando surgiram grupos interessados em desenvolver novas tecnologias. Na UFRJ o grupo do Laboratório de Geoprocessamento sob orientação do professor Professor Jorge Xavier desenvolveu o SAGA (Sistema de Análise Geo-Ambiental), o qual realiza análise geográfica e vem sendo utilizado com sucesso como meio de estudos e pesquisa.

Em 1984, o INPE estabeleceu um grupo específico para desenvolvimento de tecnologia de geoprocessamento e sensoriamento remoto. O geoprocessamento tem por objetivo analisar, integrar, visualizar e explicar o que ocorre com o georeferenciamento de informações para a organização de dados. O geoprocessamento foi criado para detalhar informações espaciais e aprimorar o banco de dados geográfico.

Atualmente é uma ferramenta indispensável para elaboração de mapas, análise espacial, armazenamento e recuperação de informações espaciais (INPE, 2000). Pode ser também entendido como um saber técnico que se aplica às diferentes áreas que lidam com o processamento de dados com características espaciais.

1.2.3 Modelos de Dados Espaciais

Tanto a computação de dados, quanto os sistemas de informações geográficas não podem ser diretamente aplicados ao mundo real. Os fenômenos de interesse do mundo real devem ser representados de forma simbólica e isso envolve o uso de modelos. Segundo Câmara (2002), um modelo de dados é um conjunto de ferramentas conceituais utilizado para descrever como a realidade geográfica será representada no sistema computacional.

Os modelos são simplificados da realidade e os componentes a serem modelados são objetos espaciais. As aproximações das entidades espaciais ao mundo real são representadas no mapa por símbolos gráficos. A chave para a compreensão destes símbolos se encontra, em parte, na legenda, pois o arquivo computacional que contém a representação digital é também um modelo simbólico de representação do fenômeno real. (PEREIRA e SILVA, 2001)

Dá-se o nome de modelagem de dados ao processo de definição e organização dos dados sobre o mundo real, em um banco de dados digital capaz de gerar informações. Assim, os dados podem ser definidos como fatos verificáveis sobre o mundo real e a informação produzida, como correspondendo aos dados organizados de forma a revelar padrões, produzir modelos que facilitam a pesquisa (PEREIRA e SILVA, 2001).

No contexto da computação gráfica e do processamento de imagens, a modelagem de dados abarca uma perspectiva ampla, não restrita a uma aplicação particular do geoprocessamento. Todavia, os elementos geográficos podem ser transportados para o universo conceitual da computação através de definições matemáticas e de estruturas que distinguem as grandes classes de dados geográficos contínuos e discretos, possibilitando inclusive a especialização destes e sua representação em diferentes formas de visualização: modelos digitais do terreno, dados de sensoriamento remoto, mapas temáticos, entre outros (Rodrigues, 2001).

O objetivo da análise espacial é obter respostas a problemas que tenham expressão espacial, seja de ordem ambiental ou socioeconômica. A origem da análise espacial remonta a década de 1950 quando começa o desenvolvimento da geografia quantitativa, a qual passou a utilizar métodos provenientes da estatística aplicada a dados espaciais. As técnicas abordadas pela estatística espacial foram gradativamente sendo incorporadas pela geografia e, recentemente, com o advento dos sistemas de informações geográficas, as ferramentas de análise espacial implementadas nos softwares têm sido de extrema relevância na difusão de tais técnicas na pesquisa em geografia (Camara e Medeiros, 1996).

No contexto dos sistemas de informações geográficas, a análise espacial está comprometida com a capacidade de transformar dados espaciais originais, ou brutos, em um produto que possa fornecer respostas a determinadas questões. Sendo assim, na pesquisa em geoprocessamento, a análise espacial está no centro das atenções (Moura, 1997).

A análise espacial de modelos de mapas é o objetivo último de muitas aplicações em sistemas de informações geográficas, pois é o esforço na busca por modelos e associações feitas por meio dos mapas, e através dos quais é possível caracterizar, entender e prever determinados fenômeno espacial. No contexto da análise espacial, um dos mais significantes aspectos dos sistemas de informações geográficas é a habilidade de combinar dados de diferentes fontes, com o propósito

de identificar e descrever associações espaciais presentes nos mesmos (Camara, Davis e Monteiro, 2001).

1.3 O Uso de Tecnologias de Geoprocessamento

A abordagem conceitual e analítica dos sistemas originou-se na Biologia teórica. Todavia, várias outras disciplinas absorveram e adaptaram esta abordagem, dentre elas a Geografia e obviamente a cartografia (Dornelles e Saavedra, 2003).

A maior repercussão sobre o conceito de sistemas, surgiu a partir da publicação da obra “Teoria Geral dos Sistemas” de Ludwig Von Bertalanffy, editada em 1950. Embora suas reflexões sobre o conceito de sistemas adviessem de décadas anteriores, foi só a partir dessa publicação que começaram a surgir discussões mais intensas sobre uma sistematização geral desta teoria. De um modo geral, a proposta de Bertalanffy faz referências a uma unificação dos campos do conhecimento através da integração de componentes e estruturas funcionais comuns a diferentes saberes, logo, algo que impõe uma grande complexidade (Câmara, 2002).

No campo da geografia, o conceito de sistemas iniciou-se na geomorfologia. Isso se justifica pelo fato desta disciplina ter sempre se preocupado com a busca da investigação conjunta de elementos que formam o relevo, ou seja, aspectos da estrutura geológica, declividade, fatores do intemperismo e resistência dos materiais em superfície, hidrografia, entre outros. A análise integrada destes elementos foi sempre uma preocupação para a geografia, tornando-se uma tarefa comum a estes, aproximando-se assim da teoria dos sistemas (Zuppo, Rocha e Fonseca, 2003).

A teoria dos sistemas influenciou principalmente pensadores da geografia física, resultando em uma nova concepção de organização dos sistemas ambientais físicos, que se convencionou denominar de geossistemas. O fato de o sistema ambiental ser resultado da interação dos componentes físicos da natureza (solo, clima, topografia, rochas, água, vegetação), reforça a idéia de que convém estudá-lo como um sistema que se organiza no espaço geográfico, mantendo fluxos de energia

matéria que, ao criar combinações específicas entre seus elementos, reduzam em um mosaico paisagístico (Monteiro, 2000).

Dentre as geotecnologias que compõe o geoprocessamento estão o Sensoriamento Remoto por Satélite e o Sistema de Informação Geográfica.

O sensoriamento remoto é uma tecnologia que possibilita a aquisição de informações sobre a superfície da terra à distância. Também pode ser definido como a utilização conjunta de modernos sensores, equipamentos para o processamento de dados, equipamentos de transmissão de dados, aeronaves, espaçonaves, entre outros, com o objetivo de estudar o meio ambiente terrestre através do registro e da análise das interações entre a radiação eletromagnética e as substâncias componentes do planeta Terra em suas mais diversas manifestações (Vetorrazzi, 1996).

Para se estabelecer corretamente os procedimentos de uma pesquisa que tem o sensoriamento remoto como recurso à obtenção de dados e informações sobre a superfície terrestre, faz-se necessário contextualizar um problema para que se possa (1) coletar adequadamente os dados necessários (2), estabelecer procedimentos analíticos apropriados e (3) prover resultados que possam auxiliar na tomada de decisão (Câmara, 2002).

Como exemplo de um problema que pode ser resolvido pelo sensoriamento remoto, podemos citar a produção do mapa de uso da terra e cobertura vegetal. No estudo da dinâmica da paisagem, o mapa de uso é um elemento essencial, pois representa um momento histórico único do processo de ocupação e utilização da terra pelo homem. Neste contexto, o uso do sensoriamento remoto promove duas condições de grande importância para as atividades de elaboração e utilização deste material: uma é a possibilidade de atualização dos mapas feitos no passado e a outra diz respeito à sua utilidade no mapeamento a diferentes escalas. Em escalas médias e de detalhe, a percepção das mudanças resultantes do uso e ocupação ao longo do tempo tende a ser notada de forma bastante expressiva, obrigando a atualização contínua das informações presentes no mapa. Assim, a percepção das mudanças decorrentes do uso e ocupação pelo homem ao longo do tempo pode ser tanto mais notada quanto maior for à escala de abordagem (Câmara e Medeiros, 1996).

Na escala de dados para uma pesquisa em sensoriamento remoto é importante, inicialmente, se avaliar qual material é o mais adequado à extração das

informações para o mapeamento dos elementos que compõem a superfície terrestre (Cordovez, 2002).

Dentre os produtos que compõem o sensoriamento remoto estão as imagens produzidas por meio de equipamentos sensores alocados a bordo de satélites artificiais. Atualmente existem diversos sistemas orbitais trabalhando na coleta de dados da superfície terrestre, todavia, no atual estado da arte, é importante considerar aqueles que apresentam maior fonte de dados de sensoriamento remoto e maiores possibilidades de continuar operando no futuro (Britto e Orlá, 2000; Câmara, 1996).

Embora existam diferentes tipos de sistemas operando em nível orbital com a finalidade de registrar dados relativos à superfície terrestre, os sistemas com sensores voltados a aplicações em recursos terrestres são os que melhor servem aos estudos ambientais. O sistema Landsat tem servido a este fim, desenvolvido pela NASA, é um exemplo de satélite que utiliza este tipo de sensor. Sua tecnologia está voltada principalmente ao sensoriamento remoto continental, mas é também, eficaz na coleta de dados sobre oceanos e águas continentais (Câmara, 1996; 2002).

As imagens de satélite, por serem processadas digitalmente a partir de sinais elétricos, adquirem propriedades técnicas específicas, ou seja, possuem características que são próprias da tecnologia de imagens digitais. Algumas destas características dizem respeito a parâmetros relativos à resolução espectral e espacial da imagem e também, aspectos técnicos que interferem diretamente na interpretação das imagens e automaticamente no processo de mapeamento. Por este motivo, é importante o conhecimento sobre conceitos técnicos para não fazer mau uso das aplicações metodológicas (Oliveira et al., 1996).

Através de um sistema de imageamento eletro-óptico, sensores como o Thematic Mapper do sistema Landsat, transformam a radiação proveniente dos diferentes alvos que compõem a superfície terrestre em sinais elétricos; o sinal captado pelo sensor é digitalizado na forma de uma malha ou grade digital, onde cada célula tem uma correspondência espacial e possui um atributo numérico; cada registro numérico representa a intensidade da energia eletromagnética refletida pelos elementos pertencentes a uma determinada porção do terreno (Rodrigues, 2001).

Os sinais elétricos produzidos pelo sensor são transformados em dados numéricos, sendo assim possível a manipulação dos dados em ambiente computacional. Através da aplicação de algoritmos acessados por intermediário de

comandos computacionais, é possível gerar representações gráficas na tela do computador (visualização), bem como, a extrair novos dados por meio do processamento digital. Os aspectos que envolvem o processamento do sensoriamento remoto orbital, ou seja, procedimentos técnicos usados para extrair informações úteis dos dados disponibilizados nas imagens de satélite é conhecido como processamento de imagens digitais (Parise e Morelli, 2001).

As técnicas de processamento de imagens podem ser usadas para a análise de dados de sensoriamento remoto e sua aplicação se dá de suas formas: através do processamento analógico, com análise interpretativa de produtos visuais e edição manual e; aplicando-se processamento digital da imagem (PDI) através de algoritmos. Tanto uma aplicação quanto outra, possibilitam a exploração visual dos dados de modo a discernir os objetos da superfície terrestre. O PDI de sensoriamento remoto trata especificamente de técnicas utilizadas para identificar, extrair, condensar e realçar a informação, uma vez que as imagens produzidas por sensores remotos carregam em si uma enormidade de dados úteis na manipulação digital. Tais procedimentos dizem respeito especificamente às técnicas de pré-processamento, técnicas de realce e técnicas de classificação das imagens de satélite (Parise e Morelli, 2001).

O motivo do processamento digital advém do fato da imagem conter quantidades muito maiores de informações, que o olho humano é capaz de perceber, se a mesma for interpretada em papel fotográfico ou mesmo na tela de um computador. Pelo processamento digital, um intérprete pode perceber outras informações e proceder de maneira mais seletiva, extraindo da imagem o que lhe é de interesse específico (Mascaro e Ferreira, 2003).

A análise de dados efetuada por meio da interpretação visual não é tarefa simples. Para este trabalho existem diversos manuais de fotointerpretação que apresentam técnicas de extração de informações de imagens processadas opticamente. Todavia, a complexidade da aquisição de informações através da interpretação visual foi aumentada à medida que as resoluções espectrais passaram também a se ampliar. Também por este motivo, o PDI passou a ser cada vez mais solicitado, no sentido de auxiliar na etapa de análise de dados e extração de informações com imagens. Convém destacar que, os procedimentos técnicos do PDI não dispensam a interpretação visual, ao contrário, fornecem melhores condições para a etapa de pós-processamento, onde normalmente é solicitada a inspeção visual

para editar polígonos, selecionar as classes temáticas específicas ou adequadas à escala de abordagem e outras rotinas de organização dos resultados (Medeiros, 1999).

Os procedimentos técnicos utilizados para o PDI podem ser resumidos por três etapas diferentes, a saber (Camera, Davis e Monteiro, 2001):

- 1) Pré-processamento de imagens: fase esta que inclui a restauração quantitativa da imagem para correção de degradações provocadas durante o processo de formação das mesmas. Inclui-se ainda a técnica de georreferenciamento e registro para a aplicação de overlay e mosaico.
- 2) Realce de Imagens: onde são aplicadas técnicas que permitem melhorar o aspecto visual e transformar as imagens, favorecendo o discernimento das informações por meio de alterações provocadas nos valores unitários da matriz.
- 3) Análise de imagens: Diz respeito à extração de informações a partir de imagens. Nesta etapa estão envolvidas as técnicas de segmentação e classificação onde é possível: reconhecer padrões, delimitá-los e discriminá-los qualitativamente ou quantitativamente.

As imagens obtidas por sensores orbitais também possibilitam a representação das informações de forma a auxiliar na tomada de decisão, pois permite a visualização espacial dos diferentes elementos constituintes da paisagem, resultando em um instrumento de grande utilidade para a geografia como um todo, seja para a cartografia, seja para a geografia urbana, agrária, geomorfologia, entre outros (Pedrosa e Câmara, 2007).

Um aspecto a se destacar é que estas imagens são as melhores fontes para auxiliar na determinação do uso da terra e cobertura vegetal. Como atualmente a cobertura do solo é alterada principalmente pela ação do homem, a interpretação de imagens de satélite é uma forma indireta de inserir, num ambiente de geoprocessamento, a dinâmica dos processos econômicos e sociais (Monteiro, 2000).

As informações geradas a partir das imagens de satélite quando trabalhadas em conjunto com outros tipos de levantamentos ambientais, possibilitam a compreensão da dinâmica da paisagem, uma vez que é possível retroagir no tempo, tornando-se assim uma importante fonte de informações para a análise têmporo-

espacial. A integração das informações disponíveis nas imagens de satélite através do processamento digital e da interpretação visual fornece melhores e mais completos resultados para a compreensão do meio ambiente em seu conjunto (Monteiro, 2000).

Enfim, o uso de imagens de sensoriamento remoto como fonte atualizada de informação para a produção de mapas, bem como, sua utilização para o conhecimento sobre o espaço habitado, espaço produzido e espaço preservado têm sido um dos grandes impulsionadores na inovação de pesquisas em geoprocessamento (Parise e Morelli, 2001).

As imagens de satélites já têm se mostrado como importantes instrumentos na compreensão dos processos naturais e de ocupação humana, e poderão num futuro próximo contribuir ainda mais na difusão deste tipo de estudo, à medida que se for registrando informações e dados da superfície da Terra com equipamentos capazes de fornecer melhores resoluções.

As imagens de satélite proporcionam uma visão sinóptica (de conjunto) e multitemporal (de dinâmica) das extensas áreas da superfície terrestre. Mostram os ambientes e suas transformações, destacando os impactos causados por fenômenos naturais e pela ação do homem através do uso e ocupação do espaço (Parise e Morelli, 2001).

1.3.1. Pré-Processamento

As técnicas de pré-processamento dizem respeito a recursos que possibilitam a transformar os dados digitais brutos em dados corrigidos radiométrica e geometricamente.

A radiometria pode ser entendida como sendo os números digitais que compõem a matriz de uma imagem; no caso das imagens de satélite são expressos através dos níveis de cinza que, em seu conjunto, formam a representação gráfica, seja na tela de um computador, seja no papel impresso. Os procedimentos que envolvem a transformação dos valores radiométricos têm por finalidade excluir distorções, degradações e ruídos que muitas vezes são introduzidos no processo de formação da imagem. Embora muitas imagens sejam introduzidas atualmente já venham com as principais correções processadas, algumas rotinas podem ser

utilizadas para melhorar o aspecto visual da imagem ou mesmo fornecer dados mais acurados para o processamento digital (Câmara, Davis e Monteiro, 2001).

A orto-retificação é um processamento anterior à etapa de realce da imagem. Conhecido também por registro ou georeferenciamento, este procedimento consiste em uma transformação geométrica a partir do relacionamento das coordenadas da imagem (linha, coluna) com as coordenadas de um determinado sistema de referência. Pelo fato de as imagens geradas por sensores remotos não possuírem uma precisão cartográfica, tal procedimento acaba sendo necessária para se fazer a integração de imagens com mapas ou projeto de referência desta forma o resultado acaba sendo a correção da geometria da imagem de acordo com as propriedades de escala e de projeção utilizados (Câmara, Davis e Monteiro, 2001).

1.3.2. Processamento Digital de Imagens na Geração de Mapa

A classificação automática de imagens multiespectrais é uma tarefa que atende a um dos principais objetivos do sensoriamento remoto, que é o de distinguir e identificar a composição de diferentes materiais da superfície terrestre (Oliveira et al., 1996).

O princípio lógico da classificação é o de identificar padrões de respostas espectrais de cada um dos variados tipos de coberturas que compõem a superfície da terra. Diferentes tipos de mapas podem ser produzidos a partir da classificação de imagens de sensoriamento, dentre eles: uso da terra, solos e ocorrências minerais.

Para se obter melhores resultados na classificação das imagens digitais, o analista deve primeiramente fazer três verificações: um teste de hipótese em uma região selecionada da imagem, para avaliar qual será a melhor classificação a se usar; uma avaliação das especificações da imagem utilizada na classificação, principalmente no que diz respeito às resoluções; e testes para a seleção das melhores bandas a serem usadas na classificação, sendo importante considerar, nesta última etapa, os testes autocorrelação entre bandas (Zuppo, Rocha e Fonseca, 1993).

Na interpretação visual avaliam-se características de tom, cor, textura, tamanho, sombreamento, padrões, localizações e associações no sentido de identificar e deduzir a significância dos componentes da imagem. Na classificação

digital convencional, a maioria destas características não tem nenhuma aplicabilidade.

Apesar das limitações advindas da avaliação espectral das imagens, sua validade está em orientar o trabalho do analista. Como as respostas espectrais variam de acordo como as características da superfície mapeada, os testes de verificação auxiliar na seleção das bandas para a classificação digital. A determinação das melhores bandas parte do julgamento sobre resultados estatísticos que permitem selecionar aquelas que melhor diferenciam os alvos. Sendo assim, a partir desta interpretação, eliminam-se da análise aquelas bandas que promovem informação espectral redundante (Câmara, 1996).

O fato de se ter disponível muitas bandas espectrais para a classificação e usá-las simultaneamente não implica em melhores resultados, pois estes aparecerão conforme forem selecionadas as bandas que melhor definem o espaço de atributos.

No contexto da importância dos testes estatísticos iniciais, a escolha da técnica de classificação digital pode ser feita de modo similar. Considerando os dois tipos de classificações existentes – o supervisionado e não supervisionado -, verificações iniciais podem ser processadas em torno dos resultados disponibilizados por ambos os modelos, e assim avaliar as melhores bandas e algoritmos para a classificação dos usos. Neste processo cabe estar atento para as características técnicas de cada um dos modelos. No método supervisionado a identidade e localização dos elementos da paisagem são conhecidas a priori e a combinação das classes de mapeamento se processa a partir da experiência ou interpretação visual do usuário. Na classificação não supervisionada a identidade dos tipos de cobertura (classes de mapeamento) não é indicada previamente e o agrupamento das classes se dá acordo com as características espectrais da imagem (CAMARA e MEDEIROS, 1996).

1.3.3. Integração Entre Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Geográficas

A crescente importância do uso Sensoriamento Remoto como fonte atualizada de dados para serem utilizados nos Sistemas de Informações geográficas se deve, principalmente, a partir de dois fatores:

- Ao surgimento de sensores instalados em plataformas orbitais trabalhando com resoluções cada vez mais sofisticadas;

- Ao grande volume de dados sobre o espaço terrestre que os equipamentos sensores vêm produzindo ao longo das décadas.

No passado a integração entre os sistemas de informações geográficas e o sensoriamento remoto era feita apenas uma direção: input de dados produzidos por meio de sensoriamento remoto nos sistemas de informações geográficas. O sensoriamento remoto era então visto apenas como uma tecnologia de aquisição de dados, tendo uma função limitada dentro no contexto dos sistemas de informações geográficas. Com a evolução dos SIG's algumas operações foram implantadas, permitindo que a interpretação de imagens de sensoriamento remoto fosse efetuada em ambiente computacional, gerando vantagens em sua utilização e respectivamente uma ampliação da aplicação em vários campos de atuação (Câmara, 2002).

Para se explorar satisfatoriamente as potencialidades do sensoriamento remoto e dos sistemas de informações geográficas, é necessário que estas tecnologias estejam integradas e, preferencialmente, compondo um bando de dados espacial. A integração entre os sistemas de informações geográficas e o sensoriamento remoto tem sido favorecida por uma série de avanços ocorridos no campo da ciência tecnológica, tais como:

- Os avanços de hardware e software;
- A grande disponibilidade de imagens de satélite de alta resolução em formato digital;
- O desenvolvimento de tecnologia de extração das informações contidas nas imagens dos satélites.

Adicionam-se ainda vantagens advindas da integração do sensoriamento remoto e dos sistemas de informações geográficas, tais como:

- A adequação das imagens de satélite para elaboração de mapas base e revisão de mapas já existentes, eliminando fases intermediárias;
- A possibilidade de visualização do terreno combinando imagens de satélites e modelos digitais do terreno.
- A utilização de imagens de sensoriamento remoto para atualização de bancos de dados dos sistemas de informações geográficas;
- O apoio dos sistemas de informação geográfica no auxílio à interpretação de imagens.

Levando-se em conta que as imagens de satélites trazem uma grande quantidade de dados com os quais é difícil trabalhar de forma analógica, a integração destas tecnologias aos SIG pode não somente auxiliar na manipulação de dados de sensoriamento remoto, como possibilitar a integração destes com outras fontes de informação de forma fundamental nas pesquisas atuais.

1.3.4. Sistemas de Informação Geográfica

Nas últimas décadas, a informação geográfica passou a desempenhar um papel fundamental em diversos tipos de organizações, como por exemplo, operadoras de serviços públicos, prefeituras municipais, empresas turísticas, entre outras. Se ela for estruturada e organizada de maneira adequada, pode auxiliar no processo de tomada de decisão para planejamento em diferentes esferas e escalas do ambiental ao urbano.

O primeiro Sistema de Informação Geográficos (SIGs) foi criado, em 1964, pelo Dr. Roger Romlinson, no Canadá, mas seu trabalho só foi publicado seis anos depois. Nesse sistema, o objetivo foi realizar uma tradução direta de técnicas tradicionais de cartografia para técnicas no computador. O SIG surgiu como uma resposta para os complexos problemas relacionados a planejamento ambiental. Na década de 80, surgiram, nos Estados Unidos e Canadá, as primeiras versões comerciais de SIG. Além disso, o governo desses dois países passou a apoiar a produção na área. Os anos 90 foram marcados pelo alto desenvolvimento tecnológico na área de computação e a manipulação da informação digital passou a fazer parte de estratégias de governo. Dados geográficos fazem parte desta base estratégica (Stair e Reynolds, 2002).

Os SIGs podem ser definidos como sistemas de informação construídos para armazenar, analisar e manipular dados geográficos (geo-referenciados), ou seja, dados que representam objetos e fenômenos em que a localização geográfica é uma característica inerente e indispensável para tratá-los (Câmara, 2002). Um dado geo-referenciado descreve uma entidade geográfica através de três componentes:

- 1) Posição geográfica: a localização física, na Terra, da entidade geográfica descrita. Permite inferir relacionamento geométricos e topológicos entre entidades. Por exemplo, limites administrativos, redes, pontos de localização de montanhas, são todas características geográficas usadas para prover uma

referência para, respectivamente, contagem de censo, fluxo da água de rios, estrutura de construção, entre outros. Em SIG, a posição geográfica é vista como mais importante que o atributo não-espacial. A existência em SIG de funções para manipular dados de localização diferenciam estes sistemas de outros sistemas de informação.

- 2) Atributos não-espaciais: dados convencionais que estabelecem características e propriedades descritivas de cada entidade geográfica. Se a entidade geográfica é um imóvel, exemplos de atributos não-espaciais são: nome do proprietário, endereço, valor venal da propriedade, entre outros.
- 3) Tempo: a data ou período a que se refere o dado georreferenciado. O tempo pode se referir à data em que o dado tem validade ou à data de sua captura. Atributos do tipo tempo raramente são associados a dados geográficos, apesar de sua importância.

O SIG é aplicado em sistemas que realizam o tratamento computacional de dados geográficos e recuperam informações não apenas com base em suas características alfanuméricas, mas também através de sua localização espacial. O SIG oferece ao administrador uma visão espacial de seu ambiente de trabalho, em que todas as informações disponíveis sobre um determinado assunto estão ao seu alcance, correlacionadas com base no que é comum – a localização geográfica (CAMARA, 1996). Para que isso seja possível, a geometria e os atributos dos dados num SIG devem estar georreferenciados, isto é, localizados na superfície terrestre e representados numa projeção cartográfica.

SIGs são vistos por alguns autores como casos especiais de sistemas de informação (Câmara, 2002). A informação é derivada da interpretação de dados, que são representações simbólicas de determinadas propriedades. O valor da informação depende de muitos fatores incluindo o contexto ao qual ela é aplicada e o custo de armazenamento, manipulação e apresentação. Informação é agora um “bem com valor”, que pode ser comprado e vendido por um alto preço.

De um modo geral, o geoprocessamento, conduzido através dos sistemas de informações geográficas, diz respeito às tecnologias de tratamento de dados espaciais para gerar geoinformação. Pela generalidade de aplicações possíveis, pode atender a diferentes objetivos, todavia, é comumente aplicado ao sensoriamento remoto, a cartografia digital, a conversão e modelagem de dados, a aerofotogrametria,

a geocodificação e demais disciplinas e procedimentos correlatos (Camara, Davis e Monteiro, 2001).

Existe uma grande diversidade de fontes e formatos de dados georeferenciados, tais como: imagens de satélite, dados de censo, fotografias aéreas, dados de GPS (Sistema de Posicionamento Global) e mapas (analógicos ou digitais). Uma vez armazenados em SIG, estes dados se classificam em espaciais (descrevem a geometria e a localização de uma entidade geográfica), convencionais (Valores tradicionalmente manipulados por SGBD – Sistemas Gerenciadores de Bancos de dados) e pictóricos (imagens de diversos tipos).

O processo de modelagem de dados em SIG implica em fazer uso de um conjunto de ferramentas conceituais que tem a propriedade de descrever a realidade geográfica. A modelagem de dados pode limitar o desenvolvimento futuro de um projeto realizado em sistemas de informações geográficas, caso não esteja sendo apropriadamente manipulada (Câmara, 2002).

O principal fator que diferencia um SIG de outros tipos de sistemas de informação é o conjunto de funções de análise disponíveis, que podem utilizar, de modo integrado, todos os componentes da informação georreferenciada. Dessa forma, um SIG deve permitir ao usuário desenvolver aplicações que lidem com a natureza espaço-temporal dos dados georreferenciados.

Os SIG reúnem funcionalidades presentes em vários outros sistemas, como por exemplo, ferramentas gráficas, sistemas gerenciadores de bancos de dados, ferramentas de análise estatística, entre outras. O desenvolvimento de uma tecnologia baseada em computador para representação e análise de dados geográficos envolve um grande número de outros domínios do conhecimento. Os sistemas de informação geográfica têm origem na Geografia e Cartografia e seu desenvolvimento não seria possível sem contribuições de outras disciplinas como Processamento de Imagens, Computação Gráfica, Geometria computacional, sistemas gerenciadores de bancos de dados (SGBC), engenharia de software e Sensoriamento Remoto.

1.3.5. Aplicações de SIG

Uma aplicação geográfica é um programa que manipula dados georreferenciados armazenados em um SIG. As aplicações geográficas definem requisitos de informação que permitem classificá-las em três categorias:

1. Aplicações Urbanas ou Socioeconômicas: voltadas para aspectos de infraestrutura urbana, de controle populacional e de administração de propriedades. Exemplos englobam: gerência de redes (água, energia, telecomunicações, transportes); localização e distribuição de serviços públicos (hospitais, escolas); controle de censo, análise mercadológica e administração de impostos sobre propriedades, entre outras.
2. Aplicações ambientais: voltadas para o aproveitamento e conservação de recursos naturais. Exemplos incluem: modelagem da natureza (estudos climáticos, controle de agentes poluidores, análise de processos de desertificação e de destruição de coberturas vegetais); previsão, detecção e prevenção de fenômenos devastadores (terremotos, furacões); interferência de fatores que originam fenômenos naturais (ocorrência de minérios, mudanças no ecossistema), etc.
3. Aplicações Gerenciais: envolvem informações qualitativas sobre aplicações urbanas e ambientais. O objetivo é apoiar a formulação e o acompanhamento de políticas de desenvolvimento urbano e de uso de recursos naturais. Aplicações típicas envolvem tomada de decisão baseada em informações georreferenciadas.

O conjunto de funções oferecidas por um SIG é amplo, não havendo um consenso sobre todas as funções que devem estar presentes. Apesar dessa variedade de funções, existe um conjunto básico de funcionalidades que devem ser consideradas. Uma taxonomia destas funções foi apresentada por Oliveira et al (1996) segundo a perspectiva funcional da interface do SIG.

1. Entrada e Conversão: compreende o conjunto de funções que precisam ser aplicadas da efetiva utilização dos dados no SIG. Essas funções se caracterizam pelo uso intensivo de recursos computacionais (processamento e entrada/saída), e podem introduzir grandes volumes de dados no sistema.
2. Modelagem: são as funções que definem os conceitos e abstrações importantes para cada tipo de aplicação. Permitem a especificação não

apenas dos dados (modelagem de dados), mas também dos processos (modelagem de processos) utilizados nas aplicações.

3. Recuperação e Análise: são as funções que tratam da busca, manipulação de consultas e funções de análise para formatos que podem ser mais facilmente interpretados pelo usuário. Estas funções permitem que um mesmo conjunto de resultados seja visualizado de diferentes maneiras.

1.4 Objetivos

1.4.1 Geral

- ✓ Selecionar áreas com maior aptidão ambiental, social e econômico para a instalação de Aterro Sanitário no município de Macapá.

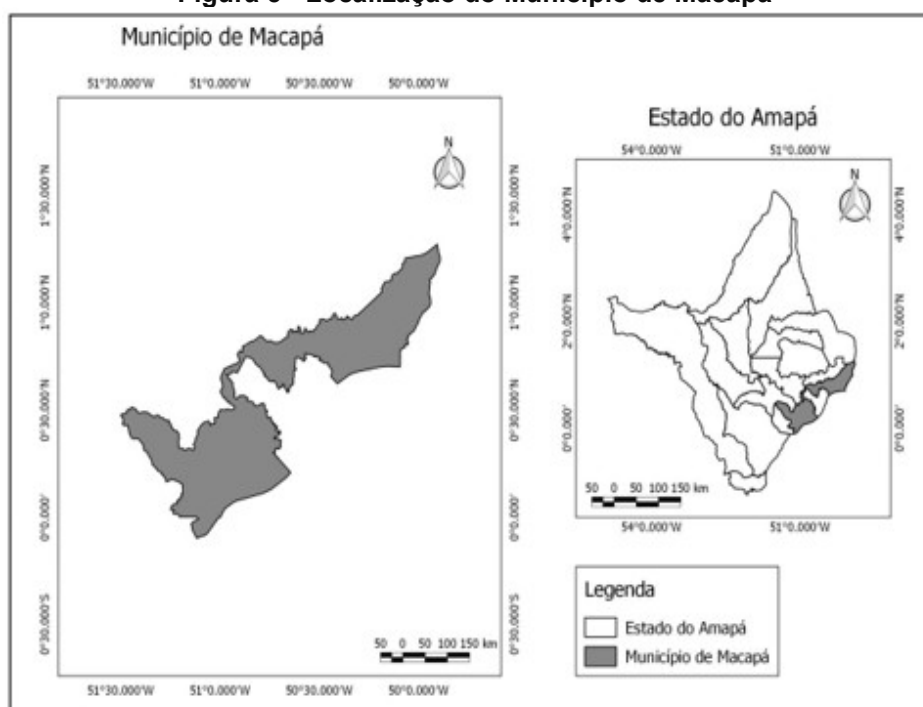
1.4.2 Específicos

- ✓ Definir os critérios dos meios físico, biótico e antrópico a serem analisados de forma integrada.
- ✓ Elaborar a base cartográfica dos critérios selecionados e o banco de dados em SIGs.
- ✓ Proceder à classificação dos critérios e sobreposição de cartas.

2 METODOLOGIA

A área de estudo em questão é o município de Macapá, capital do estado do Amapá (Figura 5). A região de estudo ocupa um território de aproximados 6.563,849 km² e possui uma população estimada de 442.933 habitantes segundo estimativas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE, 2022) e tem uma projeção para 2019 de 503.327 habitantes. A densidade demográfica é de 67,48 habitantes por km² no território do município.

Figura 5 - Localização do Município de Macapá



Fonte: Autor (2018).

2.2 Definição dos Critérios

Foram aplicadas três abordagens para tratar de alternativas locacionais para o empreendimento de aterro sanitário no município de Macapá, diferenciados pela significância dos elementos, que são considerados essenciais aos estudos. As abordagens tratadas são de cunho ambiental, social e econômica, conforme descritas a seguir.

2.2.1 Abordagem Ambiental

A Abordagem Ambiental consiste na compatibilização dos vários critérios e fatores relevantes (Quadro 5), os quais devem manter o equilíbrio entre os aspectos ambientais relacionados ao desempenho ambiental do empreendimento, especialmente quanto aos impactos ambientais potenciais, sobretudo pela possibilidade de falhas nas medidas de proteção adotadas.

Quadro 5 - Abordagem Ambiental.

Critérios	Relevância	Fontes
Geologia	Estabilidade dos terrenos	SEMA-AP
Pedologia	Permeabilidade do solo	IBGE, DNPM, PDM
Hidrogeologia	Contaminação do lençol freático	CPRM
Presença de UCs	Restrição Legal	SEMA-AP
Proximidade de cursos d'água	Contaminação de águas superficiais	SEMA-AP
Vegetação e APP	Restrições Legais e impactos a fauna e flora	SEMA-AP, Imagem de Satélite e Radar
Ressacas	Restrição Legal	SEMA-AP, IEPA
Direção Predominante dos Ventos	Conflitos	CLIMATEMPO, WINDFINDER

2.2.2 Abordagem Social

Para Abordagem Social vale destacar, ainda, a natureza dos procedimentos de seleção de áreas, que estar associada ao aterro sanitário que pode causar, por suas características, reações contrárias por parte de diferentes segmentos sociais, que direta ou indiretamente poderão ser afetados pela instalação do empreendimento, assim como, as restrições impostas pela legislação (quadro 6).

Quadro 6 - Abordagem Social.

Critérios	Relevância	Fontes
Presença de população	Conflitos	Imagem de Satélite e Radar

Impacto Visual	Conflitos	Imagem de Satélite e Radar
Área de proteção aeroportuária	Restrição legal	Imagem de Satélite e Radar

2.2.3 Abordagem Econômica

Na Abordagem Econômica considerou-se o conceito da viabilidade econômica do empreendimento, na qual adotamos recomendações técnicas quanto: à distância, acesso do referido centro gerador e outras avaliações da área, que indicam a viabilidade (Quadro 7).

Quadro 7 - Abordagem Econômica

CrITÉRIOS	Relevância	Fontes
Distância ao centro gerador	Sustentabilidade econômica	Imagem de Satélite
Condições de acesso	Condições operacionais	Imagem de Satélite
Proximidade de jazidas	Condições operacionais e sustentabilidade econômica	Imagem de Satélite
Tamanho da área	Condições operacionais	Imagem de Satélite, Radar

2.3 Elaboração da Base Cartográfica e do Banco de Dados

Para a elaboração da base cartográfica se fez necessário à análise integrada do município no qual foi utilizado: a nova base cartográfica do Estado do Amapá, os shapefiles oficiais do zoneamento ecológico econômico (produzidos pelo setor de geoprocessamento do Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá - IEPA) e os shapefiles do plano diretor do município de Macapá.

Para a análise dos critérios e dos dados espaciais, utilizou-se o software livre de geoprocessamento QGIS 3.0.2. Esse software desenvolvido pelo *Open Source Geospatial Foundation* (OSGeo) é de código aberto, licenciado e baixo GNU – *General Public License*, o qual suporta numerosos formatos e funcionalidades de dados vetoriais, dados raster e base de dados.

2.4 Ponderações dos Critérios

Considerando que as variáveis que interferem na escolha de uma área para implantação de um aterro sanitário, contribuem com pesos diferenciados no processo final de decisão, dessa forma, as ponderações adotadas para seleção de áreas aptas seguiram os critérios preliminares do quadro 8.

Quanto às áreas de proteção permanente (APPs), elas já possuem restrições legais, dessa forma, automaticamente foram retiradas da análise. Assim as áreas que restaram foram atribuídas fatores numéricos de classificação (ponderação) aos critérios analisados. Estes fatores de classificação indicam, dentro de cada critério, características propícias (maior valor) para a implantação de aterros sanitários.

Quadro 8 - Ponderações dos critérios preliminarmente adotados

Critérios		Ponderação
Ambiental	Geologia	Priorizar formações com maior estabilidade tectônica e menor permeabilidade
	Pedologia	Priorizar solos impermeáveis
	Hidrologia	As áreas não podem se situar a menos de 200 m de corpos de água.
	Presença de UCs	Excluir áreas em UCs
	Proximidade de cursos d'água	Priorizar área com distância mínima de 500 m
	Vegetação, APPs, Ressacas	Excluir APPs e priorizar áreas degradadas
	Direção predominante dos ventos	Priorizar áreas cujos ventos não sejam convergentes em direção à mancha urbana,
Social	Presença de população	Priorizar áreas desprovidas de ocupação humana no entorno
	Impacto Visual	Priorizar área que não /possam ser avistadas facilmente
	Área de proteção aeroportuária	Excluir área dentro dos limites legais de proteção
Econômico	Distância ao centro gerador	Priorizar áreas situadas entre 5 e 10 km da mancha urbana
	Condições de acesso	Priorizar áreas com boas condições de acesso para caminhões
		Priorizar áreas com proximidade (menor

	Proximidade de jazidas	que 15 km) de jazidas de material de cobertura
	Tamanho da área	Priorizar áreas com tamanho mínimo de 40 hectares

3.5 Processo Analítico Hierárquico

O método AHP (*Analytic Hierarchy Process*) foi desenvolvido pelo matemático Tomas Lorie Saaty na década de 70, é a metodologia de análise multicritério mais utilizada e conhecida no apoio à tomada de decisão ou na solução de problemas que envolvam múltiplos critérios. Nessa análise os julgamentos são feitos por intermédio de comparações de pares de variáveis. O Analista busca através de avaliações de pares de comparação responder qual critério é mais importante do que o outro em relação ao problema considerado (SAMIZAVA, 2006).

Por exemplo, para os critérios Tipos de Solos e Cursos de Águas qual o peso relativo de cada um na seleção da área para implantação de um aterro sanitário? Sendo A e B, as alternativas hipotéticas, quanto A é apto à implantação, comparado a B, com relação aos Tipos de Solos? E com relação à distância dos Cursos de Águas? A Figura 6 demonstra a situação, exemplificando a comparação pareada na análise.

Figura 6. Estrutura referente à comparação pareada de variáveis.



Fonte: Elaborado pelo autor. (2018)

Para a definição das prioridades, e dos graus de importância de uma variável sobre a outra, se deu a comparação pareada, que foram atribuídas conforme os pesos do Quadro 7.

Quadro 9. Escala de importância do método AHP.

Intensidade de importância ou peso	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 de maior ordem possível
2,4,6,8	Valores intermediários entre julgamentos – possibilidades de compromisso adicionais

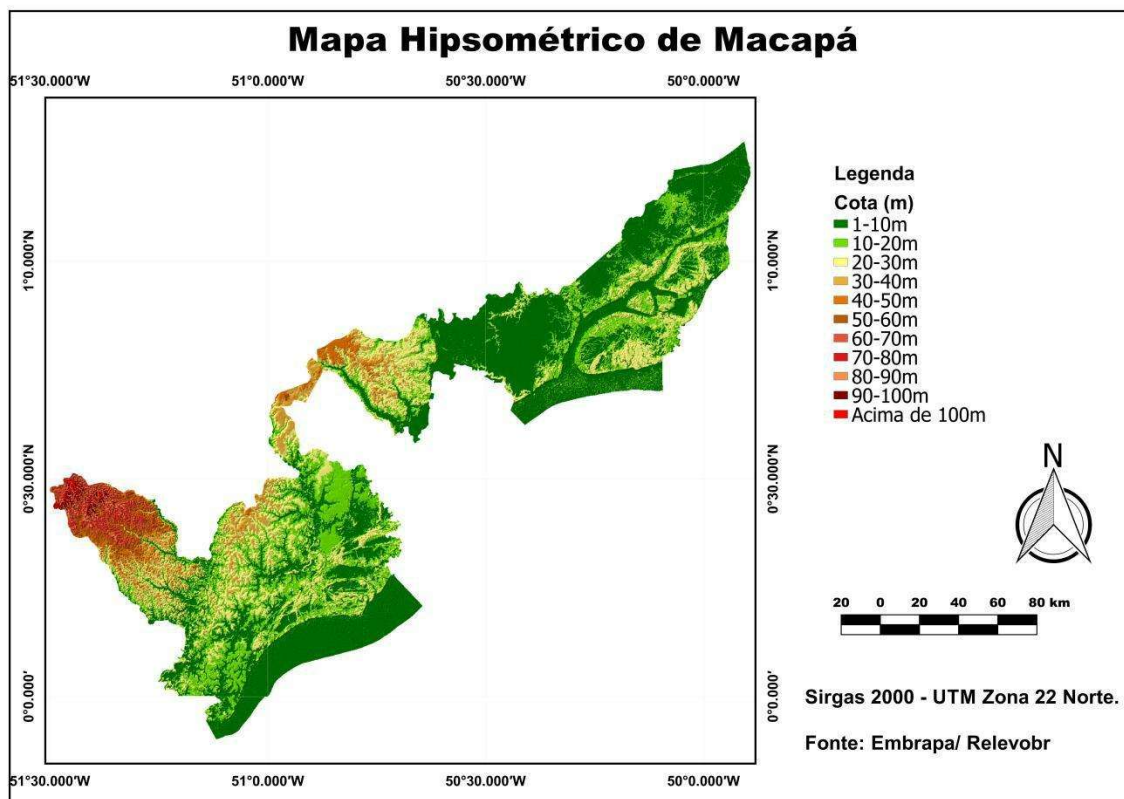
Fonte: Saaty (1990).

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O ponto inicial da análise consistiu na importação dos dados Matriciais e Vetoriais para o software Qgis, e posteriormente efetuamos a geração dos mapas utilizados.

Os dados altimétricos do Município de Macapá foram analisados por meio do modelo digital de elevação (MDE), e a partir deste gerada a declividade em percentual. Na Figura 7 apresenta-se o mapa hipsométrico. Observa-se que as cotas variam de 1 a 100 metros.

Figura 7. Mapa hipsométrico de Macapá.



Fonte: Elaborado pelo autor.

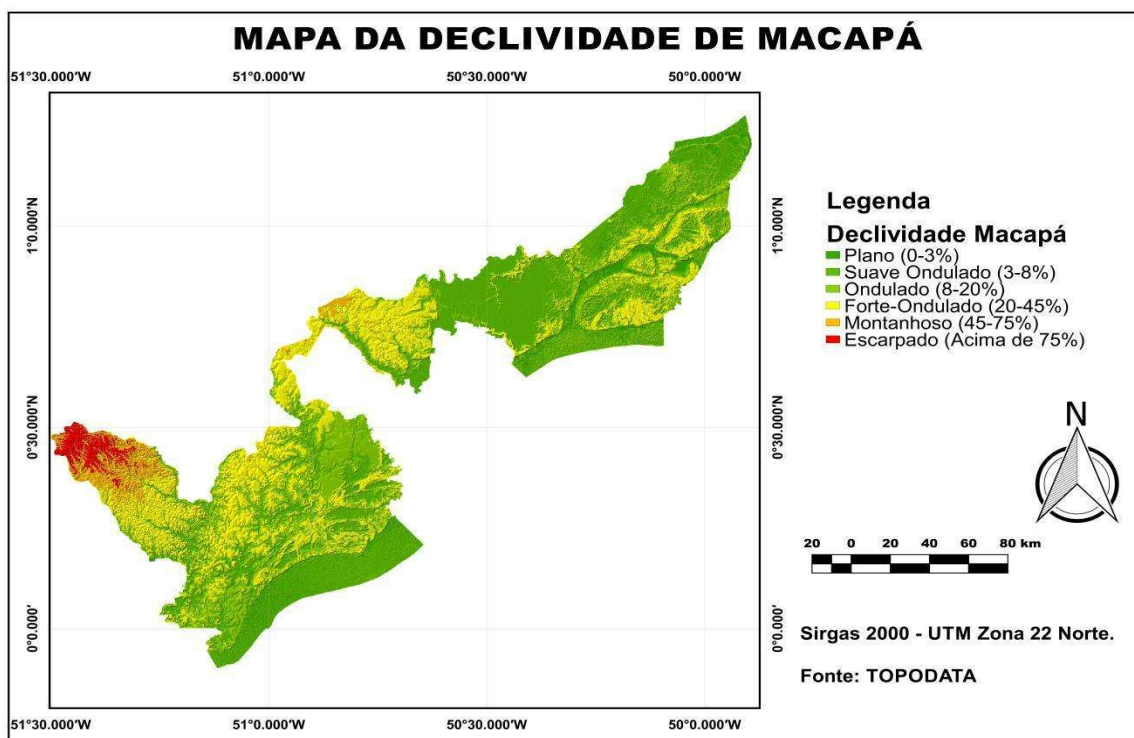
Um mapa não pode representar todos os elementos do espaço ou da paisagem. Geralmente ele representa um ou outro desses elementos (Moreira, 2000).

Por isso os mapas podem ser de diversos tipos como Mapas físicos -

representam elementos da paisagem natural mostrando, por exemplo, o relevo, rios, lagos; Mapas políticos - mostram um ou mais países, com seus limites, capitais e cidades principais; Mapas demográficos - indicam atributos da população, como densidade demográfica, grau de urbanização; Mapas econômicos - apresentam o potencial econômico, a produção ou simplesmente os produtos de uma região e podem ser agrícolas e industriais. Para facilitar a leitura dos mapas, foi convencionado representar cada elemento do espaço sempre com o mesmo símbolo.

Para construir um mapa, os elementos do espaço precisam ser reduzidos, o que é feito por meio de escala. Escala é a relação entre as medidas no mapa e as medidas reais, no terreno, ela indica quantas vezes as medidas verdadeiras foram diminuídas para caberem no mapa. A escala pode ser numérica ou gráfica, embora a diferença entre uma e outra seja apenas na maneira de indicar a relação de proporcionalidade. A Figura 8 ilustra o mapa de declividade, em unidade percentual e interpretação do relevo sendo possível notar que a declividade, em grande parte da área de estudo não possui grande oscilação.

Figura 8. Mapa da declividade em percentual e interpretação do relevo.

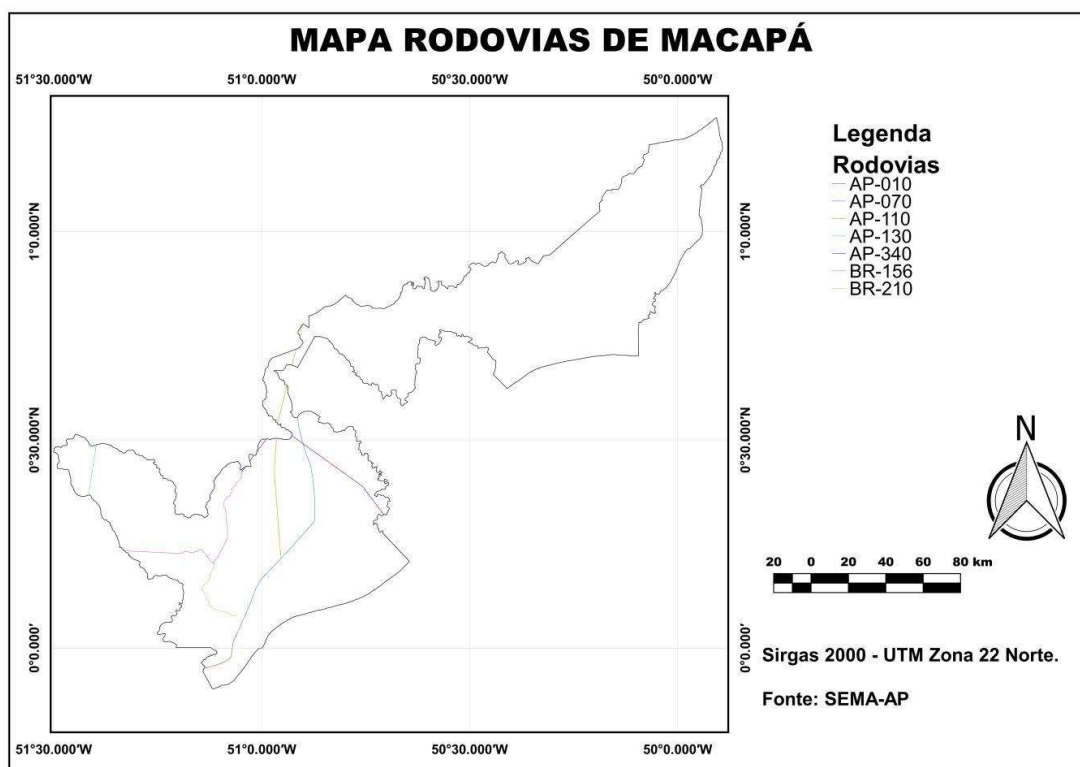


Fonte: Elaborado pelo autor.

Na representação das rodovias, utilizou-se dados vetoriais compostos por um conjunto de linhas apresentados na Figura 9. É possível identificar que existem poucas rodovias no município de Macapá, sendo dessa forma um fator importante a ser considerado com relação à logística do aterro sanitário, uma vez que a viabilidade para a implantação deve considerar os custos relacionados ao transporte dos resíduos.

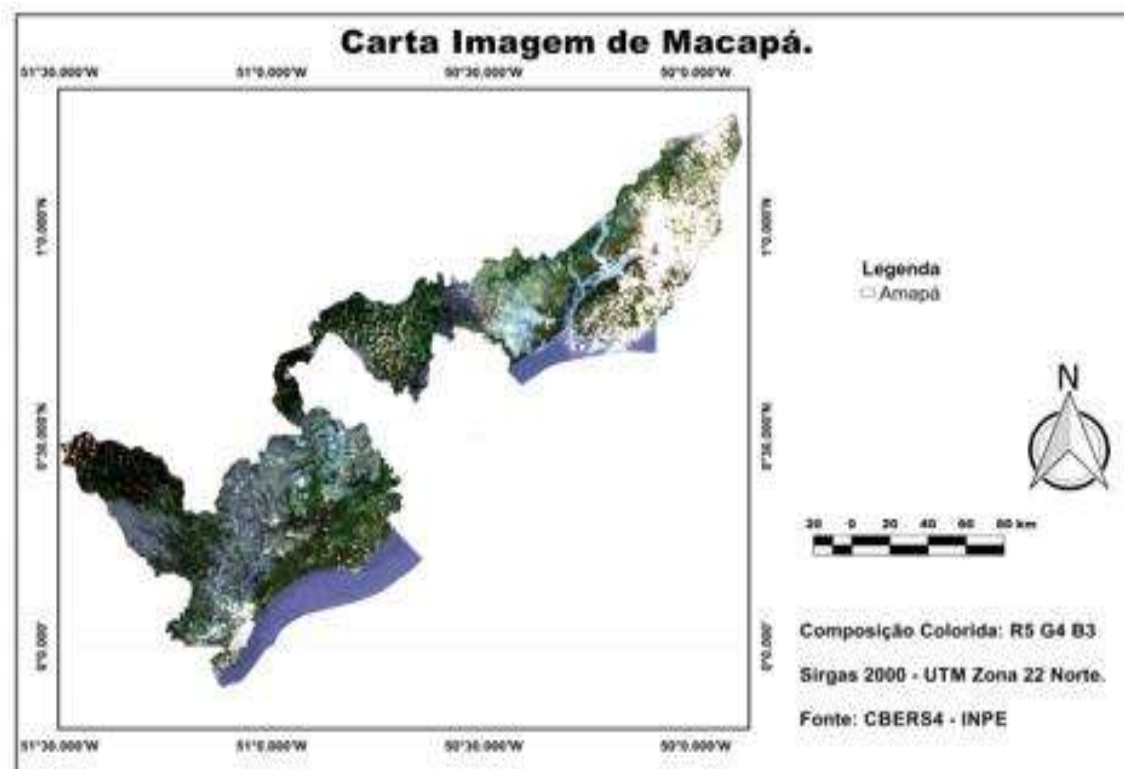
Com relação à análise da localização da área urbana, foi utilizada uma imagem do Satélite CBERS 4, apresentada na Figura 10. A imagem do Satélite foi apresentada na composição RGB, que é o formato colorido da imagem a fim de melhorar a visualização e interpretação dela. Dessa forma, podemos visualizar na carta imagem a cobertura vegetal da região; as áreas com solo exposto e áreas urbanizadas, cujas respostas espectrais na imagem são muito semelhantes.

Figura 9. Mapa das Principais Rodovias de Macapá.



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 10. Carta imagem da área de estudo.



Fonte: Elaborado pelo autor

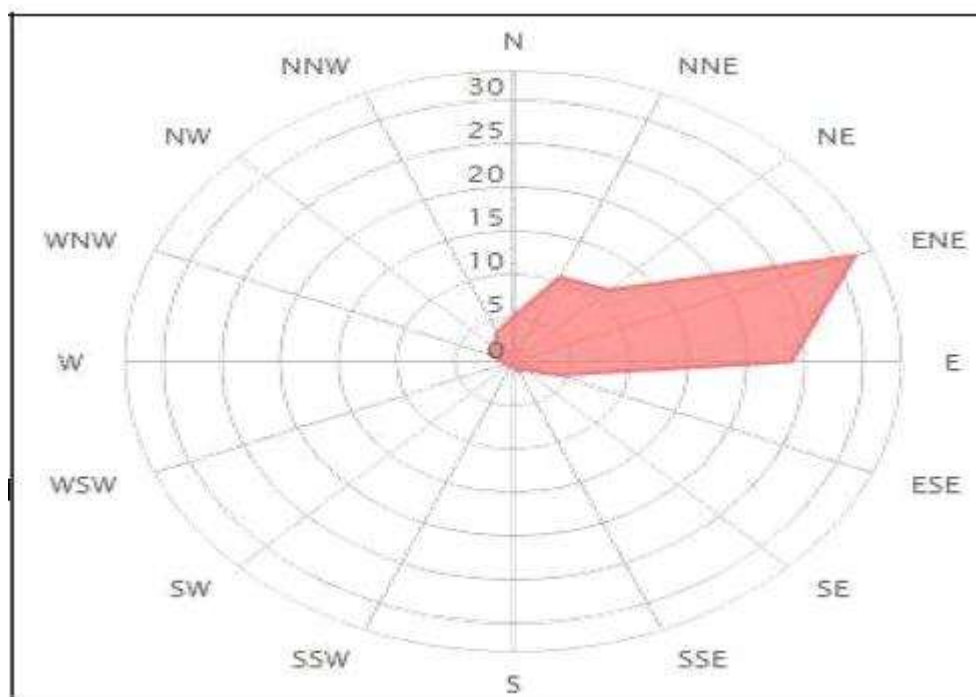
3.1 Direção do Vento

A direção predominante do vento caracteriza um dos fatores meteorológicos importantes, que influencia diretamente na difusão e transporte atmosféricos de poluentes, constituindo desta forma um dos principais parâmetros de avaliação para seleção de áreas aptas para receber aterros sanitários.

No município de Macapá a direção predominante do vento é de Nordeste (NE), e comumente sofre variações entre leste-nordeste (ENE) e Leste (E).

Estes dados são baseados em observações feitas entre 10/2008 - 10/2018 diariamente das 7 am às 7 pm, hora local.

Figura 11. Hodógrafa de vento em Macapá (2008-2018).



Fonte: Windfinder 2018

A intensidade dos ventos também muda ao longo do ano, mas, de maneira geral, a cidade disponha de uma boa circulação de ar, predominando ventos fracos a moderados (0 a 25 m/s) Figura 11

As variações podem ser causadas pela pressão do ar, pela presença de nuvens, pelo movimento das massas de ar e por diversos outros elementos. Setembro, outubro e novembro são os meses em que os ventos se tornam mais intensos, e é comum haver rajadas mais frequentes. Essa época coincide com os meses mais quentes do ano, que amplificam a diferença de pressão atmosférica entre o continente e o rio que atravessa a cidade, o Amazonas, intensificando assim a brisa. A falta de informações sobre a velocidade do vento nas normas climatológicas de Macapá, juntamente com a relevância desse fator climático, levou a pesquisa a utilizar dados coletados e disponibilizados pelo Aeroporto Internacional de Macapá, por meio da Rede de Meteorologia do Comando da Aeronáutica. O portal Windfinder (www.windfinder.com) utiliza essas informações para criar previsões de vento e hodógrafas.

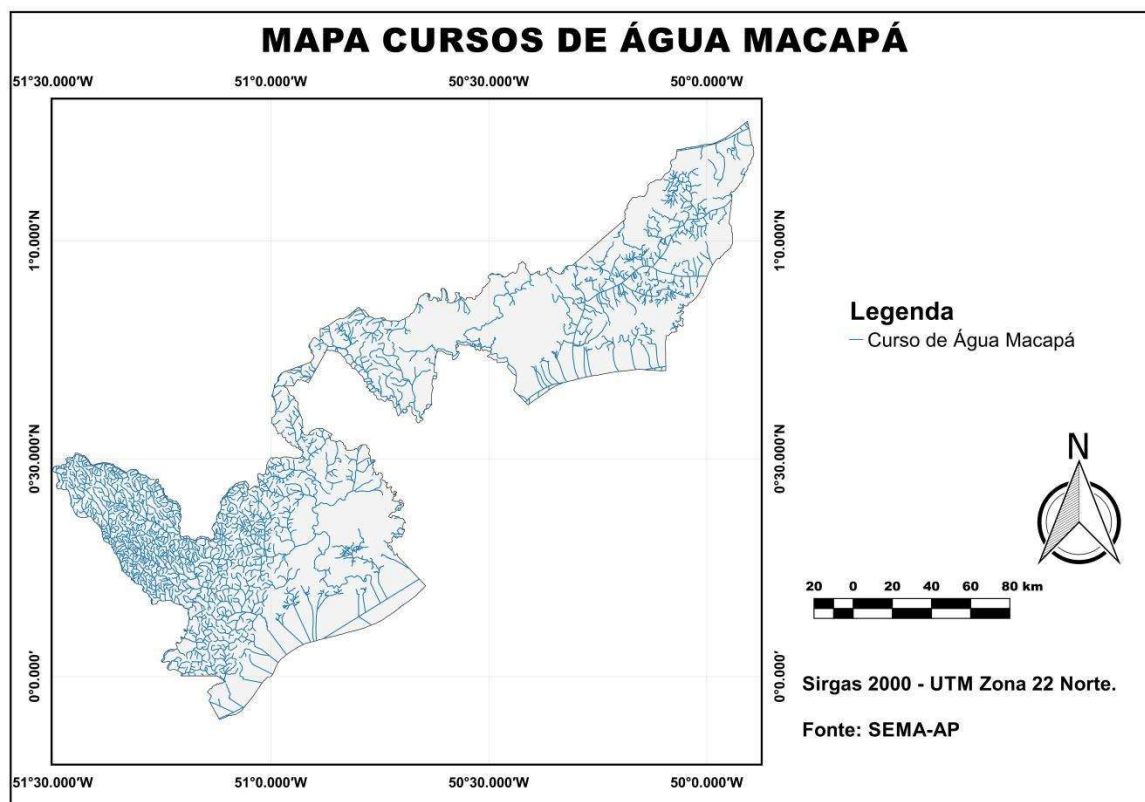
3.2 Presença de Cursos D'água

Com relação aos cursos d'água presentes no município de Macapá, dados vetoriais do tipo linha e polígono foram importados possibilitando a geração do mapa apresentado na Figura 12.

A área de estudo possui muitos cursos da água, nascentes e afluentes além das áreas de drenagem as quais consideramos como variáveis de grande relevância de forma que a implantação de um empreendimento de significativo impacto como é caso dos Aterros Sanitários, pode impactar de forma negativa a rede de drenagem.

Ressalta-se que as áreas de Ressacas possuem restrição legal, garantido por lei, por serem Áreas de Proteção Permanente (APP's) assim como alguns rios que estão dentro dos limites da área de estudo e podem ser afetados com a implantação equivocada de um Aterro Sanitário.

Figura 122. Mapa dos Cursos de Água de Macapá.

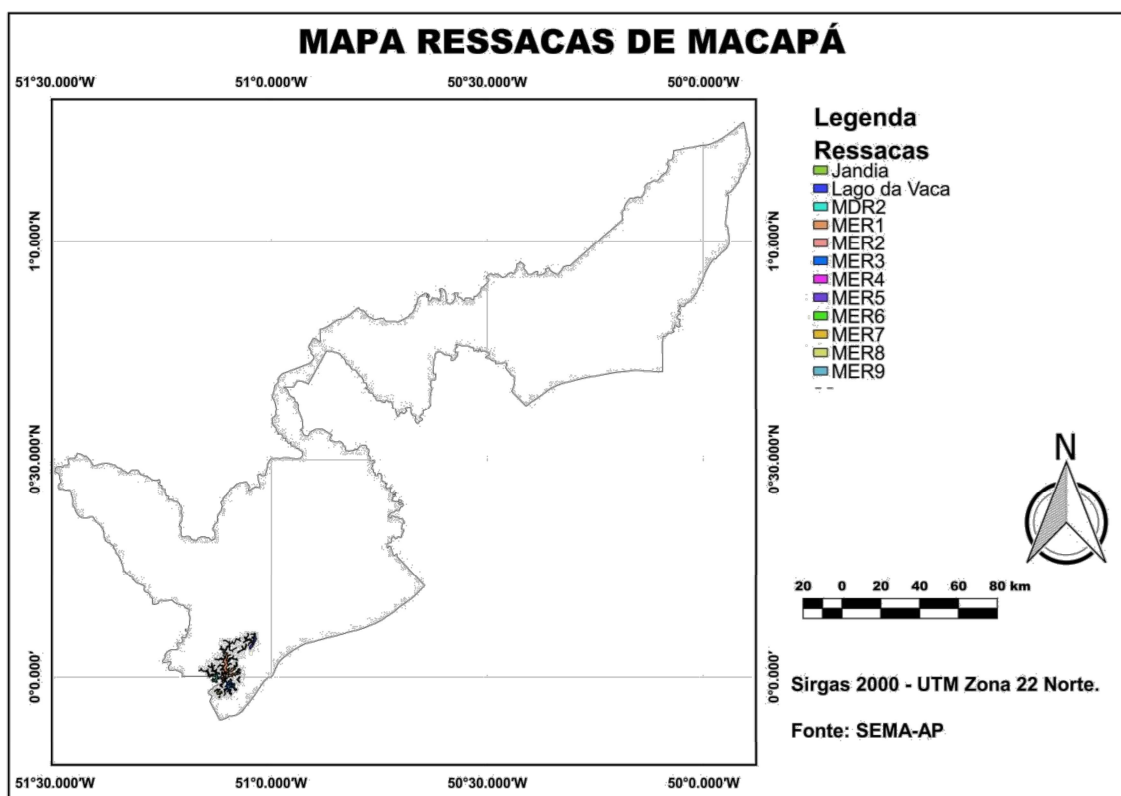


Fonte: Elaborado pelo autor.

No Brasil, segundo o Instituto de Geografia e Estatística (IBGE, 2010), existe uma desigualdade na distribuição de serviços de saneamento. Portanto, faz-se necessários planejar e operar estações de tratamento de esgoto para que as mesmas sejam eficientes e sustentáveis. A utilização dos recursos naturais de forma intensa e insensata, pode gerar consequências que afetam a sua qualidade e disponibilidade.

Neste contexto, o conhecimento das características ambientais de uma determinada região geram informações para um desenvolvimento sustentável e manutenção da biodiversidade. Desta forma, vários fatores podem alterar a qualidade dos mananciais, comprometendo sua utilização, seja por fontes pontuais de contaminação, as quais são de fácil reconhecimento e controle, ou provenientes de fontes difusas, que muitas vezes não é possível ser identificada e solucionada, como é o caso da contaminação de águas superficiais por esgotos domésticos.

Figura 13. Mapa Ressaca de Macapá Área de Proteção Permanente (APP's).



Fonte: Elaborado pelo autor.

As zonas úmidas, conhecidas popularmente no Estado do Amapá como áreas de ressaca, são ecossistemas naturais que se tornam impactados pela

presença das águas, seja das chuvas ou das marés, dependendo de sua localização. Algumas dessas regiões são permanentemente alagadas, enquanto outras podem ser inundadas por influência das chuvas, apresentando uma vegetação típica de ambientes alagadiços, como macrófitas aquáticas (mururés, pés d'água, alface d'água) e juncos; em determinadas localidades, ainda é possível encontrar papiros. No perímetro urbano de Macapá, existem 21 áreas de ressaca, conectadas por uma rede de pontes e palafitas que acentuam a ligação entre as moradias que se situam sobre as águas e as vias terrestre. Os mapas elaborados nesta pesquisa demonstram a expansão da cidade de Macapá em direção a todos os lados, evidenciando uma ocupação intensa das áreas de ressaca como na Figura 13

3.3 Presença de Unidades de Conservação

As Unidades de Conservação dividem-se em dois grandes grupos, que apresentam características específicas: Unidades de Proteção Integral e Unidades de Uso Sustentável. No seio desses grupos foram identificadas e diferenciadas 12 categorias de Unidades de Conservação; a lista é taxativa, pois apenas excepcionalmente e mediante autorização do Conama poderão surgir outras Unidades de Conservação. Contudo, as Unidades de Conservação criadas com base na legislação anterior e que não se enquadrem nas categorias previstas na lei atual deverão ser reavaliadas para que sua destinação seja definida com base na categoria e função para as quais foram criadas.

As Unidades de Proteção Integral visam preservar a natureza, livrando-a da influência humana; nelas apenas é admitido o uso indireto dos seus recursos, ou seja, que não envolva consumo, coleta, dano ou destruição dos recursos naturais, com exceção dos casos previstos na própria Lei do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (Lei nº 9.985/00, art. 7º).

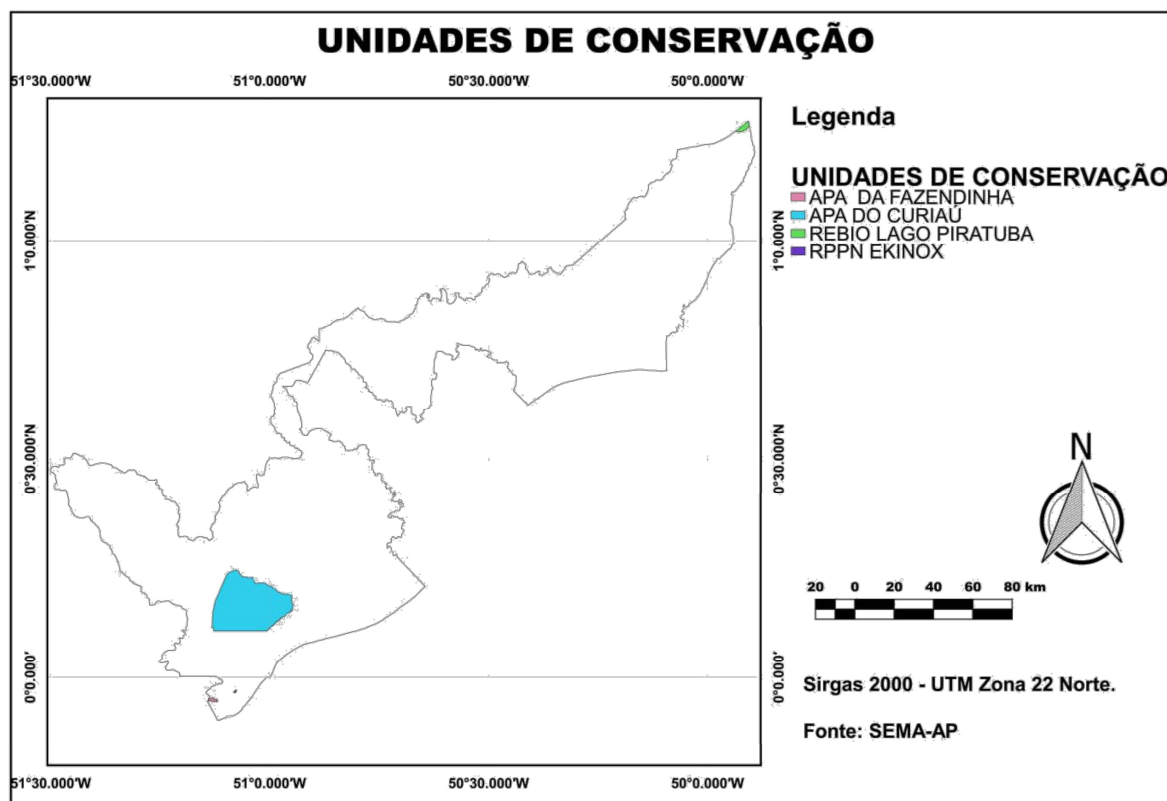
Para fins desse estudo optou-se pela Unidades de Uso Sustentável que têm por objetivo compatibilizar a conservação da natureza e o uso sustentável de parcela dos seus recursos naturais, mantendo a biodiversidade e demais atributos ecológicos de forma socialmente justa e economicamente viável.

De acordo como art. 14 da Lei nº 9.985/00 e dentre as opções possíveis optou-se pela área com três moradias próxima a nascente, que pode ser caracterizada em Área de Relevante Interesse Ecológico. Trata-se, portanto, de uma área em geral de pequena extensão, com pouca ou nenhuma ocupação humana, com características naturais extraordinárias ou que abriga exemplares raros da biota regional, tem por objetivo manter os ecossistemas naturais de importância regional ou local e regular o uso admissível dessas áreas, de maneira a conciliar esses ecossistemas com os objetivos de conservação da natureza (art. 16); pode ser constituída em terras públicas ou privadas (art. 16, § 1º);

As florestas situadas à beira de cursos d'água, por estarem geralmente localizadas em áreas de solos férteis e úmidos, constituem ecossistemas intensamente degradados pelo ser humano, estando, hoje, em várias regiões do Brasil, reduzidas a fragmentos espersos e profundamente perturbados. Além disso, os inúmeros represamentos também contribuem para sua devastação.

Assim, como o estado do Amapá possui cercar de 62% de suas áreas preservadas, grande parte delas delimitadas por Unidades de Conservação (UC's) as quais também estão presentes dentro dos limites municipais de Macapá e por demandarem proteção e tratamentos específicos, estar vetado viabilizar a implantação de empreendimentos de significativos impactos ambientais, assim como os aterros sanitários sobre determinadas áreas que foram indicadas e delimitadas na Figura 14.

Figura 144. Mapa das Unidades de Conservação dentro dos limites de Macapá.



Fonte: Elaborado pelo autor.

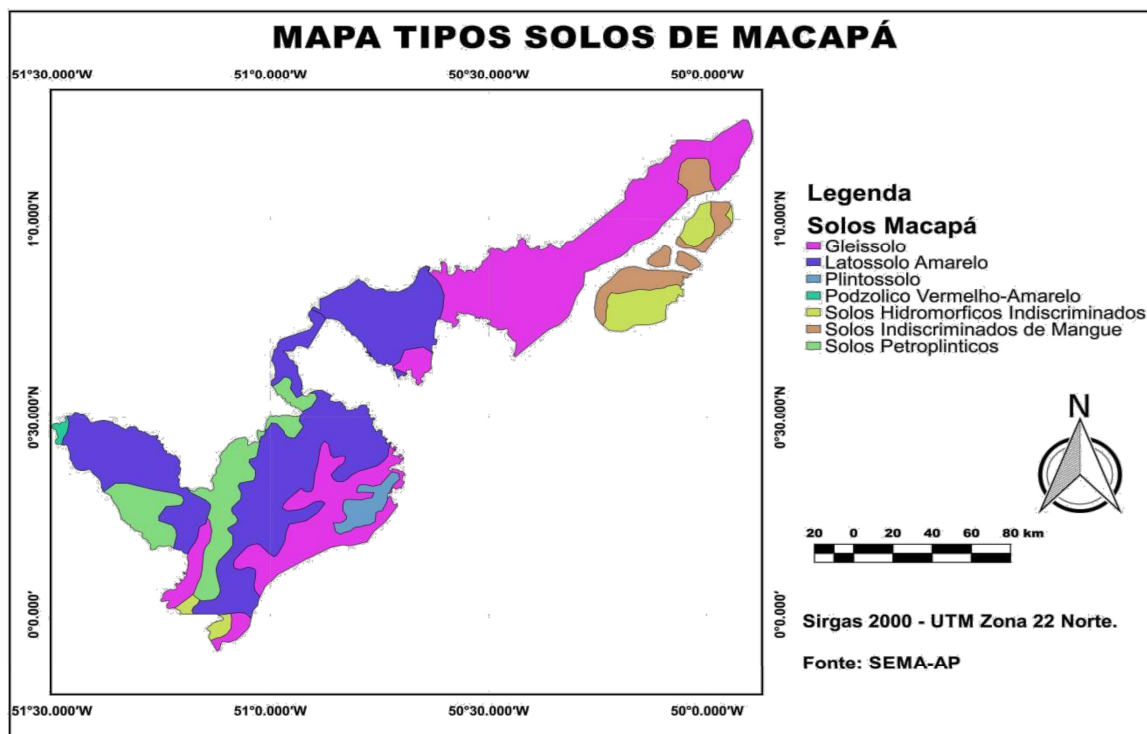
Apesar de as matas ciliares terem características em comum, elas diferem entre si conforme o domínio, a região e a altitude (AB'SABER 2000). Há de se considerar, também, as características intrínsecas de cada área, como relevo local, variações edáficas, encharcamento do solo, largura da faixa ciliar e do curso d'água, flutuação do lençol freático, características da vegetação adjacente, histórico de perturbação (Durigan *et al.* 2000), fertilidade do solo e condições meso - e microclimáticas.

Todos esses fatores, atuando de forma conjunta, de maneira e com importância distintas no tempo, criam condições ambientais muito diversas, o que acarreta variações estruturais e florísticas.

Corroborando tal fato, diversos estudos têm demonstrado uma imensa heterogeneidade florística entre as diferentes matas ciliares no Brasil, apresentando variações inumeráveis e sutis, ainda não totalmente abrangidas pelos estudos botânicos (AB'SABER 2000). Além disso, comparações florísticas têm demonstrado

que essas formações têm similaridade baixa, mesmo em áreas próximas (Rodrigues e Nave 2000).

Figura 15. Mapa dos Tipos de solos



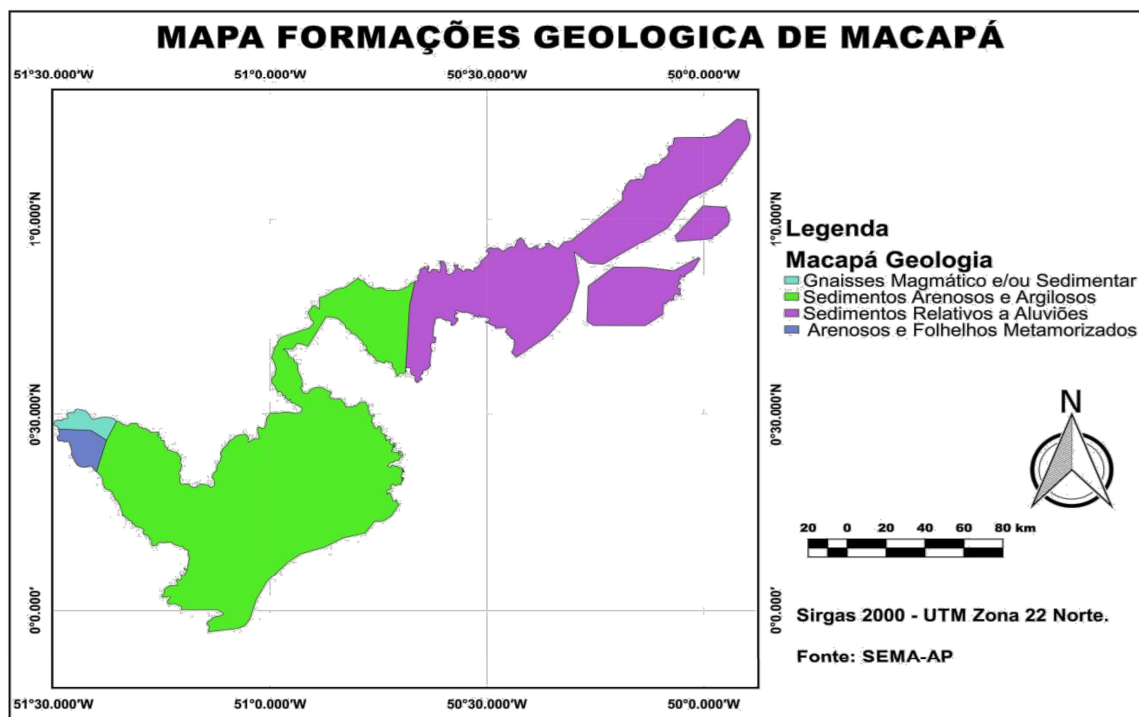
Fonte: Elaborado pelo autor.

O microclima refere-se ao clima em uma determinada localização, que pode ser um ponto específico dentro da cidade, um bairro, uma rua, entre outros. Três fatores principais influenciam as variações climáticas de forma localizada: a topografia, que inclui diferentes relevos; a vegetação, que pode ser de porte pequeno, médio ou grande; e a superfície do solo, que pode ser natural ou artificial. Assim, o microclima é moldado por elementos específicos que afetam regiões particulares. Esses elementos podem criar barreiras à radiação solar, proporcionando sombra, ou ao vento, dificultando sua circulação e resultando na estagnação do ar. Figura 15

Os materiais de revestimento urbanos frequentemente agem como fontes de calor que retornam para os ambientes, e sua utilização deve ser feita com precaução, visando uma melhor compatibilidade com o meio ambiente. No contexto analisado, que envolve as áreas de ressaca de Macapá, é importante que se

considere os métodos de aterramento dessas localidades, especialmente devido a aspectos climáticos (Drach e Emmanuel, 2014).

Figura 16. Formações Geológicas de Macapá.

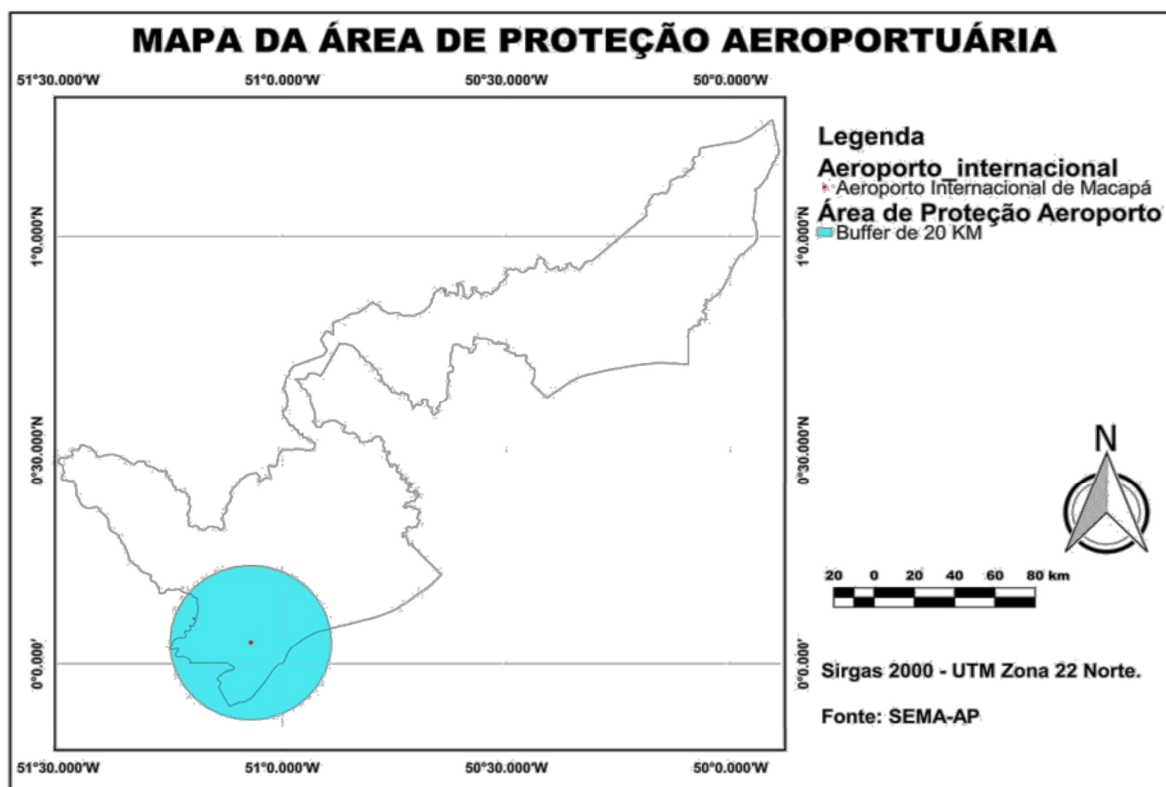


Fonte: Elaborado pelo autor.

Macapá, a capital do Amapá, encontra-se na região Norte do Brasil, especificamente na margem esquerda do rio Amazonas, próximo à linha do equador. As características geológicas dessa região são variadas e exercem uma significativa influência sobre a formação do relevo, solo e ecossistemas da área Figura 16.

Essas particularidades geológicas desempenham um papel fundamental na configuração do relevo de Macapá, impactando tanto a vegetação quanto a dinâmica das águas, além de influenciar a maneira como o solo é utilizado na cidade e arredores. Ademais, a região é abundante em recursos naturais, como minerais, e abriga ecossistemas significativos, incluindo várzeas, igarapés e florestas tropicais.

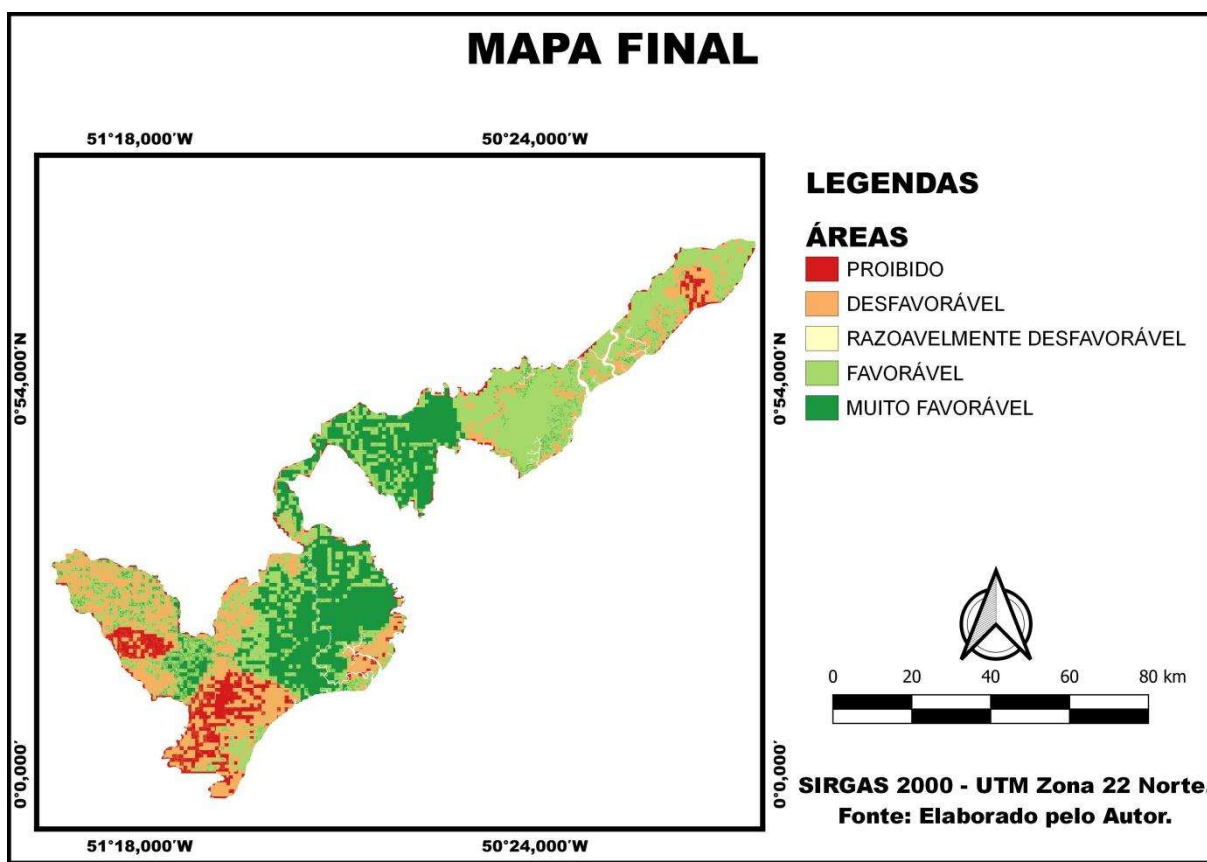
Figura 17. Área de proteção aeroportuária



Fonte: Elaborado pelo autor.

A Área de Proteção Aeroportuária (APA) de Macapá tem a ver com a segurança e o planejamento das atividades nas proximidades do Aeroporto Internacional de Macapá - Alberto Alcolumbre (APO), que é o aeroporto mais importante da cidade e da região. As APAs são estabelecidas com o objetivo de assegurar a segurança das operações aéreas, prevenindo riscos relacionados à aproximação e decolagem das aeronaves, além de minimizar o impacto das atividades humanas na operação do aeroporto, como representado na Figura 17

Figura 18. Mapa Final com possíveis áreas aptas.



Fonte: Elaborado pelo autor.

O mapa final ilustra as áreas as quais são mais adequadas para a instalação do aterro, as áreas de vermelho são as áreas extremamente proibidas de possuir um aterro sanitário, conforme a legenda podemos identificar quais áreas possíveis para a construção de aterro sanitário.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Sabe-se que áreas disponíveis para a instalação de aterro sanitário são cada vez mais escassas devido, principalmente, à intensa urbanização. Assim, o geoprocessamento ajudou no desenvolvimento de projetos em diversas áreas, pois tudo é relatado em forma de dados geográficos armazenado em um banco, gerando informações georreferenciadas para facilitar buscas, elaborações de projetos, construções, estatísticas, favorecendo o meio ambiente por delimitar regiões de

risco.

Embora alguns autores concebam a análise espacial como sendo o conjunto de procedimentos estatístico e de técnicas aplicadas à investigação da localização de fenômenos, ela também se apresenta como um conjunto de técnicas que permite a descrição das conexões entre fenômenos representados em um ou mais mapas.

O sensoriamento remoto como um sistema de aquisição de dados é um importante facilitador no estudo do meio ambiente, pois fornece dados sobre a superfície da Terra e meios que possibilitam a transformação destes em informações úteis à investigação.

É importante ressaltar que, ainda que a seleção preliminar da área para implantação do aterro sanitário seja feita, ainda há uma série de análises, estudos e tomada de decisões a serem realizadas. Trata-se da compra ou desapropriação do imóvel, se esse for o caso, levantamentos topográficos, pelo menos quatro furos de sondagens, com a intenção de se conhecer as características geológicas e geotécnicas do terreno natural.

Embora a análise digital seja considerada menos subjetiva em relação a interpretação visual, as classes de uso de terra variam espectralmente, principalmente onde a cobertura da terra apresenta alta complexidade espacial. Tais classes muitas vezes fixam uma assinatura única e diferentes coberturas podem apresentar características espectrais semelhantes. Essa confusão irá por sua vez introduzir erros no resultado da classificação.

Enfim, os sistemas de informações geográficas permitem a criação de modelos representativos do mundo real que podem, através da manipulação de determinados comandos no sistema computacional, ser remodelados ou integrados, fornecendo novas informações que apontam para a análise espacial. É no contexto destas análises que, estudos sobre a epistemologia da geografia, podem cada vez mais interferir no desenvolvimento dos sistemas de informações geográficas. A aplicação de conceitos e métodos que tem como apoio as tecnologias de geoprocessamento podem favorecer a geração novos modelos de dados e algoritmos úteis ao desenvolvimento de futuras pesquisas.

Os resultados obtidos no presente estudo revelam o SIG como uma ferramenta útil e ágil na integração de informações espaciais para tomada de decisão no processo de avaliação e seleção de áreas aptas à implantação do

empreendimento. A transformação de dados em informação é um processo, ou uma série de tarefas logicamente relacionadas, executadas para atingir um resultado definido. O processo de definição de relações entre dados requer conhecimento. Conhecimento é o corpo ou regras diretrizes e procedimentos para selecionar, organizar e manipular os dados, para torná-los úteis para uma tarefa específica. O ato de seleção ou rejeição dos fatos, baseados na sua relevância em relação a tarefas particulares é também um tipo de conhecimento usado no processo de conversão de dados em informação. Assim, a informação pode ser considerada um dado tornado mais útil através da aplicação do conhecimento. O conjunto de dados, regras, procedimentos e relações que devem ser seguidos para se atingir o valor informacional ou o resultado adequado ao processo está contido na base do conhecimento.

No entanto, ainda é necessário atestar a viabilidade definitiva das áreas selecionadas, com levantamentos adicionais de caráter local como, por exemplo, os estudos de superfície e subsuperfície e os de natureza socioeconômica. Esses estudos visam a verificação *in situ* das potencialidades de cada área para a priorização de cada uma delas.

REFERÊNCIAS

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13896/1997**: Aterros de resíduos não perigosos - Critérios para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, RJ, 1997.

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8.419**: Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos. São Paulo, 1992.

ABNT. **NBR 10004**. Resíduos sólidos. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil: 2008**. Disponível em: <http://www.abrelpe.org.br/panorama_2007.php>.

AB'SABER, A. N. O suporte geoecológico das florestas beiradeiras (ciliares). *In* RODRIGUES, R. R. & LEITÃO FILHO, H. F. **Matas Ciliares: Conservação e Recuperação**. EDUSP. São Paulo, 2000, p. 15-25.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Programa da melhoria da qualidade de água em bacias rurais, através do incentivo financeiro aos produtores**: o Programa do Produtor de Água. Disponível em <http://produtordeagua.ana.gov.br/Portals/0/DocsDNN6/documentos/MANUAL%20OPERATIVO%20-%20PROGRAMA%20PRODUTOR%20DE%20%C3%81GUA.pdf> Acesso em nov. de 2022.

AMBIENTE BRASIL. **Tempo de degradação de alguns materiais**. Disponível em: <<http://www.ambientebrasil.com.br/>> .

ANDRADE, Alex Jaison Barbosa; BARBOSA, Nelcy Paulo Pina. Combinação do Método AHP e SIG na Seleção de Áreas com Potenciais para a Instalação de Aterro, 2015.

APRENDENDO A PRESERVAR. **Contêineres de plástico**. Disponível em: <http://aprendendoapreservar.zip.net/>.

BAPTISTA, Cláudio. **Sistemas de Informações Geográficas**. Disponível em: <<http://www.dsc.ufcg.edu.br/~baptista/cursos/SIG/Unidade4.pdf>>. Acesso em 19 fev. de 2023.

BARREIRA, L.P.; PHILIPPI Jr., A.; RODRIGUES, M.S. Usinas de compostagem do estado de São Paulo: qualidade dos compostos e processos de produção. **Engenharia Sanitaria Ambiental**, Rio de Janeiro, 2009.

BÁSICO, Programa De Pesquisa Em Saneamento. PROSAB (2003). Tratamento de Água para Abastecimento por Filtração Direta. Rio de Janeiro: ABES. **RiMa. 480p**.

BATISTELLA, M.; MORAN, E, F. **Geoinformação e monitoramento ambiental na América Latina**. São Paulo: SENAC São Paulo. 2008.

BIDONE, F. R.A.; POVINELLI, A. J. **Conceitos Básicos de Resíduos Sólidos**. 1.ed. São Carlos EESC/USP, 1999.

BRASIL, Lei nº 12.305/2010. **Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Disponível em < Acesso em: 24 de set. 2013. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 30 mai. 2018.

BRASIL. Decreto nº 7404 de 23 de dezembro de 2010. Regulamenta a lei nº 12.651 de 2010 e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília – DF, 2010.

BRASIL. Lei n.º 11.445/2007, de 05 Jan. 2007. **Lei Nacional de Saneamento Básico**; Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm>. Acesso em: 24 de maio. 2018.

BRASIL. **Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000**. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9985.htm **Acesso em nov. de 2022**.

BRITTO, Denise A. e ORLA, Virgínia B. **A utilização das ferramentas de geoprocessamento na Embasa**. Bahia Análise & Dados Salvador - BA SEI v.10 n.2 p.43-46 setembro 2000.

CALDERONI, S. **Os bilhões perdidos no lixo**. 19.ed. São Paulo: Humanitas, 1997.

CALVO, F. et al. Implementation of a new environmental impact assessment for municipal waste landfills as tool for planning and decision-making process. **Renewable And Sustainable Energy Reviews**, Granada, Spain, v. 11, n. 1, p.98-115, jan. 2007. doi:10.1016/j.rser.2004.12.003

CAMARA Gilberto; RIBEIRO, Gilberto. **Bancos de Dados Geográficos**. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/cursos/bancodados>>. Acesso em 23 fev. de 2023.

CAMARA, G. et al., **Análise Espacial**. São José dos Campos: DPI/INPE, 2002.

CÂMARA, G.; Casanova, M. A.; Hemerly, A. S.; Magalhães, G. C.; Medeiros, C. B. **Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica**. Campinas: 10ª Escola de Computação, 1996. 193 p.

CAMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A.M.V. **Introdução à Ciência da Geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2001.

CÂMARA, G.; FONSECA, F. Information policies and open source software in developing countries. J. Am. Soc. Inf. Sci., 58: p.121–132, 2007. doi: 10.1002/asi.20444.

CÂMARA, G.; FONSECA, F. **Information policies and open source software in developing countries**. J. Am. Soc. Inf. Sci., 58: p.121–132, 2007. doi: 10.1002/asi.20444

CAMARA, G.; MEDEIROS, J. S. de. **Geoprocessamento para projetos ambientais**. São Jose dos Campos: INPE, 1996.

CAMARA, Gilberto. **Anatomia de Sistemas de Informação geográfica: Visão Atual e Perspectivas de Evolução**. São Paulo, 1993. IN: SIMPOSIO BRASILEIRO DE GEOPROCESSAMENTO, 2. Anais., USP.

CEAMA. **Laudo técnico**. Programa desafio do lixo. Disponível em: <http://www.mp.ba.gov.br/atuacao/ceama/material/laudos.asp>.

CEMPRE. Compromisso Empresarial para Reciclagem. **Fichas Técnicas**. Disponível em: <http://www.cempre.org.br/>.

CNM, CONFEDERAÇÃO NACIONAL DOS MUNICÍPIOS. (Org.). Coletiva de Imprensa sobre Resíduos Sólidos e o prazo da Lei 12.305/2010. Brasília, 2014. 62p. Disponível em: <http://www.cnm.org.br/portal/images/stories/Links/28072014_Coletiva_Residuos.pdf>. Acesso em: 04 mai. 2018.

CORDOVEZ, J.C.G. **Geoprocessamento como Ferramenta de Gestão Urbana**. Anais - I Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto Aracaju/SE, 17 e 18 de outubro de 2002.

CREPANI, Edison et al., **Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicados ao Zoneamento Ecológico-Econômico e ao Ordenamento Territorial**. São José dos Campos: junho de 2001.

D'ALGE, Júlio César Lima. **Cartografia para o Geoprocessamento**. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/cap6-cartografia.pdf>>. Acesso em 23 fev. de 2023.

D'ALMEIDA, M. L.; VILHENA, A. **Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado**. 2.ed. São Paulo: IPT/CEMPRE, 2000.

DAVIS, Jr., C.A. & Fonseca, F.T. **Geoprocessamento em Belo Horizonte: aplicações**. Anais do GIS Brasil 94 p. 41-46. Curitiba – Pr, 17-21 de outubro de 1994.

de Resíduos Sólidos Urbanos para Municípios de Pequeno Porte. Rio de Janeiro: ABES, RiMa, 2003.

DIAS, G. F. **Educação ambiental: princípios e práticas**. 7.ed. São Paulo: Gaia, 2001.

DIAS, Marianna Silva. Análise do comportamento de edifícios apoiados em fundação direta no bairro da ponta da praia na cidade de Santos. SP: 2010.

DORNELLES, Liane M. A. e SAAVEDRA, Luiz. **Aplicações de Geoprocessamento em Oceanografia Física**. Anais XI SBSR, Belo Horizonte, 05-10 abril, 2003. INPE, p. 1549-1556.

dos resíduos gerados pela indústria da construção civil no município do Salvador – BA. 2004. 221f. Dissertação (Mestrado em Política e Gestão Ambiental) – CDS, UnB, Brasília.

DOS SANTOS, Juliana Silveira; GIRARDI, Alessandro Gonçalves; BRASIL, Av Assis. Utilização de geoprocessamento para localização de áreas para aterro sanitário no município de Alegrete-RS. 2007.

DRACH, P. R. C.; EMMANUEL, R. Interferências da forma urbana na dinâmica da temperatura intra-urbana. **Revista de Morfologia Urbana**. v.2, p. 55 - 70, 2014. Rede Lusófona de Morfologia Urbana.

DURIGAN, G.; RODRIGUES, R. R. & SCHIAVINI, I. A heterogeneidade ambiental definindo a metodologia de amostragem da floresta ciliar. *In* RODRIGUES, R. R. & LEITÃO FILHO, H. F. **Matas Ciliares: Conservação e Recuperação**. EDUSP. São Paulo, 2000.

EDELWEISS, Nina; OLIVEIRA, José Palazzo M. **Modelagem de aspectos temporais de sistemas de informação**. Recife, 1994. Livro texto da Escola de Computação, 9. Universidade Federal de Pernambuco.

fauna arborícola resgatada: estudo de caso na hidrelétrica Luis Eduardo Magalhães. Brasília, DF , julho 2001.

FERREIRA, Karine R.; CÂMARA Gilberto; QUEIROZ Gilberto R. **Banco de dados geográficos**. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/cursos/ser303>>. Acesso em 20 fev. de 2023.

FERREIRA, Marcos César. **Mapeamento de unidades de paisagem em sistemas de informações geográficas: Alguns pressupostos fundamentais**. Geografia, Rio Claro, v. 22, n.1, p. 23-55, 1997.

FERRUCCIO, R. S. **Avaliação do gerenciamento de resíduo sólido em doze municípios paulistas, com aterro classificado como adequado pela Cetesb**. Tese de Doutorado em Engenharia Civil. Departamento de Saneamento e Ambiente. Universidade Estadual de Campinas. Campinas, SP, 2003, 158p.

FILHO, Jugurta. **Projetos de banco de dados para SIG**. Disponível na internet no endereço: <<http://www.sbc.org.br/reic/edicoes/2001e2/tutoriais/ProjetosdeBDparaSistemasdeInformacaoGeografica.pdf>>. Acesso em 04 de fev. de 2023.

FONSECA, E. **Iniciação ao estudo de resíduos sólidos e da limpeza urbana**. João Pessoa: A União, 1999.

GOMES, L. P.; MARTINS, F. B. **Projeto, Implantação e Operação de Aterros Sustentáveis**

GOODCHILD, Michael F.; KEMP, Karen K. (Eds.) **NCGIA Core Curriculum: Issues in GIS**. Santa Barbara, 1990. National Center for Geographic Information and Analysis (NCGIA), University of California.

GRIPPI, S. **Lixo, reciclagem e sua história: guia para as prefeituras brasileiras**. Rio de Janeiro: Interciência, 2001.

HAMER, Geoffrey. Solid waste treatment and disposal: effects on public health and environmental safety. **Biotechnology Advances**, v. 22, n. 1-2, p. 71-79, 2003.

IKEDA, E. **Remediação e fechamento de lixões**. Departamento de Engenharia Civil/UEM, 2002.

IPT/CEMPRE. Instituto de Pesquisas Tecnológicas/Compromisso Empresarial para Reciclagem. **Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado**. 2.ed. São Paulo: IPT/CEMPRE, 2000.

JACOBI, P. **Educação ambiental, cidadania e sustentabilidade**. In: Cadernos de Pesquisa, nº.118:189-205. São Paulo: Fundação Carlos Chagas/Autores Associados, 2003.

JAHNEL, M.C. **Método de plaqueamento por gotas e outros parâmetros microbiológicos na avaliação da degradação de lodo ativado de curtume em solos**.

JARDIM, N. S et al (Coord.). **Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado**. 1.ed. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas: CEMPRE, 1995. 278p.

JUCÁ, José Fernando Thomé. Disposição final dos resíduos sólidos urbanos no Brasil. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOTECNIA AMBIENTAL-REGEO**. 2003. p. 2003.

KIEHL, E.J. **Manual de edafologia: relações solo – planta**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1979.

KROENKE, David M. **Banco de Dados: Fundamentos, Projeto e Implementação**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1999.

LEAL, A. C. **Resíduos sólidos no Pontal de Paranapanema**. Presidente Prudente: Editor Antônio Thomas Junior, 2004. p.280.

LIMA, J. D. **Gestão de resíduos sólidos no brasil**. João Pessoa: Emlur, 2001.

LIMA, J. D. **Sistemas integrados de resíduos sólidos urbanos**. João Pessoa: ABES, 2005.

LIMA, L. M. Q. **Tratamento de lixo e remediação**. 3. ed. São Paulo: Hemus, 1995. 265p.

LINO, A. M.,; ISMAIL, K. A. R. Analysis of the potential of municipal solid waste in Brazil. Environmental Development, Campinas, v. 4, n. 1, p.105-113, set. 2012.

LOPES, A. A. **Estudo da gestão e do gerenciamento integrado dos resíduos sólidos urbanos do município de São Carlos (SP)**. 2003. 178f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia, São Carlos.

LUPATINI, Giancarlo et al. Desenvolvimento de um sistema de apoio à decisão em escolha de áreas para aterros sanitários. 2002.

MAGNO, H. **Projeto de Sistema de sistema AM15 de recolha de lixo**. Maio, 2015.

MANCINI, P. J. P. **Uma avaliação do sistema de coleta informal de resíduos sólidos recicláveis do município de São Carlos**. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos-SP, 1999.

MASCARO, S.A.; FERREIRA, M.C. **Análise comparativa entre algoritmos de classificação digital de imagem com base na exatidão do mapeamento do uso e cobertura da terra: um exemplo na área de influência do reservatório de Jurumirim-SP**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 11., 2003. Belo Horizonte. Anais INPE: São José dos Campos, 2003.

MEDEIROS, José Simeão de. **Banco de Dados Geográficos e redes neurais artificiais: tecnologias de apoio à gestão do Território**. 1999.221f. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Fac. De Fil. Letras e Ciências Humanas, USP, São Paulo, 1999.

MELO, A.L.O. **Avaliação e seleção de áreas para implantação de aterro sanitário utilizando lógica fuzzy e análise multicritério**: uma proposta metodológica. aplicação ao município de Cachoeiro de Itapemirim-ES. Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós- Graduação em Engenharia Civil, para a obtenção do título de Magister Scientiae”. Viçosa, 2001.

MEYER, M. A. D. A. **Educação Ambiental**: uma proposta pedagógica. Em Aberto, Brasília, v. 10, n. 49, 1991.

MMA. **Agenda 21 brasileira**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/sitio/index.php?ido=conteudo.monta&idEstrutura=18&idConteudo=908>>.

MONTAÑO, Marcelo *et. al.* **Integração de critérios técnicos, ambientais e sociais em estudos de alternativas locacionais para implantação de aterro**, 2012.

MONTEIRO, Carlos A. Figueiredo. **Geossistemas a história de uma procura**. São Paulo: Ed. Contexto, 2000.

MOREIRA, Igor. **O espaço geográfico**: Geografia Geral e do Brasil. 47^a ed. São Paulo: Ática, 2002.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação**. 4. ed. Viçosa: UFV, 2011. 422 p.

MOURA, Ana Clara M. **Globalização e metodologias no uso do Geoprocessamento: estudos de casos de diferentes abordagens de análises espaciais**. Departamento de Cartografia – Instituto de Geociências – UFMG, 1997.

NEDER, L. T. C. **Reciclagem de resíduos sólidos de origem domiciliar**: análise da implantação e da evolução de programas institucionais de coleta seletiva em alguns municípios brasileiros. Ciência Ambiental: primeiros mestrados. São Paulo: Annablume: FAPESP, 1998.

NUNIX CONSULTORIA DE INFORMÁTICA LTDA. **Tipos de Banco de Dados**. Disponível em: <<http://www.nunix.com.br/bancodedados.php>>. Acesso em 21 de fev. de 2023.

O'BRIEN, James A. **Sistemas de Informação e as decisões gerenciais na era da Internet**. Traduzido por Cid Knipe Moreira. São Paulo: Saraiva, 2003.

OLIVEIRA, Djalma de Pinho Rebouças de. **Sistemas de Informações Gerenciais: estratégias, táticas, operacionais**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

OLIVEIRA, Sheila M. et al. **O geoprocessamento na definição de unidades espaciais para o IQVU/BH. 1996**. Disponível em <www.pbh.gov.br/prodabel/cde/publicacoes/1996/oliveira2_1996.pdf> . Acesso em fev. de 2023.

PARISE, Marcelo; MORELLI, Fabiano. **Avaliação do Impacto Ambiental dos Efluentes Domésticos nas Águas Adjacentes à Cidade de Rio Grande - RS, Através de Técnicas de Geoprocessamento**. Anais x SBSR, Foz do Iguaçu, 21-26 abril 2001. INPE, p. 481-483.

PEDROSA, B; CÂMARA, G. **Análise Espacial de Dados Geográficos**. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise/cap6-dinamica.pdf>> Acesso em 22 fev. de 2023.

PELICIONI, M. C. F. **Fundamentos da Educação Ambiental**. In: Curso de Gestão Ambiental. Barueri: Manole, 2004.

PEREIRA JR, J. S. APLICABILIDADE DA LEI Nº 11.445/2007–. **Diretrizes nacionais para o saneamento básico**, 2008.

PEREIRA, Gilberto C. e SILVA, Bárbara-Christine Nentwig. Geoprocessamento e Urbanismo. 2001. Disponível em <www.agetgeo.org.br/download/livros/2001/05_Pereira.pdf> Acesso em fev. de 2023.

PHILIPPI Jr., **A. Saneamento, saúde e ambiente: Fundamentos para um desenvolvimento sustentável**. II Coleção. Barueri, SP: Manole, 2005.

PIEIDADE, M.; AGUIAR, P. Opções de gestão de resíduos urbanos. **Lisboa: Ersar**, 2010.

PINHEIRO, A. V. B. S. **Análise da adesão da população para implantação da pré-coleta nos sistemas de coleta seletiva de resíduos sólidos domiciliares da cidade de João Pessoa – PB**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Urbana. Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2005.

Piracicaba, 1997. 79p. Tese (Doutorado em Agronomia-Solos e Nutrição de Plantas) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, USP, 1997.

PIROLI, Edson Luís. Introdução ao geoprocessamento. **Ourinhos: Campus Experimental UNESP**, 2010.

Política Nacional de Resíduos Sólidos. Disponível

em:<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007/2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 20 mai. 2018.

PREFEITURA DE ATIBAIA. **Ponto de entrega voluntária**. Disponível em: <<http://www.saaeatibaia.sp.gov.br>>. 2023

PREFEITURA DE EXTREMA – MG. **O Projeto – Conservador das Águas** (extrema.mg.gov.br) disponível em <https://www.extrema.mg.gov.br/conservadordasaguas/o-projeto/> Acesso em nov. de 2022.

PREFEITURA DE PARNAÍBA. **Veículo compactador**. Disponível em: <<http://www.parnaiba.pi.gov.br/>>. 2023

RADAMBRASIL. Departamento de produção mineral. Projeto RADAMBRASIL. **Levantamento de Recursos Naturais. Folha SC.21 Juruena**. Rio de Janeiro, 20, 1981.

RECICLAGEM–CEMPRE, COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA A. Política Nacional de Resíduos Sólidos: Agora é lei. **São Paulo: CEMPRE**, 2010.

RESOLUÇÃO CONAMA nº 237 DE 19 DE DEZEMBRO DE 1997. **Dispõe sobre a revisão e, 2016.**

RESOLUÇÃO CONAMA nº 404 de 11/11/2008. Estabelece critérios e diretrizes para o licenciamento ambiental de aterro sanitário de pequeno porte de resíduos sólidos urbanos. Disponível em: www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm. Acesso em: 03 mai. 2018.

RIBEIRO, R.L.M. **Análise da viabilidade ambiental e econômica para implantação de aterro sanitário em Sarandi – RS.** Trabalho de Conclusão de Curso como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro Ambiental – Curso de Engenharia Ambiental da Faculdade de Engenharia e Arquitetura da Universidade de Passo Fundo. Passo Fundo, 2011.

RODRIGUES, Leandra L. **Geoprocessamento como Ferramenta na Identificação e Classificação de Fragmentos Florestais com Potencial para soltura de fauna arborícola resgatada.** 2001

RODRIGUES, R.R.; NAVE, A.G. Heterogeneidade florística das matas ciliares. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO, H.F. (Ed.). **Matas ciliares.** São Paulo: EDUSP, 2000.

RUSSO, Mário Augusto Tavares. Tratamento de resíduos sólidos. **Universidade de Coimbra-Faculdade de Ciências e Tecnologia–Departamento de Engenharia Civil,** 2003.

SANCHES, M. C. G. **Valorização do serviço público de destinação final**

Sanitário “Caso da Ilha do Fogo”. **Revista de Geografia (Recife)-ISSN: 0104-5490**, v. 32, n. 2, 2015.

sanitário. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, p. 61-70, 2012.

SENE, Eustáquio et al. **Geografia Geral e do Brasil.** São Paulo: Scipione, 2004.

SENER, Sehnaz et al. Combining AHP with GIS for landfill site selection: a case study in the Lake Beysehir catchment area (Konya, Turkey). **Waste management**, v. 30, n. 11, p. 2037-2046, 2010.

SILVA, F. C. et al. Gestão pública de resíduo sólido urbano: compostagem e interface agro-florestal. Botucatu, São Paulo: FEPAF, 2009.

SILVA, Rosângela. Banco de Dados Geográficos: **Uma Análise das Arquiteturas Dual(Spring) e Integrada(Oracle Spatial).** Escola Politécnica da USP. 2002.

Silva, X.J.; Zaidan, T.R. **Geoprocessamento e análise ambiental: aplicações.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004. 368 p.

STAIR, Ralph M. **Princípio de sistemas de informação: uma abordagem gerencial.** 2. ed. Traduzido por Maria Lúcia I. Vieira e Dalton Conde de Alencar. Rio de Janeiro: LTC, 1998.

STAIR, Ralph M.; REYNOLDS, George W. **Princípio de sistemas de informação.** 4. ed. Traduzido por Alexandre Melo de Oliveira. Rio de Janeiro: LTC, 2002.

TEIXEIRA, B. A. N.; ZANIN, M. Reciclagem e reutilização de embalagens. In: PROSAB. **Metodologias e Técnicas de minimização, Reciclagens e reutilização de resíduos sólidos urbanos**. Rio de Janeiro: ABES, 1999.

UBIRAJARA JR. **Vigiando o planeta de longe**. Disponível em:
<http://www.radiobras.gov.br/ct/falaciencia/2002/falaciencia_160802.htm>. Acesso em 22 fev. de 2023

VETTORAZZI, Carlos A. Técnicas de Geoprocessamento no Monitoramento de Áreas Florestadas. Série Técnica IPEF, Piracicaba, v.10, n.29, p.45 – 51, Nov.1996

WAGNER LOURENÇO, Roberto et. al. Metodologia para seleção de áreas aptas à instalação de aterros sanitários consorciados utilizando SIG. **Ciência e Natura**, v. 37, n. 3, 2015.

ZANTA, V. M.; FERREIRA, C. F. A. Gerenciamento integrado de resíduos sólidos urbanos. In: **Resíduos Sólidos Urbanos: Aterro Sustentável para Municípios de Pequeno Porte**. CASTILHO Jr., A. B. (coord.). Rio de Janeiro: ABES, RIMA, 2003.

ZUPPO, Carlos A.; ROCHA, Esli de A.; FONSECA, Frederico T. **Geoprocessamento na Prefeitura de Belo Horizonte**. 1993. Disponível em
<www.pbh.gov.br/prodabel/cde/publicacoes/1993/zuppo1993.pdf>. Acesso em fev. de 2023.