

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CEARÁ
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
MESTRADO ACADÊMICO EM GEOGRAFIA

CLARICE SILVESTRE DOMINGOS

GEOPROCESSAMENTO NA ESCOLHA DE SISTEMAS AMBIENTAIS PARA
ATERROS SANITÁRIOS NA REGIÃO METROPOLITANA DE FORTALEZA – CE

FORTALEZA

2007

CLARICE SILVESTRE DOMINGOS

GEOPROCESSAMENTO NA ESCOLHA DE SISTEMAS AMBIENTAIS PARA
ATERROS SANITÁRIOS NA REGIÃO METROPOLITANA DE FORTALEZA – CE

Dissertação submetida à Coordenação do curso do
Mestrado Acadêmico em Geografia da
Universidade Estadual do Ceará, com requisito
para a obtenção do grau de Mestre em Geografia.
Orientação: Prof. Dr. Marcos José Nogueira de
Souza.

FORTALEZA

2007

D669g Domingos, Clarice Silvestre
Geoprocessamento na escolha de sistemas ambientais para aterros sanitários na Região Metropolitana de Fortaleza – CE./Clarice Silvestre Domingos. _____ Fortaleza, 2007. 144.; il.
Orientador: Prof. Dr. Marcos José Nogueira de Souza
Dissertação (Mestrado Acadêmico em Geografia) – Universidade Estadual do Ceará, Centro de Ciências e Tecnologia.
1. Fortaleza – Região Metropolitana. 2. Aterro sanitário. 3. Geoprocessamento. I. Universidade Estadual do Ceará, Centro de Ciências e Tecnologia.

CDD: 628.445640918131

CLARICE SILVESTRE DOMINGOS

GEOPROCESSAMENTO NA ESCOLHA DE SISTEMAS AMBIENTAIS PARA
ATERROS SANITÁRIOS NA REGIÃO METROPOLITANA DE FORTALEZA – CE

Dissertação submetida à Coordenação do curso do
Mestrado Acadêmico em Geografia da
Universidade Estadual do Ceará, com requisito
para a obtenção do grau de Mestre em Geografia.
Orientação: Prof. Dr. Marcos José Nogueira de
Souza.

Aprovada em 12 / março / 2007

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Marcos José Nogueira de Souza (Orientador)
Universidade Estadual do Ceará – UECE

Dr. José Capelo Neto
Companhia de Água e Esgoto do Ceará – CAGECE

Prof. Dr. Daniel Rodriguez de Carvalho Pinheiro
Universidade Estadual do Ceará – UECE

*Dedico este trabalho ao meu noivo,
meu companheiro, meu amor. Que
seja apenas uma entre as muitas
conquistas que teremos juntos pela
frente.*

AGRADECIMENTOS

- ❖ Aos meus pais, Maria Elisabeth Duarte Silvestre e Manuel Domingos Neto, que me inspiraram e apoiaram nos estudos;
- ❖ Às minhas irmãs Maria e Natália Silvestre Domingos, pelo carinho, revisão gramatical e *abstract* deste trabalho;
- ❖ Ao Roberto de Macedo Soares Leite, pelo amor e apoio nos trabalhos de campo e à Marcia Araújo de Macedo Soares pelo carinho, alegria e orações;
- ❖ Ao meu orientador, professor Marcos José Nogueira de Souza, que muito me ensinou nesses últimos dois anos;
- ❖ Aos participantes da minha banca de qualificação e defesa, Morsyleide de F. Rosa, Lúcia de Fátima P. Araújo, José Capelo Neto e Daniel R. de C. Pinheiro.
- ❖ Ao professor e amigo Paulo Roberto Lopes Thiers, que me abriu as portas do mundo do geoprocessamento e me estimulou a estudar o presente tema;
- ❖ Aos professores do mestrado, que ao longo do curso ajudaram a ampliar meus conhecimentos;
- ❖ Ao Raimundo Costa (SEMACE), pela atenção e material bibliográfico oferecido;
- ❖ Aos colegas de turma, Fábio Ricardo, Iara Rafaela, Luciana, Marcus Vinicius, Nancy, Niepson e Paulo Henrique pelos debates, conversas e troca de informações;
- ❖ Aos amigos Márcia e Leonardo, pelo apoio, carinho, desabafos e ajuda nos mapas e ao professor Flávio Rodrigues do Nascimento pela leitura do trabalho e sugestões;
- ❖ À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro.

Das Utopias

*Se as coisas são inatingíveis... ora!
Não é motivo para não querê-las...
Que tristes os caminhos se não fora
A mágica presença das estrelas!*

Mario Quintana

RESUMO

A grande geração de rejeitos é, atualmente, um dos maiores problemas mundiais e tende a se agravar devido ao elevado número de pessoas no globo e ao tipo de sistema produtivo vigente. Paralelamente à elevação do volume de resíduos sólidos, há uma diminuição das áreas disponíveis para sua disposição e uma elevação do preço do solo urbano. É o que ocorre na Região Metropolitana de Fortaleza, Ceará, onde, além de haver um intenso processo de conurbação, diminuindo os vazios urbanos, há uma grande quantidade de geossistemas frágeis, tais como campos de dunas, planícies fluviais e flúvio-marinhas, que contribuem para a escassez das áreas para instalação de aterros sanitários. Os depósitos de resíduos sólidos concentram impactos ambientais e econômicos de tal ordem que comprometem a qualidade de vida da população, devendo então ser construídos em áreas previamente estudadas, a fim de minimizar suas conseqüências negativas. A multiplicidade de critérios a serem considerados ao se escolher uma área para aterro (declividade, hidrografia, hidrogeologia, distância dos núcleos urbanos, etc.) faz do geoprocessamento, em especial o Sistema de Informações Geográficas, um instrumento fundamental para a tomada de decisões devido a sua capacidade de cruzamento de grande número de informações, rapidez e precisão. Neste trabalho foram identificadas e excluídas gradualmente as áreas que atendem às restrições legais e às especificações técnicas pré-selecionadas, e foram qualificadas como “recomendável”, “recomendável com restrição”, “não-recomendável” e “vetada” para a construção de aterros. O resultado final do trabalho é um mapa com estas quatro classificações, mostrando como é complexa a escolha de aterros e como são limitadas as áreas disponíveis para esta função. Além disso, este trabalho aponta saídas eficazes e rápidas no que consiste o estudo do espaço para a construção de equipamentos urbanos de grande impacto, uma vez que o Sistema de Informações Geográficas dinamiza o estudo acerca da superfície terrestre, economizando assim tempo e dinheiro, além de possuir resultados mais confiáveis.

Palavras-chave: Região Metropolitana de Fortaleza, aterro sanitário, geoprocessamento.

ABSTRACT

The great deal of rubbish production is, currently, one of the biggest worldwide problems and it tends to aggravate due to the high number of people in the globe and to the type of our productive system. Parallel to the solid residue's increase, it also happens a reduction of available areas for its disposal and a raise of urban ground prices. It is what has occurred in Fortaleza's micro region: besides having an intense process of conurbation, this diminishing urban emptiness, still counts on a great amount of fragile geosystems, such as dune fields, fluvial plains and fluvial-rivers, that contributes for the scarcity of areas for the installation of dumpsters. Solid residue deposits causes ambient and economic impacts of such order that they compromise the quality of life of the population living nearby. Because of this, they must be constructed in areas previously studied, in order to minimize their negative consequences. The multiplicity of criteria to be considered to in choosing those areas to be filled with earth (declivity, hydrograph, hydrogeology, distance of the urban nuclei, etc.) make the geoprocessament, specially the Geographic Information System, a decisive instrument for taking of decisions, with great capacity of crossing a great number of information, fast and precise. The method used at this project consists of identifying and gradually excluding areas that do not attend to the legal restrictions or the pre-selected technical specifications for the construction of dumpsters. After exclusions were made, the areas were classified as "advisable", "advisable with restrictions", "non-advisable" and "forbidden". The final result of this project is a map with these four types of areas that demonstrates how complex is the selection of dumpsters and that there are only a few areas available to this purpose. Moreover, it shows effective and rapid ways to study spaces candidates to the construction of such urban equipments, since the Geographic Information System makes the study of Earth surface more dynamic, saves time and money and provides more reliable results.

Key-words: Fortaleza's Metropolitan Region, dumpsters, geoprocessment.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Destino final dos resíduos sólidos no Brasil	34
Figura 02 – Destino final dos resíduos sólidos na Região Metropolitana de Fortaleza	34
Figura 03 – Trecho da RMF em composição colorida RGB das bandas 3, 4 e 5, do satélite Landsat 7 ETM+	54
Figura 04 – Áreas de influência da hidrografia	55
Figura 05 – Áreas de influência da mancha urbana	55
Figura 06 – Fusão de temas no SIG.....	56
Figura 07 – Dissolução de temas no SIG	56
Figura 08 – Interseção de temas no SIG	56
Figura 09 – Localização da Região Metropolitana de Fortaleza, Ceará	58
Figura 10 – Contato dos ambientes marinho e terrestre na Planície Litorânea no município de Aquiraz	63
Figura 11 – Campo de dunas móveis no Cumbuco no município de Caucaia	63
Figura 12 – Planície Flúvio-marinha do rio Cocó com vegetação de mangue em Fortaleza ..	65
Figura 13 – Exploração agrícola nos Tabuleiros arenosos em Horizonte	68
Figura 14 – Tabuleiro areno-argiloso degradado em Caucaia	68
Figura 15 – Mata ciliar da Planície Fluvial do rio São Gonçalo do Amarante	70
Figura 16 – Mata de várzea com carnaubal da APA do Lagamar do Cauípe em Caucaia	71
Figura 17 – Vista parcial da Serra da Aratanha em Pacatuba	73
Figura 18 – Superfície plana da Depressão Sertaneja em São Gonçalo do Amarante	76
Figura 19 – Vista parcial do intenso processo de ocupação da cidade de Fortaleza	80
Figura 20 – Tratores de lixo operando no ASMOC em Caucaia	91
Figura 21 – Desorganização e catadores de lixo no ASMS em Maracanaú	93
Figura 22 – Vista parcial do ASML com trincheiras lacradas, iluminação, calçamento e vegetação protetora em Aquiraz	94
Figura 23 – Operação do trator de compactação no topo da trincheira, com vegetação protetora ao fundo no ASML em Aquiraz	95
Figura 24 – Lixão em São Gonçalo do Amarante com tendas de catadores ao fundo	96

LISTA DE FLUXOGRAMAS

Fluxograma 01 – Fluxos de contaminação e seus mecanismos principais	28
Fluxograma 02 – Processo de exclusão e classificação de áreas para aterros sanitários	45
Fluxograma 03 – Metodologia do trabalho	57

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 – Tempo de decomposição dos materiais	30
Quadro 02 – Destino final dos resíduos sólidos em alguns países	33
Quadro 03 – Classificação ecodinâmica do ambiente	39
Quadro 04 – Métodos, vantagens e limitações na escolha de áreas para aterros sanitários	43
Quadro 05 – Características e aplicações das bandas do Landsat	47
Quadro 06 – Evolução da população do Ceará e do município de Fortaleza (1960-2000)	78
Quadro 07 – Área, população e densidade demográfica dos municípios da RMF	78
Quadro 08 – Critérios eliminatórios gerais	98
Quadro 09 – Classificação dos critérios utilizados	99
Quadro 10 – Classificação das unidades geoambientais como área para aterro	105

LISTA DE MAPAS

Mapa 01 – Unidades Geoambientais da RMF – CE	77
Mapa 02 – Uso e Ocupação da RMF – CE	86
Mapa 03 – Vulnerabilidade Ambiental e Classificação para aterros na RMF – CE	107
Mapa 04 – Classificação das áreas para aterros sanitários da RMF – CE	110

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

°C – graus Celsius

ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

APA – Área de Proteção Ambiental

APP – Área de Proteção Permanente

Art. – Artigo (referente à legislação)

ASML – Aterro Sanitário Metropolitano Leste

ASMOC – Aterro Sanitário Metropolitano Oeste

ASMS – Aterro Sanitário Metropolitano Sul

ASTEF – Associação Técnico-Científica Engenheiro Paulo de Frontin

BID – Banco Interamericano de Desenvolvimento

CAD – *Computer Aided Design* ou Projeto Auxiliado por Computador

CAGECE – Companhia de Água e Esgoto do Ceará

CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

CE – Estado do Ceará

CEFET-CE – Centro Federal de Educação Tecnológica do Ceará

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

CH₄ – Metano

CNEN – Conselho Nacional de Energia Nuclear

CNUMAD – Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente

CONVIDA – Cooperativa dos Catadores do Conjunto Vida Nova

CO₂ – Gás carbônico ou dióxido de carbono

DBO₅ – Demanda Bioquímica de Oxigênio num período de 5 dias sob uma temperatura padrão de 20°C e pressão atmosférica padrão.

DSG – Diretoria do Serviço Geográfico do Exército

E – Este, Leste

EIA – Estudo de Impacto Ambiental

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

EMLURB – Empresa de Limpeza Urbana

ENE – Este-nordeste

ETM+ – *Enhanced Thematic Mapper Plus*

FUNASA – Fundação Nacional de Saúde
GIS – *Geographic Information Systems*
GPS – *Global Position System* (Sistema de Posicionamento Global)
H₂O – Água
H₂S – Ácido sulfídrico
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IMPARH – Instituto Municipal de Pesquisa, Administração e Recursos Humanos
INCRA – Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPECE – Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará
IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas
LANDSAT – *Land Remote Sensing Satellite*
MDT – Modelo Digital do Terreno
NASA - *National Space and Space Administration*
NBR – Norma Brasileira Regulamentada
NE – Nordeste
NH₃ – Amônia
NO₃ – Nitrato
N₂ – Nitrogênio
OCA – Organismo de Certificação de Sistemas de Gestão Ambiental
ONG – Organização Não Governamental
ONU – Organização das Nações Unidas
PAN – Pancromático
RGB – *red-green-blue*
RIMA – Relatório de Impacto Ambiental
RMF – Região Metropolitana de Fortaleza
S – Sul
SAD-69 – *South American Datum - 1969*
SANEAR – Programa de Infra-estrutura Básica do Saneamento de Fortaleza
SEMACE – Superintendência Estadual de Meio Ambiente
SEMAM – Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Controle Urbano
SETUR – Secretaria do Turismo do Ceará
SIG – Sistemas de Informações Geográficas

SINFOR – Sistema de Informação para a Gestão e Administração Territorial da Região Metropolitana de Fortaleza

SISNAMA – Sistema Nacional de Meio Ambiente

SNUC – Sistema Nacional de Unidades de Conservação

SO₂ – Dióxido de enxofre

SR – Sensoriamento Remoto

SUDENE – Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste

SW / SO – Sudoeste

UC – Unidade de Conservação

UECE – Universidade Estadual do Ceará

UFC – Universidade Federal do Ceará

USGS – *United States Geological Survey*

W – Oeste

ZCIT – Zona de Convergência Intertropical

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	10
LISTA DE FLUXOGRAMAS	11
LISTA DE QUADROS	11
LISTA DE MAPAS	11
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	12
INTRODUÇÃO	17
1. A PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS	21
1.1. A geração dos resíduos sólidos	21
1.2. Resíduos sólidos e impactos socioambientais	25
1.3. Classificação, redução e tipos de disposição dos resíduos sólidos	28
2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	35
2.1. A análise geossistêmica e a ecodinâmica da paisagem	35
2.2. Escolha de áreas para aterros sanitários	39
2.3. Processo de exclusão e avaliação de áreas para aterros sanitários	41
2.4. As técnicas de geoprocessamento adotadas	45
2.5. Fontes e materiais	50
2.6. Sistemática para a obtenção de geoinformações no estudo de caso	52
3. CONTEXTUALIZAÇÃO GEOAMBIENTAL DA REGIÃO METROPOLITANA DE FORTALEZA	58
3.1. Planície Litorânea	59
3.2. Planícies Flúvio-marinhas	63
3.3. Glacis de Acumulação Pré-Litorâneos	65
3.4. Planícies Fluviais	68
3.5. Planícies Lacustres e Flúvio-lacustres	70
3.6. Maciços Residuais	71

3.7. Depressão Sertaneja	74
3.8. Uso e Ocupação	78
4. OS ATERROS SANITÁRIOS DA REGIÃO METROPOLITANA DE FORTALEZA ...	87
4.1. O tratamento dos resíduos sólidos e as repercussões socioambientais na Região Metropolitana de Fortaleza	87
4.2. Critérios para escolha de áreas para aterros e matriz de execução no contexto geoambiental da RMF	97
5. CONCLUSÕES	112
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	116
ANEXOS	126
ANEXO A – Fatores de Seleção e Critérios de Avaliação	127
ANEXO B – Unidades de Conservação da Região Metropolitana de Fortaleza	134
ANEXO C – Legislação e Licenciamento Ambiental	138

INTRODUÇÃO

A acelerada transformação da natureza e a intensa geração de resíduos são temas de pesquisas e debates cada vez mais freqüentes no Brasil e no mundo. A preocupação com as conseqüências do desenvolvimento sobre o meio ambiente, embora antiga, expandiu-se, sobretudo, a partir do século passado.

Em 1972, a Organização das Nações Unidas (ONU) realizou um grande encontro sobre o Ambiente Humano – a Conferência de Estocolmo. A “Declaração” resultante dessa reunião reconheceu a todos os homens não só o direito a um meio ambiente que lhes permita uma existência digna, como a obrigação de protegê-lo e melhorá-lo para as gerações presentes e futuras.

Em 1987, o texto denominado Nosso Futuro Comum, elaborado pela Comissão Brundtland, reafirmou e ampliou a idéia de desenvolvimento delineada pela Conferência de 1972; a partir de então, a expressão *desenvolvimento sustentável* tornou-se cada vez mais usual. Embora um tanto imprecisa, ela acena com um processo de desenvolvimento capaz de aliar crescimento econômico, justiça social e conservação da natureza.

Na Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, realizada em 1992 no Rio de Janeiro (CNUMAD), 179 países aprovaram a Agenda 21, documento no qual se comprometeram a implementar políticas visando promover o chamado desenvolvimento sustentável. Porém, durante a Cúpula Mundial de 2002, verificou-se que poucos foram os progressos realizados na direção deste novo paradigma de desenvolvimento. Na Declaração de Joanesburgo sobre o Desenvolvimento Sustentável (2002, p.2), documento assinado por representantes de 191 países presentes àquele grande fórum lê-se:

(...)

12. O profundo abismo que divide a sociedade humana entre ricos e pobres, junto à crescente distância entre os mundos desenvolvidos e em desenvolvimento, representam uma ameaça importante à prosperidade, à segurança e à estabilidade globais.

13. O meio ambiente global continua sofrendo. A perda de biodiversidade prossegue, estoques pesqueiros continuam a ser exauridos, a desertificação toma mais e mais terras férteis, os efeitos adversos da mudança do clima já são evidentes e desastres naturais são mais freqüentes e mais devastadores; países em desenvolvimento são mais vulneráveis e a poluição do ar, da água e do mar segue privando milhões de pessoas de uma vida digna.

(...)

A Ciência Geográfica, ao estudar as relações entre as atividades econômicas, sociais e culturais e a dinâmica da natureza, busca compreender a construção do espaço.

Como e por que surgem os chamados problemas ambientais? Quais os limites e as possibilidades de um desenvolvimento capaz de conservar a natureza? Como organizar o espaço de modo a reduzir ao mínimo os impactos ambientais negativos resultantes da forma como a sociedade encontra-se organizada? A Geografia ajuda a responder questões como essas, continuamente colocadas por estudiosos de várias áreas do conhecimento.

Este trabalho inscreve-se no terceiro grupo de questionamentos acima levantados. Representa uma tentativa de contribuir para minorar um grave problema da sociedade urbano-industrial: a disposição de seus rejeitos, ou seja, dos resíduos sólidos que produz. Seu objetivo geral é localizar os sistemas ambientais mais indicados para a construção de aterros sanitários na Região Metropolitana de Fortaleza (RMF), no estado do Ceará, ou seja, aqueles cujas características reduzam ao mínimo a agressão ambiental provocada por essa atividade. Trata-se de uma pré-seleção que leva em conta apenas os resíduos que, segundo as leis brasileiras, estão sob a responsabilidade das prefeituras municipais, ou seja, resíduos de origens residencial, comercial e pública em estado sólido e semi-sólido, conforme definição da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) – NBR 10.004.

Os objetivos específicos são: mostrar os resíduos sólidos como um problema resultante do processo histórico, econômico, social e cultural; indicar alguns dos mais graves impactos ambientais e, conseqüentemente, sócio-econômicos decorrentes da geração e do acúmulo de resíduos; apresentar formas de classificação, redução da quantidade e do volume dos resíduos sólidos, assim como diferentes modos de dar-lhes destinação final; demonstrar como o estudo geossistêmico e a ecodinâmica da paisagem podem contribuir para o planejamento do uso do solo; caracterizar a área de estudo em seus aspectos ambientais, sociais e econômicos; construir matrizes com as variáveis mais relevantes na análise e identificação de áreas para a instalação de aterro sanitário na RMF; mapear a área de estudo e construir um Sistema de Informações Geográficas (SIG) para a confecção do mapa de classes de áreas para a localização de aterros na RMF; levantar informações e mapear os atuais aterros da região comparando com o mapa de classes.

O presente trabalho reúne conhecimentos da Ciência Geográfica e Cartográfica. A Geografia emerge como a ciência que contribui para repensar o espaço de maneira a organizá-lo, considerando tanto as necessidades da humanidade como as potencialidades e limitações do meio ambiente. A Cartografia constitui ferramenta fundamental para a representação e a análise do espaço. O avanço das ciências nas últimas décadas resultou no crescimento extraordinário do volume de informações oriundas das mais diversas áreas do saber, colocando a necessidade da modernização e aperfeiçoamento dos meios para acessar e

manipular essas informações. É neste contexto que as modernas técnicas de geoprocessamento surgem como ferramentas indispensáveis para coleta, entrada, tratamento, armazenamento e análise de dados espacialmente referenciados. Ao permitir a ampliação e a dinamização dos estudos acerca da superfície terrestre estas técnicas vêm se afirmando como essenciais na localização de equipamentos urbanos de grande impacto ambiental como é o caso dos aterros sanitários.

O primeiro capítulo mostra que a transformação da natureza e a geração de detritos é própria dos seres humanos, mas que a existência dos resíduos sólidos como um problema é resultado do processo histórico, econômico, social e cultural. Detém-se particularmente à geração de resíduos na sociedade industrial e indica alguns dos mais graves impactos ambientais e, conseqüentemente, sócio-econômicos daí decorrentes. Também mostra diferentes tipos de classificação dos resíduos, formas de redução de sua quantidade e do seu volume e, por fim, variados modos de dar destinação final aos resíduos sólidos.

O segundo capítulo apresenta inicialmente, de forma sucinta, o método geossistêmico e a ecodinâmica, bases teóricas nas quais este trabalho se referencia. Em seguida apresenta critérios que devem ser considerados na escolha de área para aterro sanitário e mostra como ocorre o processo de avaliação e exclusão destas. O capítulo trata, ainda, da importância das técnicas de geoprocessamento no estudo geográfico, no planejamento urbano e ambiental e das técnicas de geoprocessamento adotadas neste trabalho. Por fim, anuncia os procedimentos técnico-operacionais, materiais e as fontes utilizadas na realização deste estudo de caso.

O terceiro capítulo consiste na caracterização da área de estudo, tanto no que se refere à compartimentação geoambiental quanto ao seu uso e ocupação. A descrição da área é acompanhada pela indicação de suas potencialidades e limitações, especialmente para construção de equipamentos de grande impacto, como aterros sanitários.

O quarto capítulo trata dos aterros sanitários em funcionamento na RMF e discute como, historicamente, tem sido encaminhado o problema da destinação final de seus resíduos. O capítulo apresenta e justifica a escolha das variáveis ou critérios adotados para localizar os sistemas ambientais mais indicados para a construção de aterro sanitário no contexto geoambiental da presente área de estudo. A partir daí, constrói-se as matrizes que guiarão a classificação das áreas para aterros sanitários visualizadas no mapa final, produto principal do trabalho.

A conclusão retoma os resultados evidenciados no mapa indicativo da classificação para instalação de aterros sanitários; situa os aterros atualmente existentes no

mapa final, sugere que sejam feitos estudos detalhados das áreas em que as restrições são menores visando construir futuros aterros e, dada a exigüidade das áreas com poucas restrições para a localização destes, constata a necessidade de um programa eficiente de redução, reutilização e reciclagem dos resíduos sólidos urbanos.

1. A PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

1.1. A geração dos resíduos sólidos

A existência humana implica a contínua transformação da natureza e a geração de rejeitos. A preocupação com as conseqüências dessas transformações para a vida e a saúde não é nova, ou seja, os resíduos não são um problema recente. A novidade é que, hoje em dia, são cerca de 6,2 bilhões de pessoas produzindo rejeitos que, impulsionados pelo sistema produtivo, crescem e se diversificam num ritmo jamais visto.

Segundo Viana (2002), nas sociedades primitivas, os detritos humanos eram extremamente reduzidos, formados, sobretudo, por matéria orgânica e facilmente absorvida pela natureza. Os nômades deixavam seus restos para trás e, nas comunidades sedentárias, os mesmos eram naturalmente reciclados sem que houvesse tempo para se acumularem.

Na Antigüidade, floresceram importantes cidades com visível e concentrada geração de rejeitos. Porém, como a base da economia continuava sendo a agricultura e a função das cidades era essencialmente administrativa, o lixo urbano era constituído, sobretudo, de matéria orgânica e cinzas, aproveitadas como adubo ou alimento para os animais. Nesta época surge a palavra "lixo", que se origina do latim *lix*, cujo significado é *cinza* (op. cit.).

Com a queda do Império Romano do Ocidente, ocorreu o declínio das cidades nesta parte do mundo e o período histórico que se iniciou (a chamada Idade Média, entre os séculos V e XV) foi, por longo tempo, caracterizado pela economia de subsistência. A unidade territorial e política dominante, o feudo, manteve-se durante vários séculos praticamente auto-suficiente na produção de alimentos, de artefatos necessários às atividades produtivas e de bens de consumo para senhores e servos que nele viviam. Os poucos aglomerados urbanos que restaram, representados pelas cidades episcopais e os burgos, como observa Spósito (1994, p. 28), já não possuíam a importância política que haviam tido na Antigüidade, “não se constituíam, de fato, local de moradia permanente (a não ser de religiosos e alguns agregados) e do ponto de vista econômico haviam perdido o comércio e a pequena produção artesanal”¹.

Com o passar do tempo, as técnicas agrícolas evoluíram, a população aumentou, o comércio e as cidades voltaram a crescer. Essas transformações aumentaram o volume de

¹ Por estas razões, a autora questiona o caráter urbano desses aglomerados.

dejetos que, nas regiões mais populosas, se acumulava, contaminando o solo, a água e o ar, causando doenças.

Thomas (1988) assinala que, no século XIV, Londres já vivenciava conflitos em decorrência da insalubridade urbana e que, nesta época, surgiram as primeiras leis visando combater a poluição do Tâmis e Lima (1995, p. 31) registra que, ainda no século XIV, cerca de 43 milhões de europeus morreram vítimas da peste bubônica. Com o desenvolvimento do capital mercantil, essas transformações se acentuaram.

No século XVIII, o capital industrial revolucionou completamente as técnicas de produção, as relações sociais, os modos de vida, a organização do espaço rural e urbano, a percepção social da natureza e a capacidade humana de nela intervir. O vertiginoso crescimento da população e da atividade industrial urbana fará das cidades européias mais importantes, de Londres em especial, até a primeira metade do século XIX, a própria imagem do caos, diz Spósito (1994, p. 57-59). Nos bairros operários não havia coleta de resíduos, rede de água e esgoto, as ruas eram estreitas e o ambiente insalubre. Em algumas cidades industriais inglesas a esperança de vida caiu para menos de 30 anos de idade. A falta de boas condições sanitárias passou a atingir também os bairros ricos e levou ao alastramento do cólera pela Europa em 1830. Na segunda metade do século, buscando minimizar os problemas resultantes do desenvolvimento capitalista, o poder público passou a gerir o espaço urbano, executou obras de infra-estrutura e implantou redes de água e esgoto, melhorando as condições sanitárias das cidades européias.

Apesar da conscientização acerca dos perigos ocasionados pelos resíduos, de o avanço tecnológico permitir maior aproveitamento das matérias-primas, formas menos nocivas de tratamento e disposição dos resíduos e, ainda, das ações governamentais no sentido de promover a sanitização, com o passar do tempo o acúmulo de resíduos e os problemas ambientais daí decorrentes cresceram. Acompanhando o avanço do capitalismo, tais problemas atingiram regiões nos quais os mesmos são potencializados pela pobreza: os países ditos subdesenvolvidos ou em desenvolvimento.

A quantidade e os tipos de resíduos existentes em uma sociedade, de acordo com Lima (1995, p.11), decorrem da densidade demográfica, de fatores físicos como o clima, a vegetação, os recursos minerais disponíveis mas, também, das condições sociais de produção, da forma como a população encontra-se distribuída territorialmente, do nível de renda, da cultura, etc. Portanto, para além das diferenças originárias do meio físico, a expansão industrial e o capitalismo agem a um só tempo no sentido de homogeneizar e diferenciar os detritos em todo o mundo pois, enquanto hábitos de consumo semelhantes são difundidos, as diferenças

entre regiões ricas e pobres e entre grupos e classes sociais se acentuam. Essas diferenças, como observa o autor, são claramente percebidas tanto na composição dos rejeitos, como nos locais de disposição e no tratamento que os mesmos recebem, caracterizando uma “variação espaço-social” do que é tido como matéria imprestável e nas formas de seu gerenciamento.

A propósito da relação entre produção, consumo e resíduos, diz a Agenda 21, documento no qual há quatro capítulos abordando questões relativas à geração, manejo, disposição e transporte dos mais diversos tipos de resíduos:

A existência de padrões de produção e consumo não sustentáveis está aumentando a quantidade e variedade dos resíduos persistentes no meio ambiente em um ritmo sem precedente. Essa tendência pode aumentar consideravelmente as quantidades de resíduos produzidos até o fim do século e quadruplicá-los ou quintuplicá-los até o ano 2025 (CUMAD, 2000, p. 420).

Ainda segundo este documento, “uma abordagem preventiva do manejo dos resíduos centrada na transformação do estilo de vida e dos padrões de produção e consumo” é o caminho que oferece “as maiores possibilidades de inverter o sentido das tendências atuais” (op. cit., p. 420).

Se é verdade que a reversão da tendência ao aumento da geração de resíduos passa pela transformação dos padrões de produção e consumo, esta proposta só pode ser efetivamente concretizada em uma sociedade totalmente diferente da que hoje existe. Conforme Silvestre (2003), o objetivo da produção no capitalismo é a busca incessante do lucro, ou seja, a valorização do valor².

Porém, o valor possui uma base material e a riqueza, na sua forma concreta, constitui-se de valores de uso que nada mais são que matérias naturais transformadas pela força de trabalho. Conseqüentemente, [...] a acumulação de capital [o chamado desenvolvimento], é necessariamente acompanhada do aumento da riqueza material o que, em última instância, significa transformação progressiva e crescente da natureza (SILVESTRE, 2003, p. 23).

A promoção de um estilo de vida pautado no consumo e no desperdício é, pois, uma condição para que massas crescentes de lucro possam se realizar, ou seja, é inerente ao desenvolvimento capitalista. Esse desenvolvimento, como assinala Stahel (1995), resulta, forçosamente, não apenas em coisas úteis para as pessoas, mas, também, em efeitos indesejáveis: esgotamento dos recursos naturais, geração de resíduos sólidos e poluição.

A população mundial sofreu considerável acréscimo nos últimos dois séculos. Estima-se que entre 1830 e 1927 – 96 anos, a população mundial cresceu de 1 para 2 bilhões de habitantes; porém, entre 1987 e 1999 – 12 anos, também aumentou em 1 bilhão, passando de 5 para 6 bilhões de habitantes (PIRES, 2002, p. 52). Embora desde a última década este

² Observação referenciada em O capital – Crítica da economia política, de Karl Marx.

ritmo seja decrescente, em termos absolutos a população continua crescendo, o que implica naturalmente o aumento da produção, do consumo e dos resíduos.

Entretanto, os maiores responsáveis pelo volume, concentração e diversificação dos resíduos são o intenso processo de urbanização, a elevação da renda, o aumento e a diversificação do consumo que acompanham o avanço das sociedades industriais, em particular, o capitalismo. Isto é o que indica o fato de a população do município de São Paulo ter crescido 3,34% entre 1991 e 1998 enquanto o volume dos resíduos sólidos domiciliares cresceu 33,5%! Neste período, o lixo de origem residencial na capital passou de 0,80 Kg./hab./dia para 1,05 Kg./hab./dia (op. cit. p. 53). O país mais rico do planeta, os Estados Unidos, é também o que mais produz resíduos: 3,2 Kg./hab./dia; na Itália, este montante é de 1,6 Kg./hab./dia, enquanto na Grécia e em Portugal, 0,8 e 0,6 Kg./hab./dia respectivamente (www.aultimaarcadenoe.com/informelixo.htm).

Os resíduos de origem domiciliar, cuja coleta e disposição encontram-se, via de regra, a cargo da municipalidade, constitui a maior parcela dos resíduos urbanos. Calcula-se que três milhões de toneladas de materiais indesejáveis são gerados diariamente nas residências de todo o mundo e que até 2025 esse total deverá dobrar (CALDERONI, 2002, p. 119). No Brasil, a geração diária de resíduos por pessoa varia de 400 a 700 gramas, podendo chegar a 1.200 gramas em algumas regiões (BARROS et al., 1991 apud GUIMARÃES, 2000).

Parcela considerável dos resíduos domésticos, agrícolas e outros tem sua origem última na indústria, mas considera-se resíduo industrial apenas aquele oriundo dos processos produtivos do setor, cujo tratamento e disposição final, determina a legislação brasileira, são de responsabilidade daqueles que o geraram. Ainda conforme a legislação, desde os anos setenta, quando o chamado *milagre econômico* agravou a poluição, as indústrias instaladas ou a se instalarem em território nacional passaram a ser “obrigadas a promover as medidas necessárias a prevenir ou corrigir os inconvenientes e prejuízos da poluição e da contaminação do meio-ambiente” (Decreto-lei 1.413 De 14/08/75; Art. 1º) por elas provocadas.

Atualmente, a implementação de atividades potencialmente poluidoras requer um licenciamento ambiental e um Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto Ambiental (EIA/RIMA), conforme a Resolução CONAMA nº. 001/1986 - "Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para o Relatório de Impacto Ambiental - RIMA". A ação civil e as audiências públicas permitem a participação popular na defesa do meio ambiente. Tal como em vários outros países, no Brasil os fabricantes ou negociantes de produtos cuja toxicidade representa sério perigo ambiental estão obrigados a recolhê-los e dar-lhes destinação final depois de descartados pelos consumidores, conforme a resolução do CONAMA nº. 313/2002,

que "Dispõe sobre o Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais". Este é o caso, por exemplo, dos pneus e embalagens de agrotóxicos. Apesar de todos esses avanços, no confronto entre a manutenção de um meio ambiente saudável e os interesses do capitalismo, sistematicamente os últimos têm saído vitoriosos.

O aumento do volume e da variedade de resíduos aos quais é preciso dar destino foi acompanhado pela conscientização acerca dos problemas ambientais e sanitários que os mesmos podem provocar, pelo avanço da tecnologia de modo a permitir formas menos danosas de disposição e manejo desses resíduos e pela transformação dessa questão em um problema econômico relevante. O desenvolvimento, ao tempo em que provoca o aumento de resíduos, diminui as áreas disponíveis para depósito e eleva o preço do solo urbano, ou seja, eleva os custos de destinação final e manejo dos resíduos. Conjugada ao aumento da cobrança social junto ao poder público e à existência de possibilidades técnicas que permitem um gerenciamento menos danoso dos resíduos, a configuração da disposição final dos resíduos domiciliar, público e comercial como um problema econômico exige que a escolha das áreas para a construção de aterros sanitários seja precedida de cuidadosos estudos.

1.2. Resíduos sólidos e impactos socioambientais

Enquanto parte do meio ambiente, o homem está continuamente a modificá-lo e, em qualquer tempo ou lugar, sua existência implica consumo de energia e matéria e geração de resíduos. Conforme Bifanni (mímio, 2000), os impactos provocados pela atividade produtiva nos ecossistemas via de regra se combinam mas, para efeito didático, podem ser classificados em três grandes grupos.

No primeiro estão os impactos provocados pela subtração acelerada de elementos de um ecossistema. Isto é o que ocorre quando algumas espécies animais e vegetais são selecionadas para a exploração ou quando determinada área é desflorestada para nela se instalar uma atividade agro-pastoril.

No segundo estão aqueles derivados da incorporação, em quantidade excessiva, de certos elementos aos ecossistemas como, por exemplo, o lançamento de grande quantidade de monóxido de carbono na atmosfera ou de dejetos humanos nos solos, rios etc.

No terceiro grupo estão os impactos decorrentes do lançamento de elementos novos nos ecossistemas, como o plástico, alguns tipos de fertilizantes, pesticidas, plantas geneticamente modificadas, etc.

Ao passo em que cada capitalista, para ser competitivo, precisa aumentar sua capacidade produtiva, ou seja, produzir cada vez mais em menos tempo, nas sociedades tradicionais, a produção era baseada na busca da estabilidade. Sancionadas por valores culturais, religiosos e morais, as mudanças nas formas de produzir e viver ocorriam “a um ritmo compatível com o equilíbrio do sistema biosférico como um todo” (STAHEL, 1995, p. 112). Já no sistema capitalista, a produção é comandada pelo mercado e pela busca do lucro máximo, rompendo este ciclo. Assim, ao mesmo tempo em que aumenta a eficiência na produção de coisas úteis, aumenta a geração de resíduos e de poluição.

As áreas destinadas aos depósitos de resíduos são espaços que concentram impactos decorrentes da vida social. Esses ambientes normalmente caracterizam-se pela matéria em decomposição, pelo mau cheiro, por elementos tóxicos (mesmo em se tratando de áreas para depósito de resíduos domiciliar e público), pela presença de animais transmissores das mais variadas doenças e pela geração de chorume ou sumeiro. Este consiste em uma substância líquida de cor escura e mal cheirosa, proveniente dos processos de decomposição de materiais orgânicos após sofrerem uma série de reações químicas catalisadas por enzimas bacterianas (LIMA, 1995, p. 35).

No solo e nas águas, o chorume pode provocar alterações físico-químicas de tal ordem que os torna inadequados ao uso. As águas contaminadas podem ficar impróprias para o consumo humano ou a vida aquática e os solos, inadequados para cultivo, moradia ou outras atividades. O chorume reduz o nível de oxigênio na água, fazendo com que os organismos aeróbios sejam “(...) quase que totalmente exterminados, cedendo lugar aos anaeróbios, responsáveis pelo desprendimento de gases como CH₄ [metano] e NH₃ [amônia], sendo este último tóxico para a maioria das formas de vida superiores, provavelmente por reduzir a atividade do ciclo do ácido cítrico do cérebro” (op. cit., p. 35). Nos períodos chuvosos, esse material é misturado à água e, além de aumentar consideravelmente de volume, ganha mobilidade, podendo rapidamente atingir longas distâncias.

Os depósitos de resíduos produzem gases tóxicos que, lançados na atmosfera, comprometem a boa qualidade do ar e, conseqüentemente, da vida. Entre os gases produzidos pelos aterros estão o CH₄ (metano), que corresponde de 50,0 a 60,0% do total, é incolor e inodoro, forma uma mistura explosiva com o ar e, em concentrações de 5,0 a 14,0%, pode provocar asfixia em ambientes fechados; o H₂S (ácido sulfídrico), que possui um odor extremamente desagradável e o CO₂ (gás carbônico), cujo percentual no total de gases

produzidos em um depósito varia de 25 a 45% e que, em excesso nos recursos hídricos, aumenta a dureza da água³ (ASTEUF/UFC, 1989a).

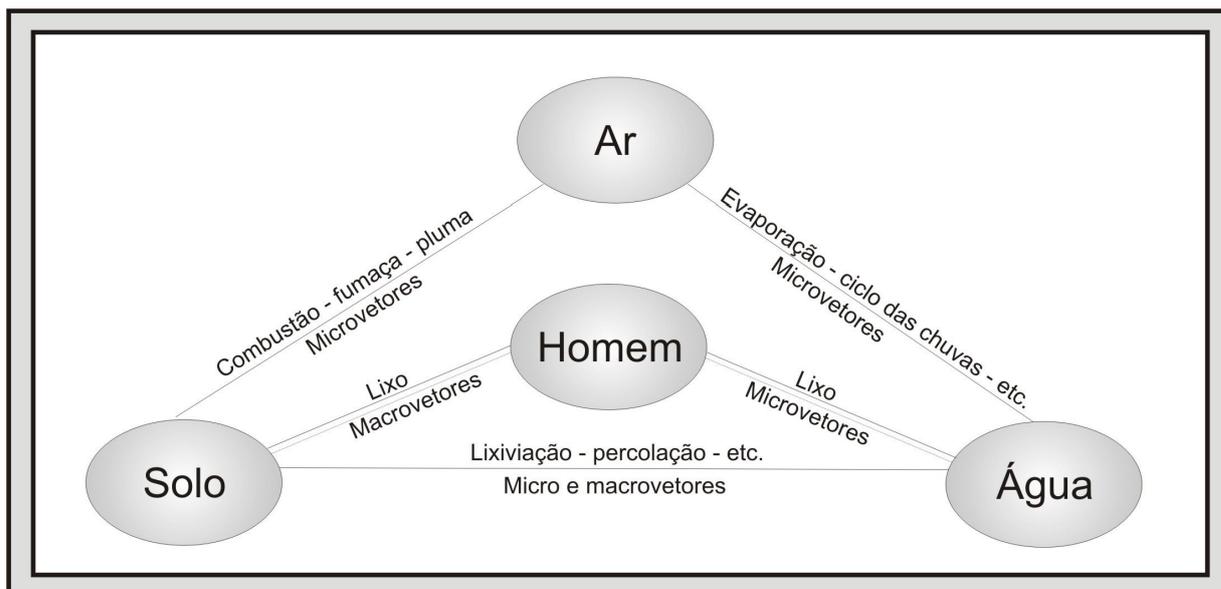
Direta ou indiretamente, o acúmulo de resíduos sólidos causa doenças responsáveis por aproximadamente 5,2 milhões de óbitos por ano no mundo, especialmente entre crianças (CALDERONI, 2002, p. 119). Conforme a Fundação Nacional de Saúde (FUNASA, 2003), substâncias tóxicas como o mercúrio, cádmio, chumbo e cloro são facilmente encontradas em termômetros, aparelhos elétricos, lâmpadas, pilhas, tintas, amaciantes, fungicidas, inseticidas e plásticos e, portanto, nos resíduos sólidos doméstico. Podem desencadear distúrbios neurológicos – diminuição das funções cognitivas, alterações de personalidade e comportamento, disfunções visuais, paralisia, tremores musculares e convulsões; desordens hematológicas – interferência na biossíntese de hemoglobina e conseqüente anemia; nefropatias – necrose de células renais com insuficiência renal aguda ou crônica; supressão imunológica – tornando o organismo susceptível a infecções de repetição.

Os resíduos sólidos acumulados, por outro lado, favorece a proliferação de organismos patogênicos – vírus, bactérias, fungos, protozoários e vermes - e de animais responsáveis por sua disseminação, como insetos e roedores. Os lixões funcionam, por conseguinte, como centros irradiadores de enfermidades as mais diversas – hepatites virais, diarreias, leptospirose, peste bubônica, tifo, febre tifóide, cólera, disenteria amebiana, giardíase, ascaridíase, teníase, cisticercose, malária, febre amarela, dengue, leishmaniose (op. cit.).

Se a proliferação de animais transmissores de doenças em meio aos depósitos de resíduos e sua posterior migração para outras áreas constitui-se em um problema sanitário grave, maiores são os riscos que correm aqueles que buscam seu sustento nos lixões ou nos lixos das ruas. Milhares de brasileiros vivem nesta situação de risco, provocada pela pobreza e pelo desemprego e facilitada por um inadequado manejo e tratamento dos resíduos.

O fluxograma abaixo esquematiza de forma sintética os fluxos de contaminação e seus respectivos mecanismos naturais.

³ Água dura é a que contém sais minerais dissolvidos, geralmente carbonato de cálcio ou uma combinação de cálcio e magnésio (Dicionário de Ecologia e Ciências Ambientais, 1998).



FLUXOGRAMA 01 – Fluxos de contaminação e seus mecanismos principais. Adaptado de Lima, 1995, p. 10.

1.3. Classificação, redução e tipos de disposição dos resíduos sólidos

A grande quantidade e a variedade de matéria indesejável gerada diariamente pela sociedade industrial colocaram a necessidade de se criar alternativas ambientalmente adequadas e economicamente viáveis para o gerenciamento desses resíduos. A busca é no sentido de evitar ou minorar a contaminação do solo, da água e do ar e, ao mesmo tempo, diminuir o volume e a quantidade do material a ser definitivamente descartado.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas, na NBR 10.004, define como resíduos sólidos:

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 nessa 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 viáveis em face à melhor tecnologia disponível (NBR 10.004, 1987, p. 1).

Para melhor gerenciar e tratar os resíduos, os especialistas costumam classificá-los de diferentes maneiras de acordo com o estado físico, composição química, origem, grau de aproveitamento, riscos ao meio ambiente e à saúde.

De acordo com o *site* Ambiente Brasil (2005), quanto ao estado físico, os resíduos podem ser: sólidos, líquidos, pastosos ou gasosos; quanto à composição química: orgânicos e inorgânicos; no que tange à origem: domiciliar, comercial, industrial, público,

radioativo, entulho, agrícola, hospitalar, provenientes de estabelecimentos de serviços de transporte tais como aeroportos, portos, rodoviárias e ferroviárias e, finalmente, de origem tóxica⁴. Guimarães (2000) assinala que os resíduos também podem ser classificados quanto à natureza física em secos e molhados; quanto ao grau de aproveitamento, em reciclável e reutilizável; quanto aos riscos ambientais, em perigosos (classe I), inertes (classe II) e não inertes (classe III), sendo esta última a classificação da NBR 10.004.

A mesma norma define como resíduos perigosos aqueles que, em “função de suas propriedades físicas, químicas ou infecto-contagiosas podem apresentar”:

- a) risco à saúde pública, provocando ou acentuando, de forma significativa, um aumento de mortalidade ou incidência de doenças; e/ou;
- b) riscos ao meio ambiente, quando o resíduo é manuseado ou destinado de forma inadequada (op. cit., p. 1).

Também são classificados como perigosos os resíduos que apresentam uma das seguintes características: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade.

Resíduos inertes são aqueles cuja amostra, quando submetida

(...) a um contato estático ou dinâmico com água destilada ou deionizada, à temperatura ambiente, conforme teste de solubilização, segundo a NBR 10.006, não tiveram nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade da água conforme listagem n° 8 (Anexo H), excetuando-se os padrões de aspecto, cor, turbidez e sabor (op. cit., p.3).

Exemplos de matéria inerte são as rochas, tijolos, vidros, certos plásticos e borrachas que, como assinala a NBR 10.004, não são decompostos prontamente. Resíduos não-inertes são aqueles que não se enquadram na classe I (perigosos) nem na classe III (inertes). Podem ter como propriedade: combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade em água.

Apesar da extrema importância dessa classificação para a saúde pública, como a mesma exige testes de lixiviação e solubilização em amostras dos resíduos, ou seja, laboratórios e profissionais especializados, não existem estatísticas com este tipo de classificação no Brasil (GUIMARÃES, 2000).

Os resíduos provenientes das atividades com urânio, céσιο, tório, radônio e cobalto, isto é, o chamado lixo radioativo, não são objeto da norma 10.004. A Lei 10.308 de 20 de novembro de 2001 responsabiliza a União, através do Conselho Nacional de Energia Nuclear (CNEN), pela destinação final destes rejeitos (art.2º), pelo estabelecimento de critérios, procedimentos e normas para a construção, licenciamento, administração e operação dos

⁴ Há toxicidade em resíduos de diversas origens; esta classificação apenas ressalta o grau de toxicidade.

depósitos, inclusive aqueles utilizados para o armazenamento dos rejeitos nas instalações de extração ou beneficiamento desses minérios (art. 4º).

Paralelamente à elevação do volume, quantidade e variedade de resíduos gerados, diminuem as áreas disponíveis para depósitos e aumentam os preços dos terrenos urbanos. Esta realidade diminui cada vez mais o tempo de vida útil de cada aterro já construído, ao mesmo tempo em que dificulta encontrar novas áreas para futuros aterros. A partir desta realidade, cresce ainda mais a importância da busca de alternativas que visam não solucionar a problemática dos rejeitos da sociedade, mas sim pelo menos diminuir a quantidade e o volume dos resíduos sólidos enviados para disposição final, como a reciclagem, a compostagem e a incineração.

A reciclagem é, provavelmente, a forma mais conhecida de reduzir o volume e o peso dos resíduos a receberem destinação final. O termo reciclar significa *re* (repetir) + *cycle* (ciclo), ou seja, converter aquilo que foi descartado em uma nova mercadoria, igual ou não à original. Os vários processos de reciclagem diminuem a demanda por espaços para a disposição final dos resíduos e por matéria-prima, pois reintroduzem no ciclo produtivo ou no consumo, matéria antes dada como inútil (AMBIENTE BRASIL, LIMA 1995 e VIANA 2002).

Após prévia seleção, metais, papéis, vidros e outros materiais também podem ser reciclados ou reaproveitados. Para tal, faz-se necessária a coleta seletiva ou, o que é mais comum no Brasil, a ação de catadores nas ruas das cidades e nos chamados lixões. A pobreza da população brasileira leva aos lixões e às ruas, respectivamente, cerca de 45.000 e 30.000 pessoas em busca de sobrevivência (ONG ÁGUA VIVA, apud VIANA, 2002, p. 32). Esse tipo de reciclagem tem sido particularmente incentivado no Brasil nos últimos anos. As razões não são apenas a diminuição da demanda por matéria-prima, a redução da quantidade e do volume de resíduos a receberem destinação final e o envolvimento de materiais de fácil reprocessamento ou longo tempo de decomposição (Quadro 01): a reciclagem proporciona, ainda, fonte de renda para famílias desempregadas.

Material	Tempo de Decomposição
Aço	Mais de 100 anos
Alumínio	200 a 500 anos
Chicletes	5 anos
Cordas de nylon	30 anos
Embalagens “longa vida”	Até 100 anos (alumínio)
Embalagens PET	Mais de 100 anos
Filtros de cigarro	5 anos

Metais (componentes de equipamentos)	Cerca de 450 anos
Papel e papelão	Cerca de 6 meses
Plásticos (embalagens, equipamentos)	Até 450 anos
Sacos e sacolas plásticas	Mais de 100 anos

QUADRO 01 – Tempo de decomposição dos materiais. Fonte: adaptado do *site* Ambiente Brasil, 2006.

Sem negar a importância da reciclagem, é preciso registrar algumas questões a respeito desta prática. Em primeiro lugar, o processo de reciclagem também incorre em consumo de água e energia, polui ar e a água e requer produtos como solventes e alvejantes; não é, pois, uma solução mágica e definitiva para o problema do excesso de resíduos. Em segundo lugar, a indicação de ‘reciclável’ pode induzir ao consumo ‘sem culpa’ e, dessa forma, elevar os fluxos de matéria e energia gastos (GRIMBERG e BLAUTH, apud VIANA, 2002, p. 26).

Finalmente, a propósito dos sempre tão lembrados benefícios da reciclagem para as famílias de baixa renda, é preciso atentar para as observações de Leal (2002). O autor observa que os catadores recuperam para a indústria não apenas matéria-prima, mas também o trabalho nela incorporado; pela recuperação do valor de troca dessa matéria, a recicladora paga tão somente um preço vil à força de trabalho do catador, e não por todo o trabalho socialmente necessário à sua produção, o que a coloca como a maior beneficiária desse processo. Portanto, os ganhos obtidos por uma melhor organização do trabalho dos catadores, tal como também vem sendo promovido por governos e organizações não-governamentais, ainda que importantes, devem ser relativizados como fonte de dignidade e boas condições de vida para aqueles que buscam sua sobrevivência nas ruas e lixões.

A compostagem é um antigo processo de reciclagem que consiste na decomposição da matéria orgânica (vegetal e animal) através de processos físicos, químicos e biológicos. O resultado final é um produto rico em nutrientes para o solo que permite o controle da erosão, aumenta sua capacidade de retenção de água, é ambientalmente seguro, evita o uso de fertilizantes sintéticos e economiza espaço nos aterros sanitários.

A incineração é um processo de destruição térmica controlada dos resíduos a temperaturas geralmente acima de 900°C. Nele, os rejeitos são reduzidos a “(...) gases como dióxido de carbono (CO₂); dióxido de enxofre (SO₂); nitrogênio (N₂); gás inerte proveniente do ar em excesso que não consegue ser completamente queimado; água (H₂O); cinzas e escórias que se constituem de metais ferrosos e inertes como vidros, pedras etc.” (LIMA, 1995, p. 119). Além de ser o mais eficiente sistema para diminuir o volume dos resíduos, a incineração objetiva também os torna menos tóxicos ou atóxicos (CETESB 1993, apud

CAMPOS, 2002), razão pela qual os resíduos industriais tóxicos e hospitalares, considerados patogênicos, devem ter este destino.

Além de reduzir drasticamente o volume e o peso dos resíduos e diminuir ou eliminar sua toxicidade, esse processo permite recuperar parte da energia consumida através da geração de vapor ou de resíduos oleosos que servirão como combustíveis. Permite ainda o reaproveitamento dos resíduos de combustão incompleta e dos solventes clorados e não clorados (solventes de pintura e metanol) que, quando tratados, podem ser reutilizados, como por exemplo, na França, onde esses materiais são utilizados na construção de estradas por serem desprovidos de argila. (CAMPOS, 2002 e LIMA, 1995). Portanto, como observa Lima (1995), a persistência de uma crise energética mundial, aliada ao avanço tecnológico no aproveitamento calorífico dos resíduos, poderá levar os processos de incineração com recuperação de energia a dominar o mercado de tratamento dos resíduos urbanos.

Os processos de incineração são caros. As usinas exigem grandes investimentos ao serem instaladas e o custo operacional é elevado. Por essa razão, é uma técnica utilizada particularmente no Japão, país não apenas rico, mas de pequena extensão territorial, onde cada metro quadrado de terreno é altamente valorizado. Ademais, a utilização de sistemas obsoletos e a inadequada manutenção dos equipamentos, como ocorrem frequentemente no Brasil, poluem a atmosfera com substâncias prejudiciais ao meio ambiente e à saúde humana. Nas usinas modernas os equipamentos de depuração dos gases são controlados por computadores e é elevado o grau de segurança. Do mesmo modo, as cinzas e os resíduos resultantes da purificação das fumaças, que contêm elementos tóxicos, se não forem acondicionadas ou estabilizadas para posterior estocagem, evitando-se seu contato com o solo e a água, serão veículos de contaminação. Esta é uma realidade no Brasil onde as cinzas, inclusive provenientes de resíduos hospitalares, são jogadas em aterros sem qualquer tratamento (CAMPOS, 2002).

Após os processos de reaproveitamento e redução dos rejeitos, resta ainda uma grande parte que deve ser armazenada nos aterros, que são basicamente de três tipos: comuns, controlados e sanitários (AMBIENTE BRASIL, LIMA 1995 e VIANA 2002).

O aterro comum, mais conhecido como “lixão”, “lixeira” ou “vazadouro” é não apenas a forma mais antiga, como também a mais freqüente de disposição de resíduos nos países em desenvolvimento como o Brasil. Nele os resíduos são despejados a céu aberto, sem qualquer tipo de tratamento específico ou medida de proteção, em locais geralmente um pouco distantes dos centros urbanos. A proliferação de vetores de doenças, a poluição do ar, do solo e da água, além da presença de um grande contingente de pessoas que buscam neste ambiente

insalubre condições mínimas de sobrevivência, são algumas das conseqüências desta forma de dar destino final aos resíduos.

No aterro controlado os resíduos são recobertos por uma camada diária de terra. Todavia, os gases e líquidos que se formam pela decomposição dos resíduos não recebem qualquer tratamento, o que torna inevitável a poluição ambiental e os problemas daí decorrentes.

O aterro sanitário é construído de acordo com técnicas de engenharia e normas operacionais específicas, visando minimizar os problemas ambientais e proteger a saúde pública. A construção desses aterros deve ser precedida por estudos de localização, propondo-se determinar as áreas mais adequadas do ponto de vista ambiental e econômico. Cada camada de um metro de resíduos compactado por trator é coberta com cerca de trinta centímetros de terra; para evitar a contaminação, o chorume e os gases são canalizados e tratados, sendo esses últimos passíveis de aproveitamento industrial ou residencial como fonte energética – o biogás.

O Quadro 02 e a Figura 01 a seguir mostram o destino final dado aos resíduos em alguns países desenvolvidos e no Brasil. Apesar da impossibilidade de uma comparação mais precisa, é de se notar que, enquanto no Brasil predomina largamente a forma mais inadequada de depósito – o lixão, esta é uma prática inexistente nos países selecionados em que os resíduos vão, em sua maioria, para aterros⁵; o aterro sanitário é ainda uma prática pouco usual no Brasil, recebendo apenas 13% dos resíduos sólidos produzidos. Sobressai a importância da incineração na Suíça e a pequena significação da compostagem na reciclagem da matéria orgânica nos países desenvolvidos, prática mais significativa apenas na Áustria e na França.

País	Aterro (%)	Incineração (%)	Compostagem (%)	Reciclagem (%)
Suíça	12	59	07	22
Áustria	65	11	18	06
Dinamarca	29	48	04	19
Holanda	45	35	05	15
Suécia	34	47	03	16
França	45	42	10	09
Alemanha	46	34	02	16
EUA	67	16	02	15
Noruega	67	22	04	07
Itália	74	16	07	03
Reino Unido	90	08	-	02

QUADRO 02 – Destino final dos resíduos sólidos em alguns países. Fonte: adaptado de GUIMARÃES, 2000.

⁵ Apesar da inexistência de referências supõe-se que esses são aterros sanitários.

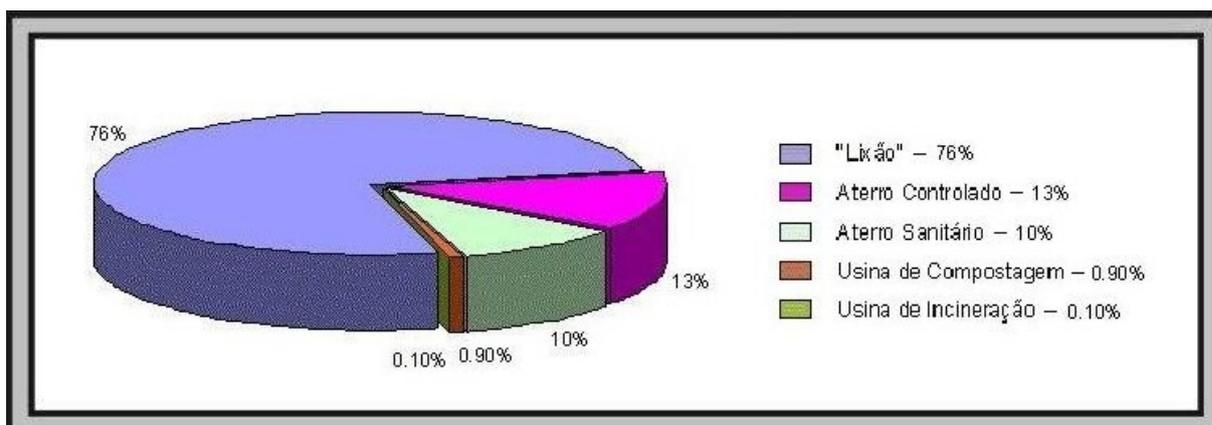


FIGURA 01 – Destino final dos resíduos sólidos no Brasil. Fonte: IBGE, 2000

Segundo o IBGE (2000), o Ceará produz diariamente 10.150 toneladas de resíduos, dos quais 7.211,2 são gerados na Região Metropolitana de Fortaleza. Ao todo, 7.101 toneladas (98,47%) possuem como destino final os aterros sanitários, enquanto 103 toneladas (1,43%) ainda vão para vazadouros a céu aberto e 7,2 toneladas (0,10%) para aterros controlados, como ilustra a Figura 02.

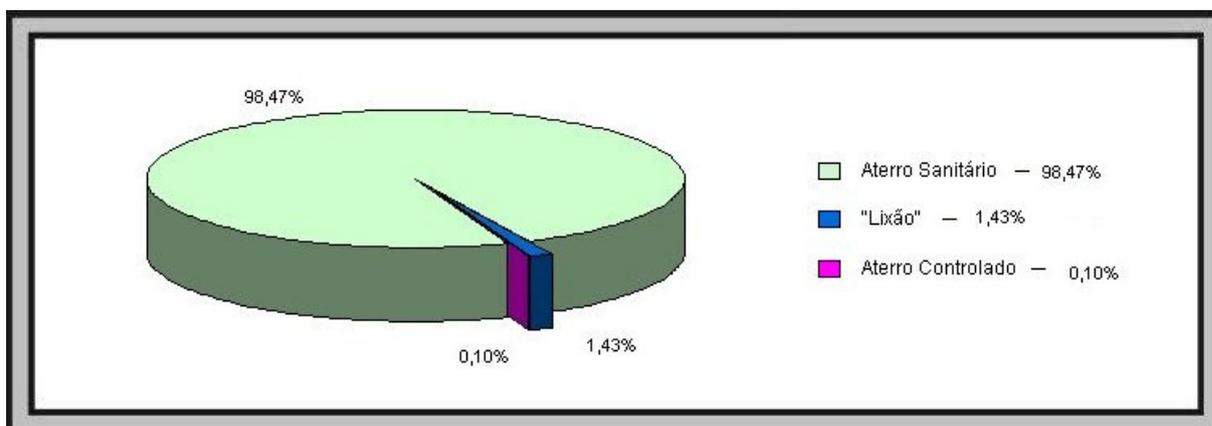


FIGURA 02 – Destino final dos resíduos sólidos na Região Metropolitana de Fortaleza. Fonte: IBGE, 2000.

A inadequada disposição dos rejeitos da produção e do consumo traz prejuízos ao meio ambiente, à saúde pública e à economia. A formulação de políticas visando gerenciar adequadamente o tratamento e a disposição final dos resíduos domiciliar, público e comercial e manter a cidade limpa é parte das obrigações do poder público municipal para garantir um ambiente saudável à população. Pelo menos é o que reza o artigo 225 da Constituição:

Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e as futuras gerações.

2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

2.1. A análise geossistêmica e a ecodinâmica da paisagem

A Geografia Física possui como objeto de estudo os sistemas homem-meio ambiente sob o ponto de vista das relações espaciais e processos espaciais.

O meio ambiente é constituído pelos sistemas que interferem e condicionam as atividades sociais e econômicas, isto é, pelas organizações espaciais dos elementos físicos e biogeográficos (da natureza). Os sistemas ambientais são os responsáveis pelo fornecimento de materiais e energia aos sistemas sócio-econômicos e deles recebem os seus produtos (edificações, insumos, emissões, dejetos, etc.) (CHRISTOFOLETTI, 1999, p. 37).

Conforme Stahel (1995), como parte do meio ambiente, o homem necessariamente age sobre ele, transformando-o e sendo por ele transformado, pois, para viver e se reproduzir, ele retira matéria e energia do meio que, a princípio, possui capacidade de se regenerar e repor aquilo que lhe foi extraído. Este processo, chamado reciclagem natural, responde pela continuidade da vida no planeta e baseia-se fundamentalmente na captação, conversão, acumulação e transporte de energia; nos ciclos biogeoquímicos e hidrológico; na multiplicação, adaptação e evolução das espécies; e, finalmente, na interação entre todos os elementos constitutivos do sistema natural.

Um dos grandes problemas da atualidade é que, nas sociedades industriais, as interferências humanas no meio ambiente são tão extensas e profundas que modificam os ciclos biogeoquímicos, alterando a capacidade de reciclagem natural e o funcionamento da biosfera. Ao tempo em que os sistemas naturais possuem tendência para a auto-regulação, esta tem se tornado cada vez mais difícil, uma vez que a intervenção humana é permanente.

A organização espacial se expressa pela estrutura conferida na distribuição e arranjo espacial dos elementos que compõem o sistema natural. A Geografia Física é a ciência que estuda essa organização, auxiliada pelos métodos de outras ciências, tais como a geologia, biogeografia, pedologia, climatologia, botânica, dentre outras, incorporando-os e adaptando-os. O Geossistema deu à Geografia Física melhor apoio metodológico uma vez que possibilita o estudo prático do espaço geográfico com a incorporação da ação social na interação natural com o potencial ecológico e a exploração biológica, confluindo para compor a sua estruturação (CHRISTOFOLETTI, 1999).

Apesar de serem sistemas naturais, os geossistemas são intensamente afetados pelo homem, constituindo o principal motivo que os leva a apresentar formas diferentes de

evolução. Os fatores socioeconômicos, bióticos (fauna e flora) e abióticos (clima, litologia, solos, relevo, hidrografia), interpenetram-se e compõem um complexo mosaico de interações que vai constituir a organização espacial (op. cit.).

A proposta do estudo geossistêmico é estudar não apenas os componentes da natureza, mas, principalmente, as conexões entre eles. Conhecendo-se como funciona a dinâmica dos geossistemas, possibilita-se o planejamento para uso racional do espaço geográfico e resolução dos problemas ambientais que a humanidade enfrenta, sendo um método eficaz para estudar e explicar a estrutura dinâmica dos fatos antrópico-naturais. É impossível conhecer os geossistemas sem entender como ele é formado, quais os elementos constituintes, como atuam, de que maneira estabelecem laços de inter-relações e quais as conseqüências de tudo isto.

O conhecimento e a análise dos sistemas naturais compõem a base da planificação do desenvolvimento que visa a criar melhores condições e bem-estar para os homens. A compatibilização das políticas de desenvolvimento econômico e as defesas e controle do ambiente constituem o caminho adequado para a promoção do desenvolvimento integrado e sustentado a longo prazo. Nessa perspectiva, a utilização racional do meio natural maximiza os impactos positivos oriundos de um meio organizado e minimiza a ação dos impactos negativos sobre os geossistemas (SOUZA, 2000, p.7).

No estabelecimento da tipologia dos geossistemas devem ser considerados o sistema de evolução considerando a série de agentes e processos hierarquizados que atuam sobre o geossistema e as relações entre morfogênese \times pedogênese \times ação antrópica; o estágio em relação ao clímax e o sentido geral da dinâmica (progressiva, regressiva ou estável) (op. cit.).

Os geossistemas podem ser classificados em biostasia e resistasia. Os geossistemas em biostasia são paisagens onde a morfogênese é fraca ou nula, o potencial ecológico é mais ou menos estável, predominam os processos e agentes bioquímicos, tais como a pedogênese, concorrência entre as espécies, etc. e os estágios do equilíbrio ecológico não são rompidos. Já nos geossistemas em resistasia, a morfogênese domina a dinâmica global das paisagens; a erosão, o transporte e a acumulação de detritos mobilizam as vertentes e alteram o potencial ecológico, a morfogênese contraria a pedogênese e a sucessão vegetal. A ação humana tende a acelerar a ação resistática nos geossistemas, podendo chegar à destruição dos solos e da vegetação (BERTRAND, 1972).

O Geossistema é então uma classificação metodológica da categoria principal da análise das paisagens. Conforme Bertrand (1972), o termo *paisagem* é um tanto complexo e de difícil definição, sendo muitas vezes confundido com *meio*, que é o “espaço que envolve

imediatamente as células ou os organismos vivos e com o qual os seres vivos realizam trocas constantes de matéria e energia” (op. cit., p. 01). Para esse autor:

A paisagem não é a simples adição de elementos geográficos disparatados. É, numa determinada porção do espaço, o resultado da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos que, reagindo dialeticamente uns sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, em perpétua evolução. A dialética tipo-indivíduo é o próprio fundamento do método de pesquisa (op. cit., p. 02).

O estudo dos sistemas ambientais visando às inter-relações que existem no seu interior traduz a dinâmica e fornece dados importantes para a compreensão das condições atuais, de acordo com sua evolução espaço-temporal, para então realizar a *prognose*, que é a cenarização do estado futuro que o sistema ambiental poderá tomar, segundo a visualização de uma série de cenários possíveis.

A Geografia Física, baseada nos estudos sistêmicos, “pode ocupar posições firmes na moderna geografia aplicada, apoiada no planejamento de desenvolvimento sócio-econômico do país, e sugerir medidas para o desenvolvimento e reconstrução de seus territórios” (SOTCHAVA, 1976, p. 2).

A análise ecodinâmica desenvolvida por Tricart (1977) permite uma classificação do grau de vulnerabilidade/sustentabilidade do meio ambiente através do balanço entre morfogênese e pedogênese, sendo este último critério de estabilidade. No modelo de classificação das condições de ecodinâmica do ambiente, existem as categorias dos meios estáveis, de transição e fortemente instáveis.

Os meios estáveis são caracterizados pelo modelado sujeito à interface atmosfera-litofera, evoluindo lentamente aos processos mecânicos, atuando pouco e de modo lento. As condições ambientais se aproximam do clímax, pois a cobertura vegetal é fechada, diminuindo os processos mecânicos de geomorfogênese, sendo um dos fatores de estabilidade. Por esses motivos, a pedogênese desenvolve-se livremente sem ser afetada pela morfogênese. A conservação da vegetação desses meios se faz necessária para a manutenção desta estabilidade.

Os meios de transição, ou *intergrades*, são aqueles que se encontram entre os meios estáveis e instáveis, uma vez que a interferência permanente da morfogênese e da pedogênese atuam de forma concorrente em um mesmo espaço. Quando a instabilidade é fraca, a pedogênese predomina, evoluindo para ambientes estáveis; caso a morfogênese seja mais intensa, os solos podem afastar-se de seus perfis característicos. Faz-se necessária a conservação da cobertura vegetal para que haja um equilíbrio entre o escoamento superficial difuso e a quantidade de água infiltrada, de maneira a evitar os movimentos de massa.

Nos meios fortemente instáveis, a morfogênese é o elemento predominante da dinâmica natural, podendo ter diferentes origens, tais como manifestações catastróficas, movimentos de massa e desabamentos, divagações de cursos d'água, erosão das margens, etc.

Baseado na análise ecodinâmica dos geossistemas/geofácies de Tricart, e fazendo as adaptações necessárias para as características naturais do estado do Ceará, Souza (2000) buscou definir a vulnerabilidade ambiental das diversas unidades que compõem o mosaico de paisagens do estado, de acordo com as categorias dos ambientes. Dessa maneira, foi traçado um paralelo entre as categorias dos ambientes (estáveis, de transição, instáveis e fortemente instáveis), a sustentabilidade (muito baixa, baixa, moderada e alta), e vulnerabilidade (nula ou muito baixa, moderada a forte, forte e muito forte), baseado no potencial atual dos recursos naturais, nas principais limitações de uso e no estado de conservação daqueles recursos.

De acordo com Souza (2000), a sustentabilidade das unidades geoambientais deve ser estabelecida de acordo com o potencial geoambiental e limitações de uso dos recursos naturais disponíveis, as condições ecodinâmicas e vulnerabilidade ambiental e de acordo com o uso compatível do solo de cada unidade geoambiental. As categorias são estabelecidas de forma essencialmente qualitativa (Quadro 03).

As áreas de sustentabilidade muito baixa possuem uma capacidade produtiva mínima dos recursos naturais e a degradação ambiental pode ser irreversível, com a retirada da cobertura vegetal, ablação dos solos e índices negativos elevados do balanço hídrico. A categoria de vulnerabilidade alta se insere neste contexto.

A sustentabilidade baixa está relacionada a sérios problemas de capacidade produtiva dos recursos naturais renováveis, havendo pequeno potencial dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, além de irregularidade na distribuição de chuvas, déficit no balanço hídrico durante a maior parte do ano, solos rasos e intensamente erodidos, com freqüentes afloramentos rochosos e baixa fertilidade natural. Assim como na categoria de áreas de sustentabilidade muito baixa, a vulnerabilidade também é alta.

Possuem sustentabilidade moderada as áreas com razoável capacidade produtiva dos recursos naturais. São áreas que possuem potencial hídrico satisfatório, condições climáticas subúmidas e semi-áridas moderadas e com chuvas regularmente distribuídas no espaço e no tempo, solos moderadamente profundos, com alta e média fertilidade natural e em bom estado de conservação por parte da cobertura vegetal primária ou derivada da sucessão ecológica com dinâmica progressiva. A vulnerabilidade desses ambientes é classificada como moderada.

Nas áreas com sustentabilidade alta, há boa capacidade produtiva dos recursos naturais, boas condições quanto ao potencial hídrico (escoamento fluvial e reservatórios com boa quantidade de água acumulada e potencial utilização das águas subterrâneas), condições climáticas úmidas, com chuvas bem distribuídas no espaço e no tempo, solos moderadamente profundos com média a alta fertilidade natural, pouco susceptíveis à erosão em função do estado de conservação da vegetação. Aqui, a vulnerabilidade é baixa.

Categoria dos Ambientes	Condições de Balanço entre Morfogênese e Pedogênese	Vulnerabilidade Ambiental	Sustentabilidade
Ambientes Estáveis	Estabilidade morfogenética antiga; solos espessos e bem evoluídos; fraca predominância da pedogênese sobre os processos morfogenéticos; cobertura vegetal em equilíbrio.	Nula ou Muito baixa	Alta
Ambientes de Transição	Ação simultânea dos processos morfogenéticos e pedogenéticos; incidência moderada das ações areolares; predominância de pedogênese indica tendência a estabilidade; predominância de morfogênese indica tendência a instabilidade.	Moderada a forte	Moderada
Ambientes Instáveis	Morfogênese intensificada; relevos fortemente dissecados e vertentes com declives elevadas; condições climáticas agressivas e baixa capacidade protetora exercida pela vegetação; solos erodidos; nítida predominância da morfogênese sobre a pedogênese.	Forte	Baixa
Ambientes Fortemente Instáveis	Pedogênese praticamente nula; ausência ou extrema rarefação da cobertura vegetal; incidência acentuada dos processos erosivos.	Muito forte	Baixa

Quadro 03 – Classificação ecodinâmica do ambiente. Fonte: adaptado de Tricart (1977)

A ecodinâmica aplicada interpreta as condições de estrutura e funcionabilidade das paisagens, constatando suas diferentes dinâmicas em função do estado de estabilidade. Desta maneira, possibilita a avaliação integrada das características regionais dos domínios paisagísticos, permitindo a efetivação de diagnósticos ambientais e propostas de zoneamentos e manejos ecológicos, favorecendo a concepção de prognósticos de tendências de evolução da paisagem.

2.2. Escolha de áreas para aterros sanitários

Os resíduos descartados pela sociedade que não são reintroduzidos para consumo através de reciclagem ou reaproveitamento precisam ser acondicionados da melhor forma possível. A maneira mais indicada é o aterro sanitário, que “são obras de engenharia

destinadas a acomodar os resíduos sobre o solo, minimizando os impactos ambientais e os riscos à saúde” (PHILIPPI JR. & AGUIAR, 2005, p. 290).

As áreas para a localização de aterros devem ser selecionadas com cuidado. Do ponto de vista técnico, precisam favorecer e facilitar as atividades ali realizadas, como transporte, manuseio e cobertura dos resíduos. Do ponto de vista econômico, devem ser baratas e próximas o suficiente para não encarecer demais os custos de transporte. Do ponto de vista ambiental, o terreno deve possuir características hidrogeológicas favoráveis, tais como solo de baixa permeabilidade, estabilidade mecânica, ausência de movimentos naturais de terra e lençol freático distante. Do ponto de vista social, precisa ser negociada com a comunidade [...] (op. cit.).

Os impactos ambientais e socioeconômicos que os resíduos sólidos podem causar mostram que a localização dos seus depósitos finais deve ser precedida de cuidadoso estudo, a fim de evitar maiores danos à população e ao meio ambiente. Visando “proteger adequadamente as coleções hídricas superficiais e subterrâneas próximas, bem como os operadores dessas instalações e populações vizinhas”, a NBR 13.896 – Aterros de resíduos não-perigosos – critérios para projeto, implantação e operação fixa as “condições mínimas exigíveis para projeto, implantação e operação de aterros de resíduos não perigosos” (ABNT, 1997, p. 01).

Segundo essa norma, a localização de um aterro deve estar sujeita a restrições que minimizem seus impactos ambientais e maximizem a aceitação de sua instalação pela população, estar de acordo com o zoneamento da região, exigir tecnologias mais simples para o controle ambiental, possibilitar a maximização do tempo de vida útil e a minimização dos custos operacionais. Para cumprir tais objetivos, o local de construção de um aterro deve ser de fácil acesso, possuir declividade e geologia adequadas, distância mínima dos recursos hídricos e núcleos populacionais, vegetação que evite a erosão, a formação de poeira e o transporte de odores.

Além dos critérios a serem levados em consideração para instalação de aterros sanitários, sejam os definidos por normas da ABNT, sejam pela legislação brasileira, ainda existe uma série de regras propostas por estudiosos da área. Dentre eles, encontram-se Fiúza & Oliveira (1997), Lollo & Gebera (1998), Vieira (1998), Walquil (2000) e Gomes (2001 e 2003), que atribuem pesos e notas para os mais diversos critérios a serem considerados na instalação deste equipamento. Estes critérios estão detalhados no ANEXO A – Fatores de Seleção e Critérios de Avaliação.

A necessidade de considerar diversas variáveis limita a disponibilidade das áreas adequadas para a construção de aterros sanitários. Esse problema agrava-se nas regiões metropolitanas onde, paralelamente ao aumento dos resíduos, a população cresce e a conurbação se intensifica, diminuindo sensivelmente os vazios urbanos.

De uma forma geral, é pouco provável que exista uma “área perfeita” que satisfaça simultaneamente e no mais elevado grau a todos os requisitos para a implantação de um aterro sanitário. Normalmente o que se observa são áreas inaceitáveis e áreas aceitáveis. Entre as áreas aceitáveis, há os locais potencialmente mais adequados, que são caracterizados por aspectos mais favoráveis que outros. Todas as áreas viáveis e possíveis são diferentes, com vantagens e inconvenientes, o que geralmente torna a análise comparativa uma matéria de julgamento.

Conforme D’Almeida & Vilhena, no Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado, produzido pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) (2000), “a ponderação dos diversos dados considerados e a análise integrada destes permitem a identificação das zonas mais favoráveis, nas quais, através de vistorias de campo, serão individualizadas as áreas candidatas à instalação do aterro”. No final, o resultado será a classificação das áreas selecionadas em uma das seguintes categorias:

Recomendada: quando pode ser utilizada nas presentes condições, atendendo às normas vigentes com baixo investimento;

Recomendada com restrições: quando pode ser utilizada necessitando de medidas complementares de médio investimento;

Não-recomendada: quando não se recomenda sua utilização em função da necessidade de medidas complementares de alto investimento. (op. cit., pg. 105)

Neste trabalho, além das classificações acima citadas, ainda existe uma quarta, as áreas **vetadas**, assim indicadas por serem locais onde não se pode construir equipamentos de grande impacto de acordo com leis e normas.

A seleção de uma área desfavorável poderá ter implicações graves em termos de custos de construção, de exploração, de manutenção e de reabilitação após o encerramento, bem como, em longo prazo, em termos de danos ambientais não controláveis.

O processo de planejamento e seleção de áreas não consiste apenas em procurar uma que responda aos requisitos específicos da localização de um aterro de resíduos. A área deverá ser igualmente adequada para um determinado uso final pré-estabelecido, viabilizado pela concepção inicial e pela forma de exploração do próprio aterro de resíduos e integrado no plano de desenvolvimento local ou regional.

2.3. Processo de exclusão e classificação de áreas para aterros sanitários

É conveniente que os estudos que precedam a escolha das áreas para depósito de resíduos sigam etapas que variam de acordo com a escala. Os estudos iniciais devem ser

efetuados partindo do nível regional (1:100.000 a 1:50.000) e progredir para a escala local (1:25.000 a 1:10.000) à medida que as áreas com maiores restrições vão sendo excluídas, de forma a passar da análise de uma grande área a um número discreto de pequenas áreas de trabalho, com maiores probabilidades de serem candidatas favoráveis. Estas devem ser avaliadas com maior detalhe à escala local, caracterizando a marcha do processo geral de seleção por uma análise gradual, incidindo de uma forma cada vez mais pormenorizada sobre áreas cada vez menores (Centro Federal de Educação Tecnológica do Ceará – CEFET-CE).

O presente trabalho foi realizado na escala 1:100.000, possuindo, portanto, caráter regional. Tal escala foi escolhida uma vez que o trabalho abrange uma grande área (são treze municípios, totalizando 4.872,7 km²). Além disso, os aterros da Região Metropolitana de Fortaleza trabalham de forma consorciada, ou seja, cada aterro não recebe apenas os resíduos do município no qual se encontra, mas sim, de uma dada região. Essa prática é cada vez mais comum, principalmente em regiões metropolitanas, onde os espaços para construção desses equipamentos tendem a se tornarem escassos e a conurbação é intensa. Ademais, a regionalização propicia a queda dos custos de operação dos aterros.

São várias as metodologias que visam à integração e avaliação de fatores de seleção num processo de análise em fases. São elas, o *Método Global ou Intuitivo*, o *Método da Exclusão Progressiva*, o *Método dos Fatores Ponderados* e o *Método da Combinação de Fatores* (CEFET-CE).

No *Método Global ou Intuitivo*, o julgamento da aptidão de cada sítio é feito com base numa visão holística do conjunto dos fatores de seleção, tomado como um todo estruturado e indissociável. Neste método, é alegado que as características que determinam a aptidão de uma área são tão interdependentes que não suportam uma avaliação baseada numa análise de fatores de seleção tomados um a um.

No *Método da Exclusão Progressiva*, os fatores de seleção são analisados sequencialmente, associando a cada fator um limite definido de aceitabilidade da aptidão do sítio. Caso o limite de aceitabilidade seja excedido, devido a um fator ou a uma série de fatores, a área ou as áreas em consideração são imediatamente excluídas. Caso isso não ocorra, o processo continua pela seleção de outro fator e aplicação do critério correspondente, até que seja considerada toda a seqüência dos critérios de seleção que identificam as áreas desfavoráveis ou não aceitáveis.

No *Método dos Fatores Ponderados*, os fatores de seleção são substituídos por valores numéricos de acordo com uma escala comum de classificação. Após a ponderação de todos os fatores, os resultados são combinados numa operação de multiplicação e soma, de

forma a atribuir uma classificação numérica a cada sítio. Quanto mais elevada for sua classificação, mais favorável a área se torna.

No *Método da Combinação de Fatores* podem ser utilizados tanto o método de exclusão como o de análise ponderada. Contudo, em vez de trabalhar sequencialmente com uma série de fatores, desenvolvem-se alternativas que envolvem a seleção de um conjunto particular de fatores combinados e a identificação dos sítios que os satisfazem. O processo é depois sucessivamente repetido para outras combinações de fatores. Este método elege um conjunto de sítios possíveis, com características diferentes, onde cada um apresenta perspectivas distintas do que constitui o melhor sítio.

No quadro abaixo, listam-se as vantagens e limitações dos métodos de análise:

Método	Vantagens	Limitações
Intuitivo	Possivelmente a única forma de considerar os dados de base e proceder ao julgamento de uma área tendo em conta as soluções de projeto.	Dificuldade de justificar as decisões, especialmente ao nível regional.
Exclusão progressiva	Funciona bem à escala regional e com a aplicação de critérios de exclusão.	Risco de excluir prematuramente uma área que poderia ser bem classificada em avaliações subsequentes.
Fatores ponderados	Funciona bem para um reduzido número de áreas candidatas marcadamente diferentes entre si.	Gera distorções ao tratar cada fator como totalmente independente. O significado dos resultados quantificados pode não ser claro.
Combinação de critérios	Único método que tem em conta interdependência de fatores e diferenças de opinião ou de julgamento entre diversos especialistas. Excelente para integrar a participação pública.	Não hierarquiza as áreas. A gestão dos dados torna-se difícil se for grande o número de áreas.

QUADRO 04 – Métodos, vantagens e limitações na escolha de áreas para aterros sanitários. (CEFET-CE)

O método escolhido para este trabalho foi o *Método da Exclusão Progressiva*. A seleção de áreas foi dividida em cinco etapas distintas. A primeira consiste na aplicação de *critérios eliminatórios gerais*, baseados nas recomendações da NBR 13.896 (1997), Legislação Federal e CONAMA Resolução nº. 308/2002. Essa etapa caracterizou-se pelo caráter norteador para definição de áreas potencialmente favoráveis à disposição de resíduos, uma vez que as áreas que contemplem esses critérios estão automaticamente vetadas para instalação de aterros.

Na segunda etapa são estabelecidos critérios para classificar as áreas de acordo com suas potencialidades para uso no tratamento e disposição de aterros. Dessa forma, as áreas se distinguem entre si pela aptidão em receber resíduos com maior ou menor necessidade de tecnologia de controle ambiental. As fontes para esta classificação foram a

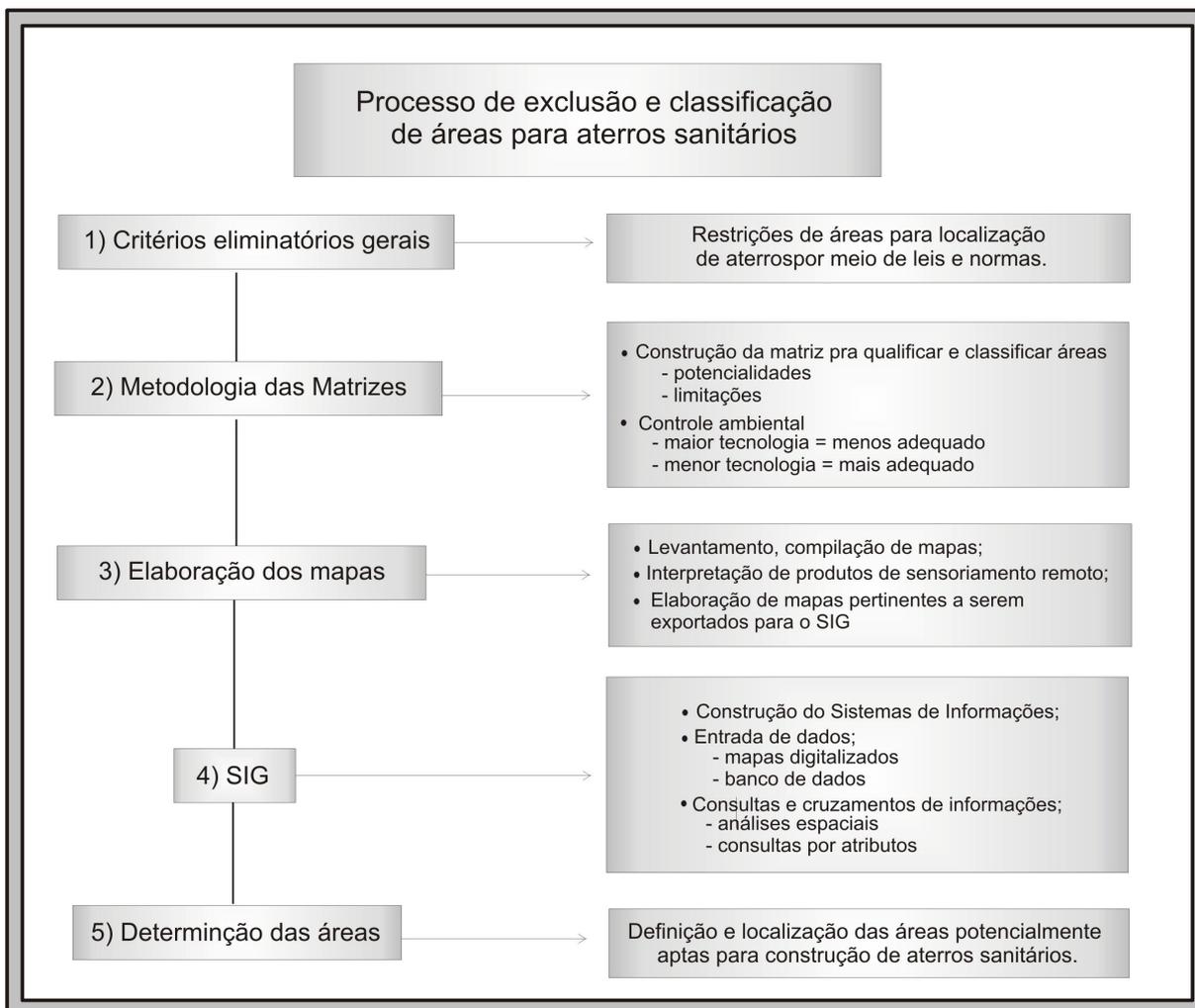
NBR 13.896, CONAMA, Manual de Gerenciamento Integrado (1995) e GOMES & MARTINS (2003).

A terceira etapa consiste no levantamento, compilação e elaboração de mapas e análise de produtos de sensoriamento remoto com vistas à extração de dados referentes à localização da malha urbana, áreas com vegetação intensa, recursos hídricos, unidades de conservação, rodovias, uso do solo, entre outros.

A quarta etapa é a entrada de dados e construção de um Sistema de Informações Geográficas com as informações coletadas e mapas gerados, bem como o preenchimento do banco de dados e cruzamento das informações. Após a confecção dos mapas necessários, estes devem migrar para ambiente SIG para cruzamento das informações.

A quinta etapa consiste na determinação de áreas potencialmente aptas para a disposição de resíduos, ou seja, definição e localização das áreas potencialmente aptas para disposição de resíduos através de análises espaciais e cruzamentos de informações do banco de dados do Sistema de Informações com as classificações “recomendada”, “recomendada com restrições”, “não recomendada” e “vetada”. A partir dessa classificação, indicam-se os locais preferenciais de localização, que deverá seguir para uma sexta etapa, que é a avaliação de campo a ser concretizada por uma equipe técnica multidisciplinar.

As etapas seguidas no processo de exclusão e classificação de áreas para aterros sanitários estão resumidas no Fluxograma 02 abaixo.



FLUXOGRAMA 02 – Processo de exclusão e classificação de áreas para aterros sanitários.

2.4. As técnicas de geoprocessamento adotadas

O estudo da dinâmica do geossistema, que possui como fim prático o planejamento atual e futuro da organização espacial do território, aliado às modernas técnicas de geoprocessamento, faz-se fundamental no desenvolvimento de atividades para a tomada de decisões.

Dentre as técnicas aplicadas na Geografia, os mapas, as matrizes, os modelos, o sensoriamento remoto e a quantificação destacam-se como aquelas que o geógrafo tem utilizado com maior frequência.

A cartografia é fundamental em qualquer pesquisa geográfica. O uso de mapas é de tal importância que são inúmeros os exemplos em que o método cartográfico é a base do estudo ou torna-se uma das técnicas que auxiliam na descrição e na explicação do mecanismo de inter-relacionamento dos elementos dos geossistemas, sendo assim preciosa e

indispensável fonte de informação. O presente trabalho consiste em mais um exemplo no qual os mapas são, ao mesmo tempo, os instrumentos analíticos mais importantes e a síntese final da pesquisa geográfica.

Com o avanço das tecnologias da computação, tecnologias de informação e do próprio conhecimento cartográfico, as modernas técnicas de geoprocessamento surgem como ferramentas indispensáveis à coleta, entrada, tratamento, armazenamento e análise de dados espacialmente referenciados, permitindo a ampliação e a dinamização dos estudos acerca da superfície terrestre.

Por Geoprocessamento, segundo Câmara & Medeiros (1998, p. 3), entende-se uma

[...] disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento de informações geográficas. Esta tecnologia, denotada por Geoprocessamento, tem influenciado de maneira crescente as áreas de Cartografia, Análise de Recursos Naturais, Transportes, Comunicações, Energia e Planejamento Urbano e Regional.

Entre as ferramentas necessárias à confecção das cartas deste trabalho, encontram-se as técnicas de Sensoriamento Remoto (SR), o *Computer Aided Design* (CAD) ou Projeto Auxiliado por Computador e o Sistema de Informações Geográficas ou *Geographic Information Systems* (SIG ou GIS).

O Sensoriamento Remoto é a tecnologia que permite a obtenção de informações dos recursos naturais por meio de sensores implantados em plataformas aéreas ou orbitais, os quais são capazes de captar a energia emitida ou refletida por objetos da superfície terrestre e transformá-las em imagem no formato digital, como fotografias aéreas ou imagens de satélite.

As técnicas de Sensoriamento Remoto evoluíram muito com o lançamento de novos sensores mais potentes, que dão como produtos imagens com resoluções cada vez melhores, além de serem fornecidas periodicamente. Estas, somadas às técnicas de extração de informação através do processamento de imagens, oferecem maiores possibilidades de aplicação às mais diversas áreas do conhecimento, como levantamento dos recursos ambientais, análise ambiental, geologia, agricultura, engenharia florestal e estudos urbanos, permitindo o monitoramento de situações de desmatamento, desertificação, etc. Atualmente, é quase impossível um estudo geográfico, sobretudo no campo dos geossistemas, que não use esta tecnologia.

O Sensoriamento Remoto, portanto, possui como objetivo “(...) estudar o ambiente terrestre nos domínios espacial, temporal e físico, através do registro e da análise das interações entre a radiação eletromagnética e as substâncias componentes do planeta Terra.”. (ROCHA, 2000, p. 115)

Entre os diversos tipos de sensores (fotográficos, de radar, laser, espectrômetros e radiômetros), os imagiadores⁶ foram os escolhidos para este trabalho. Estes sistemas precisam de uma fonte externa de radiação, no caso, o Sol. Por este fator, os sensores são limitados, operando apenas durante o dia, devido à claridade, além de estarem sujeitos a condições atmosféricas, especialmente cobertura de nuvens, fazendo com que as imagens nem sempre mostrem completamente a área, chegando, algumas vezes, a serem inaproveitáveis caso a nebulosidade seja alta.

O Landsat 7 foi lançado em 1999, com os sensores ETM+ (*Enhanced Thematic Mapper Plus*) e PAN (pancromático), que operam com sete canais multiespectrais e um canal PAN respectivamente. Cada canal espectral possui características diferentes, que servem para diversas aplicações (Quadro 05). A banda PAN possui resolução espacial de 15 metros, de maneira a possibilitar o trabalho em escalas de até 1:25.000 e, por isso, as imagens deste sensor foram escolhidas para este trabalho. Administrada pela *National Space and Space Administration* (NASA), sua produção e comercialização de imagens ficam sob os cuidados da *United States Geological Survey* (USGS). No Brasil, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e algumas empresas privadas comercializam as imagens das séries Landsat 4, 5 e 7 (ROCHA, 2000, p. 122).

Banda	Intervalo (µm)	Principais características e aplicações das bandas do Landsat
1	(0,45 – 0,52)	Grande penetração em corpos d'água, elevada transparência, permite estudos batimétricos. Sofre absorção pela clorofila e pigmentos fotossintéticos auxiliares (caratenóides). Sensibilidade a nuvens de fumaça de queimadas ou atividade industrial. Pode apresentar atenuação pela atmosfera.
2	(0,52 – 0,60)	Sensibilidade à presença de sedimentos em suspensão, possibilitando análise em termos de quantidade e qualidade. Boa penetração em corpos d'água.
3	(0,63 – 0,69)	Vegetação verde, densa e uniforme, apresenta grande absorção, ficando escura, permitindo contraste entre as áreas ocupadas com e sem vegetação. Bom contraste entre diferentes tipos de cobertura vegetal. Análise de variação litológica em regiões com pouca cobertura vegetal. É a banda mais utilizada para delimitar a mancha urbana, incluindo identificação de novos loteamentos. Permite a identificação de áreas agrícolas.
4	(0,76 – 0,90)	Os corpos hídricos absorvem muita energia, ficando escuros, permitindo o mapeamento da drenagem e delineamento da hidrografia. A vegetação verde, densa e uniforme reflete muita energia, aparecendo bem clara nas imagens. Sensibilidade à rugosidade da copa das florestas (dossel). Sensibilidade à morfologia do terreno, permitindo a obtenção de informações sobre Geomorfologia, Solos e Geologia. Análise e mapeamento de feições geológicas e estruturais. Permite mapear áreas ocupadas com pinus e eucalipto, áreas ocupadas com vegetação queimada, visualizar áreas ocupadas com macrófitas aquáticas e áreas agrícolas.

⁶ “[...] dispositivos eletro-ópticos que coletam a radiação eletromagnética proveniente da superfície, segundo um padrão geométrico regular; decompõem essa radiação através de prismas, grades de difração, filtros, detectores; registram as intensidades em diferentes intervalos espectrais e usam esses valores para modular sinais.” (ROCHA, 2000, p. 118)

5	(1,55 – 1,75)	Sensibilidade ao teor de umidade das plantas. Permite observar estresse na vegetação, causado por desequilíbrio hídrico. Sofre perturbações em caso de ocorrer excesso de chuva antes da obtenção da cena pelo satélite.
6	(10,4 – 12,5)	Sensibilidade aos fenômenos relativos aos contrastes térmicos, servindo para detectar propriedades termais de rochas, solos, vegetação e água.
7	(2,08 – 2,35)	Sensibilidade à morfologia do terreno, permitindo obter informações sobre Geomorfologia, Solos e Geologia. Serve para identificar minerais com íons hidroxilas. Potencialmente favorável à discriminação de produtos de alteração hidroterminal.

QUADRO 05 – Características e aplicações das bandas do Landsat. Fonte: Adaptado de ROCHA (2000, p. 124)

Dependendo da composição das bandas utilizadas, há uma resposta diferente, facilitando trabalhos de variados objetivos. Assim, o INPE recomenda como combinações para imagens coloridas as bandas 1, 2 e 3 para obtenção de imagens em *cor natural*, com boa penetração de água, realce de correntes, turbidez e sedimentos, com a vegetação aparecendo em tonalidades esverdeadas. A composição das bandas 2, 3 e 4 para melhor definição dos limites entre o solo e a água, ainda mantendo algum detalhe em águas profundas e mostrando as diferenças na vegetação, aparece em tonalidades de vermelho. As bandas 3, 4 e 5 para mostrar mais claramente os limites entre o solo e água, com a vegetação mais discriminada, aparece em tonalidades de verde-rosa. As bandas 2, 4 e 7 para mostrar a vegetação em tons de verde, de modo a permitir discriminar a umidade, tanto na vegetação quanto no solo.

Visando à extração das informações, os *softwares* de processamento digital de imagens realizam as mais diversas funções para realce das características espaciais e/ou espectrais da imagem bruta. Para isso, dependendo do interesse do usuário, podem ser realizados processos de classificação digital de imagens (supervisionada ou não), correção geométrica, ortorretificação, filtragem, composição colorida, variação de escala (zoom), edição vetorial sobre a imagem, análise e visualização do terreno, extração de Modelos Digitais do Terreno (MDT), correção atmosférica, análise de dados hiperespectrais, etc. (op. cit., p. 146).

Para serem realmente transformadas em informações e produtos adequados, os dados originais recebidos por satélites devem sofrer um processamento de acordo com as necessidades do usuário. Para isso, há uma grande diversidade nos métodos de tratamento de dados digitais, de maneira que determinadas feições sejam mais ou menos realçadas, em função das necessidades.

O CAD consiste em um *software* para a produção de desenhos digitais por meio de vetores, que permite organizar diversos temas em níveis (*layers*) diferentes, de modo a facilitar a construção e a visualização de mapas básicos e temáticos de uma área qualquer. É um instrumento fundamental para o “(...) mapeamento digital, com os seus sofisticados

recursos de representação gráfica, edição, exibição em tela e impressão” (ROCHA, 2000, p. 49). O Sensoriamento Remoto somado ao CAD formam uma dupla fundamental no tratamento de imagem e extração das informações para confecção dos mapas desejados.

As entidades gráficas para produção dos mapas no CAD são pontos, linhas e polígonos, amarrados através de um conjunto de pares de coordenadas (latitude e longitude). Os pontos são representados por apenas um par, enquanto as linhas e áreas são representadas por seqüências de pares de coordenadas, sendo que, nas áreas, o último par coincide com o primeiro. Esse tipo de armazenamento de informações gráficas é de grande importância, pois, caso haja o interesse em trabalhar com essas mesmas informações de maneira mais complexa, estas podem ser exportadas posteriormente para um Sistema de Informações Geográficas.

O SIG é um sistema de informação baseado em computador que permite relacionar um banco de dados à representação física de um território referenciado espacialmente de modo a facilitar o armazenamento, a manipulação, o cruzamento e a verificação dos dados relativos à área graficamente representada. Cada tema é associado a uma tabela de um banco de dados, onde cada entidade individual é representada por uma linha e os atributos das entidades são representados por colunas. O estabelecimento dessa relação entre as entidades do modelo de dados e seus atributos permite a geração de consultas para a produção de mapas temáticos e relatórios a partir da sobreposição de outros pré-existentes, bem como através do cruzamento de informações de um banco de dados, como realizado neste trabalho.

São duas as formas de consultas de dados em um Sistema de Informações Geográficas: consulta por atributo e análise espacial. A consulta por atributos refere-se aos valores dos atributos descritivos das feições do mundo real, armazenados no banco de dados do sistema, enquanto a análise espacial envolve relacionamentos espaciais entre os objetos selecionados.

As matrizes são quadros que permitem o cruzamento das variáveis do problema que, ao serem colocadas em colunas e linhas, facilitam a visualização das inter-relações nos geossistemas, dando uma visão geral da sua estrutura.

As consultas realizadas no SIG seguirão etapas onde, em um primeiro momento, as áreas tecnicamente inaceitáveis são excluídas. Em seguida, serão analisadas, entre as áreas aceitáveis, as que minimizem os impactos socioambientais e maximizem os ganhos econômicos. Para chegar à indicação das áreas que, do ponto de vista espacial, atendem às restrições legais e às especificações técnicas selecionadas, foram elaborados mapas temáticos, cujos cruzamentos resultam em um mapa final com as áreas onde seja real a possibilidade de construção de aterros.

2.5. Fontes e Materiais

Para a produção do presente trabalho, foi levantada uma gama de diversificados materiais bibliográficos entre livros, dissertações, relatórios e material cartográfico, variando de produtos de sensoriamento remoto a cartas básicas e temáticas das mais variadas.

Revisão bibliográfica

Durante todo o percurso do trabalho, foi feito um levantamento bibliográfico para embasamento teórico-metodológico e maior subsídio para as novas propostas aqui sugeridas. A revisão bibliográfica foi rica, dada à complexidade do tema. Foram feitas leituras acerca do que é a Geografia, a problemática da geração de resíduos sólidos, impactos sócio-ambientais, tratamento dos resíduos, operação e construção de aterros sanitários, teoria geossistêmica, ecodinâmica, vulnerabilidade e sustentabilidade ambiental, uso e ocupação do solo, urbanização, legislação e geoprocessamento.

Entre as referências bibliográficas, encontra-se uma série de livros, trabalhos e relatórios acerca dos temas mencionados e da área em estudo. No que se refere à análise dos recursos naturais, foram utilizados autores como Bertrand (1972), Sotchava (1976), Tricart (1977), Brandão (1995), Cristofolletti (1999), Souza (2000), entre outros. Sobre os resíduos sólidos, foram consultados ASTEF (1989a,b), Lima (1995), IPT (1995 e 2000), Agenda 21 (2000), Gomes & Martins (2001 e 2003), Calderoni (2002), etc. Quanto às tecnologias de geoprocessamento, buscaram-se abordagens relacionadas a Sensoriamento Remoto, elementos cartográficos (analógicos e digitais) e Sistemas de Informações Geográficas para aproveitamento e aplicabilidade dessas técnicas, com base em Câmara & Medeiros (1998) e Rocha (2000). Foi pesquisado ainda material bibliográfico disponível em órgãos como IBGE, INCRA, INPE, SEMACE, EMLURB, SETUR, etc.

Material geocartográfico

O material geocartográfico foi adquirido em diversas instituições e órgãos governamentais do poder executivo, quais sejam IBGE, INCRA, SEMACE, IPECE, SEMAM, UFC e UECE. Entre os materiais, quer em meio digital, quer em meio analógico, que serviram como base para a elaboração dos mapas temáticos deste trabalho, estão:

- ⇒ Cartas básicas das folhas do Ministério do Exército – DSG / SUDENE:
 - ⇒ Folha Lagoa São Pedro SA.24-Z-C-I; Escala 1:100.000;
 - ⇒ Folha São Luís do Curu SA.24-Y-D-VI; Escala 1:100.000;
 - ⇒ Folha Fortaleza SA.24-Z-C-IV; Escala 1:100.000;
 - ⇒ Folha Aquiraz SA.24-Z-C-V; Escala 1:100.000;
 - ⇒ Folha Canindé SB.24-V-B-III; Escala 1:100.000;
 - ⇒ Folha Baturité SB.24-X-A-I; Escala 1:100.000;
 - ⇒ Folha Beberibe SB.24-X-A-II; Escala 1:100.000.

- ⇒ Imagens de satélite:
 - ⇒ ETM+ LANDSAT 7, órbita-ponto 217/62, (1999);
 - ⇒ ETM+ LANDSAT 7, órbita-ponto 217/63, (1999);
 - ⇒ ETM+ LANDSAT 7, órbita-ponto 216/63, (1999);

- ⇒ Mapas temáticos de trabalhos e dissertações:
 - ⇒ Mapa de Unidades Geoambientais do Estado do Ceará. Diagnóstico e Macrozoneamento do Estado do Ceará. FCPC/SEMACE, 1998.
 - ⇒ Mapas temáticos de dissertação – Almeida, Lutiane Queiroz de;
 - ⇒ Mapas temáticos de dissertação – Arruda, Luciene Vieira de;
 - ⇒ Mapas temáticos de dissertação – Nascimento, Flávio Rodrigues;
 - ⇒ Mapas temáticos de dissertação – Pessoa, Ércio Flávio Viana;
 - ⇒ Mapas temáticos de dissertação – Santos, Jader de Oliveira.

- ⇒ Equipamentos utilizados:
 - ⇒ Toshiba Satellite M45-S331, 1.6 GHz, Pentium M Laptop, Windows XP Home, 80 GB Hard Drive - 512 MB RAM.
 - ⇒ Impressora e multifuncional HP PSC 1510, colorida, 4800 x 1200 dpi;
 - ⇒ Impressora e copiadora *color laser* Canon CLC 1120;
 - ⇒ Receptor de navegação do sistema GPS Garmin 12 xl;
 - ⇒ Câmera fotográfica digital Sony com 6.0 megapixel de resolução.

- ⇒ *Softwares* utilizados para manipulação e organização dos dados coletados:
 - ⇒ *MicroStation MSSE (Bentley Systems)*;
 - ⇒ *Image Analyst (Intergraph Corporation)*;
 - ⇒ ENVI 4.0;

- ⇒ ArcView 3.2 e ArcGis 9.0;
- ⇒ Sistema Gerenciador de Banco de Dados MS – *Access* – 2003;
- ⇒ Planilha Eletrônica MS *Excel* 2003;
- ⇒ Editor de Texto *Microsoft Word* 2003;
- ⇒ *Powerpoint* 2003;
- ⇒ *CorelDraw* 12;
- ⇒ *Paint Shop Pro* 6.

2.6. Sistemática para a obtenção de geoinformações no estudo de caso

Para realizar este trabalho e atingir os objetivos propostos, foi delineada uma série de procedimentos de escritório e campo complementares e inter-relacionados. Uma primeira etapa foi o levantamento bibliográfico acima descrito para a redação do texto e para a confecção das cartas temáticas da área de estudo. Com o material coletado, foi necessária a organização do conjunto de informações obtidas, que podem ser classificadas em dois tipos: material textual e material cartográfico. A partir do material textual, pôde-se dar prosseguimento à redação do trabalho, principalmente ao que se refere às teorias, abordagens e dados. Foram descritos e justificados o método geossistêmico e a ecodinâmica como bases teóricas para o trabalho por poderem efetivamente contribuir no planejamento do uso do espaço.

Do levantamento cartográfico, todos os dados foram armazenados em meio magnético para então proceder-se à compatibilização dos diferentes formatos e bases para atualização das informações.

Da série de mapas básicos e temáticos coletados, o primeiro passo foi delimitar a área de estudo e construir uma carta básica. Essas informações foram retiradas das Cartas Planialtimétricas DSG/SUDENE, digitalizadas na escala de 1:100.000, cujas folhas que recobrem a área de estudo são as da Lagoa São Pedro, São Luís do Curu, Fortaleza, Aquiraz, Canindé, Baturité e Beberibe. Dessas cartas, além dos limites, foram retiradas as toponímias, a rede hidrográfica, a rede viária e as curvas de nível de 40 metros.

Foram coletados, comparados e refeitos os mapas temáticos com informações sobre geomorfologia, pedologia, hidrogeologia, zoneamento geoambiental e uso e ocupação da Região. O material cartográfico possuía diversos formatos (*.jpg, *.tiff, *.dwg, *.dgn e *.dxf). Devido a esse empecilho, os dados foram padronizados para o formato *.dgn. Os

arquivos encontrados em formato *raster* (*.jpg e *.tiff) encontravam-se em meio analógico e foram *scanerizados* e georreferenciados para, então, passar pelo processo de vetorização, cujo modelo matemático utilizado para as correções e padronização foi o *Affine*.

Devido às diferenças de informações e escalas, foi tomada como padrão a escala das cartas da SUDENE (1:100.000), e a partir daí, todo o material recolhido foi re-elaborado com base nas imagens dos sensores conduzidos pelos satélites LANDSAT 7 ETM+, correspondentes às órbitas-ponto 217-62, 217-63 e 216-63, do ano de 1999. As bandas utilizadas foram as 5, 4 e 3 para fazer a composição colorida RGB (*red-green-blue*), respectivamente, conforme indicado pelo INPE. Esta é a melhor composição para identificação dos limites entre o solo e água, onde a vegetação mais discriminada aparece em tonalidades de verde e rosa, sendo, portanto, a mais adequada para se fazer a compartimentação das unidades geoambientais e identificação das manchas urbanas e uso e ocupação do solo, como mostra a Figura 03. Também foi de fundamental importância a banda PAN, com resolução de 15 metros, de maneira a melhorar a precisão e riqueza de dados obtidos pelos outros canais, obtendo relevante ganho em termos de extração de informações, uma vez que antes da fusão a resolução era de 30 metros. A fusão das imagens foi realizada através da transformação HVS no *software* ENVI 4.0.

No processo da aquisição de imagens, os objetos geográficos ficam contidos na imagem, fazendo-se necessário o uso das técnicas de fotointerpretação ou de classificação digital para individualizá-los. Para tanto, foram realizados alguns processamentos digitais nas imagens, como o realce de contraste e brilho, de maneira a facilitar a identificação e a extração das informações. Esses processamentos foram realizados no programa *Image Analyst*, *software* da *Intergraph Corporation*, que usa como plataforma o *software* de CAD *MicroStation* MSSE da *Bentley Systems*. Ao final, os diferentes produtos estavam todos georreferenciados ao SAD-69 (*South American Datum - 1969*) datum geodésico horizontal oficial do Brasil.

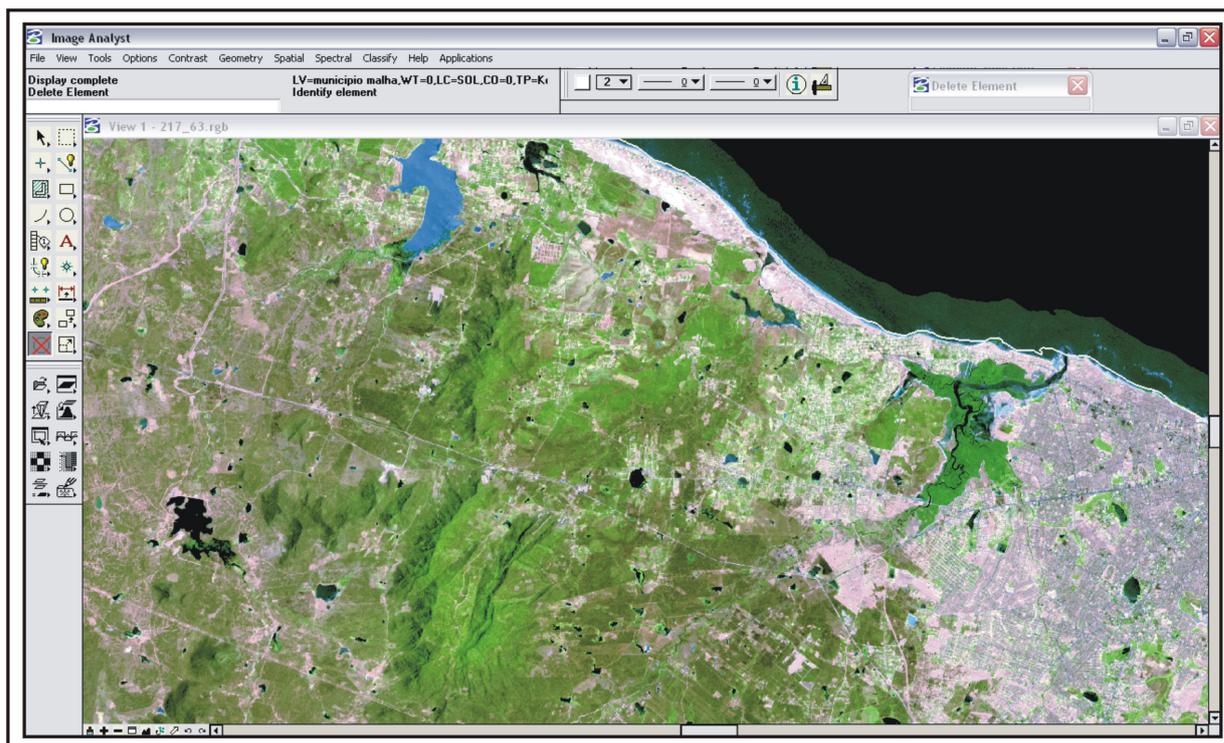


FIGURA 03 – Trecho da RMF em composição colorida RGB das bandas 3, 4 e 5, do satélite Landsat 7 ETM+.

Devido à complexidade das formas de uso e ocupação e unidades geoambientais existentes na Região Metropolitana, foi adotada a interpretação visual manual das imagens em detrimento da classificação digital.

As dúvidas geradas no decorrer do mapeamento que não puderam ser solucionadas nem através das imagens de satélite, nem através dos mapas temáticos pré-existentes, foram esclarecidas através de trabalhos de campo devidamente apoiados por receptor de navegação do sistema GPS (*Garmím 12 xl*).

Com todo o aparato acima relacionado, foi possível a elaboração dos mapas temáticos fundamentais para este trabalho, como os mapas de compartimentação geoambiental e tipos de uso e ocupação do solo da Região Metropolitana de Fortaleza. Foram empregados dois tipos de entidades gráficas para produzir as feições/temas: o polígono, para representar as áreas de manchas urbanas, unidades geoambientais, lagos, lagoas, açudes, etc., e a linha, para representar a malha rodoviária, rios e curvas de nível.

Parte fundamental deste trabalho foi a elaboração de duas matrizes de hierarquização de atributos, com as classes de aptidão para instalação de aterros: “recomendada”, “recomendada com restrição”, “não recomendada” e “vetada”. Os critérios utilizados foram a distância dos corpos hídricos, os terrenos propícios à inundação, a hidrogeologia, as áreas de preservação permanente, as unidades de conservação, a declividade, a compartimentação geoambiental, a distância do centro atendido, a densidade

populacional e a distância das vias de acesso. As matrizes e a justificativa da escolha de cada um dos atributos selecionados encontram-se no sub-capítulo 4.2. “Critérios para escolha de áreas para aterros e matriz de execução no contexto geoambiental da RMF”. A primeira matriz possui os critérios eliminatórios gerais, enquanto a segunda possui a classificação de cada característica ambiental e de uso e ocupação.

Uma vez interpretadas as imagens e organizados os vários temas/feições no CAD com as informações pertinentes, estes foram exportados para o ambiente SIG para a produção do mapa final de classes de uso para aterro. As matrizes foram o pilar para a construção do Sistema de Informações Geográficas, pois, com base nas informações contidas nelas, foram realizadas uma série de procedimentos para análises espaciais por meio de cruzamentos de dados dos mapas temáticos elaborados.

As análises espaciais foram intensamente utilizadas neste trabalho por meio da confecção de áreas de influência (*buffers*), fusão, dissolução e interseção de temas.

A criação de *buffers* foi a primeira análise espacial realizada, onde fez-se a delimitação de áreas de influência dos recursos hídricos, distância do centro atendido e distância das vias de acesso, conforme descrito nas matrizes (Figuras 04 e 05).

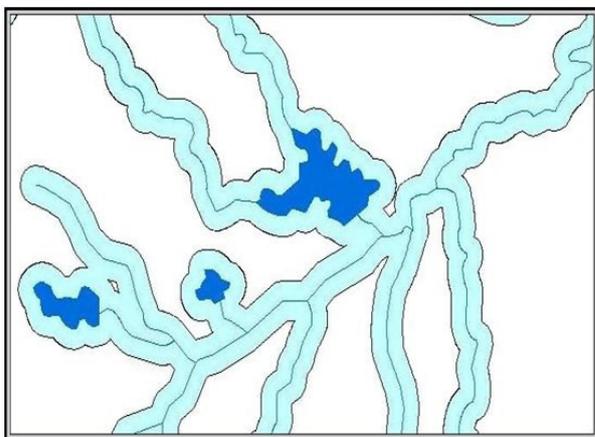


FIGURA 04 – Áreas de influência da hidrografia.

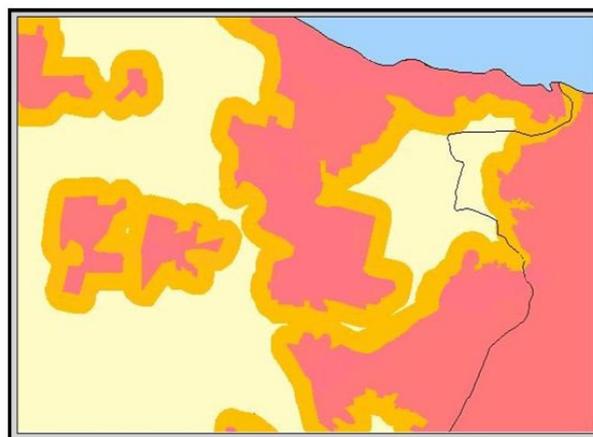


FIGURA 05 – Áreas de influência da mancha urbana.

Após a construção dos novos temas correspondentes às áreas de influência, foi realizada a *fusão de temas*, segunda análise espacial do trabalho, que consiste em criar um novo tema a partir de um ou mais temas originais, desde que tenham o mesmo tipo de entidade (polígono, como é o caso deste trabalho). A fusão permite especificar qual deles dará origem aos campos da nova tabela de dados correspondente. Foram fundidos os polígonos correspondentes às áreas de influência da hidrografia e das manchas urbanas, além das áreas

de inundação, hidrogeologia vulnerável, áreas de preservação e conservação e áreas de declividade menor que 1% e maior que 30% (Figura 06).

Após realizar as fusões dos temas acima citados, foi necessário o procedimento de *dissolução* para produzir um único tema resultante. Este consiste na remoção dos limites dos polígonos adjacentes que possuem mesmos valores de atributos, deixados no momento em que foi feita a fusão dos temas (Figura 07). Realizadas as operações de *fusão* e *dissolução*, obtém-se um único polígono, representando toda a área que, de acordo com a primeira matriz, estão vetadas para construção de aterros sanitários.

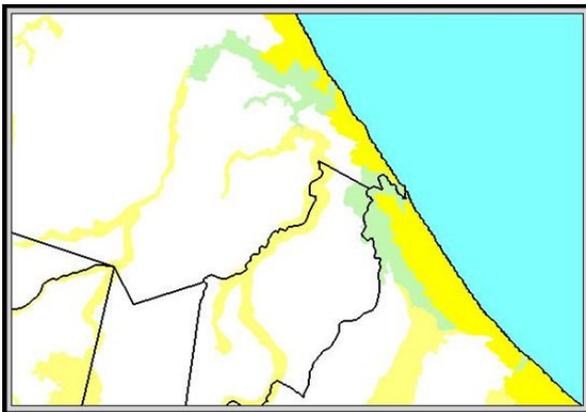


FIGURA 06 – Fusão de temas no SIG.

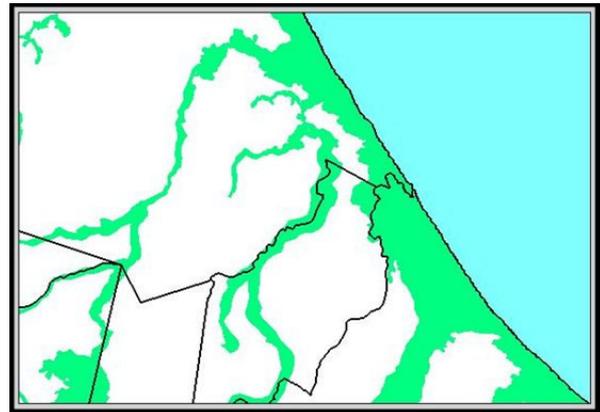


FIGURA 07 – Dissolução de temas no SIG

Para conseguir visualizar as áreas das demais classificações para implantação dos aterros, foi ainda realizado um outro tipo de consulta, a *interseção*. Nela, as áreas em comum de dois ou mais temas diferentes que se sobrepõem são destacadas, formando um novo tema onde as características dos temas sobrepostos se mantêm. A interseção foi realizada, por exemplo, na identificação de áreas classificadas como “recomendada”, onde existe um maior número de restrições.

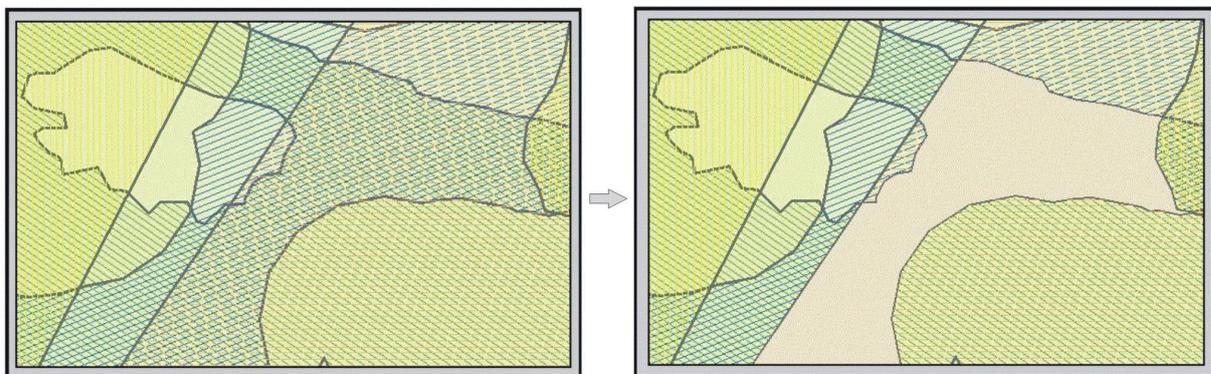
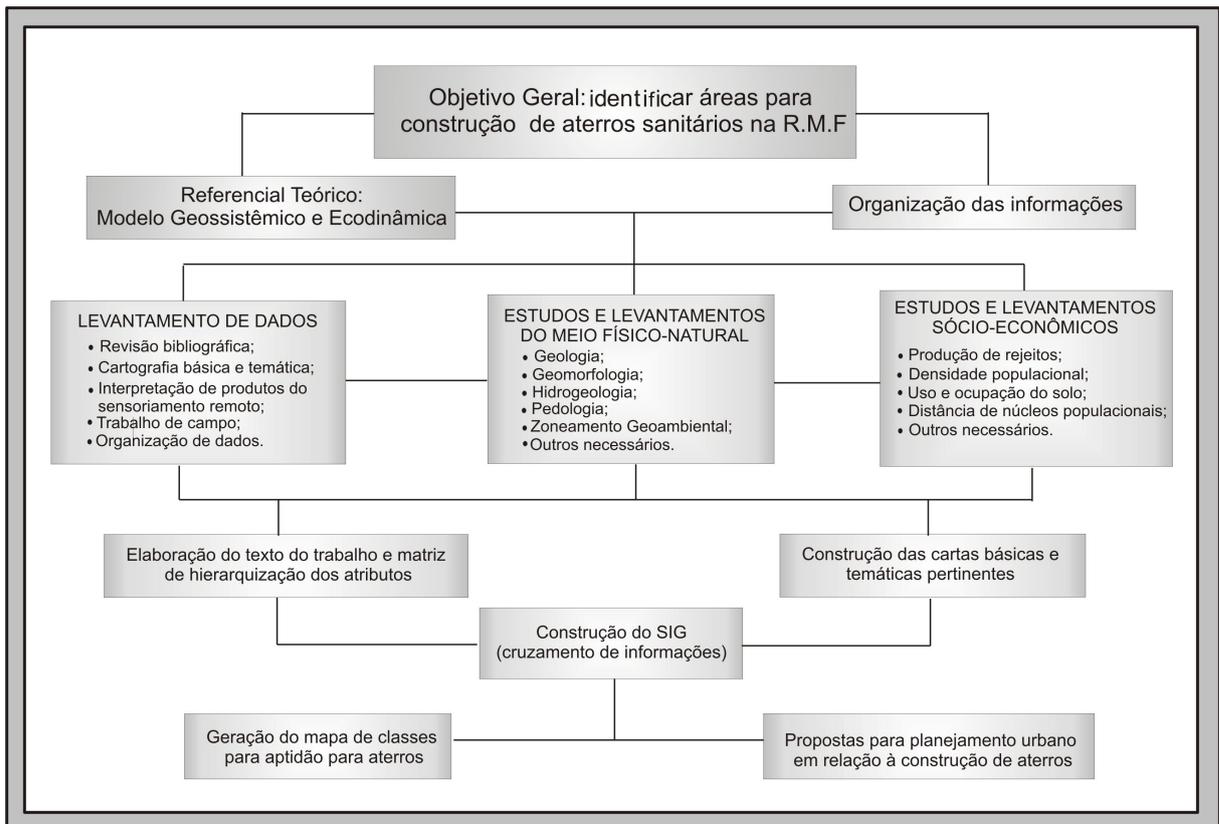


FIGURA 08 – Interseção de temas no SIG

O resultado final dessa série de procedimentos foi um mapa com quatro classificações diferentes, cada uma representando as quatro classes de uso para aterro. Assim, de acordo com este mapa final, indentificam-se os locais que possuem maior potencial para instalação de aterros na Região Metropolitana de Fortaleza, levando em conta os diversos fatores socioeconômicos e ambientais.

Para efeito demonstrativo da utilização e importância deste tipo de ferramenta e método de trabalho, foram introduzidas sobre o mapa final de classificação a localização dos aterros metropolitanos em funcionamento, além da localização do lixão do Jangurussu, atualmente desativado mas que, contudo, ainda causa grandes impactos em Fortaleza. Com isto, pode-se fazer uma análise sobre as atuais localizações destes equipamentos, bem como direcionar a localização dos próximos a serem construídos, facilitando as propostas para o planejamento urbano em relação à construção de aterros, otimizando tempo e recursos para identificação das áreas potenciais.

O fluxograma abaixo sintetiza a metodologia adotada no trabalho.



FLUXOGRAMA 03 – Metodologia do trabalho.

3. CONTEXTUALIZAÇÃO GEOAMBIENTAL DA REGIÃO METROPOLITANA DE FORTALEZA

A Região Metropolitana de Fortaleza localiza-se na porção nordeste do estado do Ceará, nordeste do Brasil, mais precisamente entre as latitudes 3°30' S e 4°15' S, e longitudes 38°37' e 39°30' W. A região é formada pelos municípios de Fortaleza, Caucaia, São Gonçalo do Amarante, Maracanaú, Maranguape, Pacatuba, Guaiúba, Itaitinga, Eusébio, Aquiraz, Horizonte, Pacajus e Chorozinho, totalizando uma área de 4.872,7 km², como mostra a figura de localização abaixo (IBGE, 2000).



FIGURA 09 – Localização da Região Metropolitana de Fortaleza, Ceará.

Como já abordado, a Teoria dos Geossistemas tem se mostrado bastante eficaz nos estudos relacionados ao meio ambiente, sobretudo em aplicações na Geografia, pois permite uma taxonomia das paisagens com suporte e escala espacial bem definidos. Souza (2000) propõe uma compartimentação das unidades geoambientais para o Ceará, com base na teoria geossistêmica. Segundo o autor existe no estado uma grande variedade paisagística,

configurando um verdadeiro mosaico de unidades geoambientais. Na própria Região Metropolitana de Fortaleza são constatadas várias unidades diferentes: a Planície Litorânea, o Glacis Pré-litorâneo, as Planícies Fluviais, as Planícies Lacustres e Flúvio-lacustres, os Maciços Residuais e as Depressões Sertanejas.

O zoneamento geoambiental que encerra a caracterização do meio físico da RMF foi baseado no Projeto Sinfor (1995), no Diagnóstico e Macrozoneamento Ambiental do Estado do Ceará (1998a) e nas Bases Naturais e Esboço do Zoneamento Geoambiental do Estado do Ceará, de Souza (2000). Por sua vez, esta bibliografia se utilizou das concepções metodológicas de Bertrand (1969 e 1972), Sotchava (1976), e Tricart (1977). A seguir, seguem as caracterizações de cada unidade geoambiental encontrada na área de estudo, bem como as características dos diferentes modos de uso e ocupação.

3.1. Planície Litorânea

Na RMF, a Planície Litorânea é encontrada ao norte dos municípios de São Gonçalo do Amarante, Caucaia, Fortaleza e Aquiraz. Este ambiente consiste em uma paisagem em constante transformação, pois, por ser o resultado da interação entre os ambientes marinho e terrestre, há intenso fluxo de matéria e energia.

A Planície Litorânea constitui uma estreita faixa de terras com largura média aproximada de 1 a 5 km e extensão linear, composta por terrenos de neoformação, submetidos às influências marinha, eólica, fluvial e pluvial (SOUZA, 2000, p. 74). A RMF possui a linha de costa retificada, sendo interrompida apenas pela ponta do Mucuripe em Fortaleza e do Pecém em São Gonçalo do Amarante, que se projetam para o mar. A morfologia da costa está diretamente associada aos processos de acumulação, de maneira que a largura dos estirâncios depende do poder de transporte de sedimentos dos rios: quanto maior a capacidade de transporte, mais larga deverá ser a faixa praial. O elevado estoque de depósitos sedimentares arenosos são modelados por processos eólicos que geram feições de campos de dunas móveis e fixas, faixas praias e eventuais planícies lacustres, bordejando lagos e lagunas. Quando a ação fluvial se combina com a marinha, há formação das planícies flúvio-marinhas, as quais possuem características bem peculiares e específicas (op. cit., p. 21).

As praias são depósitos alongados e contínuos de areias de granulação média a grossa, ocasionalmente cascalhos, restos de conchas e matéria orgânica, que acompanham toda a extensão da costa e são limitados entre a linha de maré baixa até a base das dunas móveis. Nas praias também podem ser encontrados os *beach-rocks*, ou arenitos de praia, que

consistem em arenitos conglomeráticos com grande quantidade de fragmentos de moluscos e algas, cimentados por carbonato de cálcio. Por diminuir a energia das ondas que se aproximam da praia, estas formações funcionam como proteção, uma vez que evitam a ação erosiva das mesmas. As melhores ocorrências situam-se nas praias da Sabiaguaba, Cofeco, Iparana e na enseada do Mucuripe (SINFOR, 1998, p. 17).

O Ceará possui três sistemas de circulação atmosférica principais, que atuam nas condições de tempo e do clima, que são a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), que oscila na faixa tropical e é responsável pela quadra chuvosa; os Sistemas Frontais (Frentes Frias) com formação original no Pólo Sul, que exercem influência significativa na formação de nebulosidade e convecção continental; e um Centro de Vorticidade Ciclônica, com uma ação variável quanto ao período de chuvas. Especificamente na zona costeira, há outros sistemas de menor nível de abrangência, que provocam linhas de estabilidade, induzindo a formação de brisas marinhas que influenciam a temperatura, tornando-as mais amenas e com amplitudes térmicas inferiores a 3°C. Na zona costeira, o valor da temperatura média anual é de 26,6°C para Fortaleza (CEARÁ, 1998a, p. 72).

Sobre a pluviometria, as precipitações mais significativas ocorrem na Planície Litorânea e nos Glacis Pré-litorâneos devido à proximidade com a massa oceânica, bem como os Maciços Residuais, que se encontram próximos ao litoral. A respeito das temperaturas mensais e anuais, a área de estudo, bem como o resto do estado, apresenta regime térmico bastante uniforme, próprio de regiões de baixas latitudes, uma vez que,

[...] as regiões próximas ao equador são submetidas a forte radiação solar, uma vez que a intensidade deste fenômeno depende essencialmente do ângulo de incidência dos raios solares, sendo maior quanto menor a latitude, o que resulta em temperaturas médias anuais elevadas e baixa amplitude térmica (NIMER, 1989, apud Ceará 1998a, p. 73 e 74).

As condições climáticas variam entre úmidas e subúmidas com precipitações mal distribuídas no decorrer do ano, onde cerca de 90% estão concentradas no primeiro semestre, principalmente entre os meses de fevereiro e maio, com máximas superiores a 260 mm nos meses de março e abril. As chuvas médias anuais estão entre 700 e 1.200 mm (SOUZA, 2000, p. 74).

Quanto aos recursos hídricos, a Planície Litorânea da RMF possui os problemas mais sérios de deterioração, tendo como os casos mais graves os rios Cocó e Maranguapinho, ambos possuindo sua foz na capital do estado. Lagoas como as de Parangaba, Mondubim, Opaia, entre outras, também se encontram bastante poluídas, assim como as águas subterrâneas existentes (SINFOR, 1995, p. 72 e 73).

A vegetação está diretamente associada com as condições edáficas e com o teor de água no solo e na atmosfera, havendo, portanto um Complexo Vegetal Litorâneo formado por Vegetação de Tabuleiros, Manguezais e Vegetação de Dunas (op. cit., p. 38).

A Planície Litorânea é um ambiente instável, extremamente influenciada por processos atuais, onde a dinâmica eólica e as variações das marés remodelam constantemente a paisagem, contribuindo para a retificação do litoral. Ao mesmo tempo, a quantidade de sedimentos arenosos disponíveis, combinada aos ventos predominantes de ENE para SO durante a maior parte do ano, resulta na formação de dunas e cordões arenosos. Devido à ecodinâmica instável e à intensa ocupação, a vulnerabilidade ambiental é alta. O uso do campo de dunas, das restingas e dos corpos hídricos deve ser restrito e controlado, havendo necessidade constante de monitoramento em função da fragilidade ambiental.

As areias quartzosas médias e grosseiras não-consolidadas associadas aos trabalhos de deflação e acumulação eólicas acabam desenvolvendo extensos e contínuos cordões de dunas ao longo de todo o litoral. Existem três tipos de dunas, classificadas de acordo com a sua mobilidade: são as dunas móveis, as semi-fixas e as fixas. As dunas recentes, geralmente móveis, têm coloração amarelo-esbranquiçada e não apresentam indícios de ação pedogenética. Por não haver cobertura vegetal, o trânsito das areias é livre e se processa de modo contínuo durante a estação seca, quando não há qualquer compactação das areias. Essa mobilidade se faz sentir através de evidências como mudanças de direção das embocaduras dos rios, capeamento de paleodunas e restingas ou níveis dos tabuleiros e invasão de sedimentos arenosos nos domicílios. A altura das dunas atinge de 30 a 50 m e sua mobilização depende da maior incidência dos ventos de quadrantes orientais.

As dunas semi-fixas localizam-se à retaguarda das dunas móveis. São mais antigas que as dunas móveis e, por isso, menos elevadas e em alguns pontos as formas já foram dissipadas. Possuem areias com tons vermelho-amarelados. A ação pedogenética mais efetiva favorece a fixação de um recobrimento herbáceo-arbustivo que, por sua vez, detém ou atenua os efeitos da deflação eólica.

Sobrepostos aos sedimentos da Formação Barreiras, as paleodunas estão localizadas entre a faixa das dunas móveis e os tabuleiros pré-litorâneos. A topografia é ligeiramente deprimida em relação às dunas móveis. Os sedimentos são arenosos com cores cinza claras e ocre, e a pedogênese incipiente favorece a formação de um horizonte superficial de coloração escura, com espessura média de 0,50 m.

Por sua característica extremamente porosa, as dunas são excelentes aquíferos, contrariamente às demais unidades ambientais da Região Metropolitana e, por esta razão, destacam-se no suprimento de água potável para grande parte da população local.

Adaptada ao ambiente, a vegetação das dunas suporta maior velocidade dos ventos, os efeitos da umidade salina vinda do mar e a maior profundidade ao lençol freático. Aí, a vegetação é fundamental para justificar a mobilidade ou a retenção dos sedimentos arenosos.

No campo de dunas, as áreas localizadas mais próximas ao mar caracterizam-se por uma vegetação pioneira, cujas espécies mais representativas são salsa-da-praia (*Ipomea péscapraei*), bredo-da-praia (*Iresine portulacoides*), capim-da-praia (*Paspalum vaginatum*), cipó-da-praia (*Remirea marítima*) e oró (*Phaseolus ponduratus*), além de arbustivas como o murici (*Bysonima cerícea*). Já as dunas edafizadas ou em processo de edafização, por possuírem um solo incipiente, apresentam um revestimento vegetal de porte arbóreo relativamente denso, que se estende até o contato com os sedimentos da Formação Barreiras nos Tabuleiros. As espécies mais comuns são João-mole (*Pisonia tormentosa*), jucá (*Caesalpinia férrea*), juazeiro (*Zizyphus joazeiro*), pau d'arco roxo (*Tabebuia avellanede*), tatajuba (*Chloroflora tinctoria*) e cajueiro (*Anacardium occidentale*) (SINFOR, 1998, p. 39).

Os aspectos fitofisionômicos decorrem de maior ou menor proximidade do mar; quanto mais próxima, mais aberta será a vegetação, expondo areia branca entre os tufos. Na porção de baixa praia, submetida às variações das marés, praticamente não ocorre vegetação, exceto pela presença de algas verdes que recobrem as rochas de praia ou setores esparsos das plataformas de abrasão. Abaixo segue a Figura 10, mostrando trecho da Planície Litorânea no município de Aquiraz e a Figura 11 com campos de dunas no município de Caucaia.



FIGURA 10 – Contato dos ambientes marinho e terrestre da Planície Litorânea no município de Aquiraz.



FIGURA 11 – Campo de dunas móveis no Cumbuco no município de Caucaia.

3.2. Planícies Flúvio-marinhas

A Planície Flúvio-marinha aparece como uma geofácies de características bastante peculiar, localizada sempre próximo às embocaduras fluviais, passando então a ser um ambiente submetido tanto às influências continentais como marinhas. Pode ser encontrada nos

municípios de Aquiraz, Fortaleza, Caucaia e São Gonçalo do Amarante. São faixas de terras perpendiculares à faixa de praia, em estuários, com sedimentos de fino calibre, de origem fluvial e marinha. É um ambiente propício ao desenvolvimento de solos indiscriminados de mangues, pouco desenvolvidos, lodosos, escuros, com características típicas de *gleyzação*, continuamente afetados pela preamar. São muito mal drenados e apresentam elevados teores de salinidade e de enxofre que, somados às inundações frequentes, limitam o potencial de uso agrícola. Os solos são ricos em húmus formado a partir da folhagem do manguezal que cai e permite a fixação dessa vegetação até onde os efeitos da salinidade se façam sentir.

O manguezal é a vegetação própria das Planícies Flúvio-marinhas que se desenvolve ao longo dos estuários, onde a declividade é praticamente nula e as correntes fluviais já não possuem mais capacidade de entalhe. A vegetação de mangue é densa e intrincada, composta de árvores e arbustos de portes variados. Suas raízes aéreas conferem maior superfície de sustentação nos solos inconsistentes e ajudam na respiração das plantas, uma vez que o tipo de solo reduz drasticamente a areação (Figura 12).

A flora deste ambiente é representada pelo mangue vermelho (*Rhizophora mangle*), mangue branco (*Laguncularia racemosa*), mangue siriúba (*Avicennia shaueriana*), mangue canoé (*Avicennia nítida*) e, em menor proporção, o mangue de botão (*Conocarpus erecta*). Os mangues também abrigam uma grande variedade de plantas epífitas, como bromélias, orquídeas e samambaias, além de líquens que se fixam nas copas, formando o estrato superior dos manguezais. Já as raízes e troncos são intensamente colonizados por algas marinhas (SINFOR, 1995, p. 38).

Apesar de serem ambientes complexos e ecologicamente frágeis, sua vegetação halófila serve de criadouro de inúmeras espécies de peixes e crustáceos, constituindo-se em um ecossistema de alta produtividade biológica, influenciando decisivamente na fertilidade marinha.

Do ponto de vista ecodinâmico, são ambientes de transição com tendência à estabilidade em condições de equilíbrio ecológico. Este é, todavia, um equilíbrio frágil que vulnerabiliza o ambiente. A sustentabilidade varia entre moderada e alta, uma vez mantidas as restrições legais e efetivado rigoroso monitoramento ambiental.



FIGURA 12 – Planície Flúvio-marinha do rio Cocó com vegetação de mangue em Fortaleza.

3.3. Glacis de Acumulação Pré-Litorâneos

O Glacis de acumulação pré-litorâneo é encontrado nos municípios de São Gonçalo do Amarante, Caucaia, Fortaleza, Maracanaú, Itaitinga, Eusébio, Aquiraz, Horizonte e Pacajus. Constituído por sedimentos da Formação Barreiras, o Glaci Pré-Litorâneo, por um lado, está em contato com a Planície Litorânea, tendo como limite os campos de dunas, por vezes atingindo o mar, onde se formam falésias que, quando sofrem abrasão marinha, são chamadas “falésias vivas”; quando recuadas a ponto do mar não mais as alcançar, são denominadas “falésias mortas”. Penetra na direção do interior do continente uma média de 40 km, fazendo contato com rochas do embasamento cristalino Pré-cambriano em áreas das Depressões Sertanejas extensivamente pediplanadas, sem que haja, no entanto, uma ruptura topográfica entre as duas unidades.

O Glacis possui altitude que varia em média entre 30 e 50 metros, raramente ultrapassando o nível de 80 metros. Sua topografia é suave, possuindo um mergulho entre 2° e 5° em direção ao litoral, dando uma morfologia rampeada.

Assim como na zona costeira, o Glacis Pré-Litorâneo apresenta temperaturas médias anuais de 26,6°C para Fortaleza, e as amplitudes térmicas não ultrapassam os 3°C. Os ventos alísios chegam a essas áreas, principalmente nos setores de maior proximidade com o

oceano, influenciando a temperatura, tornando-a mais amena. As precipitações são superiores a 900 mm entre fevereiro e junho, com deficiências hídricas de 5 a 7 meses.

A vegetação de tabuleiros estende-se desde as dunas, em sua conjunção com a vegetação pioneira, até o contato com o substrato cristalino. Bastante descaracterizada, não se apresenta homogênea, variando conforme o tipo de solo predominante, seja mais arenoso ou mais argiloso. Assim, duas feições distintas podem ser encontradas: a vegetação subperenifólia e a vegetação caducifólia. Devido às diferenças de solos predominantes e vegetação, o Glacis Pré-Litorâneo possui como geofácies os Tabuleiros Arenosos e os Tabuleiros Areno-argilosos.

Nos Tabuleiros Arenosos predominam uma cobertura de neossolos quartzarênicos da ordem de 1,50 a 2,00 m. Os sedimentos afloram em manchas dispersas à medida que se penetra em direção ao interior, em uma demonstração de que esta cobertura sedimentar já possuiu maior abrangência espacial. Os sedimentos da Formação Barreiras são fracamente dissecados em interflúvios tabulares, pois, em geral, a drenagem apresenta um fluxo muito lento, limitando a capacidade de incisão linear, fazendo com que a amplitude altimétrica entre o topo dos tabuleiros e os fundos de vales não ultrapasse 15 metros. Neste ambiente, a drenagem é intermitente com padrão paralelo.

A vegetação encontrada nos tabuleiros Arenosos encontra-se atualmente bastante descaracterizada em relação às condições originais. Nesses tabuleiros predomina uma vegetação subperenifólia, de porte arbóreo/arbustivo. Nas áreas próximas aos campos de dunas, devido à existência de um ambiente mais protegido por se situar a sotavento das dunas, além de possuir maior umidade, ocorre a presença de árvores como o angelim (*Andira retusa*), aroeira (*Myracrodrum urundeuva*) e pau d'arco amarelo (*Tabebuia serratifolia*). (CEARÁ, 1998a, p. 150). À medida que se penetra em direção ao interior, a vegetação toma características fisionômicas semelhante aos cerrados, com estrato arbóreo cujos indivíduos podem aparecer isolados ou em grupos, além de um estrato herbáceo de gramíneas e dicotiledôneas. Os principais representantes de sua flora são a lixeira ou sambaíba (*Curatella americana*), barbatimão (*Stryphnodendron coriaceum*), paraíba (*Simarumba versicolor*), cajuí (*Anacardium brasiliensis*), pau-terra (*Quaea parviflora*) e marfim (*Agonanda brasiliensis*) (SINFOR, 1995, p. 39 e 40).

Os Tabuleiros Areno-argilosos possuem solos com maior porcentagem de argila. Por isso, o desgaste superficial intensifica-se em relação aos Tabuleiros Arenosos, contribuindo para uma dissecação incipiente do relevo, pois a argila, por ser menos porosa que as areias, permite a circulação do escoamento difuso. Aqui, a drenagem é intermitente

com padrões subdendrítico. Nos Tabuleiros Areno-argilosos são encontradas associações de argissolos vermelho-amarelos distróficos e latossolos amarelos distróficos.

À medida que se avança em direção ao interior e os sedimentos da Formação Barreiras assumem menor espessura no contato com os solos das Depressões Sertanejas, predominam as espécies caducifólias, com as condições fisionômicas e florísticas que mais se aproxima das caatingas. Há uma faixa de transição entre caatinga e cerrado, devido à predominância de um clima de semi-aridez além de encontrar-se um depósito sedimentar. Fisionomicamente possui características de capoeira densa, onde domina um estrato arbustivo bastante fechado. Entre as principais espécies arbustivas estão a araticum (*Annona coriacea*), cajuí (*Anacardium brasiliensis*), piqui (*Caryocar coriaceum*), catantuva (*Piptadenia moniliformis*), violeta (*Dalbergia cearensis*), banha-de-galinha (*Swartzia flaemingii*), jatobá (*Hymenaea eriogyne*), mimosa (*Mimosa verrucosa*) e visgueiro (*Parkia platycephala*). (CEARÁ, 1998a, p. 154). A vegetação local tem sido degradada devido ao extrativismo vegetal para produção de lenha, à agricultura de subsistência e à pecuária extensiva. Essas atividades provocam desmatamento e queimadas que, por sua vez, intensificam os processos erosivos e a lixiviação dos solos (SINFOR, 1995, p. 40).

Os Glacis Pré-Litorâneos são ambientes de transição com tendência à estabilidade e com vulnerabilidade moderada. Por possuírem sustentabilidade entre moderada e alta, percebe-se uma maior facilidade à expansão urbana e incremento da expansão viária. Os tabuleiros arenosos, por suas potencialidades edafo-climáticas favoráveis ao desempenho de atividades agropastoris, são alvo da proliferação de loteamentos e da exploração agrícola, através das culturas de caju e de lavouras de subsistência, o que contribui para a descaracterização natural do ambiente. Abaixo segue a Figura 13, com tabuleiro arenoso e a Figura 14 com tabuleiro areno-argiloso.



FIGURA 13 – Exploração agrícola nos Tabuleiros arenosos em Horizonte.



FIGURA 14 – Tabuleiro areno-argiloso degradado em Caucaia.

3.4. Planícies Fluviais

As Planícies Fluviais são encontradas em todos os municípios da Região Metropolitana de Fortaleza, interrompendo as demais unidades geoambientais. São formadas a partir da acumulação de sedimentos causada pelas inundações fluviais periódicas, formando

áreas planas ao longo dos rios de maior porte. Por possuírem melhores condições de solos e disponibilidade hídricas, são regiões de diferenciação nos sertões semi-áridos.

As Planícies Fluviais são geossistemas resultantes de uma evolução recente da paisagem. A maioria dos rios nasce nos maciços residuais, onde as condições climáticas são mais amenas e onde há maior umidade. Aí, o entalhe é mais efetivo, evidenciando a ação hidráulica e a corrosão fluvial que, por sua vez, produzem material imaturo e de maior calibre. Nos médios cursos, percorrendo terrenos cristalinos, o material detrítico é constituído de areias grosseiras em mistura com seixos arestados. No alto curso, as planícies possuem larguras inexpressivas, que se alargam à medida que entalham terrenos da Formação Barreiras onde, com a diminuição do gradiente fluvial, a faixa de deposição é ampliada.

À jusante dos rios, os sedimentos são finos, principalmente de natureza areno-argilosa, e à medida que os rios se aproximam da linha de costa penetrando no domínio da Formação Barreiras, a largura das planícies é ampliada. Ao se aproximarem dos estuários, os rios se tornam anastomosados onde as marés influem e refluem, impedindo a sedimentação mar a fora e facilitando a sedimentação rio a dentro a partir da embocadura. Além disso, a largura da Planície Fluvial varia de acordo com o porte do rio que a origina.

Litologicamente, os depósitos aluviais são compostos de areias finas a grosseiras, misturando-se, eventualmente, com clásticos finos, cascalhos e blocos. Próximo à foz dos rios, os sedimentos fluviais mais finos e a água doce se misturam ao fluxo das marés, formando sedimentos flúvio-marinhos de cores escuras, argilosos, que são combinados com matéria orgânica decomposta. Os neossolos flúvicos são profundos, imperfeitamente drenados e, não raro, possuem problemas de salinização. Os principais tipos de solos encontrados são associações de planossolos solódicos e vertissolos, ambos medianamente profundos, com textura predominantemente argilosa.

O desenvolvimento dos solos aluviais, mais férteis e com maior teor hídrico, cria condições para a instalação de uma vegetação característica, chamada mata ciliar ou galeria, onde predomina a palmácea carnaúba (*Copernicia prunifera*), que bordeja as calhas fluviais em razão das melhores condições oferecidas pelas partes marginais dos rios. Esta paisagem é facilmente identificada, pois contrasta com a vegetação caducifólia e de baixo porte dos interflúvios sertanejos, uma vez que a carnaubeira varia entre 7 e 12 metros de altura. As principais espécies arbustivas e arbóreas são: mofumbo (*Combretum leprosum*), marmeleiro (*Cróton sonderianus*), calúmbi (*Mimosa malacocentra*), jurema branca (*Piptadenia stipulacea*), arapiraca (*Chloroleucon foliolosum*), pajeú (*Triplaris gardneriana*) e juazeiro (*Ziziphus joazeiro*) (CEARÁ, 1998a, p. 36 e 158).

Devido às condições ambientais mais favoráveis, as planícies fluviais são áreas preferenciais para projetos de irrigação e instalação de olarias. Não à toa, várias cidades de pequeno a médio porte estão localizadas próximas aos terraços fluviais. Os principais problemas e limitações relacionados às planícies fluviais referem-se à salinização, às condições precárias de drenagem e às inundações periódicas que ocorrem durante os períodos chuvosos excepcionais, que afetam principalmente famílias de baixa renda que se instalam em áreas de risco às margens dos rios. A ecodinâmica desta unidade é de ambiente de transição, tendendo à instabilidade e vulnerabilidade ambiental moderada. A sustentabilidade é de moderada a alta. Segue abaixo um trecho da Planície Fluvial do rio São Gonçalo do Amarante.



FIGURA 15 – Mata ciliar da Planície Fluvial do rio São Gonçalo do Amarante.

3.5. Planícies Lacustres e Flúvio-lacustres

As Planícies Lacustres são geofácies que fazem parte da rede de drenagem. São áreas de acumulação aplainadas, com ou sem coberturas arenosas, periodicamente inundáveis, que bordejam as lagoas perenes da Planície Litorânea e do Glacis Pré-Litorâneo. O sistema lacustre do litoral da Região Metropolitana é bastante rico, podendo tanto ter alimentação fluvial como de lençóis freáticos. As lagoas de alimentação fluvial ocorrem com a interrupção dos pequenos cursos d'água pelos campos de dunas, tendendo a apresentar uma disposição alongada e perpendicular à linha de costa. As lagoas de origem freática ocorrem devido à

pequena profundidade dos lençóis subterrâneos e surgem nas bacias de deflação de posicionamento interdunar.

As Planícies Lacustres e Flúvio-lacustres possuem principalmente vegetação herbácea onde predominam gramíneas. Nos espelhos d'água ocorrem diversas formas de algas. Quando as Planícies Flúvio-lacustres ocupam uma área maior, a vegetação também aumenta de porte, havendo então maior variação na sua fisionomia, como no Lagamar do Cauípe, representado na foto abaixo.



FIGURA 16 – Mata de várzea com carnaubal da APA do Lagamar do Cauípe em Caucaia.

3.6. Maciços Residuais

Os Maciços Residuais da RMF são encontradas nos municípios de Caucaia, Maracanaú, Maranguape, Pacatuba e Guaiúba, onde se destacam as serras de Maranguape (no município de Maranguape) e da Aratanha (nos municípios de Pacatuba e Guaiúba). Ambas possuem direção predominantemente NE-SW. Devido à erosão diferencial em relação às Depressões Sertanejas, possuem altimetria mais elevada, atingindo entre 700 a 800 m, quebrando a monotonia do sertão (SINFOR, 1995, p. 22).

Litologicamente, os maciços são formados por rochas do embasamento cristalino, com primazia por litologias metamórficas, apresentando-se fortemente dissecados em topos convexos e aguçados, eventualmente ocorrendo interflúvios dotados de declives mais suaves.

Os maciços encontrados na Região Metropolitana de Fortaleza são considerados áreas de exceção em meio ao semi-árido, pois as condições climáticas são mais amenas, entre úmidas e subúmidas. Isto ocorre devido aos relevos mais elevados funcionarem como barreiras para os ventos úmidos vindos do oceano, que são forçados a subir e, com a diminuição da temperatura, a umidade se condensa, provocando as chuvas orográficas. Nas vertentes a barlavento e nos platôs das serras de Maranguape e Aratanha, as condições climáticas têm médias anuais entre 900 e 1600 mm e a temperatura também apresenta médias mais amenas em relação às demais unidades. Contudo, as vertentes a sotavento, as cristas e os agrupamentos de *inselbergs* possuem condições ambientais mais semelhantes às Depressões Sertanejas semi-áridas, já que a altimetria não supera os 600 m e a incidência de chuvas é bem menos abundante que nas vertentes a barlavento.

A drenagem possui padrões dendrítico e subdendrítico com elevado poder de entalhe, que contribui para intensificar a dissecação do relevo em feições de cristas e de colinas. Os vales têm forma de “V”, que se alargam em pontos de suavização dos perfis, contribuindo para a deposição dos sedimentos carreados, formando os alvéolos. Devido à litologia não permitir infiltração, a região possui baixo potencial de águas subterrâneas, exceto nas áreas com fraturas. Nos setores a barlavento, o intemperismo químico é dominante, enquanto a sotavento e nas serras secas, que possuem condições ambientais mais agressivas, o intemperismo físico é o principal processo modelador da paisagem.

Uma vez que há condições de maior umidade nas vertentes de barlavento, os relevos colinosos formam argissolos vermelho-amarelos de fertilidade natural média; nas vertentes de cristas ocorrem neossolos litólicos e afloramentos rochosos; já nos fundos de vales, os alvéolos possuem neossolos flúvicos e coberturas colúviais. Os solos nas vertentes a sotavento e cristas são rasos, prevalecendo os neossolos litólicos e eventualmente ocorrendo manchas de argissolos e encostas semi-desnudas com matacões.

Nas vertentes úmidas e platôs, como consequência das características da umidade e do solo, ocorre o desenvolvimento das matas pluvionebulares, formando enclaves úmidos de grande significado espacial dentro do predomínio das caatingas. Essa vegetação é predominantemente perenifólia, podendo ocorrer também comunidades subperenifólias. Normalmente, as espécies conservam de 75 a 100% das folhas durante o ano. As espécies de porte arbóreo chegam a atingir até 30 metros, enquanto a ocorrência de um estrato arbustivo não chega a ser predominante. No conjunto vegetacional, há grande abundância de líquens, epífitas e lianas. As principais espécies locais nessa unidade são o babaçu (*Orbignya*

martiana), o potumuju (*Centrolobium robustum*), o jatobá (*Hymenaceae courbarie*), o tuturubá (*Lucuna grandiflora*) e o piroá (*Basiloxylom brasiliensis*) (SINFOR, 1995, p. 36).

Já as vertentes a sotavento e cristas possuem características que favorecem o desenvolvimento da mata seca, vegetação arbórea-arbustiva com estrato herbáceo não muito denso, mais desenvolvido no período chuvoso. As principais espécies arbóreas e arbustivas são espinheiro-preto (*Acácia glomerosa*), angico vermelho (*Anadenanthera macrocarpa*), gonçalo-alves (*Astronium fraxinifolium*), barriguda (*Ceiba glaziovii*), pau-ferro (*Caesalpinia leiostachya*), feijão bravo (*Capparis cipropholo*), mulungu (*Erythrina velutina*), coração-de-negro (*Machaerium acutifolium*), cajá (*Spondias mombim*), pau-d'arco-amarelo (*Tabebuia serratifolia*), pajeú (*Triplaris gardneriana*) e pitombeira (*Talisia esculenta*) (CEARÁ, 1998a, p. 161).

Devido à instabilidade topográfica, as vertentes mais íngremes são consideradas ambientes de transição com tendência à instabilidade, com vulnerabilidade entre moderada e forte. A sustentabilidade é moderada desde que com a utilização de técnicas agrícolas conservacionistas. Caso sejam mantidas as atuais condições de uso e de desmatamento indisciplinado, a sustentabilidade torna-se baixa. A seguir, foto da Serra da Aratanha, em Pacatuba, quebrando a monotonia da Depressão Sertaneja.

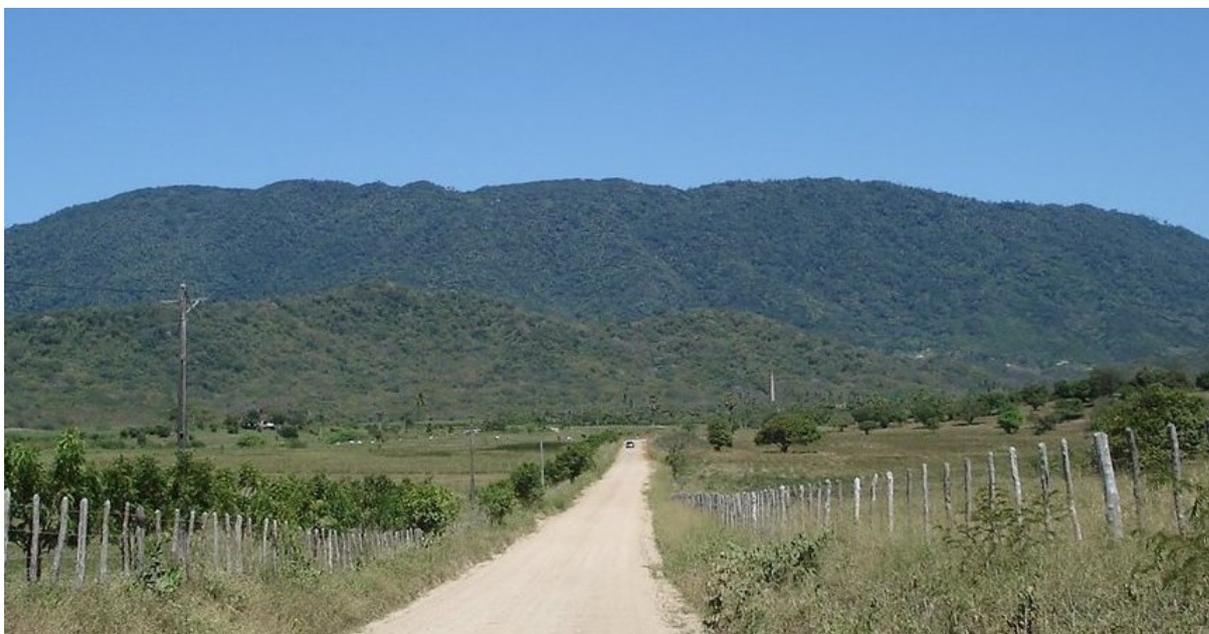


FIGURA 17 – Vista parcial da Serra da Aratanha em Pacatuba.

3.7. Depressão Sertaneja

Situadas entre os Maciços Residuais, as litologias que compõem as Depressões Sertanejas pertencem ao Complexo Nordeste, sendo muito variadas. Por vezes, a erosão diferencial destaca algumas rochas mais resistentes, ao rebaixar ou dissecar áreas formadas por litologias mais tenras. Neste caso, destacam-se campos de *inselbergs* e cristas quartzíticas dispersas pelos sertões; os maciços sertanejos rebaixados também constituem exemplos da ação seletiva dos processos degradacionais (CEARÁ, 1998a).

As Depressões Sertanejas possuem níveis altimétricos médios entre 130 e 150 metros e topografia variando entre plana e levemente ondulada. Sua superfície é notada por aplainamento, onde a ação erosiva se faz presente. O caimento topográfico das depressões parte da base dos maciços residuais e dos *inselbergs* no sentido dos fundos de vales e do litoral.

É na Depressão Sertaneja que se faz sentir com maior intensidade o rigor do clima semi-árido, onde há uma deficiência pluviométrica durante a maior parte do ano. As chuvas são torrenciais e concentradas em não mais do que 60 dias do ano, as chamadas chuvas dos sertões, evidenciando uma irregularidade têmporo-espacial. Ao contrário das chuvas, as variações térmicas são insignificantes, existindo maior amplitude térmica entre os dias (quando há uma forte insolação) e as noites (quando há uma queda significativa da temperatura), com valores sempre inferiores a 5°C. Consistem nas temperaturas mais elevadas do estado, possuindo como médias anuais 26° a 27,4°C.

Devido à variedade litológica desta unidade, há também uma grande diversidade de solos que são caracteristicamente rasos a moderadamente profundos, pedregosos, com grande frequência de afloramentos rochosos, mal drenados, de textura argilosa, fertilidade natural média a baixa e com problemas de sais. Os tipos de solos estão ligados às associações de feições morfológicas, tipos de rochas e clima da região. São encontradas associações de planossolos solódico (baixas vertentes), planossolo nátrico (setores planos dos pedimentos sertanejos), vertissolos, luvisolos (topos e vertentes de colinas rasas sertanejas), argissolos vermelho-amarelos (altas vertentes), neossolos litólicos (altas vertentes e níveis residuais) e afloramento de rochas.

Devido às condições ambientais, instalou-se na região a vegetação de caatinga, adaptada especialmente a este ambiente. A caatinga possui diversificações quanto aos padrões fisionômicos e composições florísticas, de acordo com as condições ambientais. Em regiões

semi-áridas mais moderadas e onde os solos têm melhores condições de fertilidade natural, nota-se o desenvolvimento de uma caatinga arbórea; à medida em que as condições se tornam mais rigorosas, há uma transição entre caatinga arbustiva densa e caatinga arbustiva aberta.

A intermitência sazonal dos cursos d'água justificam a deficiente capacidade de erosão linear e, conseqüentemente, a pequena amplitude altimétrica entre os interflúvios e os fundos de vales, superfícies aplainadas e fracamente entalhadas pela rede de drenagem ramificada e de rios intermitentes. Os leitos arenosos decorrem, em parte, da incorporação de detritos mobilizados pelas enxurradas. A maior parte da drenagem possui padrão dendrítico, observando-se um controle estrutural nas áreas mais intensamente fraturadas. Devido à incapacidade de infiltração das águas no terreno cristalino, há ausência de águas subterrâneas, com exceção do acúmulo de água nos interstícios das fraturas geológicas.

A precária proteção da caatinga favorece a erosão causada pelo escoamento superficial durante a estação chuvosa. As chuvas são mal distribuídas durante o ano e a quadra chuvosa caracteriza-se por precipitações torrenciais, que escoam acompanhando o caimento topográfico, ocasionando o escoamento superficial difuso *sheet flow*. Os fragmentos de rocha que são desagregados mecanicamente mobilizam-se de acordo com a competência do agente seletivo. O material grosseiro permanece na periferia dos relevos residuais, enquanto os clásticos finos são carregados para uma distância maior, justificando o adagalçamento do manto de alteração das rochas, além da elevada freqüência de lajedos e de chãos pedregosos.

A ecodinâmica da Depressão Sertaneja possui como fator de destaque as elevadas alternâncias térmicas diárias e a concentração do ritmo pluviométrico. A alta temperatura, a ausência de chuvas regulares e a alta amplitude térmica entre os dias e as noites fazem com que as rochas com textura granular se desagreguem, se dilatando durante os dias mais quentes e voltando ao estado normal durante as noites mais frias, tornando a erosão mecânica predominante nestes ambientes. A decomposição química é pouco significativa, uma vez que a região é seca e possui uma estagnação efêmera das águas. São notadas principalmente nas caneluras que sulcam as encostas dos *inselbergs* ou dos maciços sertanejos.

O uso atual da Depressão Sertaneja está predominantemente voltado para as atividades agropecuárias. A vulnerabilidade às secas é alta devido ao pequeno potencial hídrico durante a maior parte do ano e à atual conservação dos solos e da vegetação, que se encontram extremamente degradados. A vulnerabilidade futura é alta, haja vista as condições de sustentabilidade baixa e muito baixa. Abaixo, vista parcial do Sertão do Centro Norte, em São Gonçalo do Amarante.



FIGURA 18 – Superfície plana da Depressão Sertaneja em São Gonçalo do Amarante

Para uma melhor visualização da distribuição espacial desta compartimentação geoambiental, foi elaborado o mapa das Unidades Geoambientais da Região Metropolitana de Fortaleza apresentado a seguir.

MAPA 01: UNIDADES GEOAMBIENTAIS

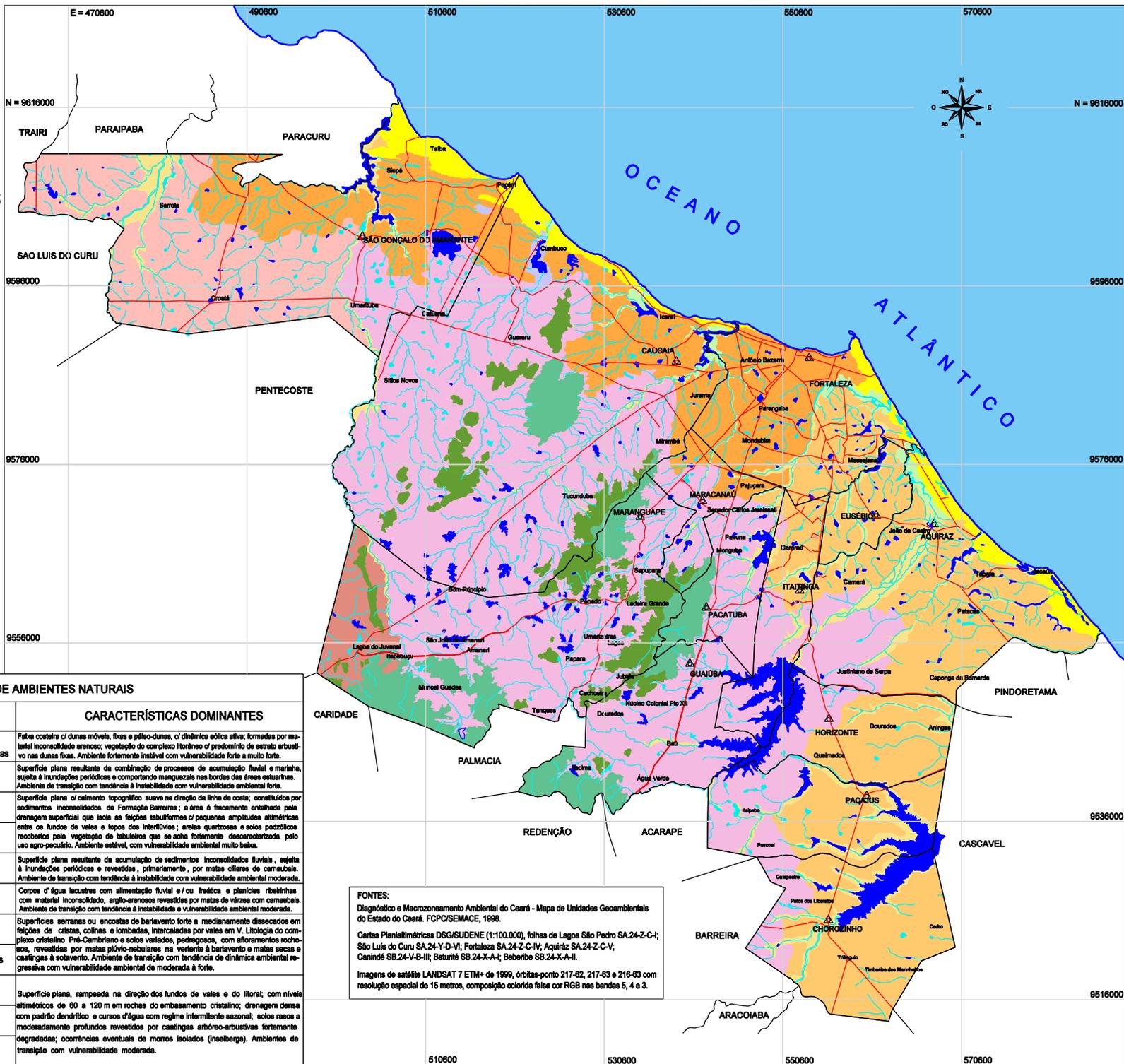
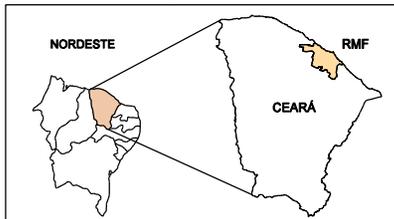
SÍMBOLOS CONVENCIONAIS

- Limite da área ———
- Limite municipal ———
- BR e CE ———
- Sede municipal ▲
- Rio / Riacho ———
- Lagoas e açudes ———



PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR
DATUM: SAD-99. FUSO: -24

Localização da Área de Estudo



CATEGORIAS ESPACIAIS DE AMBIENTES NATURAIS

GEOSSISTEMAS	GEOFÁCIAS	CARACTERÍSTICAS DOMINANTES
Planície Litorânea	(Acd) - Faixa de Praia, Terraço Marinho e Campo de Dunas Móveis, Fixas e Paleodunas	Faixa costeira c/ dunas móveis, fixas e péleo-dunas, c/ dinâmica edífica ativa; formadas por material inconsolidado arenoso; vegetação do complexo florístico c/ predomínio de estrato arbustivo nas dunas fixas. Ambiente fortemente instável com vulnerabilidade forte a muito forte.
	(Aptm) - Planície Flúvio-Marinha	Superfície plana resultante da combinação de processos de acumulação flúvio e marinha, sujeita à inundações periódicas e comportando manguezais nas bordas das áreas estuárias. Ambiente de transição com tendência à instabilidade com vulnerabilidade ambiental forte.
Glaci de Acumulação Pré-Litorâneos	(Ata) - Tabuleiros Arenosos	Superfície plana c/ alinhamento topográfico suave na direção de linha de costa; constituídos por sedimentos inconsolidados da Formação Barreiras; a área é fraccamente entalhada pela drenagem superficial que isola as feições tabuleiformes c/ pequenas amplitudes altimétricas entre os fundos de vales e topos dos interflúvios; areias quartzosas e solos podzólicos recobertos pela vegetação de tabuleiros que se acha fortemente descaracterizada pelo uso agro-pecuário. Ambiente estável, com vulnerabilidade ambiental muito baixa.
	(Atr) - Tabuleiros Areno-Argilosos	Superfície plana resultante da acumulação de sedimentos inconsolidados flúvio, sujeita à inundações periódicas e revestidas, principalmente, por matas ciliares de carnauais. Ambiente de transição com tendência à instabilidade com vulnerabilidade ambiental moderada.
Planície Ribeirinha	(Apl) - Planície Fluvial	Corpos d'água lacustres com alimentação flúvio e/ou freática e planícies ribeirinhas com material inconsolidado, argilo-arenosos revestidas por matas de várzea com carnauais. Ambiente de transição com tendência à instabilidade e vulnerabilidade ambiental moderada.
	(Apl) - Planície Lacustre, Flúvio-lacustre e Áreas de Acumulação	Superfícies serranas ou encostas de barlavento forte a medianamente dissecadas em feições de cristas, colinas e lombadas, intercaladas por vales em V. Litologia do complexo cristalino Pré-Cambriano e solos variados, pedregosos, com afloramentos rochosos, revestidas por matas plúvio-nubulares na vertente à barlavento e matas secas e caatingas à sotavento. Ambiente de transição com tendência de dinâmica ambiental regressiva com vulnerabilidade ambiental de moderada à forte.
Depressão Sertaneja	(Mru) - Níveis de cimeira e Vertentes úmidas	Superfícies serranas ou encostas de barlavento forte a medianamente dissecadas em feições de cristas, colinas e lombadas, intercaladas por vales em V. Litologia do complexo cristalino Pré-Cambriano e solos variados, pedregosos, com afloramentos rochosos, revestidas por matas plúvio-nubulares na vertente à barlavento e matas secas e caatingas à sotavento. Ambiente de transição com tendência de dinâmica ambiental regressiva com vulnerabilidade ambiental de moderada à forte.
	(Mrs) - Serras Secas e Vertentes Sub-úmidas	Superfícies serranas ou encostas de barlavento forte a medianamente dissecadas em feições de cristas, colinas e lombadas, intercaladas por vales em V. Litologia do complexo cristalino Pré-Cambriano e solos variados, pedregosos, com afloramentos rochosos, revestidas por matas plúvio-nubulares na vertente à barlavento e matas secas e caatingas à sotavento. Ambiente de transição com tendência de dinâmica ambiental regressiva com vulnerabilidade ambiental de moderada à forte.
	(Dscp) - Sertões do Choró/Pacoti	Superfície plana, rampeada na direção dos fundos de vales e do litoral; com níveis altimétricos de 60 a 120 m em rochas do embasamento cristalino; drenagem densa com padrão dendrítico e cursos d'água com regime intermitente sazonal; solos rasos a moderadamente profundos revestidos por caatingas arbóreo-arbustivas fortemente degradadas; ocorrências eventuais de morros isolados (inselbergs). Ambientes de transição com vulnerabilidade moderada.
	(Dscn) - Sertões do Centro Norte	
	(Dscp) - Sertão de Canindé	

FONTES:
Diagnóstico e Macrozoneamento Ambiental do Ceará - Mapa de Unidades Geoambientais do Estado do Ceará. FCP/SEMACE, 1998.
Cartas Planialtimétricas DSG/SUDENE (1:100.000), folhas de Lagoa São Pedro SA.24-Z-C-I; São Luís do Curu SA.24-Y-D-VI; Fortaleza SA.24-Z-C-IV; Aquiduz SA.24-Z-C-V; Canindé SB.24-V-B-II; Baturité SB.24-X-A-I; Beberibe SB.24-X-A-II.
Imagens de satélite LANDSAT 7 ETM+ de 1999, órbitas-ponto 217-62, 217-63 e 218-63 com resolução espacial de 15 metros, composição colorida false color RGB nas bandas 5, 4 e 3.

3.8. Uso e ocupação

Fortaleza é o município mais importante da área em estudo e do próprio Ceará. Além das funções administrativas que acumula como sede do poder estadual, o município apresenta grande dinamismo comercial, industrial, financeiro, cultural e turístico. Sua influência extrapola os limites estaduais, atingindo municípios do Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Piauí e Maranhão (CEARÁ, 1998 b).

Principal foco de atração de migrantes do Estado, em menos de um século a população de Fortaleza cresceu em mais de 1.900.000 habitantes. Hoje, a capital cearense é a quarta maior cidade do Brasil e segunda da região Nordeste, possuindo população estimada para 2005 em 2.374.944 habitantes (IBGE, 2000). Nesse processo, a área urbana expandiu-se, as atividades econômicas se desenvolveram, o número de casas e prédios cresceu, a arquitetura e a rede de transportes alteraram-se, mudando rapidamente a paisagem da cidade e contribuindo para o aumento da degradação ambiental. O Quadro 06 mostra o crescimento da população do Ceará e de Fortaleza, bem como a porcentagem da população do Estado na capital.

Ano	População do Ceará	População de Fortaleza	Concentração Populacional do Estado em Fortaleza (%)
1960	3.296.366	514.818	15,62
1970	4.361.603	857.980	19,67
1980	5.288.253	1.307.611	24,73
1991	6.366.647	1.768.638	27,78
1996	6.809.794	1.965.513	28,86
2000	7.430.661	2.141.402	28,82

QUADRO 06 – Evolução da população do Ceará e do município de Fortaleza (1960-2000). Fonte: Síntese Diagnóstica do município de Fortaleza.

Tal como Fortaleza, os demais municípios que compõem a RMF também sofreram profundas transformações nas últimas décadas. Em 2000, os treze municípios possuíam 2.984.689 habitantes (38,0% da população do estado). O Quadro 07 quantifica a área, a população e a densidade demográfica dos municípios que formam a RMF.

Municípios	Área (km ²)	População*	Densidade Demográfica (hab./km ²)*
Aquiraz	481,0	69.343	144,164
Caucaia	1.227,9	303.970	247,552
Chorozinho	278,4	20.721	74,428
Eusébio	76,6	38.448	501,932

Fortaleza	313,1	2.374.944	7585,257
Guaiúba	267,2	21.339	79,861
Horizonte	160,0	43.505	271,906
Itaitinga	150,8	33.221	220,298
Maracanaú	105,7	193.879	1834,238
Maranguape	590,8	98.429	166,602
Pacajus	254,4	51.757	203,447
Pacatuba	132,4	60.701	458,466
São Gonçalo do Amarante	834,4	39.569	47,422
Total	4.872,7	3.349.826	687,468

QUADRO 07 – Área, população e densidade demográfica dos municípios da RMF, estimado para 2005. Fonte: IBGE, 2000 e IPECE, 2000 *Estimativa para o ano de 2005.

O Ceará apresenta disparidade econômica entre a capital e as cidades do interior do Estado. A produção de riqueza em Fortaleza é gerada em 59,75% pelo comércio e serviços, 40,01% pela indústria e 0,23% pela agropecuária, revelando-se como núcleo hegemônico das atividades econômicas do Estado. O setor terciário, de comércio e serviços, com ênfase para o comércio varejista e o turismo, ocupa o primeiro lugar na estrutura econômica, seguido pelo setor secundário, onde se destacam as indústrias de transformação e construção civil (SOARES, 2004, p. 49).

Segundo dados do Instituto de Pesquisa Estratégica do Estado do Ceará (IPECE), Fortaleza possui o melhor Índice de Desenvolvimento Humano Municipal do Estado. Contudo, este dado isolado é insuficiente, uma vez que, a nível nacional, sua posição é 927º, o que demonstra que ainda há muito a ser feito não só pela capital cearense, mas para o Estado como um todo. Esse índice considera as taxas de esperança de vida, de alfabetização de adultos, de frequência escolar, renda per capita, longevidade, etc. (op. cit.).

Há na Região Metropolitana uma grande área urbana consolidada, o que, de acordo com a Resolução nº. 303/2002 do CONAMA, em seu Art. 2º, significa possuir os seguintes critérios:

- a) definição legal pelo poder público;
- b) existência de, no mínimo, quatro dos seguintes equipamentos de infra-estrutura urbana:
 1. malha viária com canalização de águas pluviais,
 2. rede de abastecimento de água;
 3. rede de esgoto;
 4. distribuição de energia elétrica e iluminação pública;
 5. recolhimento de resíduos sólidos urbanos;
 6. tratamento de resíduos sólidos urbanos; e
- c) densidade demográfica superior a cinco mil habitantes por km².



FIGURA 19 – Vista parcial do intenso processo ocupação da cidade de Fortaleza.

Embora 71,2% da população total da RMF corresponda à população de Fortaleza, é preciso registrar que as transformações sofridas pelos municípios da Região Metropolitana não se refletem necessariamente no aumento de sua população residente. As casas de veraneio, tanto na praia quanto na serra multiplicaram-se, e as atividades turísticas cresceram sobremaneira, modificando a paisagem, a economia e a cultura desses municípios.

Segundo dados da Secretaria do Turismo do Estado do Ceará (SETUR), houve um crescimento expressivo do fluxo turístico no Ceará via Fortaleza no período de 1995/2005, quando a taxa média de crescimento do fluxo foi de 11,7% ao ano. O aumento de visitantes na capital cearense saltou de 762 mil em 1995 para 1.969 mil em 2005. Entre os anos de 2003 e 2005, Fortaleza foi a capital brasileira mais procurada como destino turístico pelos brasileiros no mês de julho (CEARÁ, 2006, p. 4 e 5).

Segundo Lima (1995, p. 11), as características dos resíduos sólidos variam em função de fatores climáticos, demográficos, sazonais, socioeconômicos e culturais de cada país, região ou localidade. O aumento do fluxo turístico na região possui como uma de suas conseqüências o aumento acelerado da geração de resíduos sólidos, resultado das atividades humanas, da concentração de pessoas e do aumento da produção individual de rejeitos. Para a gestão e gerenciamento dos resíduos domiciliares, é necessária a caracterização física dos resíduos, de modo a definir o tipo de tratamento e aproveitamento dos materiais.

Em Fortaleza, nos meses de alta estação, o aumento no consumo da água-de-coco gera 40 ton./dia de coco verde na Avenida Beira-Mar e na Praia do Futuro. “Cerca de 70% do lixo gerado no litoral dos grandes centros urbanos do Brasil é composto por cascas de coco

verde, material de difícil degradação e que, além de foco e proliferação de doenças, vem diminuindo a vida útil de aterros sanitários” (EMBRAPA, 2006).

A primeira unidade de beneficiamento de casca de coco verde, resultado de um projeto da Embrapa-CE, está instalada na estação de triagem e transbordo do Jangurussu. Esta unidade fabrica produtos a partir do pó e das fibras extraídas da casca, com capacidade para processar 30 toneladas de casca/dia. O pó produzido pode ser utilizado como substrato agrícola e composto orgânico e a fibra bruta gerada serve como matéria-prima para a fabricação de derivados, como placas, vasos e artesanatos diversos. Derivados da casca de coco verde podem substituir o uso da samambaiçu (espécie ameaçada de extinção) na fabricação de vasos e substratos agrícolas para plantas. Pesquisas estão sendo desenvolvidas para utilização da fibra na indústria automotiva e construção de um sistema de geração auto-sustentável de energia elétrica a partir de biomassa residual de fibra de coco e outras fontes (op. cit).

A tendência da Região Metropolitana é ampliar o espaço urbano avançando sobre os municípios limítrofes à capital, com a incorporação de uma periferia metropolitana crescente, para onde deverão deslocar-se os novos contingentes populacionais. A expansão de Fortaleza, atualmente, ocorre no sentido leste, em direção aos municípios de Eusébio e Aquiraz. Como consequência, há uma valorização do solo nessa região, com empreendimentos para as classes média e alta, como condomínios residenciais, colégios, faculdades, grandes supermercados, etc. (CEARÁ, 1998 b, p. 32).

Ainda sobre a densidade populacional, o litoral, principalmente nas proximidades de Fortaleza, é a região mais densamente povoada. Mas, apesar de a região sertaneja possuir um histórico de dispersão e declínio populacional, os sertões da RMF apresentam os maiores valores de densidade demográfica em relação aos sertões do resto do estado, sendo Maracanaú e Caucaia os municípios com depressão sertaneja de maior densidade demográfica. Nas regiões serranas, o mesmo ocorre: em relação ao litoral, há um baixo contingente populacional relativo e baixa densidade populacional. No entanto, se comparadas a outras regiões serranas, os municípios de Maranguape e Pacatuba são os mais densamente povoados (op. cit., p. 33-35).

A RMF conta com uma boa concentração industrial, principalmente nos setores alimentício, químico e têxtil, onde se destacam os municípios de Caucaia e Maracanaú, sendo neste último localizado o Distrito Industrial de Fortaleza. Maracanaú é o segundo município cearense em arrecadação, perdendo apenas para Fortaleza. (ALMEIDA, 2005 e SINFOR, 1995).

A RMF tem sofrido várias mudanças no decorrer dos últimos anos devido às grandes obras de infra-estrutura e equipamentos que se instalam em Fortaleza e imediações, que foram determinantes na dinâmica e composição de sua paisagem. Entre estas obras, destacam-se o Complexo Industrial e Portuário do Pecém, localizado em São Gonçalo do Amarante. Nas suas imediações serão construídas uma usina termelétrica, uma refinaria de petróleo e uma siderúrgica que, por sua vez, deverão atrair uma série de novos investimentos. No setor leste foi implantado o corredor industrial Horizonte-Pacajus com mais de 10 quilômetros ao longo da BR-116, onde várias indústrias em funcionamento geram empregos e dinamizam o comércio e os serviços urbanos dos dois municípios, atraindo a população da zona rural e de cidades próximas.

Outros investimentos realizados no sentido de dinamizar o escoamento da produção e incentivar o turismo local, foram o Aeroporto Internacional Pinto Martins, a ponte rodoviária sobre o rio Ceará e a rodovia Sol Poente (ou Via Estruturante), que facilitam o escoamento dos fluxos para o litoral oeste e a duplicação da CE-040 que liga Fortaleza ao litoral leste.

Quanto às atividades agroindustriais, de uma maneira geral, a agropecuária cearense pode ser classificada segundo sua distribuição espacial, onde aparecem quatro grandes subdivisões: o litoral, com destaque para o cultivo de caju e algumas outras frutas; a Região Metropolitana, que se destaca com a avicultura intensiva; as serras úmidas, com a horticultura; e o sertão semi-árido, com a pecuária bovina extensiva mista (carne e leite) e a produção de grãos (principalmente milho e feijão) (CEARÁ, 1998 b, p. 44).

Culturas tradicionais de subsistência como feijão, milho, mandioca e arroz aparecem em todos os municípios da Região Metropolitana. Outros produtos são destinados à exportação (castanha de caju, frutas tropicais, cera de carnaúba), onde grande parte é produzida em estabelecimentos de pequenas dimensões, muitas vezes de forma extensiva e extrativista, com a utilização de técnicas tradicionais, o que causa sérios impactos no meio ambiente rural. Maranguape se destaca no cultivo do arroz, São Gonçalo do Amarante na produção de cana-de-açúcar e mandioca. A fruticultura possui maior evidência na planície litorânea e nos glaciais pré-litorâneos. É destacada em Maranguape a produção de abacate, banana, laranja, tangerina, melão, limão e mamão; em Aquiraz, o cultivo do abacaxi; em Caucaia, o côco-baia e a manga; em Pacajus, goiaba e caju; em Guaiúba, laranja (CEARÁ, 1998 b).

Quanto à pecuária, o gado bovino é o mais numeroso, havendo em todos os municípios, muito embora a região sertaneja seja, historicamente, a zona fisiográfica

pecuarista por excelência. Na Região Metropolitana, Caucaia possui uma boa representatividade em gado bovino e na produção de leite, suínos, caprinos, bubalinos, coelhos e aves; Maranguape, na produção de leite e suínos; Fortaleza, na produção de bubalinos, aves e ovos. A RMF é a maior produtora de aves e ovos de todo o estado, sendo a produção concentrada em Aquiraz, Fortaleza, Maranguape, Horizonte, Pacajus, Caucaia e Eusébio (op. cit.).

O Ceará possui 333 assentamentos federais, dos quais 07 estão localizados nos municípios da Região Metropolitana. São eles: Siupé, em São Gonçalo do Amarante; Angicos, Boqueirão/Capim Grosso, Santa Bárbara, Lagoa da Serra e Santa Luzia/Umari em Caucaia (onde se concentra a maior parte dos assentamentos) e Zé Lourenço/Chorozinho, no município de Chorozinho (INCRA, 2006). Segundo Medeiros (2003), a reforma agrária refere-se ao aspecto fundiário, ou seja, significa a redistribuição da propriedade da terra em benefício dos pequenos agricultores e trabalhadores rurais, fazendo-se necessária uma reforma agrícola que garanta condições de produção. Enquanto isso, Bergamasco e Norder (1996) definem assentamento rural como a criação de novas unidades de produção agrícola por meio de políticas governamentais, com vistas ao ordenamento do uso da terra em benefício dos trabalhadores rurais sem terra ou com pouca terra (CARVALHO & MENDES, 2006).

Dentre os impactos causados pela produção agropecuária e extrativista da região, os mais graves são o desmatamento desordenado, a destruição e a poluição das reservas de água-doce (águas subterrâneas e de superfície), o aumento da erosão e da perda de fertilidade do solo, sua salinização por práticas de irrigação inadequada, o assoreamento de rios e lagoas, entre outros (CEARÁ, 1998 b, p. 66).

Na Região Metropolitana de Fortaleza por possuir uma grande área e diversidades paisagísticas, existem lugares com atributos ambientais de importância ecológica a ponto de possuírem o *status* de espaços especialmente protegidos. Estes envolvem duas categorias, que são as Áreas de Preservação Permanente (APP), definidas pelos artigos 2º e 3º do Código Florestal Brasileiro Lei nº 4.771/1965 e as Unidades de Conservação (UC), estabelecidas pela Lei nº 9.985/2000 que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC).

O Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza estabeleceu *critérios e normas para a criação, implantação e gestão das unidades de conservação*. Os objetivos do SNUC são definidos pelo art. 4º:

- I – contribuir para a manutenção da diversidade biológica e dos recursos genéticos no território nacional e nas águas jurisdicionais;
- II – proteger as espécies ameaçadas de extinção no âmbito regional e nacional;
- III – contribuir para a preservação e a restauração da diversidade de ecossistemas naturais;

- IV – promover o desenvolvimento sustentável a partir dos recursos naturais;
- V – promover a utilização dos princípios e práticas de conservação da natureza no processo de desenvolvimento;
- VI – proteger paisagens naturais e pouco alteradas de notável beleza cênica;
- VII – proteger as características relevantes de natureza geológica, geomorfológica, espeleológica, arqueológica, paleontológica e cultural;
- VIII – proteger e recuperar recursos hídricos e edáficos;
- IX – recuperar ou restaurar ecossistemas degradados;
- X – proporcionar meios e incentivos para atividades de pesquisa científica, estudos e monitoramento ambiental;
- XI – valorizar econômica e socialmente a diversidade biológica;
- XII – favorecer condições e promover a educação e interpretação ambiental, a recreação em contato com a natureza e o turismo ecológico;
- XIII – proteger os recursos naturais necessários à subsistência de populações tradicionais, respeitando e valorizando seu conhecimento e sua cultura e promovendo-as social e economicamente.

As Unidades de Conservação, por sua vez, estão divididas em dois grandes grupos: Unidades de Proteção Integral e Unidades de Uso Sustentável. As Unidades de Proteção Integral ou Unidades de Conservação de Uso Indireto têm por objetivo preservar a natureza, admitindo somente o uso indireto dos seus recursos naturais através de atividades educacionais, científicas e recreativas. Dentro deste grupo, estão as Reservas e Estações Ecológicas, as Reservas Biológicas, os Parques Nacionais e Estaduais, os Monumentos Naturais e os Refúgios de Vida Silvestre.

As Unidades de Uso Sustentável ou Unidades de Conservação de Uso Direto têm como meta a conservação da natureza. Permitindo, contudo, a utilização sustentável de parte dos recursos naturais. Estão dentro deste grupo as Áreas de Proteção Ambiental, Áreas de Relevante Interesse Ecológico, Florestas Nacionais, Reservas Extrativistas, Reservas de Fauna, Reservas de Desenvolvimento Sustentável e Reservas Particulares do Patrimônio Natural.

As Unidades de Conservação da Região Metropolitana de Fortaleza estão listadas abaixo, e maiores detalhes de cada uma estão no Anexo B (SEMACE, 2006):

- ⇒ Federal
 - ⇒ Reserva Extrativista do Batoque
- ⇒ Estadual
 - ⇒ Parque Ecológico do Rio Cocó
 - ⇒ Parque Estadual Marinho da Pedra da Risca do Meio
 - ⇒ Estação Ecológica do Pecém
 - ⇒ Corredor Ecológico do Rio Pacoti
 - ⇒ Parque Botânico do Ceará
 - ⇒ Área de Proteção Ambiental da Serra da Aratanha

- ⇒ Área de Proteção Ambiental do Lagamar do Cauípe
- ⇒ Área de Proteção Ambiental do Pecém
- ⇒ Área de Proteção Ambiental do Estuário do Rio Ceará
- ⇒ Área de Proteção Ambiental do rio Pacoti
- ⇒ Municipal
 - ⇒ Área de Proteção Ambiental de Maranguape
 - ⇒ Parque Ecológico da Lagoa da Maraponga
 - ⇒ Jardim Botânico de São Gonçalo
- ⇒ Particular
 - ⇒ Reserva Ecológica Particular Lagoa da Sapiranga
 - ⇒ Reserva Particular do Patrimônio Natural Monte Alegre

De maneira a melhor visualizar como se dá a distribuição espacial do uso e ocupação da Região Metropolitana de Fortaleza, segue o Mapa 02: Uso e Ocupação

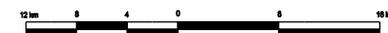
MAPA 02: USO E OCUPAÇÃO

SÍMBOLOS CONVENCIONAIS

- Limite da área 
- Limite municipal 
- BR e CE 
- Rio / Riacho 
- Lagoas e açudes 

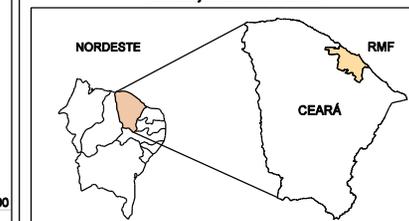
TIPOLOGIA DE USO E OCUPAÇÃO

OCUPAÇÃO URBANA	TIPOLOGIA DE USO E OCUPAÇÃO
OCUPAÇÃO URBANA	 Área Urbana Consolidada
	 Empreendimentos turísticos + expansão urbana + segundas residências + vilas
	 Distritos Industriais
	 Projeto de Assentamento
INDUSTRIAL	 Vegetação de mangue
	 Complexo Vegetacional do Litoral
	 Mata Ciliar
	 Vegetação conservada a parcialmente degradada
	 Vegetação degradada + pecuária extensiva + extrativismo vegetal + agric. de subsistência
	 Agroindústria / Agroextrativismo
	 Unidades de Conservação*

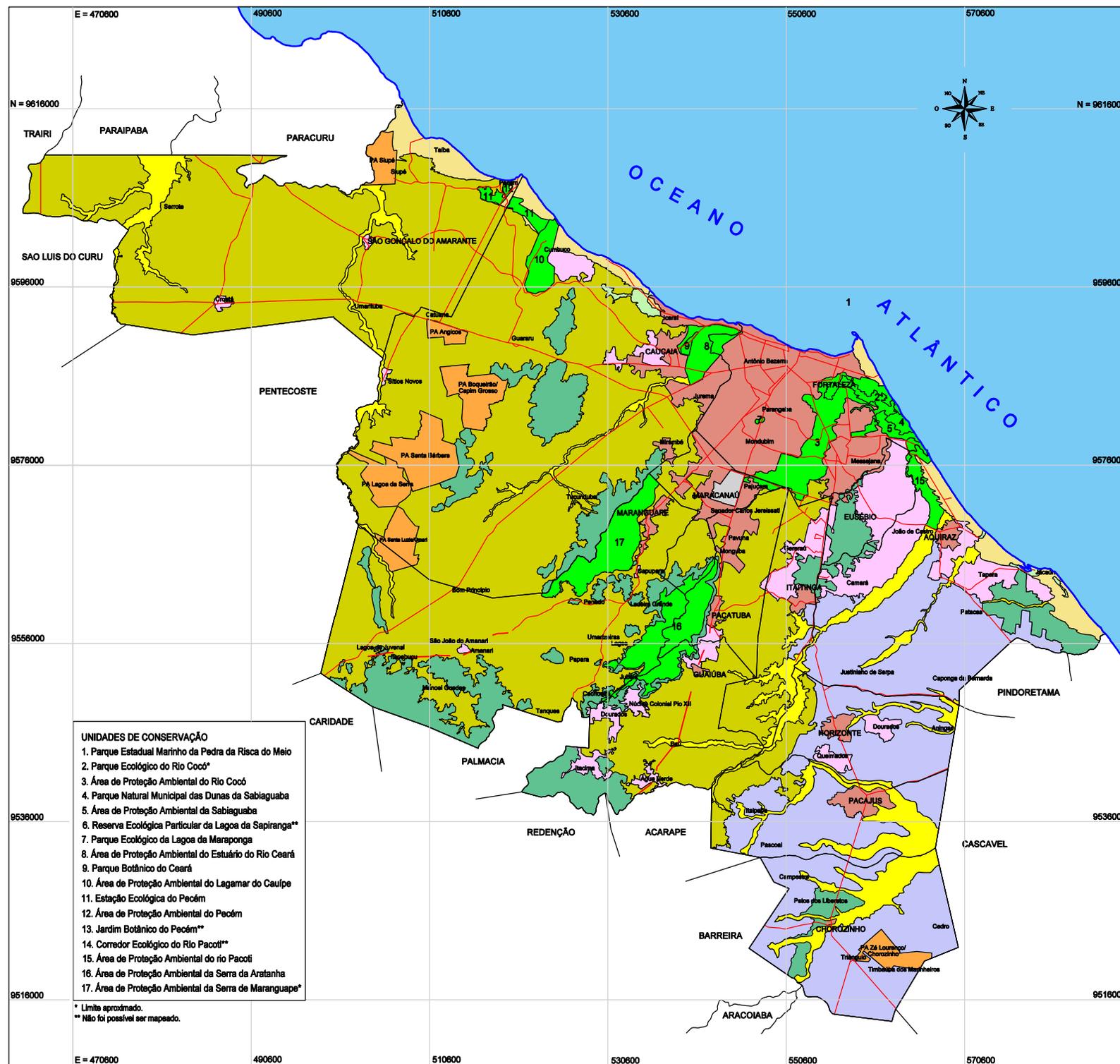


PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR
DATUM: SAD-69. FUSO: -24

Localização da Área de Estudo



FONTE:
Cartas Planialtimétricas DSG/SUDENE (1:100.000), folhas de Lagoas São Pedro SA.24-Z-C-I; São Luís do Curu SA.24-Y-D-V-I; Fortaleza SA.24-Z-C-V; Aquiridz SA.24-Z-C-V; Carinidz SB.24-V-B-III; Baturité SB.24-X-A-I; Beberibe SB.24-X-A-II. INCRÁ, 2005.



UNIDADES DE CONSERVAÇÃO

1. Parque Estadual Marinho da Pedra da Risca do Meio
2. Parque Ecológico do Rio Cocó*
3. Área de Proteção Ambiental do Rio Cocó
4. Parque Natural Municipal das Dunas da Sabiaguaba
5. Área de Proteção Ambiental da Sabiaguaba
6. Reserva Ecológica Particular da Lagoa da Sapiiranga**
7. Parque Ecológico da Lagoa da Maraponga
8. Área de Proteção Ambiental do Estuário do Rio Ceará
9. Parque Botânico do Ceará
10. Área de Proteção Ambiental do Lagamar do Caupe
11. Estação Ecológica do Pecém
12. Área de Proteção Ambiental do Pecém
13. Jardim Botânico do Pecém**
14. Corredor Ecológico do Rio Pacoti**
15. Área de Proteção Ambiental do rio Pacoti
16. Área de Proteção Ambiental da Serra da Aratanha
17. Área de Proteção Ambiental da Serra de Maranguape*

* Limite aproximado.
** Não foi possível ser mapeado.

4. OS ATERROS SANITÁRIOS DA RMF

4.1. O tratamento dos resíduos sólidos e as repercussões socioambientais na Região Metropolitana de Fortaleza

Os resíduos sólidos urbanos produzidos na Região Metropolitana de Fortaleza compõem uma massa heterogênea que requer tratamentos específicos e diversificados. Contudo, assim como em grande parte das cidades brasileiras, em especial no Nordeste, a política de manejo dos resíduos no Ceará possui um histórico precário e ineficiente. De acordo com a Superintendência Estadual do Meio Ambiente (SEMACE), dos 184 municípios do estado, apenas sete possuem aterros com condições adequadas de uso: Aquiraz, Maracanaú, Caucaia, Pacatuba, Sobral, Nova Jaguaribara e Quixadá (Diário do Nordeste, 20.09.2006).

Fazendo uma retrospectiva, em 50 anos Fortaleza contou com quatro “lixões” e um aterro controlado. Em 1968 existia o “lixão” da Barra do Ceará e, entre 1968 e 1978, o “lixão” do Henrique Jorge (SILVA, 2003, p. 33).

No ano de 1978 foi construído o aterro do Jangurussu, localizado na porção sudoeste do município de Fortaleza, mais precisamente na Avenida Jangurussu, à margem esquerda do rio Cocó. Este aterro tinha como objetivo dar um melhor destino para os resíduos produzidos na capital do estado. A princípio, foi projetado como uma solução temporária, trabalhando como um aterro controlado com vida útil de dez anos, tempo em que deveria ser providenciado um novo aterro sanitário. Contudo, este tempo foi se prolongando e o aterro funcionou por 20 anos, sendo desativado somente em julho de 1988 (op. cit., p. 33).

Com o passar dos anos, devido ao despreparo das autoridades para lidar com o problema dos resíduos de uma cidade em expansão, o gerenciamento desorganizado e a falta de infra-estrutura fizeram do aterro controlado do Jangurussu um aterro comum, vulgarmente chamado de “lixão”.

A carga máxima permitida para o funcionamento normal do aterro foi ultrapassada, de modo que o local passou a representar perigo em potencial para a comunidade vizinha, por ser um centro irradiador de animais e doenças, susceptível à ocorrência de incêndios descontrolados em razão da combustão espontânea do metano.

Também se tornou um risco para o meio ambiente, pois o aterro se encontra a uma distância de cerca de 100 metros do rio Cocó, um dos principais rios de Fortaleza.

Um aterro do porte do Jangurussu, mesmo desativado, continua produzindo chorume por vários anos, até décadas. Neste caso, a contaminação chega ao rio Cocó, seja pela infiltração no subsolo, seja diretamente devido à obstrução do dreno que servia para levar o chorume até a lagoa de estabilização, ocasionando vazamentos e percolação até às camadas mais profundas do solo, contaminando o lençol freático e o rio, que por sua vez leva poluição até o oceano. Em períodos chuvosos, o problema se acentua, pois as águas pluviais se misturam, aumentando seu volume. A poluição do rio é demonstrada claramente pelas elevadas concentrações de NH₃ (amônia), cloreto, DBO₅ (Demanda Bioquímica de Oxigênio⁷), NO₃ (nitrato) e coliformes totais e fecais. Em determinados pontos, as águas possuem características de esgotos a céu aberto, pois são receptoras de uma mistura de efluentes industriais e domésticos e do chorume do aterro (CEARÁ, 1994, p. 3.46).

O Jangurussu foi e ainda é um dos grandes problemas ambientais e sociais de Fortaleza. Incêndios provocados pela combustão de gases representam perigo para os catadores de lixo (inclusive crianças) que freqüentam o local e desenterram os detritos em busca de material reciclável. Várias residências irregulares de baixa renda ocupam áreas de risco nas proximidades do aterro, revelando a permanente miséria local.

O solo continua comprometido por anos como consequência da contaminação pelo chorume, sendo esta a razão do engavetamento temporário do projeto que previa a instalação de um parque no local do Jangurussu. Segundo o Júlio César Silva (CEFET-CE), a solução para este problema está na drenagem permanente, uma moderna técnica que retorna o chorume tratado para o próprio aterro, evitando a contaminação do meio ambiente. Contudo, essa tecnologia é cara e falta uma política de gerenciamento de resíduos sólidos no Ceará para que soluções desse porte sejam aplicadas (Diário do Nordeste, 03.10.2006).

Outro problema que marcou o aterro do Jangurussu foi a existência de aproximadamente 2.925 catadores trabalhando no local, incluindo menores de idade (cerca de 44%) que disputavam entre si os restos levados pelos caminhões de coleta. Apesar de necessária, a desativação do Jangurussu gerou tensões entre prefeitura e catadores, uma vez que cerca de 460 deles deveriam ter sido absorvidos na usina de reciclagem, mas apenas 75 pessoas foram reintegradas ao trabalho, no ano de 1998 (SILVA, 2003, p. 34).

⁷ Indicador que determina indiretamente a concentração de matéria orgânica biodegradável através da demanda de oxigênio exercida por microrganismos através da respiração (LIMA, 1995, p. 35).

Durante seus 20 anos de funcionamento, o Jangurussu era o único existente para atender toda Fortaleza, recebendo, diariamente, no período da sua desativação, 3.300 toneladas de resíduos sólidos, ocupando uma área de 21,6 hectares que, em alguns pontos, chegou a possuir mais de 35 metros de altura, em forma de chapada (SANTOS, 2006, p. 119).

Devido à necessidade de desativar o Jangurussu e a precariedade do sistema de limpeza urbana da capital cearense, em 1992 foi firmado um acordo entre o Governo do Estado do Ceará e o Banco Inter-americano de Desenvolvimento (BID), um contrato que viabilizaria recursos para financiar um conjunto de obras que integram o Sub-programa de Limpeza Pública do Programa de Infra-estrutura Básica do Saneamento de Fortaleza – SANEAR (CEARÁ, 1994, p.2).

Como solução integrada para equacionar o problema dos resíduos sólidos da RMF, o Projeto procurou atender a Grande Fortaleza quanto ao saneamento básico, com obras de esgotamento sanitário, drenagem, urbanização, limpeza urbana, instalação de hidrômetros e relocação de famílias.

Quanto à limpeza urbana, em especial aos resíduos sólidos, o Projeto propôs soluções específicas, dentre as quais se destacam a implantação de três *aterros sanitários* para armazenar os resíduos produzidos na cidade; o *sistema de reciclagem* como forma de reaproveitar os materiais descartados e reduzir o volume dos resíduos dispostos nos aterros; a *usina de incineração*, eficiente para o tratamento dos resíduos perigosos e provenientes das unidades de saúde. O projeto também propôs a *desativação e recuperação ambiental do aterro do Jangurussu*, que conta com a implementação de uma *Estação de Transferência*, com os objetivos de reduzir custos de transporte e dar maior flexibilidade ao sistema de limpeza, a *drenagem de gases e do chorume*, *estação de tratamento do chorume* com lagoas de estabilização; e, finalmente, a *aquisição de equipamentos* para operação e manutenção dos sistemas de coleta (op. cit., p. 1.8).

A localização do complexo de obras em áreas contíguas ao próprio aterro foi escolhida por diversas razões, tais como Fortaleza indispor de terrenos adequados a sua implantação; existência de terrenos que comportam a instalação das obras na área de influência do Jangurussu; o aterro demonstrar significativo impacto ambiental dentro do espaço urbano e a população da área circunvizinha já conviver com a operacionalização do sistema de limpeza urbana ali atuante, devendo ser compensada com as obras de recuperação do aterro e medidas de controle ambiental. Ademais, a localização das obras em uma mesma área garante o melhor controle operacional do sistema devido à gerência centralizada e diminui os custos de implantação; a estação de transferência fica locada em área mais

próxima possível ao Aterro Sanitário Sul, reduzindo os custos com transporte; e a população de catadores pode ser observada mais cuidadosamente no decorrer do sistema de reciclagem, o que lhes proporcionaria melhores condições de trabalho (op. cit., p. 1.9).

Foram dadas como justificativa para as obras a desativação do aterro do Jangurussu e sua reintegração ao contexto urbanístico e paisagístico de Fortaleza; a melhoria da qualidade de vida da população que sobrevive da catação e habita o entorno do Jangurussu; a eliminação da maior fonte de poluição do rio Cocó; o reaproveitamento de parte dos resíduos, com redução do volume a ser disposto em aterros; a queima dos rejeitos provenientes de unidades hospitalares, animais mortos e outros resíduos perigosos; a recuperação da área do aterro e a possibilidade de transformá-la em uma grande área verde para a cidade de Fortaleza (op. cit., p. 2.12).

Em 1994 o aterro do Jangurussu foi parcialmente desativado, com a transferência de parte dos resíduos coletado em Fortaleza, destinando-se ao Aterro Metropolitano Oeste, em Caucaia (ASMOC), para que, enfim, no ano de 1998, o aterro deixasse totalmente de receber os resíduos da capital. O ASMOC já funcionava desde 1991, recebendo resíduos apenas de Caucaia.

O quadro dos demais municípios da Região Metropolitana também se encontrava longe do satisfatório. Os resíduos sólidos eram lançados a céu aberto, em terrenos um pouco mais afastados dos núcleos urbanos, resultando em todos os problemas e inconvenientes de praxe.

Fortaleza produz, em média, 2.375 toneladas de resíduos sólidos doméstico diariamente e gasta aproximadamente 4.000.000 reais mensalmente para coletar e dar destinação apropriada para ele. São empregados mais de 1.200.000 reais por mês para coletar os resíduos taxados de não-identificado, que poderia ser economizado caso os moradores obedecessem aos dias de coleta e não deixassem os resíduos encalhados em terrenos baldios e em canteiros de ruas e avenidas (IBGE, 2000 e Diário do Nordeste, 03.10.2006).

A Região Metropolitana de Fortaleza possui atualmente quatro aterros sanitários – o Aterro Metropolitano Oeste (ASMOC), o Aterro Metropolitano Sul (ASMS), o Aterro Metropolitano Leste (ASML) e o Aterro de Pacatuba, que funcionam de forma consorciada. Também está sendo construído um quinto aterro no município de Horizonte. Os aterros não recebem apenas os resíduos do município nos quais se localizam, mas de uma região, pois, como já dito anteriormente, essa prática é cada vez mais comum, pois os espaços para construção de aterros são escassos, e a tendência é piorar com a conurbação.

A grande produção de lixo, diariamente, aliada à escassez de áreas para a destinação do mesmo, exige a adoção de soluções de caráter metropolitano, destinando-se áreas para receber resíduos sólidos de mais de um município. (ASTEF, 1989a, p. 05)

O Aterro Metropolitano Oeste (Figura 20) localiza-se no município de Caucaia, a Leste do loteamento "Jardim Fortaleza", sendo o acesso feito pela rodovia federal BR-222, em trecho de 5,5 km, seguindo depois pela rodovia BR-020, num percurso de 8,5 km. A partir daí, o acesso é feito por uma estrada asfaltada de 1,8 km, construída a partir da margem sul da rodovia (op. cit., p. 05).



FIGURA 20 – Tratores operando no ASMOC em Caucaia.

O ASMOC tem como objetivo dar um destino final adequado aos resíduos produzidos no município de Fortaleza e no município de Caucaia, que até sua construção, eram depositados, respectivamente, no aterro do Jangurussu e em depósito a céu aberto. A implantação do aterro é justificada pela necessidade de se resolver, de forma sanitária, o problema do destino dos resíduos desses dois municípios (ASTEF, 1989b, p. 4).

O aterro foi projetado para uma vida útil de 16,5 anos no período de 1989 a 2005. Possui uma área de 123,20 hectares e capacidade de armazenagem de 11 milhões de toneladas⁸, tendo já ocupado 75% deste total. Recebe 2.800 toneladas de resíduos diariamente e está em funcionamento desde março de 1991, embora só tenha passado a receber os resíduos sólidos de Fortaleza em maio de 1998, após o fechamento do Jangurussu. Sua capacidade

⁸ O peso refere-se ao total de resíduos somados à cobertura de terra exigida no gerenciamento de um aterro sanitário. A mesma observação vale para os demais aterros.

mensal para recebimento de lixo é de 61.125 ton./mês, e sua vida útil está prevista para 15 anos (SILVA, 2003, p. 36 e CEARÁ, 1994).

Do ponto de vista ambiental, o aterro encontra-se localizado na Formação Barreiras, na unidade do Glacis Pré-Litorâneo, onde o relevo apresenta-se predominantemente plano, com trechos suave ondulado. Em junho de 1989, foi realizada uma investigação geotécnica de campo, onde, através de sondagens e percussão, observou-se que o terreno apresenta uma primeira camada composta principalmente de areia fina e média, siltosa, com matéria orgânica e pedregulhos, com espessura de 30 a 80 cm. As camadas situadas abaixo apresentam predominância de areia argilosa, sendo, portanto, de baixa permeabilidade (ASTEF, 1989b, p. 34).

Em alguns furos foi constatada a presença de água, o que, contudo, não significa a existência de nível estável do lençol freático, pois esta foi uma conseqüência da acumulação temporária de águas pluviais, considerando que a precipitação ainda era intensa no período das sondagens. As características do solo não indicam a existência de um aquífero no subsolo. Também próximo à área do aterro, encontra-se o riacho Garoto, que escoar apenas no período chuvoso, ficando completamente seco na estiagem. Ainda assim, o ASMOC situa-se a mais de 300 m do riacho, estando, portanto, dentro dos padrões indicados pela ABNT (op. cit., p. 35).

O Aterro Metropolitano Sul, em funcionamento desde agosto de 1996, está situado no município de Maracanaú, às margens da estrada que liga sua sede à Maranguape, distando cerca de 2 km da Lagoa de Maracanaú, na margem esquerda da estrada que liga a sede municipal de Maracanaú à Maranguape. O atual local do aterro coincide com o lixão onde eram deixados os resíduos sólidos da cidade de Maracanaú (ASTEF, 1989a, pg. 07).

Os aspectos considerados para a escolha desse local foram a necessidade de implantação de um aterro que venha a receber os resíduos de mais de um município, pela tendência natural de conurbação global da região; o fato de o terreno situar-se na área sul, permitindo a ampliação dos setores de coleta de lixo nos municípios de Fortaleza, Maracanaú e Maranguape; a facilidade de acesso; a conservação dos recursos hídricos; a impossibilidade de localização do aterro em locais mais próximos dos centros geradores de resíduos, quer pela existência de habitação, quer pelas condições topográficas, geológicas e ambientais nem sempre adequadas e, finalmente, a possibilidade de aproveitamento futuro da área do aterro, após sua desativação (op. cit., p. 08).

O objetivo maior do empreendimento foi adotar uma solução sanitária para o destino final dos resíduos dos municípios de Fortaleza (em parte), Maracanaú e Maranguape,

desativando os inadequados depósitos existentes até então. O aterro recebe, por dia, cerca de 250 a 300 toneladas de resíduos e possui capacidade para armazenar 10,1 toneladas. Com área aproximada de 89,20 hectares, sua vida útil foi projetada para 20 anos (op. cit., p. 6).

O ASMS encontra-se nos Tabuleiros Pré-litorâneos, possui relevo predominantemente plano e sedimentos arenosos do Grupo Barreiras. Uma investigação geotécnica realizada em agosto de 1985 verificou que o terreno apresenta uma primeira camada basicamente de areia fina e média, siltosa, com pedregulhos, medianamente compacta, marrom clara, com espessura variando de 30 a 1,10 cm. As características do solo não indicam a existência de um aquífero no subsolo, pois não foi encontrado nível d'água nos furos de sondagens. Contudo, como medida mitigadora, foram recomendadas trincheiras nas áreas mais elevadas do terreno no período de chuvas para controle do escoamento do chorume (op. cit., p. 44 e 45).

O único recurso hídrico próximo à área do empreendimento, o açude Furna da Onça, situa-se a mais de 500 metros da área do aterro, de modo a diminuir os riscos de contaminação do manancial e do lençol freático, obedecendo às normas de Engenharia Sanitária para que sejam minimizados os impactos que o mesmo possa causar sobre o meio ambiente.

Apesar dos estudos que foram realizados para o melhor funcionamento do aterro, na realidade existe um grande número de catadores, inclusive crianças (Figura 21) e as residências próximas ao local contam com péssimas condições sanitárias.



FIGURA 21 – Desorganização e catadores de lixo no ASMS em Maracanaú.

O Aterro Metropolitano Leste (Figuras 22 e 23), ativo desde agosto de 1996, situa-se no município de Aquiraz, a 4,0 km ao sul da cidade homônima e a 254,00m da CE-004, na Gleba de Terra pertencente ao Sítio Jampeiro, na localidade denominada Machuca. O ASML recebe os resíduos dos Municípios de Aquiraz e Eusébio. Antigamente recebia cerca de 100 toneladas de resíduos por dia; contudo, atualmente, esse número subiu para 130 toneladas e tende a aumentar com o passar dos anos. Sua capacidade é de 300 mil toneladas mensais e sua vida útil é prevista para 20 anos (SILVA, 2003, p. 34).

O aterro opera perfeitamente, dentro dos padrões da Engenharia Sanitária. Encontra-se em terreno afastado dos domicílios e possui vegetação no seu entorno para proteção de odores, animais que circulam à procura de comida e poluição visual. O aterro possui captação e tratamento do chorume. Não foi verificada a existência de catadores no local.



FIGURA 22 – Vista parcial do ASML com trincheiras lacradas, iluminação, calçamento e vegetação protetora em Aquiraz.



FIGURA 23 – Operação do trator de compactação no topo na trincheira, com vegetação protetora ao fundo no ASML em Aquiraz.

O município de Pacatuba também possui um aterro sanitário organizado, no Alto Fechado, devidamente licenciado pela SEMACE. Foi construído em 2003, e em 2004 começou a receber os resíduos sólidos. Sua vida útil está projetada para 20 anos, e possui capacidade para 423.477 toneladas de resíduos (SEMACE, 2006).

Itaitinga firmou um convênio com a Prefeitura de Pacatuba para que seus resíduos sólidos domésticos e hospitalares fossem encaminhados para o aterro sanitário de Pacatuba, para que então o lixão da cidade, que funcionou por mais de 20 anos, fosse definitivamente desativado.

Em Horizonte está sendo construído um Aterro Sanitário onde serão depositados os resíduos domiciliar e hospitalar do município, a 44 km de Fortaleza. Os resíduos sólidos da cidade são atualmente depositados em duas áreas a céu aberto: uma em Dourados e outra na sede do município (Diário do Nordeste, 13.08.2006). A previsão de conclusão das obras está prevista para 2007. O aterro deverá ter vida útil de 20 anos e capacidade para receber 1.040.620 toneladas de resíduos (SEMACE, 2006).

Ao mesmo tempo em que esta pode ser uma solução para o problema do destino final dos resíduos da cidade, tem causado polêmica entre a população, que teme a implantação do aterro em área próxima a recursos hídricos, tais como os rios Malcozinhado e Catu. Tal receio justifica-se pelo fato de moradores das localidades próximas utilizarem poços artesanais de pouca profundidade, de onde tiram a água para consumo direto, e pela existência de criadores de peixes em açudes circunvizinhos. Como conseqüência, a comunidade tem

recorrido a ações populares para embargar a obra, apesar de esta encontrar-se em estado avançado (Diário do Nordeste, 13.08.2006).

A despeito da tentativa de solucionar o problema da destinação dos resíduos sólidos na Região Metropolitana, os problemas estão longe de terminar. Ainda é possível notar a existência de lixões a céu aberto, com catadores, como nos municípios de São Gonçalo do Amarante (Figura 24) e Guaiúba, apesar de este se localizar próximo a Pacatuba, onde existe um aterro sanitário.



FIGURA 24 – Lixão em São Gonçalo do Amarante com tendas de catadores ao fundo.

Segundo um censo realizado pela Prefeitura de Fortaleza através do Instituto Municipal de Pesquisa, Administração e Recursos Humanos do Município (IMPARH), existem entre 6 e 8 mil homens e mulheres trabalhando como catadores de lixo nas ruas de Fortaleza. Cada catador arrecada, em média, 15 kg de material por dia, totalizando 120 toneladas de resíduos, evitando que, por mês, 3.120 toneladas entrem no Aterro Sanitário de Caucaia.

Das 2.375 toneladas de resíduos gerados diariamente em Fortaleza, pouco é reciclado. Sabe-se que até 35% dos resíduos coletados nos aterros podem ser reciclados e que 74% da poluição do ar e 35% da poluição da água poderiam ser reduzidos.

Na Região Metropolitana de Fortaleza existem apenas duas cooperativas de catadores regulamentadas. São elas: Cooperativa dos Catadores do Conjunto Vida Nova (Convida), que funciona ao lado do Aterro Sanitário de Maracanaú, e a Usina de Triagem do Jangurussu, que se localiza no aterro do Jangurussu (Diário do Nordeste, 1.11.2006).

O galpão de triagem e reciclagem do Jangurussu, que funcionava inadequadamente, passou por reformas (recapeamento do asfalto, construção de rampas para descida do lixo, conserto das cinco esteiras de triagem e melhoria do galpão que abriga os resíduos selecionados, compra de novos equipamentos, caminhão e material de segurança) (Diário do Nordeste, 06.07.2006). Apesar das reformas, é preciso atentar para a manutenção a longo prazo do investimento, uma vez que Fortaleza possui um histórico de tentativas sem sucesso na administração de galpões de triagem e reciclagem.

4.2. Critérios para escolha de áreas para aterros e matriz de execução no contexto ambiental da RMF

São obrigatórios pela legislação brasileira os estudos de impactos ambientais para qualquer investimento que demande a execução de grandes obras de engenharia. Na década de 80, o Governo Federal instituiu a Lei 6.938/81, sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, que estabelece os princípios, os objetivos e o Sistema Nacional do Meio Ambiente. É criado o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), que tem como atribuições estabelecer normas e critérios para licenciamento de atividades poluidoras e determinar a realização de estudos alternativos e das conseqüências de projetos públicos e privados, entre outros. Em 1986, o CONAMA regulamenta os Estudos de Impactos Ambientais (EIA) e os Relatórios de Impactos Ambientais (RIMA) através da Resolução 001/1986, que dispõe sobre seus critérios básicos e diretrizes gerais:

Artigo 1º – Para efeito desta Resolução, considera-se impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que direta ou indiretamente afetem:

I – a saúde, a segurança e o bem-estar da população;

II – as atividades sociais e econômicas;

III – a biota;

IV – as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;

V – a qualidade dos recursos ambientais.

Artigo 2º – Dependerá de elaboração de Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e respectivo RIMA a serem submetidos a aprovação do órgão estadual competente e da SEMA, em caráter supletivo, o licenciamento de atividades modificadoras do meio ambiente, tais como:

[...]

10 – aterros sanitários, processamento e destino final de resíduos tóxicos ou perigosos.

O Estudo de Impacto Ambiental dos empreendimentos que se enquadram nos parâmetros definidos pela Resolução 001 do CONAMA necessitam de Diagnóstico

Ambiental e de análise dos efeitos, ou seja, dos impactos gerados pelos empreendimentos sobre os meios físico, biológico, social e econômico.

A Resolução nº. 308/2002 do CONAMA – "Licenciamento Ambiental de sistemas de disposição final dos resíduos sólidos urbanos gerados em municípios de pequeno porte", estabelece os elementos norteadores para implantação de sistemas de disposição final de resíduos sólidos urbanos em comunidades de pequeno porte, e quanto ao aspecto da seleção de áreas, diz que:

- I - as vias de acesso ao local deverão apresentar boas condições de tráfego ao longo de todo o ano, mesmo no período de chuvas intensas;
- II - adoção de áreas sem restrições ambientais;
- III - inexistência de aglomerados populacionais (sede municipal, distritos e/ou povoados), observando a direção predominante dos ventos;
- IV - áreas com potencial mínimo de incorporação à zona urbana da sede, distritos ou povoados;
- V - preferência por áreas devolutas ou especialmente destinadas na legislação municipal de Uso e Ocupação do Solo;
- VI - preferência por áreas com solo que possibilite a impermeabilização da base e o recobrimento periódico dos resíduos sólidos;
- VII - preferência por áreas de baixa valorização imobiliária;
- VIII - respeitar as distâncias mínimas estabelecidas em normas técnicas ou em legislação ambiental específica, de ecossistemas frágeis e recursos hídricos superficiais, como áreas de nascentes, córregos, rios, açudes, lagos, manguezais, e outros corpos d'água;
- IX - caracterização hidrogeológica e geotécnica da área e confirmação de adequação ao uso pretendido; e
- X - preferência por área de propriedade do Município, ou passível de cessão não onerosa de uso (comodato) a longo prazo ou desapropriável com os recursos de que disponha o Município.

Na elaboração deste trabalho foram utilizados dois quadros correlacionados para a escolha das áreas para aterros sanitários. O primeiro consiste em uma lista de critérios eliminatórios gerais, produzido com base na NBR 13.896, no Código Florestal da Legislação Federal e CONAMA Resolução nº. 308/2002 (Quadro 08). A partir deste, obtém-se a categoria de *áreas vetadas* para aterros, já que esses são parâmetros legais para instalação deste equipamento de grande impacto.

CRITÉRIOS	FAIXA DE AVALIAÇÃO
Distância dos cursos d'água (córregos, nascentes, etc.) (a)	< 200 m
Áreas de inundação (a)	Planícies Fluviais, Lacustres e Flúvio-Marinhas.
Hidrogeologia (a) (c)	Terrenos arenosos, afloramentos rochosos, matacões, etc.
Áreas de Preservação Permanente e Unidades de Conservação (b) (c)	-
Declividade (a)	< 1% e > 30%
Distância do centro atendido (a) (c)	< 500 m

QUADRO 08 – Critérios eliminatórios gerais. (a) NBR 13.896; (b) Código Florestal; (c) CONAMA Resolução nº. 308/2002.

O segundo quadro é formado por critérios estabelecidos a partir da NBR 13.896; Resolução nº. 308/2002 do CONAMA; “Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado” (IPT, 1995) e do “Projeto, Implantação e Operação de Aterros Sustentáveis de Resíduos Sólidos Urbanos para Municípios de Pequeno Porte”, de Gomes & Martins, editado pela ABES (Associação Brasileira de Engenharia Sanitária, 2003). O Quadro 09 contém os critérios a serem considerados, tanto ambientais como de uso e ocupação, as variáveis e a classificação para cada parâmetro.

DADOS NECESSÁRIOS	CLASSIFICAÇÃO DAS ÁREAS		
	RECOMENDADA	RECOMENDADA COM RESTRIÇÕES	NÃO-RECOMENDADA
CARACTERÍSTICAS AMBIENTAIS			
Distância dos cursos d'água (a) (d) (e)	Maior que 1000 m (e)	200 – 1000 m (e)	Menor que 200 m (a) (d) (e)
Declividade (a)	Maior que 1% Menor que 30%	-	Menor que 1% Maior que 30%
Compartimentação geoambiental (c) (d)	Áreas sem restrições no zoneamento ambiental	Áreas sem restrições no zoneamento ambiental	Unidades de conservação e preservação ambiental e vulnerabilidade ambiental alta.
CARACTERÍSTICAS DE USO E OCUPAÇÃO			
Distância do centro atendido (a) (d)	10 km – 20 km (d)	500 m – 10 km (a) (d)	Menor que 500 m (a) Maior que 20 km (e)
Distância de vias (e)	Maior que 1000 metros	100 – 1000 metros	Menor que 100 metros
Densidade populacional (c) (d)	Baixa (pasto, campos)	Média (áreas industriais)	Alta (áreas urbanas)

QUADRO 09 – Classificação dos critérios utilizados. (a) NBR 13.896; (c) CONAMA Resolução nº. 308/2002; (d) Manual de Gerenciamento Integrado – Lixo Municipal; (e) Gomes & Martins (2001) – Resíduos Sólidos Urbanos: Aterros Sustentáveis para Municípios de Pequeno Porte.

Distância dos cursos d'água (córregos, nascentes, etc.)

Segundo a NBR 13.896, o Manual de Gerenciamento integrado (IPT, 1995, p. 106) e Gomes & Martins (2003, p. 56), para evitar a contaminação da água, a distância entre um aterro e um manancial hídrico não pode ser inferior a 200 m, salvo com aprovação do órgão ambiental responsável. Essa distância atende também à Portaria nº. 124 de 20/08/80 do Ministério do Interior, atual Ministério da Integração Nacional, segundo a qual,

[...] quaisquer indústrias potencialmente poluidoras, bem como as construções ou estruturas que armazenam substâncias capazes de causar poluição hídrica, devem ficar a uma distância mínima de 200 metros de coleções hídricas ou cursos d'água mais próximos (apud GOMES, 2001, p. 151).

Como a NBR diz ser necessária uma distância mínima de 200 metros⁹ entre os cursos hídricos e o aterro, será generalizada esta medida em detrimento do Código Florestal, Lei 4.771 de 1965, Art. 2º, e a Resolução do CONAMA 303/2002, Art. 3º, que possuem diversas faixas de largura para Áreas de Preservação Permanente de acordo com o porte do corpo hídrico:

Art. 2º Consideram-se de preservação permanente, pelo só efeito desta Lei, as florestas e demais formas de vegetação natural situadas:

a) ao longo dos rios ou de qualquer curso d'água desde o seu nível mais alto em faixa marginal cuja largura mínima será:

1 - de 30 (trinta) metros para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;

2 - de 50 (cinquenta) metros para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;

3 - de 100 (cem) metros para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;

4 - de 200 (duzentos) metros para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura;

5 - de 500 (quinhentos) metros para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros;

b) ao redor das lagoas, lagos ou reservatórios d'água naturais ou artificiais;

c) nas nascentes, ainda que intermitentes e nos chamados "olhos d'água", qualquer que seja a sua situação topográfica, num raio mínimo de 50 (cinquenta) metros de largura; (Lei 4.771, Art. 2º).

Art. 3º Constitui Área de Preservação Permanente a área situada

I - em faixa marginal, medida a partir do nível mais alto, em projeção horizontal, com largura mínima, de

a) trinta metros, para o curso d'água com menos de dez metros de largura;

b) cinquenta metros, para o curso d'água com dez a cinquenta metros de largura;

c) cem metros, para o curso d'água com cinquenta a duzentos metros de largura;

d) duzentos metros, para o curso d'água com duzentos a seiscentos metros de largura;

e) quinhentos metros, para o curso d'água com mais de seiscentos metros de largura;

II - ao redor de nascente ou olho d'água, ainda que intermitente, com raio mínimo de cinquenta metros de tal forma que proteja, em cada caso, a bacia hidrográfica contribuinte;

III - ao redor de lagos e lagoas naturais, em faixa com metragem mínima de:

a) trinta metros, para os que estejam situados em áreas urbanas consolidadas;

b) cem metros, para as que estejam em áreas rurais, exceto os corpos d'água com até vinte hectares de superfície, cuja faixa marginal será de cinquenta metros; (CONAMA, Resolução 303 de 2002, Art.3º).

Ainda de acordo com Gomes & Martins (2003, p. 56), o ideal recomendado seria uma distância entre o corpo hídrico e o aterro de 1 km. Assim, ficou estabelecido que a área situada entre a distância de 200 m e 1 km se enquadra na classificação “recomendada com restrição” e, acima disto, fica classificada como “recomendada”.

⁹ A critério do OCA (Organismo de Certificação de Sistemas de Gestão Ambiental), essa distância pode ser alterada.

Áreas de inundação

As áreas inundáveis são ambientes de transição entre ambientes terrestres e aquáticos. Domingues (apud SINFOR, 1995, p. 62) define como áreas de inundação aquelas que são “inundadas ou saturadas por água superficial ou subterrânea, numa frequência e duração suficientes para dar suporte a uma vegetação tipicamente adaptada à vida em condições saturadas”.

Essas áreas são impróprias à disposição de resíduos sólidos em virtude da possibilidade de contaminação dos recursos hídricos pelos líquidos gerados nos sistemas de aterramento (Gomes & Martins, 2003, p. 56).

Na Região Metropolitana de Fortaleza essas áreas são bem representadas pelas Planícies Fluviais, Lacustres e Flúvio-Marinhas. Estas desempenham importantes funções ambientais, tanto do ponto de vista biológico quanto físico. Nelas se reproduzem, alimentam, descansam ou vivem diversas espécies de crustáceos, moluscos, peixes e aves aquáticas. Também contribuem para a redução das inundações, pois, ao reterem as águas das chuvas, funcionam como tampões hidrológicos para reservatórios subterrâneos.

Hidrogeologia

Alguns aspectos hidrogeológicos são extremamente relevantes, como lembra a NBR 13.896, uma vez que condicionam a capacidade de depuração do solo e a velocidade de infiltração. De acordo com Guimarães (2000), a profundidade do lençol freático torna-se um fator limitante na seleção de áreas para aterros devido à possibilidade de contaminação pelo chorume.

As rochas e ou sedimentos de granulação grosseira e permoporosas, como as dunas e paleodunas, apresentam sérios problemas em razão de suas altas permeabilidade e a porosidade. Na RMF, devido à elevada permeabilidade das areias e à pequena profundidade do lençol freático onde, por vezes, surgem lagoas ao longo da Planície Litorânea, as dunas são altamente susceptíveis à poluição de seus mananciais hídricos. Dessa maneira, a migração do chorume poderia facilmente contaminar as águas subterrâneas e provocar danos em áreas muito maiores do que aquelas ocupadas pelo aterro, devido à própria dinâmica do lençol freático. A infiltração do chorume em terreno arenoso ocorre com velocidade um milhão de vezes superior àquela que se verifica em terreno argiloso (op. cit.).

Também a Lei nº 4771, de 1965, em seu Art. 2º, considera Área de Preservação Permanente, as florestas e demais formas de vegetação natural situadas nas restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues.

Ainda conforme Guimarães, quanto às rochas de granulação fina, apresentam valores mais baixos de permeabilidade, dificultando a migração de contaminantes. Contudo, terrenos argilosos devem ser avaliados com cuidado visto que, dependendo das variações de temperatura e umidade, podem sofrer processos de expansão e contração, formando gretas que facilitam a percolação do chorume.

Áreas com falhas e descontinuidades geológicas também devem ser evitadas, pois, assim como as gretas de contração, podem funcionar como canais por onde o chorume alcança as águas subterrâneas. Do ponto de vista operacional e econômico, áreas de matacões e afloramentos rochosos devem ser evitadas, pois tanto encarecem o processo de retirada dos grandes blocos de rochas, de difícil remoção, como o processo de obtenção de material para cobertura dos aterros, uma vez que haverá mais gastos com combustível para o deslocamento de caminhões até locais com tal material (GUIMARÃES, 2000).

Áreas de Preservação Permanente e Unidades de Conservação

A legislação brasileira fornece uma série de instrumentos jurídicos para assegurar um meio ambiente sadio e equilibrado, dentre os quais são mais importantes a Carta Magna, o Código Florestal (Lei nº 4.771/1965), a Política Nacional de Meio Ambiente (Lei nº 6.938/1981), a Lei de Crimes Ambientais (Lei nº 9.605/1998), o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (Lei nº 9.985/2000), o Sistema Nacional de Meio Ambiente (SISNAMA), o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), entre outras instâncias nas esferas estadual e municipal.

A Região Metropolitana de Fortaleza, como já mencionado, possui tanto Áreas de Preservação Permanente quanto Unidades de Conservação e ambas devem, de imediato, ser excluídas no processo de pré-seleção de locais para instalação de aterros.

As APPs compreendem espaços especialmente protegidos e não necessitam de instrumentos normativos para sua implementação, pois essas áreas já estão devidamente definidas no Código Florestal (Lei nº 4.771/1965), cabendo ao Poder Público unicamente assegurar sua manutenção e segurança. Entre as APPs encontradas da RMF, estão a mata ciliar ao redor dos reservatórios naturais e/ou artificiais; as formações florestais nos setores

mais elevados da Serra de Maranguape e da Aratanha, em declives maiores que 45%; as áreas de manguezais e vegetação dos campos de dunas.

O Art. 2º do Código Florestal trata das florestas e demais formações vegetais consideradas por esse instrumento como Áreas de Preservação Permanente:

Art. 2º. Consideram-se de preservação permanente, pelo só efeito desta Lei, as florestas e demais formas de vegetação natural situadas:

- a) ao longo dos rios ou de qualquer curso d'água desde o seu nível mais alto cuja largura mínima será (...)
- b) ao redor das lagoas, lagos ou reservatórios de água naturais ou artificiais;
- c) nas nascentes, ainda que intermitentes e nos chamados "olhos d'água", qualquer que seja a sua situação topográfica, num raio mínimo de 50 (cinquenta) metros de largura;
- d) no topo de morros, montes, montanhas e serras;
- e) nas encostas ou partes destas, com declividade superior a 45°, equivalente a 100% na linha de maior declive;
- f) nas restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues: (...)

Também a Lei nº 6.766 de 19/12/1979, em seu artigo 3º, disciplina o parcelamento do solo urbano, explicitando, entre outras coisas:

Parágrafo único. Não será permitido o parcelamento do solo:

- III – em terrenos com declividade igual ou superior a 30% (trinta por cento) salvo se atendidas as exigências específicas das autoridades competentes.
- IV – em terrenos onde as condições geológicas não aconselham a edificação.

A Resolução nº 303/2002 do CONAMA esclarece acerca dos parâmetros, definições e limites das Áreas de Preservação Permanente, que variam, conforme a largura do corpo hídrico, com área territorial ocupada e inclinação do terreno.

Art. 3º Constitui Área de Preservação Permanente a área situada

- I - em faixa marginal, medida a partir do nível mais alto, em projeção horizontal, com largura mínima, de (...)
- II - ao redor de nascente ou olho d'água, ainda que intermitente, com raio mínimo de cinquenta metros de tal forma que proteja, em cada caso, a bacia hidrográfica contribuinte;
- III - ao redor de lagos e lagoas naturais, em faixa com metragem mínima de (...)
- IV - em vereda e em faixa marginal, em projeção horizontal, com largura mínima de cinquenta metros, a partir do limite do espaço brejoso e encharcado;
- V - no topo de morros e montanhas, em áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a dois terços da altura mínima da elevação em relação a base;
- VI - nas linhas de cumeada, em área delimitada a partir da curva de nível correspondente a dois terços da altura, em relação à base, do pico mais baixo da cumeada, fixando-se a curva de nível para cada segmento da linha de cumeada equivalente a mil metros;
- VII - em encosta ou parte desta, com declividade superior a cem por cento ou quarenta e cinco graus na linha de maior declive;
- VIII - nas escarpas e nas bordas dos tabuleiros e chapadas, a partir da linha de ruptura em faixa nunca inferior a cem metros em projeção horizontal no sentido do reverso da escarpa;
- IX - nas restingas (...)
- X - em manguezal, em toda a sua extensão;
- XI - em duna;
- XII - em altitude superior a mil e oitocentos metros, ou, em Estados que não tenham tais elevações, à critério do órgão ambiental competente;
- XIII - nos locais de refúgio ou reprodução de aves migratórias;

XIV - nos locais de refúgio ou reprodução de exemplares da fauna ameaçadas de extinção que constem de lista elaborada pelo Poder Público Federal, Estadual ou Municipal;

XV - nas praias, em locais de nidificação e reprodução da fauna silvestre.

Quanto às Unidades de Conservação da Região Metropolitana, estas ocupam ao todo uma área bastante expressiva, tanto pelo seu grande número como pela sua dimensão espacial. Existem ao todo 16 Unidades de Conservação (a nível federal, estadual e municipal) na RMF. São elas: RESEX do Batoque (Federal); Parque Ecológico do Rio Cocó, Parque Estadual Marinho da Pedra da Risca do Meio, Estação Ecológica do Pecém, Corredor Ecológico do Rio Pacoti, Parque Botânico do Ceará, APA da Serra da Aratanha, do Lagamar do Cauípe, do Pecém, do Estuário do Rio Ceará e do rio Pacoti (Estaduais); APA de Maranguape, Parque Ecológico da Lagoa da Maraponga, Jardim Botânico de São Gonçalo (Municipais); Reserva Ecológica Particular Lagoa da Sapiranga e RPPN Monte Alegre (Particulares) (SEMACE, 2006).

Declividade (Topografia)

A declividade é um quesito fundamental na hora da escolha da área para aterro, uma vez que determinadas áreas tanto possuem limitações do ponto de vista legal, como já descrito, como do ponto de vista técnico e operacional. A NBR 13.896 (p. 3) que diz que “esta característica é fator determinante na escolha do método construtivo e nas obras de terraplanagem para a construção da instalação. Recomendam-se locais com declividade superior a 1% e inferior a 30%”, valores utilizados neste trabalho, enquadrados na categoria “recomendada”.

Do ponto de vista técnico e operacional, segundo Guimarães (2000), a declividade menor que 1% não é aconselhável porque “favorece o acúmulo de água precipitada sobre a sua superfície, permitindo com maior facilidade a infiltração de água para o interior da massa de resíduos e a percolação de poluentes”, além de dificultar a captação do chorume.

A declividade maior que 30%, também considerada inadequada, é susceptível ao desencadeamento de movimentos de massa, provocando erosões, bem como a uma maior possibilidade de escoamento de líquidos percolados que, por sua vez, também causam instabilidade no material inconsolidado. A topografia íngreme também é responsável por maiores dificuldades na execução das obras de engenharia, além de limitar o transporte de material até o local (IPT, 1995).

Como a NBR veta áreas de declividade maior que 30%¹⁰ para construção do aterro sanitário, enquanto o Código Florestal afirma que não se pode construir em áreas de vegetação cuja declividade seja superior a 45%, será adotada a regra da ABNT em detrimento do Código Florestal, por aquela ser mais rigorosa.

Compartimentação geoambiental

Como já mencionado no Capítulo 03, a Região Metropolitana de Fortaleza é compartimentada de acordo com suas características geoambientais. Souza (2000), baseado na análise ecodinâmica de Tricart, diagnosticou o nível de vulnerabilidade e sustentabilidade para cada unidade. O Quadro 10 possui a compartimentação dos geossistemas e geofácies, as condições ecodinâmicas e a vulnerabilidade ambiental para classificação como “recomendada”, “recomendada com restrição” e “não recomendada”.

A coluna com a classificação como área para aterro foi definida a partir das condições de vulnerabilidade de cada ambiente. Assim, quando há vulnerabilidade forte a muito forte, como no caso das planícies litorâneas, flúvio-marinhas, fluviais, lacustres e flúvio-lacustres e maciços residuais, são classificadas como áreas “não-recomendada”. Da mesma maneira, quando há uma vulnerabilidade baixa, como nos glaciais, a classificação é de área “recomendada”. A vulnerabilidade ambiental moderada, como nas depressões sertanejas, fica no meio termo, sendo estas classificadas como áreas “recomendada com restrição” para instalação de aterro sanitário.

Geossistema	Condições Ecodinâmicas e Vulnerabilidade	Classificação como área para aterro
Planície Litorânea	Ambientes instáveis a fortemente instáveis. Vulnerabilidade forte a muito forte.	Não recomendada
Planícies Flúvio-Marinhas	Ambiente instáveis quanto à ocupação. Vulnerabilidade forte	Não recomendada
Glacis Pré-Litorâneos	Ambientes medianamente estáveis. Vulnerabilidade muito baixa.	Recomendada
Planície Fluvial	Ambientes de transição com tendência a estabilidade. Vulnerabilidade moderada.	Não recomendada
Planície Lacustre e Flúvio-lacustre	Ambientes de transição com tendência a estabilidade. Vulnerabilidade moderada.	Não recomendada
Maciços Residuais	Ambiente de transição com tendência de dinâmica ambiental regressiva.	Não recomendada

¹⁰ Locais com declividades maiores que 30% podem ser utilizados a critério da OCA.

Depressão Sertaneja	Ambientes de transição com tendências à estabilidade nas áreas com dinâmica ambiental progressiva e à instabilidade onde a dinâmica é regressiva. Vulnerabilidade ambiental moderada.	Recomendada com restrição
---------------------	--	---------------------------

QUADRO 10 – Classificação das unidades geoambientais como área para aterro. Adaptado de Souza (2000).

O mapa de Vulnerabilidade Ambiental da Região Metropolitana de Fortaleza a seguir é o resultado do Mapa das Unidades Geoambientais associado à classificação dos ambientes de acordo com a ecodinâmica, a vulnerabilidade e a sustentabilidade, como indicado no quadro acima. Também foi associada na legenda a coluna de “classificação como área para aterros”. Desta maneira, obtém-se uma visão geral de como são classificados os ambientes para aterro caso fosse levada em conta apenas a compartimentação das unidades geoambientais.

MAPA 03: VULNERABILIDADE AMBIENTAL E CLASSIFICAÇÃO PARA ATERROS

SÍMBOLOS CONVENCIONAIS

- Limite da área ———
- Limite municipal ———
- Sede municipal ▲

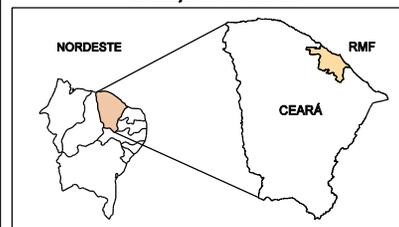
CATEGORIAS ESPACIAIS, VULNERABILIDADE AMBIENTAL E CLASSIFICAÇÃO AMBIENTAL PARA ATERRO

- Ambiente medianamente estável; vulnerabilidade muito baixa; recomendado para aterro.
- Ambiente de transição; vulnerabilidade moderada a alta; recomendado com restrição para aterro.
- Ambiente medianamente instável; vulnerabilidade alta; não recomendado para aterro.
- Ambiente fortemente instável; vulnerabilidade muito forte; não recomendado para aterro.

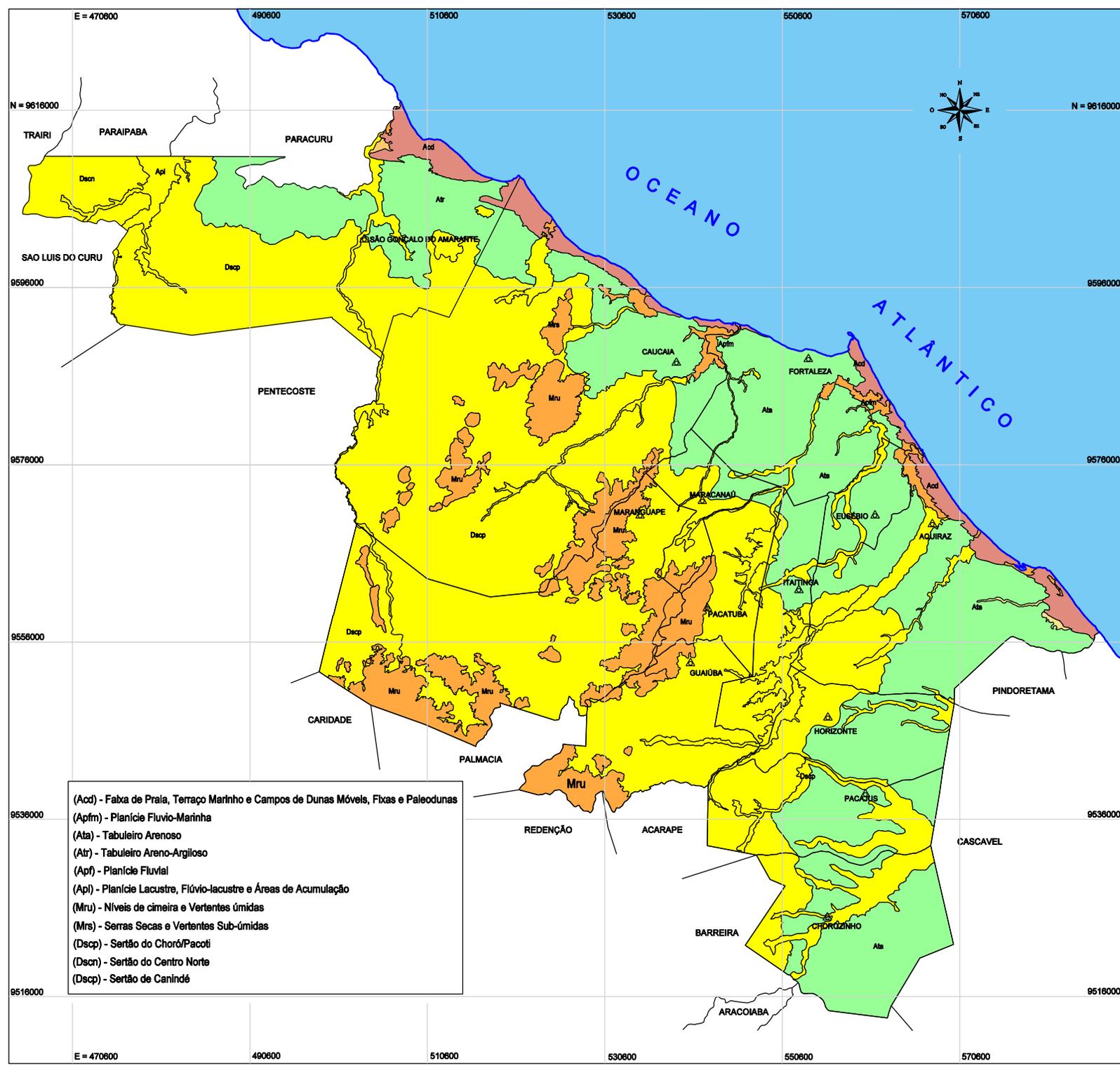


PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR
DATUM: SAD-69. FUSO: -24

Localização da Área de Estudo



FONTE: SOUZA, Marcos Nogueira de. Bases naturais e esboço do zoneamento geoespacial do estado do Ceará. In Compartimentação Territorial e Gestão Regional do Ceará. Ed. FUNECE. Fortaleza, 2000.



- (Acc) - Faixa de Praia, Terraço Marinho e Campos de Dunas Móveis, Fixas e Paleodunas
- (Apfm) - Planície Flúvio-Marinha
- (Ata) - Tabuleiro Arenoso
- (Atr) - Tabuleiro Arenoso-Argiloso
- (Apf) - Planície Flúvia
- (Apl) - Planície Lacustre, Flúvio-lacustre e Áreas de Acumulação
- (Mru) - Níveis de cimeira e Vertentes úmidas
- (Mrs) - Serras Secas e Vertentes Sub-úmidas
- (Dscp) - Sertão do Choró/Pacoti
- (Dscr) - Sertão do Centro Norte
- (Dscn) - Sertão de Canindé

Distância do centro atendido

Devido ao acúmulo de resíduos atrair animais transmissores de doenças, exalar odores desagradáveis, causar impacto visual negativo, aumentar os ruídos pelo incremento do tráfego e operação do aterro e desvalorizar os terrenos que lhe são próximos, de acordo com a NBR 13.896, a distância mínima da mancha urbana deve ser de 500 m. Por esta razão, foi inserida na tabela de critérios eliminatórios gerais. Ao mesmo tempo, o aumento da distância entre o centro produtor de resíduos sólidos e seu depósito eleva os custos de transporte e gerenciamento, o que implica a necessidade de uma combinação desses dois aspectos. Neste trabalho, considera-se como ideal a sugestão do IPT (2000): distância máxima de 20 km, eliminando-se o que for superior a essa distância. Ainda de acordo com o IPT, a distância ideal é entre 10 e 20 km, sendo adotada neste trabalho como “recomendada”. Assim, as áreas entre 500 m e 10 km foram consideradas “recomendada com restrições”.

Distância de vias de acesso

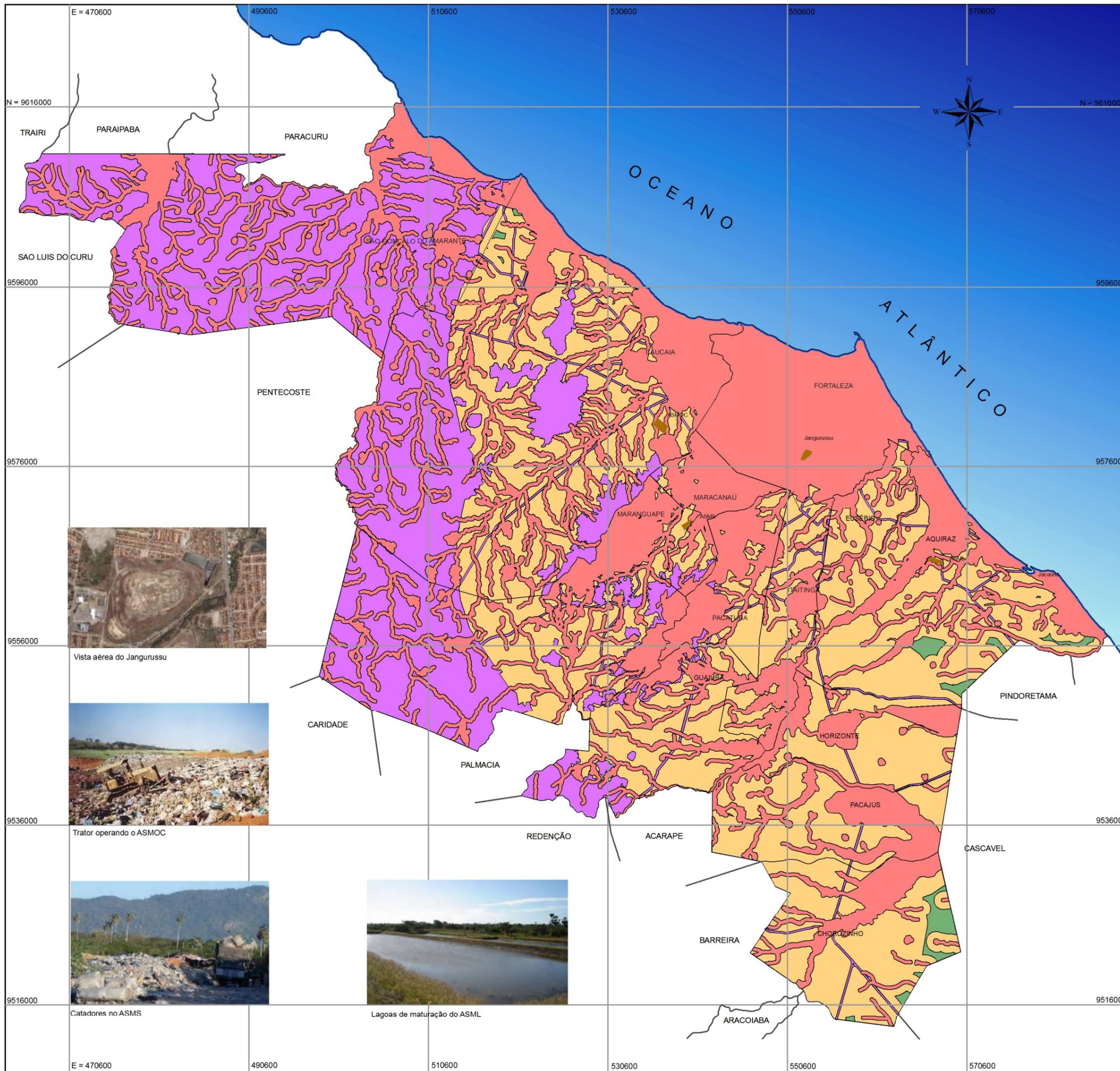
Segundo a Resolução nº. 308/2002 do CONAMA, as vias de acesso ao aterro deverão apresentar boas condições de tráfego ao longo de todo o ano, inclusive nos períodos chuvosos. A localização de um aterro deve ser de fácil acesso, já que as estradas serão utilizadas diariamente durante toda a vida útil do equipamento. Por isso, conforme recomendação de Gomes & Martins (2001), deve-se observar uma distância mínima de 100 m de rodovias estaduais e federais, pois menos que o mínimo será classificado como “não-recomendada”. Assim evitam-se os transtornos causados pelo intenso tráfego de caminhões de lixo e material com solo para as camadas das trincheiras e o perigo dos animais que, em busca de alimento entre os resíduos, podem causar acidentes nas rodovias. Ao mesmo tempo, as mesmas autoras afirmam que a distância recomendada é de 1000 m. Logo, foi considerado como “recomendada com restrições” toda a área situada neste intervalo de 100 a 1000 m das rodovias.

Densidade populacional

O aterro sanitário deve ser localizado fora da área urbana, sendo adequado situar-se em áreas de baixa densidade populacional por se tratar de atividade insalubre, poluidora e causadora de grandes transtornos à população em geral. Assim, de acordo com a densidade da população, foi traçado um paralelo entre a classificação para instalação do aterro: área de densidade baixa corresponde às áreas “recomendadas”; de densidade média, “recomendada com restrições”; de alta densidade, “não recomendada”.

Tendo em vista todos os aspectos acima descritos e justificados, foram realizados, dentro do Sistema de Informações Geográficas, os cruzamentos espaciais das informações propostas de modo que, ao final, fosse obtida como resposta um único mapa com as quatro classificações esperadas de áreas para instalação de aterros sanitários, que são “recomendada”, “recomendada com restrição”, “não recomendada” e “vetada”. Assim, segue o último mapa, produto final deste trabalho: Mapa 04 – Classificação das áreas para aterro sanitário da Região Metropolitana de Fortaleza, CE.

MAPA 04: CLASSIFICAÇÃO PARA ATERROS SANITÁRIOS



Legenda

-  Limite municipal
-  Aterros Metropolitanos
-  Área recomendada
-  Área recomendada com restrição
-  Área não recomendada
-  Área vetada



Vista aérea do Janguassu



Trator operando o ASMOC



Catadores no ASMS

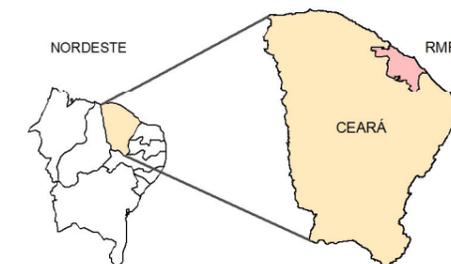


Lagoas de maturação do ASML



PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR
DATUM: SAD-69 FUSO: -24

Localização da Área de Estudo



5. CONCLUSÕES

A Geografia, com o auxílio das ferramentas cartográficas, colabora para o estudo e compreensão de como se dá a distribuição espacial dos fenômenos naturais e sociais, de suas relações e transformações ao longo do tempo. Assim, pode e deve contribuir como instrumento de auxílio na identificação de áreas apropriadas e inapropriadas para localização espacial de equipamentos urbanos de grande impacto como, por exemplo, aterros sanitários.

Os mapas confeccionados no CAD, por consistirem em produtos isolados que precisam ser otimizados, foram introduzidos no Sistema de Informações Geográficas para chegar à indicação das áreas que, do ponto de vista espacial, atendem às restrições legais e às especificações técnicas selecionadas. Através do cruzamento das informações obtidas, foi elaborado o produto final desejado, um mapa com a classificação das áreas para aterros, com as categorias “recomendada”, “recomendada com restrições”, “não recomendada” e “vetada”.

A utilização preliminar de critérios eliminatórios baseados em leis, normas e resoluções que classificam áreas como inaptas (vetadas) possibilita um direcionamento para áreas físicas e legalmente aptas para disposição final de resíduos sólidos. À medida que novas características e categorias forem inseridas, mais complexa se torna esta escolha.

O mapa final de classificação para áreas de aterros sanitários permite a conclusão de alguns pontos importantes:

1. Ao serem somadas as áreas legalmente “vetadas” com as “não recomendadas”, nota-se, pelo mapa, a grande representação espacial das áreas inconvenientes para instalação de aterro. Na Região Metropolitana de Fortaleza, essas duas classificações, somadas, representam 66,65 % de toda a área estudada.
2. Das áreas vetadas, que representam 43,04 %, grande parte coincide com a mancha urbana consolidada da cidade de Fortaleza e adjacências, resultado da conurbação que a região vem sofrendo no decorrer dos últimos anos. Outra característica a ser destacada foi a grande quantidade de Unidades de Conservação existentes na área, bem representadas pelas grandes manchas localizadas nas serras de Maranguape e Pacatuba. Ambientes frágeis em relação à ocupação humana, como a planície litorânea e planícies ribeirinhas, também se sobressaem.
3. Uma grande faixa de área “não recomendada” que ocupa os municípios de São Gonçalo do Amarante, os setores sudoeste de Caucaia, sul-sudoeste de Maranguape e sul de Guaiúba estão assim classificadas por serem mais distantes dos maiores geradores de resíduos

sólidos urbanos, e conseqüentemente, representarem maiores gastos no transporte dos resíduos para os aterros.

4. Manchas com a classificação “não recomendada” no entorno das manchas “vetadas” das serras de Maranguape e Pacatuba também são encontradas. Apesar de não corresponderem às APAs de Maranguape e Aratanha, respectivamente, estes ambientes são assim classificados por estarem em topografia inadequada, dificultando tanto o transporte como a própria construção do aterro, uma vez que há afloramentos rochosos, matacões e pouco material de recobrimento das camadas de resíduos compactadas no aterro.
5. Em contrapartida, a área “recomendada” para a construção de aterros sanitários chega a ser irrisória, correspondendo 0,60 % da área total estudada. Este número tende a diminuir cada vez mais, principalmente se for levada em consideração a necessidade de realização de estudos ainda mais detalhados *in loco*, em escala local e não regional, como é o caso deste trabalho. A princípio, são encontradas pequenas manchas no município de Aquiraz, Chorozinho e Caucaia, ambientes que coincidem com os tabuleiros pré-litorâneos, possuem boa distância dos recursos hídricos, das Unidades de Conservação e Áreas de Proteção Permanente, das manchas urbanas, possuem hidrogeologia favorável, etc.
6. Uma vez que as áreas “vetada” e “não recomendada” ocupam grande parte da região estudada, e a área “recomendada” possui pequena representação espacial, torna-se necessário chamar a atenção para a classificação das áreas “recomendada com restrição”. Esta possui uma representação espacial bem mais expressiva, 32,75 % da área total, em detrimento da categoria “recomendada”.
7. As áreas classificadas como “recomendada com restrição” localizam-se principalmente nos tabuleiros pré-litorâneos e nas depressões sertanejas, por estas possuírem menores restrições ambientais em relação às demais unidades. Contudo, uma análise ainda mais detalhada deverá priorizar as áreas correspondentes ao glacis em detrimento das depressões, principalmente por aquelas possuírem maior espessura quanto ao solo, quesito de grande relevância na escolha para áreas de aterro sanitário, uma vez que, durante todo o seu funcionamento, o aterro precisará de material para recobrimento das camadas de resíduos.

Ao serem plotados três dos atuais aterros da região – o Aterro do Jangurussu, o Aterro Metropolitano Oeste, o Aterro Metropolitano Sul e o Aterro Metropolitano Leste – além do Jangurussu no mapa de Classificação das Áreas para Aterros Sanitários, outras conclusões importantes podem ser elaboradas:

1. Quanto ao Jangurussu, é possível constatar que foi construído em local inapropriado. Uma vez que na época da sua construção Fortaleza não possuísse a mesma distribuição espacial que tem hoje, sua localização mesmo assim não se justificaria, já que sua proximidade com

o rio Cocó é evidente. A esse respeito, o que se pode esperar são políticas eficientes de monitoramento do aterro, mesmo que este não receba mais os resíduos sólidos da cidade, pois os danos ambientais que pode causar ainda são muitos, como já explicitado anteriormente.

2. Quanto aos demais aterros inseridos no mapa, estes se localizam na categoria de área “recomendada com restrição”. A primeira conclusão que pode ser tirada, é que, diferentemente do Aterro do Jangurussu, o ASMOC, o ASMS e o ASML foram planejados com maior rigor técnico na escolha da sua localização.
3. Do ponto de vista prático, é mais fácil um aterro localizar-se em áreas “recomendada com restrição” do que em “áreas recomendada”, devido à escassez destas últimas. Pode-se notar, contudo, que os atuais aterros encontram-se em área de expansão urbana, o que deve ser levado em consideração no planejamento urbano.

As metodologias que adotam critérios detalhados de maneira a permitir uma hierarquização que favoreça uma análise comparativa apresentam uma forma mais segura e clara de selecionar áreas para aterro e ainda favorecem a abstração de questões políticas e emocionais envolvidas na tomada de decisão.

A enorme disparidade espacial entre as áreas recomendadas e não recomendadas, somada à expressão das “recomendadas com restrição”, nos remete à dificuldade de se dar destino final adequado aos resíduos sólidos gerados pela sociedade. A partir daí, existe a necessidade de se repensar medidas para diminuição da quantidade e do volume de resíduos gerados, quanto se gasta de investimento para o seu tratamento e quanto se deveria gastar, pois os impactos são muitos e se acumulam ao longo do tempo.

Por mais que se faça parecerem simples as medidas dos “3Rs”, ou seja, reduzir, reutilizar e reciclar, a verdade é que são complexas. Envolvem não apenas a educação da população frente à problemática da geração de resíduos, mas exigem toda uma mudança cultural frente ao consumismo, o que vai de encontro ao sistema produtivo em que vivemos, onde a geração de resíduos como embalagens é cotidiana em cada domicílio. Isto sem falar em outros tipos de rejeitos, como os industriais, que não estão em discussão neste trabalho. De qualquer maneira, reduzir o desperdício, reutilizar sempre que possível antes de jogar fora e reciclar ou separar para a reciclagem são atitudes válidas na tentativa de diminuir a quantidade de resíduos, e por conseguinte, de aumentar a vida útil dos aterros sanitários.

Os benefícios da reciclagem são facilmente compreendidos pela população, pois a reciclagem de um dado material reduz a utilização de matéria-prima nova, daí sua força como elemento didático e de propaganda. Contudo, a reciclagem ofusca as duas ações que deveriam

precedê-la, a redução do consumo e a reutilização de materiais, além de incentivar o consumo de determinados produtos pelo próprio símbolo “reciclável” em determinados materiais.

Um erro notado não apenas no Ceará, mas nos países em desenvolvimento como um todo, é o incentivo aos grupos de baixa renda que vivem da catação de lixo, na forma de associações e cooperativas, em detrimento da implementação da coleta seletiva nos próprios domicílios. Tal atitude não apenas faz com que se perca muito material reciclável, pois sua qualidade piora caso esteja sujo, molhado ou estragado pela mistura com outros tipos de resíduos, como pode mascarar um grave problema social, dando a falsa sensação de que sobreviver da catação pode ser uma boa alternativa de renda para os mais desafortunados.

Para além da complexa discussão sobre a reciclagem, é necessário ressaltar a importância de medidas como o aproveitamento da casca do coco verde em cidades como Fortaleza. Uma vez recolhida direto dos estabelecimentos geradores e encaminhada para a compostagem, muito se economizaria tanto em termos de deslocamento como em volume “desperdiçado” nos aterros.

Devido à dificuldade de se encontrarem locais ideais para aterros sanitários, é importante aproveitar ao máximo os aterros já construídos e incorporar no planejamento da cidade esta problemática pois, quanto maior é o crescimento urbano, mais se tornam escassos os espaços apropriados para aterros.

Apesar de complexa, a técnica utilizada neste trabalho consiste em apenas uma etapa para a escolha de áreas de aterros, devendo ainda ser seguida de uma avaliação em campo das áreas previamente selecionadas, realizada por um corpo multidisciplinar, contando com geógrafos, geólogos, engenheiros, etc. Após esta avaliação, deve ser elaborado um relatório com os dados finais obtidos e a indicação da área com melhores características para a implantação do projeto.

Devido ao fato de a escolha da área destinada à implantação de aterros sanitários ser baseada em princípios e conceitos que levam em conta os problemas socioambientais causados pela geração de resíduos sólidos, diversos são os atributos a serem observados. As facilidades para a produção de informações georreferenciadas precisas e consistentes para gerenciamento do espaço ficam mais evidentes.

A importância do emprego das tecnologias de geoprocessamento está na melhoria da qualidade dos resultados e nas facilidades em toda a operação. Como são muitas as informações a serem consideradas, o geoprocessamento otimiza o tempo de trabalho, economizando, desta maneira, além de tempo, recursos financeiros, uma vez que as informações produzidas já apresentam as áreas que são fortes candidatas à Avaliação de

Impactos Ambientais. Assim, o geoprocessamento e, em especial, o Sistema de Informações Geográficas, se mostram como ferramentas viáveis para a organização do espaço e, neste caso em particular, para a escolha de áreas para instalação de aterros sanitários.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, Lutiane Queiroz de. **Análise Geoambiental como subsídio ao planejamento territorial do município de Maracanaú – CE.** Dissertação (Mestrado em Geografia). Fortaleza: UECE, 2005.

ARRUDA, Luciene Vieira de. **Serra de Maranguape – CE: ecodinâmica da paisagem e implicações socioambientais.** 162f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Programa Regional de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA. Fortaleza: UFC, 2001.

ART, Henry W. (ed. geral). **Dicionário de Ecologia e Ciência Ambiental.** Mary Leite de Barros (trad.) São Paulo: Companhia Melhoramentos, 1998, 583 p.

ASTEF/UFC. **Relatório de Impacto Ambiental – Aterro Sanitário Oeste.** Fortaleza: Autarquia da Região Metropolitana de Fortaleza, 1989 a, 74 p.

_____. **Relatório de Impacto Ambiental – Aterro Sanitário Sul.** Fortaleza: Autarquia da Região Metropolitana de Fortaleza, 1989 b, 82 p.

BERTRAND, G. **Paisagem e Geografia Física global: esboço metodológico.** São Paulo: Editora Gráfica Cariú, Caderno de Ciências da terra, 1972.

BIFFANI, Pablo. Mimiografado, 2000.

BRANDÃO, Ricardo Lima. **Sistema de informações para a gestão e administração territorial da Região Metropolitana de Fortaleza – Projeto SINFOR: Diagnóstico ecoambiental e os principais problemas de ocupação do meio físico da Região Metropolitana de Fortaleza.** Fortaleza: CPRM, 1995, 88 p.

BRASIL, Constituição Federal. **Coletânea de Legislação de Direito Ambiental**. Odete Medanar (org.). São Paulo: Editora Revista dos Tribunais, 2002. (RT – mini-códigos). Atualizada até 08.01.2002. 766 p.

CALDERONI, Sebatai. **O desperdício do lixo**. IN: III SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE DIREITO AMBIENTAL. Conselho da Justiça Federal, Centro de Estudos Judiciários. Brasília: CJF, 2002, 232p.

CÂMARA, Gilberto & MEDEIROS, José Simeão de. Princípios Básicos em Geoprocessamento. IN: ASSAD, Eduardo Delgado. **Sistema de Informações Geográficas. Aplicações na agricultura**. 2. ed. Brasília: Embrapa – SPI / Embrapa – CPAC, 1998.

CAMPOS, Jayme de Oliveira. Resíduos industriais: um olhar no futuro. IN: CAMPOS, Jayme de Oliveira de, BRAGA, Roberto e CARVALHO, Pompeu Figueiredo de. **Manejo de resíduos – Pressupostos para a gestão ambiental**. Rio Claro: DEPLAN/ IGC/UNESP, 2002.

CEARÁ: Superintendência Estadual do Meio Ambiente. **Diagnóstico e Macrozoneamento Ambiental do Estado do Ceará**. Coordenação Geral e Metodologia Marcos José Nogueira de Souza. Fortaleza (CE), 1998 a. Volumes I.

_____: Superintendência Estadual do Meio Ambiente. **Diagnóstico e Macrozoneamento Ambiental do Estado do Ceará**. Coordenação Geral e Metodologia Marcos José Nogueira de Souza. Fortaleza (CE), 1998 b. Volumes II.

_____: Superintendência Estadual do Meio Ambiente. **Diagnóstico e Macrozoneamento Ambiental do Estado do Ceará**. Coordenação Geral e Metodologia Marcos José Nogueira de Souza. Fortaleza (CE), 1998 c. Volumes III.

CEARÁ. Secretaria Estadual do Turismo. **Estudos Turísticos da SETUR: Evolução do Turismo no Ceará**. nº 17 – 2ª Edição. Fortaleza: SETUR (CE), 2006. Disponível em: <<http://www.setur.ce.gov.br/>>. Acesso em 10 de fev. de 2007.

CEARÁ. Secretaria do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. Programa de Infra-estrutura Básica e Saneamento de Fortaleza. Consórcio Concremat/CLS/CAB. **Estudo de Impacto Ambiental: Desativação e Recuperação do Aterro do Jangurussu**. Fortaleza: Concremat/CSL/CAB, 1994. ilus, map, tab. 2v, 218 p.

CARVALHO, Sandra M. G. de C. & MENDES, José E. **Assentamento Santa Bárbara, Ceará, Brasil: A construção de uma nova sociabilidade**. Anais: II Congresso Latino-Americano de Sociologia Rural. Novembro de 2006. Quito, Ecuador. Disponível em: <<http://www.alasru.org/cdaldasru2006/08%20GT%20Sandra%20Maria%20Gadelha%20de%20Carvalho,%20Jos%C3%A9%20Ernandi%20Mendes.pdf>>, Acesso em: 08 de fevereiro de 2007.

CEFET-CE. **Apostila de Gestão de Resíduos Sólidos**. Curso de Especialização em Gestão Ambiental Urbana.

CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO: **Agenda 21**. 3ª ed. Brasília: Senado Federal, Subsecretaria de Edições Técnicas, 2000, 598 p.

CRISTOFOLETTI, Antônio. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. 1ª ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1999, 236 p.

D'ALMEIDA, Maria Luiza Otero, VILHENA, André (coord.). **Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado**. 1ª ed. São Paulo: IPT/CEMPRE, 1995.

_____. **Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado**. 2ª ed. São Paulo: IPT/CEMPRE, 2000.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Brasília: 1999.

FORTALEZA PREFEITURA. Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano de Fortaleza: **Síntese Diagnóstica**. Fortaleza: [s.n.], 1991.

GOMES, Luciana Paulo & MARTINS, Flávia Burmeister. Projeto, Implantação e Operação de Aterros Sustentáveis de Resíduos Sólidos Urbanos para Municípios de Pequeno Porte. IN: CASTILHOS JUNIOR, Armando Borges de (coordenador). **Resíduos Sólidos Urbanos: aterro sustentável para municípios de pequeno porte**. (Projeto PROSAB). Rio de Janeiro: ABES, RiMa, 2003, (51-105 p).

GOMES, Luciana Paulo; COELHO, Osmar Wöhl; ERBA, Diego Alfonso; VERONEZ, Maurício. Critérios para seleção de áreas para disposição final de resíduos sólidos. IN: ANDREOLI, Cléverson Vitorio (coord.). **Resíduos sólidos do saneamento: processamento, reciclagem e disposição final**. Rio de Janeiro: RiMa, ABES, 2001.

GUIMARÃES, Lucy Teixeira. **Utilização do Sistema de Informação Geográfica (SIG) para identificação de áreas potenciais para disposição de resíduos na Bacia do Paquequer, município de Teresópolis – RJ**. Dissertação (mestrado em Engenharia Civil), COPPE/UFRJ, 2000. Disponível em: <<http://www.fgel.uerj.br/labgis/publicacoes/lucy/>>. Acesso em 09 de maio, 2005.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Introdução ao Sensoriamento Remoto**. São José dos Campos, 2001, 67p.

IPLANCE – Fundação Instituto de Planejamento do Ceará. **Atlas do Ceará**. IPLANCE, Fortaleza: 1989.

LEAL, Antônio César. **Educação ambiental e o gerenciamento integrado dos resíduos sólidos em Presidente Prudente-SP: desenvolvimento de metodologias para coleta seletiva, beneficiamento do lixo e organização do trabalho**. IN: Anais do XIII ENCONTRO NACIONAL DE GEÓGRAFOS, João Pessoa, CNPq/UFPB/CAPES, 2002.

LIMA, Luiz Mário Queiroz. **Lixo – Tratamento e biorremediação**. 3ª ed. São Paulo: Hemus, 1995, 260 p.

NASCIMENTO, Flávio Rodrigues. **Recursos Hídricos e Desenvolvimento Sustentável: Manejo Geoambiental na Sub-bacia do Baixo Pacoti – Ceará**. Dissertação (Mestrado em Geografia), Fortaleza: UECE, 2003.

PESSOA, Ércio Flávio Viana. **Análise geoambiental da bacia hidrográfica do rio Catu**. Dissertação (Mestrado em Geografia), Fortaleza: UECE, 2001.

PHILLIPI, Arlindo Jr. & AGUIAR, Alexandre de Oliveira. Resíduos Sólidos: Características e Gerenciamento. p. 268-321. IN: PHILLIPI, Arlindo Jr. **Saneamento, saúde e ambiente: fundamento para um desenvolvimento sustentável**. Barueri, SP: Manole, 2005.

PIRES, Adilson Santiago. A reciclagem de plásticos e o meio ambiente. IN: CAMPOS, Jayme Oliveira de, BRAGA, Roberto e CARVALHO, Pompeu Figueiredo de. **Manejo de resíduos – pressupostos para a gestão ambiental**. Rio Claro: DEPLAN/ IGC/UNESP, 2002.

ROCHA, César Enrique Barra. **Geoprocessamento: tecnologia transdisciplinar**. Juiz de Fora, MG: Ed. Do Autor, 2000, 220 p.

SANTOS, Jader de Oliveira. **Vulnerabilidade Ambiental e Áreas de Risco na Bacia Hidrográfica do Rio Cocó: Região Metropolitana de Fortaleza-Ce**. Dissertação (Mestrado em Geografia). Fortaleza: UECE, 2006.

SEMACE. **Mapa de Unidades Geoambientais do Estado do Ceará. Diagnóstico e Macrozoneamento do Estado do Ceará**. FCPC/SEMACE, 1998.

SILVA, Elizete Américo. **Os resíduos sólidos nos bairros da Costa Oeste de Fortaleza (Pirambu e Cristo Redentor): Uma análise a Partir do Projeto Sanear**. Fortaleza: UFC,

2003. Monografia de conclusão de curso (Geografia), Universidade Federal do Ceará, 2003. 71 p.

SILVESTRE, Maria Elisabeth Duarte. **Água doce no Brasil: razões de uma nova política.** Dissertação (Programa de Desenvolvimento e Meio Ambiente) Fortaleza: UFC, 2003. 131 f.

SOARES, Najla Maria Barbosa. **Gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos domiciliares no município de Fortaleza – CE.** Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Programa Regional de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA. Fortaleza: UFC, 2004.

SOTCHAVA, V. B. **O estudo dos geossistemas: métodos em questão.** São Paulo: IGEOG/USP, 1976.

SOUSA, Carlos Décimo de. **Unidades de Conservação no estado do Ceará.** In: Fórum da sociedade civil cearense sobre meio ambiente e desenvolvimento: diagnóstico sócio-ambiental do estado do Ceará: o olhar da sociedade civil. Fortaleza, 1993. Pgs. 173-180.

SOUZA, Marcos Nogueira de. Bases naturais e esboço do zoneamento geoambiental do estado do Ceará. In: LIMA, Luiz Cruz. **Compartimentação Territorial e Gestão Regional do Ceará.** Ed. FUNECE. Fortaleza, 2000.

_____. Análise Integrada do Meio Ambiente. Notas de aula: curso de especialização em geoprocessamento aplicado à análise ambiental e recursos hídricos. Fortaleza, 2002.

SPÓSITO, Maria Encarnação de. **Capitalismo e urbanização: núcleos urbanos na história da revolução industrial e urbanização.** 5ª ed. São Paulo: Contexto, 1994, 80 p.

STAHEL, Andri Werner. Capitalismo e entropia: os aspectos ideológicos de uma contradição e a busca de alternativas sustentáveis. IN: CAVALCANTI, Clóvis (org.). **Desenvolvimento e**

Natureza – estudos para uma sociedade sustentável. São Paulo: Cortez; Recife: Fundação Joaquim Nabuco, 1995, 429 p.

SUDENE. **Folha Lagoa São Pedro SA.24-Z-C-I.** Escala: 1:100.000. DSG/SUDENE, 1975.

_____. **Folha São Luís do Curu SA.24-Y-D-VI.** Escala: 1:100.000. DSG/SUDENE, 1975.

_____. **Folha Fortaleza SA.24-Z-C-IV.** Escala: 1:100.000. DSG/SUDENE, 1975.

_____. **Folha Aquiraz SA.24-Z-C-V.** Escala: 1:100.000. DSG/SUDENE, 1975.

_____. **Folha Canindé SB.24-V-B-III.** Escala: 1:100.000. DSG/SUDENE, 1975.

_____. **Folha Baturité SB.24-X-A-I.** Escala: 1:100.000. DSG/SUDENE, 1975.

_____. **Folha Beberibe SB.24-X-A-II.** Escala: 1:100.000. DSG/SUDENE, 1975.

THOMAS, Keith. **O homem e o mundo natural: mudanças de atitudes frente às plantas e os animais, 1500-1800.** Tradução: João Roberto Martins Filho; consultor da edição Janine Ribeiro; consultor dos termos zoológicos Márcio Martins. São Paulo: Companhia das Letras, 1988. 454 p.

TRICART, J. **Ecodinâmica.** FIBGE. Rio de Janeiro, 1977, 97 p.

VIANA, Verônica Barros. **Diagnóstico sócio-ambiental do lixão da cidade de Campina Grande - PB.** Dissertação (Mestrado em 2002) Campina Grande: UEPB, 2002. 80 p.

Sites:

AMBIENTE BRASIL: **Ambiente Resíduos.** Disponível em <<http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=residuos/index.php3&conteudo=/residuos/rosto.html>> Acesso em: 25 de abr. de 2005.

A ÚLTIMA ARCA DE NOÉ: **Lixo em Questão.** Disponível em <www.aultimaarcadenoe.com/informlixo.htm> Acesso em: 25 de abr. de 2006.

Declaração de Joanesburgo sobre o Desenvolvimento Sustentável. Disponível em <<http://www.vitaecivilis.org.br/anexos/joanesburgo.pdf>> Acesso em 26 de fev. de 2007.

DIÁRIO DO NORDESTE. **Triagem do aterro Jangurussu está desativada.** Disponível em: <<http://verdesmares.globo.com/v3/canais/noticias.asp?codigo=149626&modulo=183>>. Acesso em: 06 de julho de 2006.

_____. **Profissão: agente de saúde.** Disponível em: <<http://www.saude.ce.gov.br/clipping/modules.php?name=News&file=print&sid=7398>> Acesso em: 13 de agosto de 2006.

_____. **Prefeito reclama da falta de recursos.** Disponível em: <<http://www.saude.ce.gov.br/clipping/modules.php?name=News&file=print&sid=7395>> Acesso em: 14 de agosto de 2006.

_____. **Municípios terão que extinguir os lixões clandestinos.** Disponível em: <<http://www.saude.ce.gov.br/clipping/modules.php?name=News&file=print&sid=7747>> Acesso em: 20 de setembro de 2006.

_____. **Mesmo desativados aterros agridem o meio ambiente.** Disponível em: <<http://www.saude.ce.gov.br/clipping/modules.php?name=News&file=print&sid=7878>> Acesso em: 03 de outubro de 2006.

_____. **BNDES apóia catadores.** Por: Maristela Crispim. Disponível em: <<http://diariodonordeste.globo.com/materia.asp?codigo=378552>> Acesso em: 01 de novembro de 2006.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Fortaleza ganha primeira unidade de beneficiamento de casca de coco verde do Nordeste.** Disponível em: <<http://www.cnpat.embrapa.br/home/>>. Acesso em: 25 de janeiro de 2007.

FUNASA. Fundação Nacional de Saúde. Disponível em <<http://www.funasa.gov.br/pub/manusane/manusan00.htm>>. Acesso em: 07 de out. de 2003.

IBGE – FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em <www.ibge.gov.br>.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, Conselho Nacional do Meio Ambiente. Disponível em: <www.mma.gov.br/port/conama/>

SEMACE, Superintendência Estadual do Meio Ambiente. Disponível em: <<http://www.semace.ce.gov.br/>>.

Leis, normas e resoluções:

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10004: **Resíduos Sólidos.** Setembro de 1987.

_____ NBR 13896: **Aterros de resíduos não perigosos – Critérios para projeto, implantação e operação.** Junho de 1997.

Decreto-Lei nº 1.413, de 14 de agosto de 1975 – Dispõe sobre o controle da poluição do meio ambiente provocada por atividades industriais.

Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965 – Institui o novo Código Florestal.

Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981 – Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.

Lei nº 9.985 de 18 de julho de 2000 – Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências.

Lei nº 10.308 de 20 de novembro de 2001 – Dispõe sobre a seleção de locais, a construção, o licenciamento, a operação, a fiscalização, os custos, a indenização, a responsabilidade civil e as garantias referentes aos depósitos de rejeitos radioativos, e dá outras providências.

Resolução CONAMA Nº 001/1986 - "Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para o Relatório de Impacto Ambiental - RIMA" - Data da legislação: 23/01/1986 - Publicação DOU: 17/02/1986.

Resolução CONAMA Nº 303/2002 - Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente.

Resolução CONAMA Nº 308/2002 - "Licenciamento Ambiental de sistemas de disposição final dos resíduos sólidos urbanos gerados em municípios de pequeno porte." - Data da legislação: 21/03/2002 - Publicação DOU: 29/07/2002

Resolução CONAMA Nº 313/2002 - "Dispõe sobre o Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais" - Data da legislação: 29/10/2002 - Publicação DOU: 22/11/2002

ANEXOS

ANEXO A. Fatores de Seleção e Critérios de Avaliação

Metodologia proposta por Fiúza e Oliveira (1997), adaptada do trabalho de Mc Bean, E., Rogers, F.A., e Grahame J.F. (1995)¹¹

Quadro I: Grupos Prioritários Identificados.

Nº	GRUPO PRIORITÁRIO	PESO
1	Saúde Pública e Segurança	33,4
2	Ambiente Natural	20,4
3	Ambiente Social	15,5
4	Ambiente Cultural	15,4
5	Custo	15,3
	TOTAL	100

Quadro II: Grupos Prioritários com os Principais Impactos correspondentes.

Grupo 01: Saúde Pública e Segurança	Controle de zoonoses	50
	Tráfego	10
	Risco de explosão	7
	Poluição dos mananciais de superfície	14
	Poluição da água subterrânea	17
	Risco com aeronaves	12
Grupo 02: Ambiente Natural	Poluição da água superficial sob biota	35
	Desmatamento	35
	Assoreamento dos corpos d'água	10
	Processos erosivos	10
	Alterações nos padrões de drenagem	07
	Afugentamento da fauna	03
Grupo 03: Ambiente Social	Instabilidade psico-social	15
	Odor	20
	Poeira	05
	Ruído	10
	Impacto visual	20
	Incompatibilidade de uso	05
Grupo 04: Ambientes Culturais	Melhoria de renda	25
	Modificação nos padrões culturais	50
Grupo 05: Custos	Arqueologia	50
	Custo	100

¹¹ Apostila de Gestão de Resíduos Sólidos, do curso de Especialização em Gestão Ambiental Urbana, CEFET-CE.

Metodologia proposta por Walquil *et al.* (2000)¹²

Quadro III: Critérios eliminatórios gerais para seleção de áreas

PARÂMETRO DE AVALIAÇÃO	LIMITE DE ACEITAÇÃO
Distância de recursos hídricos, áreas inundáveis ou alagadiços e banhadas	≥ 200 metros
Afastamento da mancha urbana	≥ 500 metros ≥ 1.000 metros ≥ 2.000 metros
Distância de rodovias estaduais e federais	≥ 100 metros do eixo
Tamanho da área	≥ 1 ha
Áreas Especiais de Proteção	Unidades de conservação e áreas protegidas por legislação estadual ou municipal.

Quadro IV: Valoração dos indicadores físicos.

INDICADOR	CARACTERÍSTICA	NOTA	PESO
Solo			
Classe textural	Argiloso	5	2
	Argilo-arenoso	4	
	Areno-argiloso	3	
	Arenoso	1	
Permeabilidade	Baixo	5	4
	Médio-baixo	4	
	Médio	3	
	Médio-alto	2	
	Alto	1	
Espessura	> 4,00 m	5	3
	2,00 a 4,00 m	4	
	1,00 a 2,00 m	2	
	< 1,00 m	1	
Declividade	Plano (0-2%)	2	3
	Suave (2-10%)	5	
	Moderado (10-20%)	4	
	Acentuado (20-30%)	1	
	Íngreme (> 30%)	0	
Recursos Hídricos			
Superficiais			
Distância dos cursos d'água	> 200 m	5	4
	200 a 100 m	4	
	100 a 50 m	2	
	< 50 m	0	
Sub-superficiais			
Profundidade do lençol freático	> 4,00 m	5	4
	2,00 a 4,00 m	3	
	1,00 a 2,00 m	2	
	Aflorante (< 1,00 m)	0	
Subterrâneo			
Permeabilidade da rocha subjacente	Baixa	4	3
	Média-baixa	3	
	Média	2	
	Média-alta	1	
	Alta	0	
Potencial hídrico	Baixo	4	2

¹² Idem.

	Médio	2	
	Alto	1	
Usos e ocupação do solo: Não disponível no trabalho			
Sócio-econômicos			
Vida útil para uma Unidade Municipal	> 10 anos 5 a 10 anos < 5 anos	Não disponível no trabalho	
Distância para núcleos populacionais: Não disponível no trabalho			

Quadro V: Classificação das áreas pré-selecionadas

QUALIFICAÇÃO	INTERVALO DE VALORAÇÃO
Favorável	124 a 152 pontos
Medianamente favorável	96 a 123 pontos
Pouco favorável	67 a 95 pontos
Desfavorável	0 a 66 pontos

Metodologia proposta por Gomes *et al.* (2000)¹³

Quadro VI: Critérios eliminatórios

CRITÉRIO	FAIXA DE AVALIAÇÃO PARA CONSIDERAÇÃO DE ÁREA POTENCIALMENTE APTA
Distância de recursos hídricos	≥ 200 metros
Distância de vias	≥ 100 metros
Áreas inundáveis	≥ Cota cheia
Mancha urbana	Classificação da imagem de satélite
Legislação municipal	Proteção a topos de morros

Quadro VII: Critérios classificatórios com faixas de pontuação

CRITÉRIO	FAIXA DE AVALIAÇÃO	NOTA	PESO
1. Declividade (em função de facilidade de implantação)	Alta: > 30%	1	1
	Média: 20 a 30%	2	
	Baixa: 10 a 20%	3	
	Muito baixa: 3 a 10%	4	
	Plana: < 3%	5	
2. Distância da mancha urbana	100 a 250 m	1	3
	250 a 500 m	2	
	500 a 1000 m	3	
	1000 a 2000 m	4	
	> 2000 m	5	
3. Geologia – potencial hídrico	Alto	0	3
	Médio	2	
	Baixo	4	
4. Permeabilidade do solo	Infiltração alta: 10^{-3} cm/s	1	2
	Infiltração média: 10^{-3} a 10^{-4} cm/s	2	
	Infiltração baixa: 10^{-4} a 10^{-5} cm/s	4	
	Infiltração muito baixa: $< 10^{-5}$ cm/s	5	
5. Espessura do solo	< 0,5 m	0	2
	0,5 a 1m	1	

¹³ Idem.

	1 a 2 m > 2 m	3 5	
6. Profundidade do lençol freático	< 1m 1 a 2 m 2 a 4 m > 4 m	0 1 4 5	3
7. Vulnerabilidade do aquífero considerando os critérios 4, 5, 6 e declividade (em função de infiltração no solo)	Critério 4 Critério 5 Critério 6 Declividade: plano: < 3% muito baixa: 3 a 10% baixa: 10 a 20% média: 20 a 30% alta: > 30%	Idem Idem Idem 1 2 3 4 5	Idem Idem Idem 2

Metodologia proposta por Lollo e Gebera (1998)¹⁴.

Quadro VIII: Aspectos a serem analisados para seleção de áreas.

ASPECTOS	INDICAÇÕES
Distância do aterro a área urbana	6 a 7 km
Acesso a área	Locais com facilidade de acesso
Nascentes e áreas alagadiças	Evitar
Distância de cursos d'água	Mínima de 50 m
Lençol freático	Investigação preliminar de risco
Características topográficas	Declividade entre 5 a 10%

Metodologia proposta por Vieira *et. al.* (1998)¹⁵

Quadro IX: Critérios técnicos, legais e ambientais para seleção de áreas

CRITÉRIOS	INDICAÇÕES
Declividade	Entre 2 e 10%
Solo	Perfil homogêneo; silte e argila (em torno de 25%); permeabilidade entre 10^{-3} cm/s e 10^{-5} cm/s.
Lençol freático	> 5 m
Recursos hídricos	≥ 200 m
Rocha matriz	Profundidade de 20 m da base do aterro
Distância da mancha urbana	2.000m, 1.000m, 500m
Áreas Especiais de Proteção	Não incidir sobre parques, estações ecológicas, etc.
Estradas	> 100 m
Área	Em função do volume dos resíduos sólidos produzidos no município, devendo ser superior a 1 ha.

¹⁴ Idem.

¹⁵ Idem.

Metodologia proposta pelo IPT (1995, p. 106)

Quadro X: Critérios para avaliação das áreas para instalação de aterro sanitário.

DADOS NECESSÁRIOS	CLASSIFICAÇÃO DAS ÁREAS		
	RECOMENDADA	RECOMENDADA COM RESTRIÇÃO	NÃO-RECOMENDADA
Vida útil	Maior que 10 anos	10 anos, a critério do órgão ambiental	
Distância do centro atendido	Maior que 10 km	10 a 20 km	Maior que 20 km
Zoneamento ambiental	Área sem restrições no zoneamento ambiental		Unidades de conservação ambiental e correlatas
Zoneamento urbano	Vetor de crescimento mínimo	Vetor de crescimento intermediário	Vetor de crescimento máximo
Densidade populacional	Baixa	Média	Alta
Uso e ocupação das terras	Áreas devolutas ou pouco utilizadas		Ocupação intensa
Valorização da terra	Baixa	Média	Alta
Aceitação da população e de entidades ambientais não-governamentais	Boa	Razoável	Inaceitável
Distância aos cursos d'água (córregos, nascentes, etc.)	Maior que 200 m	Menor que 200 m, com aprovação do órgão ambiental responsável	

Metodologia proposta por Gomes (2003, p. 56-59)

Quadro XI: Características ambientais a serem consideradas na seleção de áreas para disposição final de resíduos sólidos urbanos

CRITÉRIO	FAIXA DE AVALIAÇÃO	NOTA	PESO
Distância dos recursos hídricos	< 200 metros	0	3
	200 a 499 metros	3	
	500 a 1000 metros	4	
	> 1000 metros	5	
Áreas inundáveis	< cota cheia	0	3
	Cota cheia – 20% mais que a cota cheia	3	
	Cota cheia – 20% mais que a cota cheia – 50% mais que a cota cheia	4	
	> 50% a mais que a cota cheia	5	
Geologia – potencial hídrico	Alto potencial hídrico	0	3
	Médio potencial hídrico	2	
	Baixo potencial hídrico	4	
Condutividade hidráulica do solo	Infiltração alta: < 10-3 cm/s	1	3
	Infiltração média: < 10-3 – 10-4 cm/s	2	
	Infiltração baixa: < 10-4 – 10-5 cm/s	4	
	Infiltração muito baixa: < 10-5 cm/s	5	
Profundidade do lençol freático	< 1 metros	0	3
	1-2 metros	1	
	2-4 metros	4	
	> 4 metros	5	
Fauna e flora local	Presença	0	3
	Ausência	5	

Quadro XII: Características de uso e ocupação do solo a serem consideradas na seleção de áreas para disposição final de resíduos sólidos urbanos

CRITÉRIO	FAIXA DE AVALIAÇÃO	NOTA	PESO
Distância das vias	< 100 metros	0	1
	100 a 499 metros	3	
	500 a 1000 metros	4	
	> 1000 metros	5	
Legislação municipal	Pontuação caso a caso: considerar a gravidade do impacto causado ao meio ambiente.		
Distância dos centros urbanos	100-250 m	1	3
	250-500 m	2	
	500-1000 m	3	
	1000-2000 m	4	
	> 2000 m e ≤ 1500 m	5	
	> 1500 m	4	

Quadro XIII: Características operacionais a serem consideradas na seleção de áreas para disposição final de resíduos sólidos urbanos

CRITÉRIO	FAIXA DE AVALIAÇÃO	NOTA	PESO
Clinografia (Declividade)	Alta: > 30%	1	1
	Média: 20-30%	2	
	Baixa: 10-19,9%	3	
	Muito baixa: 3-9,9%	4	
	Plana: < 3%	5	
Espessura do solo, horizonte B	< 0,5 metros	0	2
	0,5-0,9 metros	1	
	1-2 metros	3	
	> 2 metros	5	
Reaproveitamento da área do lixão	Município sem lixão	5	
	Município com lixão em área pontuada, pelos demais critérios, como adequada (pontuação ≥ 49)	5	
	Município com lixão em área pontuada, pelos demais critérios, como inadequada (pontuação < 49)	0	

Metodologia proposta pela SEMACE

QUADRO ÚNICO - CRITÉRIOS PARA A ESCOLHA DE ÁREA			
Condição	SEMACE	Legislação CONAMA n 308/02	Ideal considerando o sistema operacional
Acesso	Fácil acesso	Boas condições de tráfego	Asfalto e/ou piçarra
Localização		Baixa valorização imobiliária	Sem aglomerado urbano e antropizado
Distância do centro urbano	O aterro deverá situar-se, no mínimo, a 2 km e no máximo, a 15 km de núcleos residenciais.	Inexistência de aglomerados urbanos	Entre 10 e 20 km
Distância em relação aos recursos hídricos mais próximos	> 200 m de vertentes, olhos d'água, rios e outros recursos hídricos, cuja distância deverá		≥ 200 m para recursos hídricos a partir da faixa de proteção e de 1 km de

	ser medida horizontalmente a partir da cota máxima de inundação.		recursos hídricos com fins de abastecimento humano.
Topografia do terreno (inclusive favorável a operação)	Topografia plana ou suavemente ondulada, não sujeita a inundação, desmoronamento ou outros fenômenos similares (avaliação da possibilidade de utilização de cavas de mineração).		Plana ou suavemente ondulada sem risco de inundações.
Impermeabilidade do solo	Priorizar áreas que apresentem baixo nível de permeabilidade, com solo constituído por 50 a 60 % de areia e o restante por argila ou silte.	Áreas com solo que possibilite a impermeabilização da base e o recobrimento periódico do lixo.	Impermeável.
Profundidade do lençol freático	O nível da água do lençol freático > 2 m abaixo da base da trincheira.		Profundidade > 1,5 m ou para solo argiloso mínimo de 3 m e solo arenoso > 5 m.
Situação do local em relação ao transporte da coleta regular			Em torno de 10 km.
Local deverá influenciar a expansão urbana da sede urbana		Potencial mínimo de incorporação à zona urbana da sede, distritos ou povoados.	Não influenciar - conforme o Plano Diretor.
Acesso a rede de energia elétrica			Ideal, que esteja próximo a 01 km.
Acesso a água potável			Poço profundo no interior do aterro sanitário.
Sentido dos ventos (contrário ao centro urbano)	Os ventos predominantes devem ser da cidade para o local do aterro sanitário.		Sotavento.
Possibilidade de vida útil acima de vinte anos	Identificar um terreno que proporcione fácil acesso e possibilidade de expansão, de forma a atender a vida útil prevista de, no mínimo, 15 a 20 anos.		Condição de expansão
Uso atual da área em relação a rodovia federal ou estadual	distância mínima de 20 metros a partir da faixa de domínio de rodovias, estradas, etc.		Não existir impedimento legal
Disponibilidade de material para empréstimo			Material próprio aterro sanitário oriundo da escavação das trincheiras
Tipo de solo			Argiloso ou argilo-arenoso
Impedimento legal (resoluções, leis, etc.)	Compatível com as diretrizes urbanas do município, de uso e ocupação do solo	Sem restrições ambientais e preferência por áreas de propriedade do município	Não existir restrições
Distância de áreas de pouso de aeronaves ou aeroportos			Área de segurança aeroportuário - raio de 20 km para aeroportos que operam por instrumentos (IFR) e 13 km os demais aeródromos (CONAMA n. 4 de 9 de out de 1995)

ANEXO B. Unidades de Conservação da Região Metropolitana de Fortaleza

⇒ FEDERAL

Reserva Extrativista do Batoque

Diploma Legal: Decreto Federal de 05/06/03

Área (ha): 601,05

Região/ Município: Aquiraz

Ecosistema: Complexo Vegetacional Litorâneo.

Objetivo: assegurar o uso sustentável e a conservação dos recursos naturais renováveis, protegendo os meios de vida e a cultura da população extrativista local.

Responsável: IBAMA

⇒ ESTADUAL

Parque Ecológico do Rio Cocó

Diploma legal Decreto: n.º 20.253 de 05/09/89

Área (ha): 379

Região/ Município: Fortaleza

Ecosistema: Manguezal

Objetivo: Proteção e educação ambiental, técnico-científico, lazer, etc. do ecossistema de mangue.

Responsável: SEDURB

Parque Estadual Marinho da Pedra da Risca do Meio

Diploma Legal: Lei nº 12.717 De 05/09/97

Área (ha): 3.320

Região/ Município: Fortaleza

Ecosistema: Marinho

Objetivo: Assegurar integral proteção à flora, à fauna e às belezas cênicas do ecossistema.

Responsável: SEMACE

Estação Ecológica do Pecém

Diploma Legal: Decreto Estadual no 25.708 de 17.12.99

Área (ha): 800

Região/ Município: Caucaia e São Gonçalo do Amarante.

Ecosistema: Dunas

Corredor Ecológico do Rio Pacoti

Diploma Legal: Decreto n.º 26.777 de 15/02/2000

Área (ha): 19.405

Região/ Município: Aquiraz, Itaitinga, Pacatuba, Horizonte, Pacajús, Acarape, Redenção

Ecosistema: Costeiro.

Objetivo: Proteger as matas ciliares e interligar a APA da Serra de Baturité e a APA do Rio Pacoti, garantindo assim a recomposição dos ecossistemas e sua conservação.

Responsável: SEMACE.

Parque Botânico do Ceará

Diploma Legal: Decreto n.º 24.216 de 09/09/96

Área (ha): 190

Região/ Município: Fortaleza, Caucaia.

Ecossistema: Complexo Vegetacional Litorâneo.

Objetivo: Proteger a flora e a fauna local; servir como amostra dos ecossistemas cearenses através da introdução de outras espécies; manter um campo de produção de mudas florestais nativas; propiciar condições de atividades de educação ambiental; incentivar a pesquisa, etc.

Responsável: SEMACE.

Área de Proteção Ambiental da Serra da Aratanha

Diploma Legal: Decreto n.º 24.959 de 05/06/98

Área (ha): 6.448,29

Região/ Município: Guaiúba, Maranguape, Pacatuba

Ecossistema: Serra úmida

Objetivo: proteger e preservar toda a área da serra, em virtude da sua importância ambiental, pelo fato de ser considerada como remanescente de Mata atlântica no Nordeste, um fragmento de mata que é visto como uma “ilha de biodiversidade”.

Responsável: SEMACE

Área de Proteção Ambiental do Lagamar do Cauípe

Diploma Legal: Decreto n.º 24.957 de 05/06/98

Área (ha): 1.884,46

Região/ Município: Caucaia

Ecossistema: Lacustre/Complexo Vegetacional Litorâneo

Objetivo: proteger comunidades bióticas nativas, nascentes dos rios, vertentes e solos; garantir a conservação de remanescentes da mata aluvial, dos leitos naturais das águas pluviais e das reservas hídricas; a necessidade de conscientização da população regional sobre a preservação da área pela sua riqueza florística, hídrica, paisagística e de consolidação de ações para o seu desenvolvimento sustentável.

Responsável: SEMACE.

Área de Proteção Ambiental do Pecém

Diploma Legal: Decreto n.º 24.957 de 05/06/98

Área (ha): 122,76

Região/ Município: São Gonçalo do Amarante.

Ecossistema: Lacustre / Complexo Vegetacional Litorâneo.

Objetivo: disciplinar o processo de ocupação das terras e promover a proteção dos recursos abióticos e bióticos dentro de seus limites, de modo a assegurar o bem-estar das populações humanas que aí vivem, resguardar ou incrementar as condições ecológicas locais e manter paisagens e atributos culturais relevantes.

Responsável: SEMACE

Área de Proteção Ambiental do Estuário do Rio Ceará

Diploma Legal: Decreto nº 25.413 de 29/03/99

Área (ha): 2.744,89

Região/ Município: Fortaleza, Caucaia.

Ecosistema: Manguezal

Objetivo: disciplinar o processo de ocupação das terras e promover a proteção dos recursos abióticos e bióticos dentro de seus limites, de modo a assegurar o bem-estar das populações humanas que aí vivem, resguardar ou incrementar as condições ecológicas locais e manter paisagens e atributos culturais relevantes.

Responsável: SEMACE

Área de Proteção Ambiental do rio Pacoti

Diploma Legal: Decreto n.º 25.778 de 15/02/2000

Área (ha): 2.914,93

Região/ Município: Fortaleza, Eusébio, Aquiraz

Ecosistema: Costeiro

Objetivo: Preservação do rio Pacoti e dos seus ecossistemas, espaços para o desenvolvimento de pesquisas e projetos de educação e zoneamento ambiental na região do baixo Pacoti.

Responsável: SEMACE

⇒ **MUNICIPAL**

Área de Proteção Ambiental de Maranguape

Diploma Legal: Lei nº 1168 de 08/07/93

Área (ha): A partir da cota 100m

Região/ Município: Maranguape

Ecosistema: Serra úmida

Objetivo: proteger e preservar os ecossistemas existentes na serra e estabelecer uma relação sustentável com o meio.

Responsável: Prefeitura de Maranguape

Parque Ecológico da Lagoa da Maraponga

Diploma Legal: Decreto nº 26.777 de 15/02/2000

Área (ha): 18,95

Região/ Município: Fortaleza

Ecosistema: Lacustre

Responsável: SEDURB

Jardim Botânico de São Gonçalo

Diploma Legal: Lei nº 13.089 de 29.12.00

Área (ha): 18,00

Região/ Município: São Gonçalo do Amarante

Ecosistema: Lacustre/Complexo Vegetacional Litorâneo

Responsável: SEMACE

⇒ **PARTICULAR**

Reserva Ecológica Particular Lagoa da Sapiroanga

Diploma Legal: Portaria SEMACE nº 031/97 de 03/02/97

Área (ha): 58,76

Região/ Município: Fortaleza

Ecossistema: Costeiro/Complexo Vegetacional Litorâneo

Objetivo: proteção do meio ambiente, educação ambiental, pesquisa e monitoramento ambiental.

Responsável: Fundação Maria Nilva Alves Soares

Reserva Particular do Patrimônio Natural Monte Alegre

Diploma Legal: Portaria IBAMA nº151/2001 de 25/10/01

Área (ha): 263,17

Região/ Município: Pacatuba

Ecossistema: Serra Úmida

Responsável: Maria Ninita Barreto da Cunha

ANEXO C. Legislação e Licenciamento Ambiental¹⁶

Estrutura do SISNAMA (Sistema Nacional do Meio Ambiente)

I – Órgão Superior

Conselho do Governo: A sua função é auxiliar o Presidente da República na formulação da política nacional do meio ambiente.

II – Órgão Consultivo e Deliberativo

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente: A sua finalidade é estudar e propor diretrizes e políticas governamentais para o meio ambiente e deliberar, no âmbito de sua competência, sobre normas, padrões e critérios de controle ambiental. O CONAMA assim procede por intermédio de suas resoluções.

III – Órgão Central

Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal: encarregado de planejar, coordenar e supervisionar as ações relativas à política nacional do meio ambiente. Como órgão federal, implementa os acordos internacionais na área ambiental.

IV – Órgão Executor

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis: Entidade autárquica, dotada de personalidade jurídica de direito público e autonomia administrativa, é a encarregada da execução da política nacional para o meio ambiente e sua fiscalização.

V – Órgãos Seccionais

São as entidades estaduais responsáveis pela execução de programas e projetos de controle e fiscalização das atividades potencialmente poluidoras (Secretarias Estaduais de Meio Ambiente e entidades supervisionadas, como a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – CETESB, no Estado de São Paulo, e a Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente – FEEMA, no Estado do Rio de Janeiro).

VI – Órgãos Locais

Entidades ou Órgãos Municipais: São órgãos ou entidades municipais voltados para o meio ambiente responsáveis por avaliar e estabelecer normas, critérios e padrões relativos ao controle e à manutenção da qualidade do meio ambiente com vistas ao uso racional de seus recursos, supletivamente ao Estado e à União.

¹⁶ Informações retiradas do Manual de Gerenciamento Integrado, IPT, 2000.

DECRETOS FEDERAIS

Decreto nº 5.940, de 25 de outubro de 2006 – Institui a separação dos resíduos recicláveis descartados pelos órgãos e entidades da administração pública federal direta e indireta, na fonte geradora, e a sua destinação às associações e cooperativas dos catadores de materiais recicláveis, e dá outras providências.

Decreto nº 4.581, de 27 de janeiro de 2003 – Promulga a Emenda ao Anexo I e Adoção dos Anexos VIII e IX à Convenção de Basiléia sobre o Controle do Movimento Transfronteiriço de Resíduos Perigosos e seu Depósito.

Decreto nº 4.074, de 04 de janeiro de 2002 – Regulamenta a Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989, que dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências.

Decreto nº 875, de 19 de julho de 1993 – Promulga o texto da convenção sobre o controle de movimentos transfronteiriços de resíduos perigosos e seu depósito – Convenção da Basiléia.

Decreto nº 99.274, de 06 de junho de 1990 – Regulamenta a Lei nº 6.902, de 27 de abril de 1981, e a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõem, respectivamente, sobre a criação de Estações Ecológicas e Áreas de Proteção Ambiental e sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, e dá outras providências.

Decreto nº 79.367, de 09 de março de 1977 – Dispõe sobre normas e o padrão de potabilidade de água e dá outras providências.

Decreto nº 76.389, de 03 de outubro de 1975 – Dispõe sobre as medidas de prevenção e controle da poluição industrial, de que trata o Decreto-Lei nº 1.413, de 14 de agosto de 1975, e dá outras providências.

Decreto nº 50.877, de 29 de junho de 1961 – Dispõe sobre o lançamento de resíduos tóxicos ou oleosos nas águas interiores ou litorâneas do país e dá outras providências.

Decreto nº 49.974-A, de 21 de janeiro de 1961 – Regulamenta, sob a denominação de Código Nacional de Saúde, a Lei nº 2.312, de 03 de setembro de 1954, de “Normas Gerais Sobre Defesa e Proteção da Saúde”.

Decreto nº 24.643, de 10 de julho de 1934 – Decreta o Código das Águas.

DECRETOS-LEI FEDERAIS

Decreto-Lei nº 1.413, de 14 de agosto de 1975 – Dispõe sobre o controle da poluição do meio ambiente provocada por atividades industriais.

INSTRUÇÕES NORMATIVAS FEDERAIS

Instituição Normativa IBAMA nº 40, de 26 de março de 1993 – Dispõe sobre o prazo para apresentar ao IBAMA dados e justificativas técnicas quanto à necessidade real da importação de resíduos.

LEIS FEDERAIS

Lei nº 10.308 de 20 de novembro de 2001 – Dispõe sobre a seleção de locais, a construção, o licenciamento, a operação, a fiscalização, os custos, a indenização, a responsabilidade civil e as garantias referentes aos depósitos de rejeitos radioativos, e dá outras providências.

Lei nº 9.782, de 26 de janeiro de 1999 – Define o Sistema Nacional de Vigilância Sanitária, cria a Agência Nacional de Vigilância Sanitária e dá outras providências.

Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 – Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente e dá outras providências.

Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989 – Dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências.

Lei nº 7.754, de 02 de julho de 1989 – Estabelece medidas para proteção das florestas estabelecidas nas nascentes dos rios e dá outras providências.

Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981 – Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.

Lei nº 6.902, de 27 de abril de 1981 – Dispõe sobre o parcelamento do solo urbano e dá outras providências.

Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965 – Institui o novo Código Florestal.

PORTARIAS FEDERAIS

Portaria GM nº 124, de 20 de agosto de 1980 – Regulamenta a localização e aspectos construtivos de edificações para armazenamento de substâncias potencialmente poluidoras.

Portaria nº 443-BSB, do Ministério do Interior, de 01 de março de 1979 – Define o tratamento que deve ser dado aos resíduos sólidos perigosos, tóxicos ou não, e responsabiliza os órgãos

estaduais de controle de poluição pela fiscalização da implantação, operação e manutenção dos projetos de tratamento e disposição dos resíduos sólidos.

Portaria nº 003, do Ministério do Interior, de 19 de janeiro de 1977 – Estabelece normas que obrigam as empresas instaladas ou a se instalarem em Território Nacional a prevenir ou corrigir os inconvenientes e prejuízos provenientes da poluição e contaminação do ambiente.

Portaria Minter nº 53, de 01 de março de 1979 – Estabelece normas para os projetos específicos de tratamento e disposição de resíduos sólidos, bem como a fiscalização de sua implantação, operação e manutenção.

Portaria nº 03, de 19 de janeiro de 1977 – Estabelece normas que obrigam as empresas instaladas ou a se instalarem em Território Nacional a prevenir ou corrigir os inconvenientes e prejuízos provenientes da poluição e contaminação do meio ambiente.

RESOLUÇÕES FEDERAIS

Resolução CONAMA Nº 358/2005 - "Dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde e dá outras providências." - Data da legislação: 29/04/2005 - Publicação DOU: 04/05/2005

Resolução CONAMA Nº 348/2004 - "Altera a Resolução CONAMA no 307, de 5 de julho de 2002, incluindo o amianto na classe de resíduos perigosos." - Data da legislação: 16/08/2004 - Publicação DOU: 17/08/2004

Resolução CONAMA Nº 330/2003 - "Institui a Câmara Técnica de Saúde, Saneamento Ambiental e Gestão de Resíduos" - Data da legislação: 25/04/2003 - Publicação DOU: 30/04/2003

Resolução CONAMA Nº 316/2002 - "Dispõe sobre procedimentos e critérios para o funcionamento de sistemas de tratamento térmico de resíduos" - Data da legislação: 29/10/2002 - Publicação DOU: 20/11/2002

Resolução CONAMA Nº 313/2002 - "Dispõe sobre o Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais" - Data da legislação: 29/10/2002 - Publicação DOU: 22/11/2002

Resolução CONAMA Nº 308/2002 - "Licenciamento Ambiental de sistemas de disposição final dos resíduos sólidos urbanos gerados em municípios de pequeno porte." - Data da legislação: 21/03/2002 - Publicação DOU: 29/07/2002

Resolução CONAMA Nº 307/2002 - "Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil" - Data da legislação: 05/07/2002 - Publicação DOU: 17/07/2002

Resolução CONAMA Nº 283/2001 - "Dispõe sobre o tratamento e a destinação final dos resíduos dos serviços de saúde" - Data da legislação: 12/07/2001 - Publicação DOU: 01/10/2001

Resolução CONAMA Nº 275/2001 - "Estabelece código de cores para diferentes tipos de resíduos na coleta seletiva" - Data da legislação: 25/04/2001 - Publicação DOU: 19/06/2001

Resolução CONAMA Nº 264/2000 - "Licenciamento de fornos rotativos de produção de clínquer para atividades de co-processamento de resíduos" - Data da legislação: 26/08/1999 - Publicação DOU: 20/03/2000

Resolução CONAMA Nº 228/1997 - "Dispõe sobre a importação de desperdícios e resíduos de acumuladores elétricos de chumbo" - Data da legislação: 20/08/1997 - Publicação DOU: 25/08/1997

Resolução CONAMA Nº 023/1996 - "Regulamenta a importação e uso de resíduos perigosos" - Data da legislação: 12/12/1996 - Publicação DOU: 20/01/1997

Resolução CONAMA Nº 037/1994 - "Adota definições e proíbe a importação de resíduos perigosos - Classe I - em todo o território nacional, sob qualquer forma e para qualquer fim, inclusive reciclagem/reaproveitamento" - Data da legislação: 30/12/1994 - Publicação DOU: 06/01/1995

Resolução CONAMA Nº 019/1994 - "Autoriza, em caráter de excepcionalidade, a exportação de resíduos perigosos contendo bifenilas policloradas - PCBs" - Data da legislação: 29/09/1994 - Publicação DOU: 18/11/1994

Resolução CONAMA Nº 017/1994 - "Prorroga o prazo do Grupo de Trabalho Interministerial, criado pela Resolução CONAMA nº 007/94, que adota definições e proíbe a importação de resíduos perigosos - Classe I - em todo o território nacional, sob qualquer forma e para qualquer fim, inclusive reciclagem" - Data da legislação: 29/09/1994 - Publicação DOU: 29/09/1994

Resolução CONAMA Nº 007/1994 - "Adota definições e proíbe a importação de resíduos perigosos - Classe I - em todo o território nacional, sob qualquer forma e para qualquer fim, inclusive reciclagem" - Data da legislação: 04/05/1994 - Publicação DOU: 07/06/1994

Resolução CONAMA Nº 005/1993 - "Estabelece definições, classificação e procedimentos mínimos para o gerenciamento de resíduos sólidos oriundos de serviços de saúde, portos e aeroportos, terminais ferroviários e rodoviários" - Data da legislação: 05/08/1993 - Publicação DOU: 31/08/1993

Resolução CONAMA Nº 006/1991 - "Dispõe sobre a incineração de resíduos sólidos provenientes de estabelecimentos de saúde, portos e aeroportos" - Data da legislação: 19/09/1991 - Publicação DOU: 30/10/1991

Resolução CONAMA Nº 006/1988 - "Dispõe sobre o licenciamento de obras de resíduos industriais perigosos" - Data da legislação: 15/06/1988 - Publicação DOU: 16/11/1988

Resolução CONAMA Nº 001/1986 - "Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para o Relatório de Impacto Ambiental - RIMA" - Data da legislação: 23/01/1986 - Publicação DOU: 17/02/1986

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT

NBR 13892, de 1997 – Aterros de resíduos não-perigosos – Critérios para projetos, implantação e operação – Procedimento.

NBR 13463, de 1995 – Coleta de resíduos sólidos – Classificação.

NBR 13221, de 1994 – Transporte de resíduos – Procedimento.

NBR 13055, de 1993 – Sacos plásticos para acondicionamento do lixo – determinação da capacidade volumétrica.

NBR 13029, de 1993 – Elaboração e apresentação de projeto de disposição de estéril, em pilha, em mineração – Procedimento.

NBR 13028, de 1993 – Elaboração e apresentação de projeto de disposição de rejeitos de beneficiamento, em barramento, em mineração – Procedimento.

NBR 12809, de 1993 – Manuseio de resíduos de serviços de saúde – Procedimento.

NBR 12808, de 1993 – Resíduos de serviços de saúde – Classificação.

NBR 12808, de 1993 – Resíduos de serviços de saúde – Terminologia.

NBR 8419, de 1992 – Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos – Procedimento.

NBR 1280, de 1993 – Coleta, varrição e acondicionamento de resíduos sólidos urbanos – Terminologia.

NBR 11175, de 1990 – Incineração de resíduos sólidos perigosos – Padrões de desempenho – Procedimento.

NBR 11174, de 1990 – Armazenamento de resíduos classes II – não inertes – Procedimento.

NBR 10664, de 1989 – Águas – Determinação de resíduos (sólidos) – Método gravimétrico – Método de ensaio.

NBR 10561, de 1988 – Águas – Determinação de resíduos sedimentável (sólidos sedimentáveis) – Método de cone de Imhoff – Método de ensaio.

NBR 10157, de 1987 – Aterros de resíduos perigosos – Critérios para projeto, construção e operação – Procedimento.

NBR 10007, de 1987 – Amostragem de resíduos – Procedimento.

NBR 10006, de 1987 – Solubilização de resíduos – Procedimento.

NBR 10005 de 1987 – Lixiviação de resíduos – Procedimento.

NBR 10004, de 1987 – Resíduos sólidos urbanos – Classificação.

NBR 8849, de 1985 – Apresentação de projetos de aterros controlados de resíduos sólidos urbanos – Procedimento.

NBR 8418, de 1983 – Apresentação de projetos de aterros para resíduos industriais perigosos – Procedimento.

NBR 5681, de 1980 – Controle tecnológico da execução de aterros em obras de edificações – Procedimento.