



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA

**CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
CURSO DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL
CAMPUS II - CAMPINA GRANDE**

**ATERRO SANITÁRIO SIMPLIFICADO: UMA ALTERNATIVA PARA
DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE PEQUENOS MUNICÍPIOS**

ADRIANO PEREIRA DE FIGUEIREDO

CAMPINA GRANDE

AGOSTO-2005

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
CAMPUS DE CAMPINA GRANDE
ÁREA DE GEOTECNIA

**ATERRO SANITÁRIO SIMPLIFICADO: UMA ALTERNATIVA PARA
DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE PEQUENOS
MUNICÍPIOS**

Por:

ADRIANO PEREIRA DE FIGUEIREDO

Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal de Campina Grande – Campina Grande-PB, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de **MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL.**

Campina Grande – Paraíba

Agosto de 2005

ADRIANO PEREIRA DE FIGUEIREDO

Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologia da
Universidade Federal de Campina Grande – Campina Grande, como parte
dos requisitos necessários para obtenção do título de **MESTRE EM
ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL.**

Área de Concentração – Geotecnia

Prof. Doutor. John Kennedy Guedes Rodrigues
Orientador

Campina Grande, Agosto de 2005.



J82a
2005

FIGUEIREDO, Adriano Pereira,

Aterro Sanitário Simplificado: uma alternativa para disposição de resíduos sólidos de pequenos municípios/ Adriano Pereira de Figueiredo. – Campina Grande: UFCG, 2005.

_107_p. : il.

Dissertação (Mestrado). UFCG/CCT

Inclui bibliografia

1. Aterro Sanitário 2. Resíduos Sólidos 3. Meio Ambiente.

CDU:000000

FOLHA DE APROVAÇÃO

Autor: Adriano Pereira de Figueiredo

Título: ATERRO SANITÁRIO SIMPLIFICADO: UMA ALTERNATIVA PARA DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE PEQUENAS CIDADES

Dissertação Defendida e Aprovada em: 31 / 08 / 2005

Pela Banca Examinadora

(Assinatura):


Prof. Doutor. John Kennedy Guedes Rodrigues / Universidade Federal de Campina Grande

(Assinatura):


Prof. Doutor. Carlos Alberto Marques dos Anjos / Universidade Federal de Alagoas

(Assinatura):


Prof. Doutor. Gilmar Trindade de Araújo / Universidade Federal de Campina Grande

(Assinatura):


Prof. Doutor José Gomes da Silva / Universidade Federal de Campina Grande

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Francisco Laécio F. Figueiredo (*in memoriam*) e Bernadete P. de Figueiredo.

A minha esposa, Kátiuscia Manguiera D. Alves.

Aos meus irmãos, Adriana, Alesxandro e Alan.

AGRADECIMENTOS

A Deus por mais uma graça alcançada.

Aos Professores Dr. Kennedy Guedes Rodrigues e Dr. Carlos dos Anjos.

Em especial a Empresa ATECEL fornecendo equipamentos e recursos para o desenvolvimento do trabalho.

Ao Centro de Ciências e Tecnologia da UFCG e a Coordenação de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental.

A Empresa APF Engenharia e Consultoria Ambiental.

Aos meus irmãos, e amigos: Francisco Célio, Giselle Marie, Nilton Tribuzi, Pedro, Marcos Lima, Carlos André, Aretuza Karla, Francisco Alves Junior e outros que deram sua contribuição em particular.

E em fim aos funcionários das áreas de Geotecnia e estruturas, em especial, a Rui Pereira de Oliveira, José Nivaldo Sobreira, Josenira dos Santos França e William.

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Condicionantes, restrições e aspectos técnicos da legislação atualmente em vigor para escolha de áreas de aterro sanitário	12
Tabela 2.2 – Critérios econômicos e financeiros da legislação atualmente em vigor para escolha de áreas de aterro sanitário	13
Tabela 2.3 – Critérios políticos e sociais da legislação atualmente em vigor para escolha de áreas de aterro sanitário	13
Tabela 4.1 - Vírus patogênicos provavelmente encontrados no lixo urbano.....	44
Tabela 4.2 - Bactérias patogênicas, provavelmente presentes nos resíduos sólidos de Marechal Deodoro e suas respectivas doenças conseqüentes.....	44
Tabela 4.3 - Protozoários, que possivelmente estão presentes nos resíduos sólidos de Marechal Deodoro	45
Tabela 4.4 - Principais helmintos, provavelmente presentes nos resíduos sólidos de Marechal Deodoro	45
Tabela 4.5 - Patógenos de origem veterinária, tipo de doença e sua forma de transmissão.....	46
Tabela 4.6 - Principais microorganismos presentes nos resíduos sólidos, doenças e tempo de sobrevivência	47
Tabela 4.7 - Resíduos sólidos segregados.....	48
Tabela 4.8 - Composição dos resíduos sólidos da cidade de Marechal Deodoro – AL	49
Tabela 4.9 – Itens para o dimensionamento do reservatório anaeróbio.....	63
Tabela 4.10 - Itens para o dimensionamento do reservatório facultativo	66
Tabela 5.1 – Dados sobre custos do Aterro Sanitário Simplificado de Marechal-AL	94
Tabela 5.2 - Dados sobre custos do Aterro Sanitário de Atalaia-AL	95
Tabela 5.3 - Dados comparativos sobre custos dos Aterro Sanitários de Marechal e Atalaia.....	96

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1 - Vantagens e limitações de aterros sanitários.....	7
Quadro 2.2 – Exemplos de sistema de pontuação para avaliação das áreas pesquisadas (Fonte: MONTEIRO et al, 2001).....	18
Quadro 4.1– Distancias das sedes municipais limítrofes e a capital do estado de Alagoas.	37
Quadro 4.2 – Evolução da população de Marechal Deodoro (AL) nos últimos 30 anos (Fonte: IBGE, 2002).....	39
Quadro 4.3 – Dados para o dimensionamento das células do aterro	50

LISTA DE FLUXOGRAMAS

Fluxograma 2.1 - Roteiro para a elaboração de projetos executivos e licenciamento ambiental para implantação de aterros sanitários.....	9
Fluxograma 3.1- Roteiro proposto para a elaboração de projetos executivos e licenciamento ambiental para implantação de Aterros Sanitários Simplificados [ASS].....	35

LISTA DE PLANTAS

Planta 2.1 – Layout do aterro sanitário de João Pessoa – PB.	8
Planta 4.1 – Detalhe do isolamento externo e interno da área do aterro sanitário	87
Planta 4.2 – Detalhe dos drenos de desvio externo e interno de águas pluviais e do dreno de percolados da área degradada.	88
Planta 4.3 – Vista frontal e lateral da célula em perspectiva	89
Planta 4.4 – Levantamento planimétrico - detalhe da localização dos equipamentos do aterro sanitário.....	90
Planta 4.5 – Detalhe do reservatório para o tratamento de chorume.....	91
Planta 4.6 – Planta planialtimétrica da propriedade destacando a localização dos equipamentos	92
Planta 4.7 – Detalhe da célula, dos drenos de chorume e dos drenos de gases...	93

LISTA DE FIGURAS

Figura 4.1 – Localização (c) e fotos do município [(a) e (b)] de Marechal Deodoro.	36
Figura 4.2 – Esboço do dreno de desvio interno em valas.....	52
Figura 4.3 – Esboço do dreno de desvio externo em vala.	53
Figura 4.4 – Caixa de junção e Caixa dissipadora de energia.	54
Figura 4.5 – Detalhe em corte e em foto do dreno para gases projetado.	56
Figura 4.6 – Drenos horizontais projetados.	59
Figura 4.7 - Croqui do reservatório anaeróbio e facultativo.....	61

LISTA DE FOTOS

Foto 1.1 – Lixão (Arapiraca-AL)	2
Foto 1.2 – Habitat dos catadores de lixo (Arapiraca - AL).....	2
Foto 1.3 [(A) E (B)] – Aterro sanitário de Arapiraca - AL.	3
Foto 2.1 – Aterro sanitário de João Pessoa – PB.....	5
Foto 4.1 – Área escolhida para a implantação do aterro sanitário simplificado de Marechal Deodoro – AL.	41
Foto 4.2 – Lixão de Marechal Deodoro-AL.....	43
Foto 4.3 – Caminhão coletor de resíduo da cidade de Marechal Deodoro.	48
Foto 4.4 – Área destinada à implantação da lagoa de percolados da área a ser recuperada.....	77
Foto 4.5 – Vista parcial dos resíduos depositados aleatoriamente.	78
Foto 4.6 - Riacho do Caboclo – Área de preservação permanente localizada na parte norte do aterro sanitário.	78
Foto 4.7 – Detalhe de dreno de gás encontrado em área já recuperada.....	79
Foto 4.8 – Vista da área recuperada em fase regeneração.	79
Foto 4.9 – Vista parcial do local onde será implantado o reservatório de percolados.....	80
Foto 4.10 – Execução da célula para disposição final de resíduos sólidos.	80
Foto 4.11– Área degradada sendo recuperada.....	81
Foto 4.12 – Área onde foi realizada a retirada dos resíduos dispostos aleatoriamente.....	81
Foto 4.13 – Vista parcial da área degradada sendo recuperada.....	82
Foto 4.14 – Vala temporária para disposição dos resíduos hospitalares.....	82
Foto 4.15 – Célula sendo executada.	83
Foto 4.16 – Área destinada para a implantação da ETC.	83
Foto 4.17 – Detalhe da área destinada para disposição temporária dos resíduos coletados diariamente durante a execução do projeto.	84
Foto 4.18 – Reservatório de decantação já em funcionamento.	84
Foto 4.19 – Detalhe do dreno e da manta utilizada para impermeabilização.....	85
Foto 4.20 – Detalhe do dreno de chorume em operação.....	85
Foto 4.21 – Caixa de passagem de percolados utilizada também com caixa de vazão.....	86

ÍNDICE

1.0 – INTRODUÇÃO, OBJETIVOS e organização do trabalho.....	1
1.1 - INTRODUÇÃO.....	1
1.2 - OBJETIVO	4
1.3 - ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO.....	4
2.0 - REVISÃO SOBRE A LITERATURA.....	5
2.1 - ATERROS SANITÁRIOS	5
2.2 - ESCOLHA DA ÁREA PARA ATERROS SANITÁRIOS.....	10
2.2.1 - Critérios adotados para a seleção de áreas.....	11
2.2.2 - Restrições na escolha de áreas para implantação de aterros sanitários... 	14
2.2.3 - Sobre a área selecionada	17
2.3 - CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS	19
2.3.1 - Resíduos Sólidos	19
2.3.2 - Características microbiológicas dos resíduos sólidos	20
2.4 – ESTUDOS DE IMPACTOS AMBIENTAIS.....	25
2.4.1 – Considerações gerais	25
2.4.2 – Apresentação de Estudos de Impacto Ambiental (EIA).....	26
2.5 - LICENCIAMENTO AMBIENTAL.....	29
2.5.1 - Licença Prévia (LP)	29
2.5.2 - Licença de Instalação (LI)	30
2.5.3 - Licença de Operação (LO).....	30
2.6 - PROJETO EXECUTIVO	31
2.6.1 - Memória justificativa	31
2.6.2 – Elementos do projeto	31
2.6.3 - Especificações de materiais e de serviços.....	33
3.0 - MÉTODO PROPOSTO	34
4.0 - ESTUDO DE CASO.....	36
4.1 - CARACTERÍSTICAS DO MUNICÍPIO	36
4.1.1 - Localização	36

4.1.2 - Clima.....	37
4.1.3 - Acidentes geográficos.....	37
4.1.4 - Riquezas naturais	38
4.1.5 - População	38
4.1.6 - Economia	39
4.1.7 - Acessos	39
4.2 - ESCOLHA DA ÁREA.....	40
4.2.1 - Seleção da área.....	40
4.2.2 - Área necessária para o aterro sanitário simplificado.....	40
4.3 - CONCEPÇÃO DO PROJETO	41
4.3.1 - Modelo tecnológico proposto.....	41
4.4 - CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DA CIDADE DE MARECHAL DEODORO.....	43
4.4.1 - Características microbiológicas	44
4.4.2 - Características físicas	47
4.5 - PRODUÇÃO E COMPOSIÇÃO DOS RESÍDUOS NOVOS	49
4.6 - ELEMENTOS DO PROJETO	49
4.6.1 - Instalações auxiliares do Aterro sanitário simplificado	49
4.6.2 - Sistema de impermeabilização	54
4.6.3 - Sistema de drenagem de gases	55
4.6.4 - Drenagem dos líquidos percolados	57
4.6.5 - Descrição e dimensionamento do sistema proposto.....	59
4.6.6 - Processo de tratamento de percolado	60
4.7 - PROGRAMA DE RECUPERAÇÃO DE ÁREA DEGRADADA (PRAD)	66
4.7.1 - Considerações Gerais.....	66
4.7.2 - Legislação Ambiental Pertinente	70
4.7.3 - Plano de recuperação de área degradada (PRAD)	71
4.8 – ILUSTRAÇÕES DOS COMPONENTES DO ATS IMPLANTADO DURANTE A FASE EXPERIMENTAL.....	77
5.0 - RESULTADOS	94

6.0 - CONCLUSÕES E SUGESTÕES	98
6.1 – CONCLUSÕES	98
6.2 – SUGESTÕES	99
7.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	100

SIGLAS E ABREVIACÕES

ACA	Área de Controle Ambiental
ART	Assinatura de Responsabilidade Técnica
APP	Área de Preservação Permanente, segundo o Código Florestal.
ASS	Aterro Sanitário Simplificado.
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas.
CREA	Conselho Regional de Engenharia e Arquitetura.
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio.
DC	Dreno de Chorume.
DG	Dreno de Gás.
DQO	Demanda Química de Oxigênio.
EE	Estação Ecológica.
EPI	Equipamento de Proteção Individual.
EPC	Equipamento de Proteção Coletiva.
ETC	Estação de Tratamento de Chorume.
Fm.	Formação Geológica.
FNS	Fundação Nacional de Saúde.
MP	Manutenção Preventiva.
MC	Manutenção Corretiva.
PCA	Plano de Controle Ambiental
PRAD	Programa de Recuperação de Área Degradada
SNUC	Sistema Nacional de Unidades de Conservação
UC	Unidade de Conservação.



RESUMO

Os processos, atualmente recomendados por órgãos governamentais, para a disposição adequada do lixo domiciliar é a implantação de: aterros sanitários e de aterros controlados. A operação dessas opções de aterros tem sido dificultada pela ausência, em pequenas e médias cidades no Nordeste do Brasil, de condições básicas e essenciais que devem pré-existir para efetiva operacionalização nos moldes a que são projetados. Dentre elas, podemos citar: ausência de instrumentos de educação ambiental da população, falta de gerenciamento adequado por parte dos gestores públicos, ausência de recursos em seus orçamentos para disposição e o gerenciamento dos resíduos sólidos, escassez de resíduos sólidos que possam ser reciclados, e demanda ou produção de resíduos pouco atrativa, financeiramente, para as concessionárias do setor. Neste trabalho é proposta uma concepção de projetos executivos de aterros sanitários "simplificados", de forma a atender as demandas específicas de pequenas e médias cidades do Nordeste do Brasil, de acordo com a realidade regional e com as normas ambientais atuais vigentes para disposição de resíduos sólidos. O Aterro Sanitário Simplificado (ASS) é uma alternativa para disposição final de resíduos sólidos urbanos e constitui uma proposição que ameniza os impactos sobre o meio ambiente e minimiza os impactos sócio-econômicos. Os custos que envolvem a implantação do ASS são relativamente menores quando comparados aos de implantação dos aterros sanitários e controlados. A operação do ASS, pela sua concepção, é de fácil execução, o que propicia a sua adoção por gestores públicos de pequenas cidades do Nordeste do Brasil.

Palavras Chave: Aterro sanitário, meio ambiente, resíduos sólidos.

SUMMARY

Government agencies recommend that domestic waste should be disposed off in properly managed sanitary or controlled landfills. However, solid waste management in small and middle size town landfills of Northeast Brazil has been hampered by the absence of basic operational conditions, such as no environmental education of the population, inappropriate landfill management, no specific budgetary funds in government agencies, and no demand or industrial scale that economically justifies recycling the materials present in domestic waste. In the present study, a concept of simplified projects of sanitary landfills is proposed to the specific demands of small and middle size towns of Northeast Brazil that takes into account the current environmental regulation concerning the deposition of solid wastes. It is based on the Simplified Sanitary Landfill (ASS) that can be an alternative for the final deposition of urban solid residues that reduces the environmental, social and economic impacts generated by domestic wastes. Implantation costs associated to ASS are relatively lower than those associated to sanitary and controlled landfills. Management simplicity of ASS makes it easy for government agencies to implement its use at small towns in Northeast Brazil.

Key words : landfill, environment, solid waste.

CAPÍTULO 1

1.0 – INTRODUÇÃO, OBJETIVOS E ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

1.1 - INTRODUÇÃO

Uma das grandes preocupações das administrações públicas tem como objetivo viabilizar tratamentos adequados quanto ao recolhimento e disposição final dos rejeitos provenientes de sua população. Esses rejeitos têm gerado toneladas de resíduos sólidos e líquidos diariamente, e absorvido uma grande parte da receita administrativa o que demanda espaços cada vez maiores, uma vez que, uma tonelada de lixo ocupa o espaço de 4 a 5 m³ (SILVA, 2001).

É comum observar nos municípios de menor porte a presença de "lixões", ou seja, local onde o lixo coletado é lançado diretamente sobre o solo sem qualquer controle e sem quaisquer cuidados ambientais, poluindo tanto o solo, o ar e as águas subterrâneas e superficiais em seu entorno (Foto 1.1).

Os lixões, além dos problemas sanitários com a proliferação de vetores de doenças, também se constituem em sério problema social, porque acabam atraindo os "catadores", indivíduos que fazem da catação do lixo um meio de sobrevivência, muitas vezes permanecendo na área do aterro, em abrigos e casebres, criando famílias e até mesmo formando comunidades (Foto 1.2).

No Brasil a limpeza urbana tem sido considerada como um setor do saneamento básico, entretanto, a gestão dos resíduos sólidos não tem merecido a atenção necessária por parte do poder público. Com isso, compromete-se cada vez mais a saúde da população, bem como se degradam os recursos naturais, especialmente o solo e os recursos hídricos.

Segundo MONTEIRO et al (2001), mais de 70% dos municípios brasileiros possuem menos de 20 mil habitantes, e que a concentração urbana da população no país ultrapassa a casa dos 80%. Isso reforça as preocupações com os problemas ambientais urbanos e, entre estes, a disposição e o gerenciamento dos resíduos sólidos.



Foto 1.1 – Lixão (Arapiraca-AL)

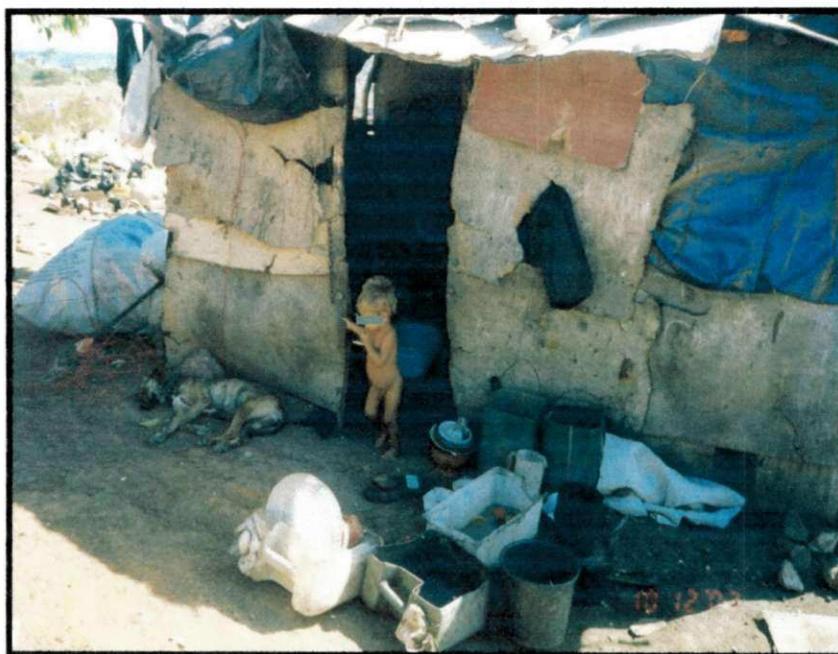


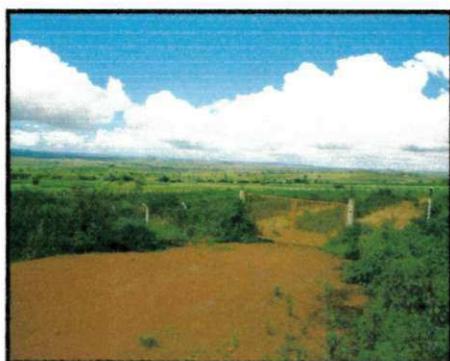
Foto 1.2 – Habitat dos catadores de lixo (Arapiraca-PB)

De acordo com a pesquisa do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística –IBGE, realizada em 1989 (Pesquisa Nacional do Saneamento Básico – PNSB), as diferenças regionais apontam para as regiões Sul e Sudeste como as que detêm a maior cobertura de atendimento de seus domicílios, com 87,0% e 86,6%, respectivamente, enquanto as regiões Norte e Nordeste têm apenas 54,4% e 44,6%, respectivamente, de domicílios atendidos por serviço de coleta de lixo.

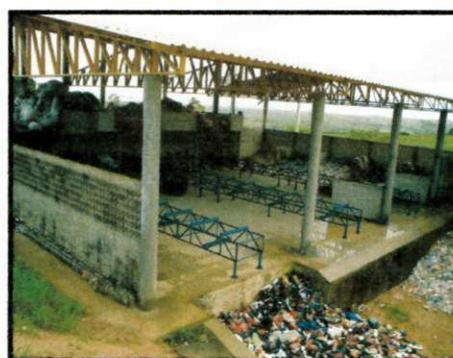
O processo, atualmente recomendado por órgãos governamentais, para a disposição adequada do lixo domiciliar, é a implantação de aterros sanitários e de aterros controlados. A diferença básica entre ambos é que este último não prescinde da coleta e do tratamento do chorume, assim como da drenagem e queima do biogás.

Entretanto, a operação de uma dessas duas opções para disposição final de resíduos sólidos tem sido dificultada pela ausência, em pequenas e médias cidades no Nordeste do Brasil, das condições básicas e essenciais que devem pré-existir para efetiva operacionalização nos moldes a que são projetados. Dentre elas, podemos citar: ausência de instrumentos de educação ambiental da população; falta de gerenciamento adequado por parte dos gestores públicos; ausência de recursos em seus orçamentos para disposição e o gerenciamento dos resíduos sólidos; escassez de resíduos sólidos que possam ser reciclados; demanda ou produção de resíduos pouco atrativa financeiramente, para as concessionárias do setor e ausência de vontade política.

A Foto 1.3(a) e a Foto 1.3(b) ilustram um exemplo clássico do que foi descrito no parágrafo anterior. Trata-se do aterro sanitário da cidade de Arapiraca no estado de Alagoas, Nordeste do Brasil, que após sua implantação em março de 2004, encontra-se em total abandono.



(a)



(b)

Foto 1.3 [(a) e (b)] – Aterro Sanitário de Arapiraca-AL

1.2 - OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo a elaboração de uma proposta de concepção de projetos executivos de aterros sanitários "simplificados", para disposição de resíduos sólidos, de forma a atender as demandas específicas de pequenas cidades do Nordeste do Brasil de até 20 mil habitantes, de acordo com a realidade regional e com as normas ambientais vigentes no Brasil.

1.3 - ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

O relato encontra-se em um volume distribuído da seguinte forma:

[Capítulo 1] Introdução, objetivos e organização do trabalho – é descrita uma visão geral do trabalho, a justificativa e os objetivos a serem alcançados.

[Capítulo 2] Revisão sobre a literatura – são discutidos e descritos assuntos relacionados à: aterros sanitários, escolha da área para aterros sanitários, caracterização dos resíduos sólidos, diagnóstico ambiental, licenciamento ambiental e projeto executivo.

[Capítulo 3] Método proposto – são relatados aspectos, considerados importantes, sobre método de pesquisa e a metodologia proposta para implantação de aterros sanitários simplificados.

[Capítulo 4] Estudo de caso – são apresentados e analisados os resultados obtidos durante a fase de projeto e experimental do trabalho, obtido a partir do projeto e da implantação do aterro sanitário simplificado da cidade de Marechal Deodoro, Estado de Alagoas no Nordeste do Brasil.

[Capítulo 5] Conclusões e sugestões – expõem-se as conclusões sobre os resultados alcançados e as sugestões para futuros trabalhos.

[Capítulo 6] Referências bibliográficas – são descritas todas as referências citadas para a realização deste trabalho.

Anexo A – Dados e informações adicionais utilizados na pesquisas.

CAPÍTULO 2

2.0 - REVISÃO SOBRE A LITERATURA

2.1 - ATERROS SANITÁRIOS

Segundo MONTEIRO et al (2001) o aterro sanitário é um método para disposição final dos resíduos sólidos urbanos, sobre terreno natural, através do seu confinamento em camadas cobertas com material inerte, geralmente solo, segundo normas operacionais específicas, de modo a evitar danos ao meio ambiente, em particular à saúde e à segurança pública (Foto 2.1 e Planta 2.1).

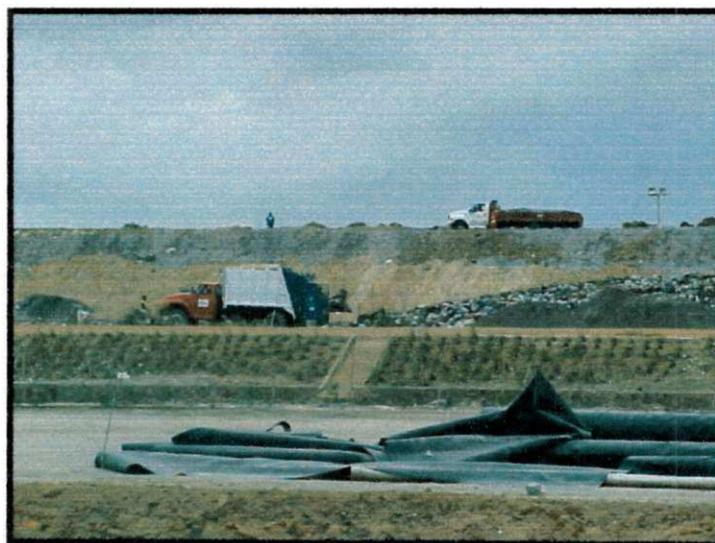


Foto 2.1 – Aterro sanitário de João Pessoa – PB

Um aterro sanitário conta necessariamente com as seguintes unidades (Planta 1):

- unidades operacionais;
- células de lixo domiciliar;
- células de lixo hospitalar (caso o município não disponha de processo mais efetivo para dar destino final a esse tipo de lixo);
- impermeabilização de fundo (obrigatória) e superior (opcional);
- sistema de coleta e tratamento dos líquidos percolados (chorume);
- sistema de coleta e queima (ou beneficiamento) do biogás;
- sistema de drenagem e afastamento das águas pluviais;
- sistemas de monitoramento ambiental, topográfico e geotécnico;
- pátio de estocagem de materiais;
- unidades de apoio;
- cerca e barreira vegetais;
- estradas de acesso e de serviço;
- balança rodoviária e sistema de controle de resíduos;
- guarita de entrada e prédio administrativo.

A realização de aterros sanitários, geralmente, baseia-se:

- na melhoria da qualidade de vida da população envolvida, resguardando-se os aspectos ambientais, sociais e econômicos;
- nos princípios de redução, reuso e reciclagem que são considerados prioritários para alcançar uma gestão integrada e aumentar o tempo de vida útil dos aterros sanitários;
- na preservação do meio ambiente, através da eliminação dos lixões e a disponibilidade de área que possua as condições adequadas para a sua construção.

O aterro sanitário é uma obra de engenharia que deve ser orientada por quatro objetivos:

- diminuição dos riscos de poluição provocados por odores, queima de materiais e proliferação de insetos;
- utilização futura do terreno disponível, através de uma boa compactação e cobertura;

- minimização dos problemas de poluição da água, provocados por lixiviação;
- controle da emissão de gases liberados durante os processos de decomposição.

O processo de utilização de aterros sanitários possui algumas vantagens e limitações listadas no Quadro 2.1.

Quadro 2.1 - Vantagens e limitações de aterros sanitários

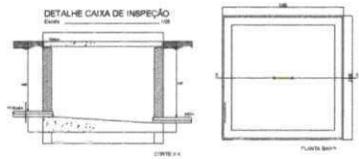
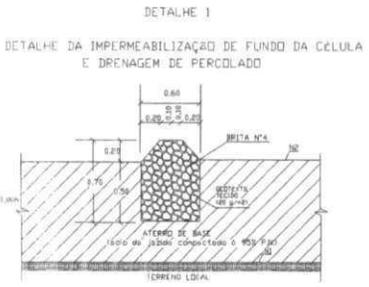
Vantagens	Limitações
Processo de baixo custo	Longa imobilização do terreno
Recuperação de áreas degradadas	Necessidade de grandes áreas
Flexibilidade de operação	Necessidade de material de cobertura
Não requer pessoal altamente especializado	Dependência das condições climáticas

(Fonte: MOTEIRO et al, 2001)

Um aterro sanitário é um reator biológico em evolução, que produz:

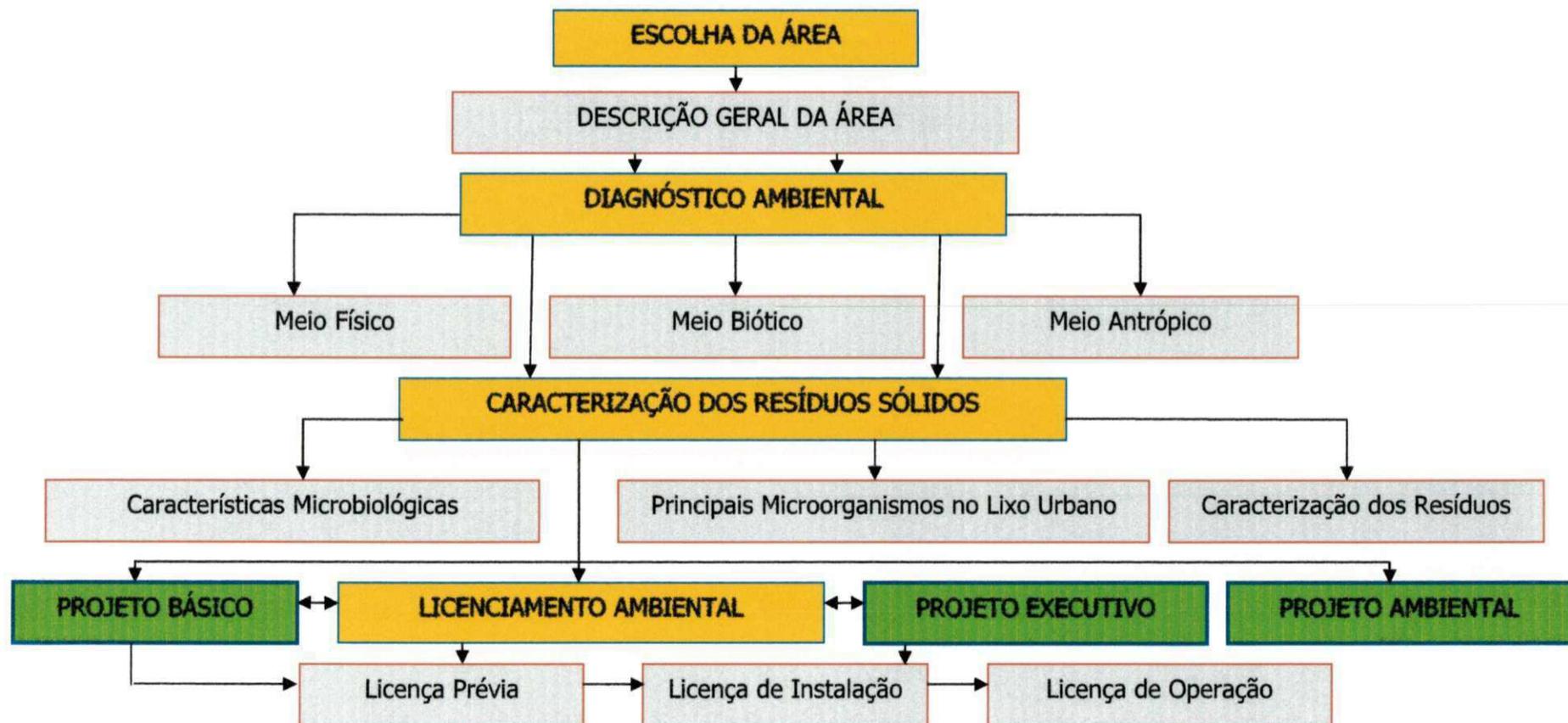
- resíduos gasosos: CO₂, metano, vapor d'água, O₂, N₂;
- resíduos sólidos: resíduos mineralizados;
- resíduos líquidos: águas lixiviadas, ácido sulfúrico e sulfuretos.

A operação de um aterro sanitário deve ser precedida do processo de seleção de áreas, diagnóstico ambiental, elaboração de projetos, licenciamento ambiental e implantação. O Fluxograma 2.1 apresenta uma síntese sobre o roteiro para a elaboração de projetos executivos com o objetivo de implantação de aterros sanitários.



DRENAGEM DE BASE
ESCALA 1:2000

Planta 2.1 – Layout do aterro sanitário de João Pessoa – PB.



Fluxograma 2.1 - Roteiro para a elaboração de projetos executivos e licenciamento ambiental para implantação de aterros sanitários

2.2 - ESCOLHA DA ÁREA PARA ATERROS SANITÁRIOS

Toda administração pública deve providenciar local próprio para receber as toneladas de resíduos produzidos diariamente e manter o equilíbrio dinâmico do ambiente envolvido, sem aumentar os impactos que a destinação final de lixo causa.

Esta realidade torna-se um grande desafio aos gestores de municípios, que têm de levar em conta algumas questões básicas antes da implantação de um aterro sanitário, entre elas:

- econômica: os gastos com a limpeza pública e estocagem são elevados e devem ser bem planejados;

- ambiental: o destino deve garantir a qualidade do meio ambiente urbano, não devendo gerar fontes de poluição do ar, das águas e do solo e muito menos servir de habitat insetos e animais nocivos ao homem. A estética da paisagem também deve ser levada em consideração;

- espacial: as formas de disposição dos resíduos não devem comprometer a ocupação do espaço urbano, pois se sabe que nas proximidades dos aterros sanitários e lixões criam-se invasões que podem tornar-se um malha urbana inadequada;

- social: um planejamento de limpeza pública jamais deverá facilitar o convívio homem-lixo.

O grau de urbanização das cidades, associado a uma ocupação intensiva do solo, restringe a disponibilidade de áreas próximas aos locais de geração de lixo e com as dimensões requeridas para se implantar um aterro sanitário que atenda às necessidades dos municípios.

Associados a restrição, anteriormente comentada, os parâmetros técnicos das normas e diretrizes federais, estaduais e municipais, os aspectos legais das três instâncias governamentais, planos diretores dos municípios envolvidos, pólos de desenvolvimento locais e regionais, distâncias de transporte, vias de acesso e os aspectos político-sociais relacionados com a aceitação do empreendimento pelos políticos, pela mídia e pela comunidade devem ser considerados quando da escolha definitiva da área destinada a implantação de aterros sanitários. Por isso, a escolha da melhor área para a implantação de aterros sanitários torna-se uma tarefa de grande complexidade.

MONTEIRO et al (2001) sugerem como estratégia de seleção da área do aterro a execução das seguintes etapas:

- seleção preliminar das áreas disponíveis no município;
- estabelecimento do conjunto de critérios de seleção;
- definição de prioridades para o atendimento aos critérios estabelecidos;
- análise crítica de cada uma das áreas levantadas, frente aos critérios estabelecidos e priorizados, selecionando-se aquela que atenda à maior parte das restrições através de seus atributos naturais.

A seguir, serão descritos os aspectos relacionados à seleção da área destinada à instalação e operação dos aterros. Tal seleção é definida pelo somatório das áreas do município ou de integrantes onde são efetuados os serviços de coleta de resíduos urbanos, de saúde e industriais, utilização do sistema viário, além da própria área do empreendimento e adjacências.

2.2.1 - Critérios adotados para a seleção de áreas

A implantação de um aterro sanitário sobre uma determinada área requer que variáveis tecnológicas, ambientais e sócio-econômicas sejam investigadas no intuito de evitar ou minimizar os impactos negativos que possam vir a comprometer o empreendimento ou causar danos ao meio ambiente.

A avaliação de alternativas para seleção de áreas envolve o levantamento de várias condicionantes naturais e antrópicas, em conjunto com as questões relacionadas à viabilidade econômica e da própria concepção do aterro sanitário.

A seleção de uma área para servir de aterro sanitário à disposição final de resíduos sólidos domiciliares deve atender aos critérios técnicos impostos pelas normas da ABNT (NBR 10157/87) e pela legislação federal, estadual e municipal (se houver).

Na Tabela 2.1 estão inseridos alguns condicionantes e restrições relativas às normas da ABNT, assim como os aspectos técnicos da legislação atualmente em vigor.

Tabela 2.1 – Condicionantes, restrições e aspectos técnicos da legislação atualmente em vigor para escolha de áreas de aterro sanitário

CRITÉRIOS TÉCNICOS	
CRITÉRIOS	OSERVAÇÕES
Uso do solo	As áreas têm que se localizar numa região onde o uso do solo seja rural (agrícola) ou industrial e fora de qualquer Unidade de Conservação Ambiental.
Proximidade a cursos d'água relevantes	As áreas não podem se situar a menos de 200 metros de corpos d'água relevantes, tais como, rios, lagos, lagoas e oceano. Também não poderão estar a menos de 50 metros de qualquer corpo d'água, inclusive valas de drenagem que pertençam ao sistema de drenagem municipal ou estadual.
Proximidade a núcleos residenciais urbanos	As áreas não devem se situar a menos de mil metros de núcleos residenciais urbanos que abriguem 200 ou mais habitantes.
Proximidade a aeroportos	As áreas não podem se situar próximas a aeroportos ou aeródromos e devem respeitar a legislação em vigor.
Distância do lençol freático	As distâncias mínimas recomendadas pelas normas federais e estaduais são as seguintes: <ul style="list-style-type: none"> • para aterros com impermeabilização inferior através de manta plástica sintética, a distância do lençol freático à manta não poderá ser inferior a 1,5 metro; • para aterros com impermeabilização inferior através de camada de argila, a distância do lençol freático à camada impermeabilizante não poderá ser inferior a 2,5 metros e a camada impermeabilizante deverá ter um coeficiente de permeabilidade menor que 10⁻⁶cm/s.
Vida útil mínima	É desejável que as novas áreas de aterro sanitário tenham, no mínimo, cinco anos de vida útil.
Permeabilidade do solo natural	É desejável que o solo do terreno selecionado tenha uma certa impermeabilidade natural, com vistas a reduzir as possibilidades de contaminação do aquífero. As áreas selecionadas devem ter características argilosas e jamais deverão ser arenosas.
Extensão da bacia de drenagem	A bacia de drenagem das águas pluviais deve ser pequena, de modo a evitar o ingresso de grandes volumes de água de chuva na área do aterro.
Facilidade de acesso a veículos pesados	O acesso ao terreno deve ter pavimentação de boa qualidade, sem rampas íngremes e sem curvas acentuadas, de forma a minimizar o desgaste dos veículos coletores e permitir seu livre acesso ao local de vazamento mesmo na época de chuvas muito intensas.
Disponibilidade de material de cobertura	Preferencialmente, o terreno deve possuir ou se situar próximo a jazidas de material de cobertura, de modo a assegurar a permanente cobertura do lixo a baixo custo.

(Fonte: MONTEIRO et al, 2001)

Na Tabela 2.2 estão inseridos alguns critérios econômicos e financeiros, assim como os aspectos técnicos da legislação atualmente em vigor.

Tabela 2.2 – Critérios econômicos e financeiros da legislação atualmente em vigor para escolha de áreas de aterro sanitário

CRITÉRIOS ECONÔMICO-FINANCEIROS	
CRITÉRIOS	OSERVAÇÕES
Distância ao centro geométrico de coleta	É desejável que o percurso de ida (ou de volta) que os veículos de coleta fazem até o aterro, através das ruas e estradas existentes, seja o menor possível, com vistas a reduzir o seu desgaste e o custo de transporte do lixo.
Custo de aquisição do terreno	Se o terreno não for de propriedade da prefeitura, deverá estar, preferencialmente, em área rural, uma vez que o seu custo de aquisição será menor do que o de terrenos situados em áreas industriais.
Custo de investimento em construção e infra-estrutura	É importante que a área escolhida disponha de infra-estrutura completa, reduzindo os gastos de investimento em abastecimento de água, coleta e tratamento de esgotos, drenagem de águas pluviais, distribuição de energia elétrica e telefonia.
Custos com a manutenção do sistema de drenagem	A área escolhida deve ter um relevo suave, de modo a minimizar a erosão do solo e reduzir os gastos com a limpeza e manutenção dos componentes do sistema de drenagem.

(Fonte: MONTEIRO et al, 2001)

Na Tabela 2.3 estão inseridos alguns critérios políticos e sociais relativos às normas da ABNT, assim como os aspectos técnicos da legislação atualmente em vigor.

Tabela 2.3 – Critérios políticos e sociais da legislação atualmente em vigor para escolha de áreas de aterro sanitário

CRITÉRIOS POLÍTICOS – SOCIAIS	
CRITÉRIOS	OSERVAÇÕES
Distância de núcleos urbanos de baixa renda	Aterros são locais que atraem pessoas desempregadas, de baixa renda ou sem outra qualificação profissional, que buscam a catação do lixo como forma de sobrevivência e que passam a viver desse tipo de trabalho em condições insalubres, gerando, para a prefeitura, uma série de responsabilidades sociais e políticas. Por isso, caso a nova área se localize próxima a núcleos urbanos de baixa renda, deverão ser criados mecanismos alternativos de geração de emprego e/ou renda que minimizem as pressões sobre a administração do aterro em busca da oportunidade de catação. Entre tais mecanismos poderão estar iniciativas de incentivo à formação de cooperativas de catadores, que podem trabalhar em instalações de reciclagem dentro do próprio aterro ou mesmo nas ruas da cidade, de forma organizada, fiscalizada e incentivada pela prefeitura.
Acesso à área através de vias com baixa densidade de ocupação	O tráfego de veículos transportando lixo é um transtorno para os moradores das ruas por onde estes veículos passam, sendo desejável que o acesso à área do aterro passe por locais de baixa densidade demográfica.
Inexistência de problemas com a comunidade local	É desejável que, nas proximidades da área selecionada, não tenha havido nenhum tipo de problema da prefeitura com a comunidade local, com organizações não-governamentais (ONG's) e com a mídia, pois esta indisposição com o poder público irá gerar reações negativas à instalação do aterro.

(Fonte: MONTEIRO et al, 2001)

2.2.2 - Restrições na escolha de áreas para implantação de aterros sanitários

a) restrições legais

Para a implantação do aterro sanitário é necessário que seja observada a legislação pertinente, bem como as normas relativas às áreas de proteção ambiental.

Dentre os aspectos legais vinculados à preservação da flora pode-se destacar no âmbito da legislação federal a Lei nº 4.771, de 15/09/2002, que institui o código florestal, alterada parcialmente pelas medidas provisórias nº 2.080-61, de 22/03/2001 e nº 2.166-65, de 28/06/2001; o Decreto nº 563, de 05/06/92 que institui o programa piloto para a proteção das florestas tropicais do Brasil; o Decreto 750, de 10/02/93 que trata de assuntos relativos a Mata Atlântica; as Resoluções de nº. 10 de 01/10/93, nº 05 de 04/05/93 e nº 12 de 04/05/94 que dispõem de assuntos de interesse da Mata Atlântica e a Lei nº 9.985, de 18/06/2000 que institui o Sistema Nacional de Unidade de Conservação (SNUC), estabelecendo as normas e critérios adotados para implantação e gestão das unidades de conservação.

As resoluções seguintes englobam os procedimentos específicos, necessários ao licenciamento ambiental do empreendimento em questão:

- Resolução CONAMA nº 001, de 23/01/86 que estabelece diretrizes gerais para implementação da avaliação dos impactos ambientais, tendo como base, a política nacional do meio ambiente;

- Resolução CONAMA nº 006, de 24/01/86 que aprova os modelos para publicação de requerimento e concessão de licença em periódico e no diário oficial;

- Resolução CONAMA nº 002, de 18/04/96 que apresenta como medida de compensação para os danos ambientais gerados por atividades de relevante impacto ambiental, a criação de uma Unidade de Conservação;

- Resolução CONAMA nº 237, de 19/12/97 que determina as licenças: prévia, de instalação e operação, como seus respectivos prazos, de acordo com o tipo de atividade.

No que se refere às áreas de manguezais e restingas, destacam-se as Leis Federais nº 4.771, de 05/09/95, nº 7.661, de 16/05/88, nº. 6.766, de 19/12/79 e 6938 de 31/08/81, onde são consideradas reservas ecológicas as florestas e demais formas de vegetação situadas nos manguezais e nas restingas, em toda a sua extensão.

Com relação à legislação pertinente a resíduos sólidos, destaca-se a questão do lixo industrial nas Resoluções CONAMA nº 13 e 14, de 28/11/94.

Destaca-se ainda a Portaria MINTER nº 53 de 01/03/79 que estabelece normas aos projetos de tratamento e disposição final de resíduos sólidos, bem como a fiscalização de sua implantação, operação e manutenção (esta portaria foi parcialmente revogada pela Resolução CONAMA nº 5, de 05/05/93); a Resolução nº 06, de 19/09/91, que desobriga a incineração ou qualquer outro tratamento de queima dos resíduos sólidos provenientes dos estabelecimentos de saúde, portos e aeroportos; a Resolução nº 05, de 05/05/93, que dispõe sobre o plano de gerenciamento de resíduos sólidos. A Resolução nº 20, de 18/06/86, que classifica as águas doces, salobras e salinas do território nacional em nove classes, segundo seus usos preponderantes e a Resolução nº 04, de 31/03/93, que dispõe sobre as atividades, obras, planos e os projetos a serem instalados nas áreas de restinga.

b) condicionantes ambientais

Para a implantação de um aterro sanitário, é imprescindível o conhecimento dos elementos ambientais que estão vinculados à área do empreendimento.

Os principais condicionantes ambientais envolvem aspectos relacionados com os meios abiótico e biótico, nos seguintes compartimentos:

- geológico-geotécnico;
- geomorfológico;
- hidrogeológico;
- dinâmica e fragilidade de ecossistemas;
- proteção de cursos d'água superficiais;
- condições meteorológicas;
- uso e ocupação do solo;
- fauna;
- flora.

Assim, são consideradas nos estudos o regime de precipitação, direção predominante e velocidade dos ventos, umidade relativa do ar, tipo de cobertura vegetal, condições geotécnicas dos terrenos da fundação e dos materiais de empréstimo, profundidade do

lençol freático, proximidade de corpos d'água superficiais, características altimétricas, geológicas e geomorfológicas, além da proximidade de aglomerado humano.

De acordo com o projeto de norma PN 1: 603. 06-006, da ABNT, "Aterros de resíduos não perigosos – critérios para projeto, implantação e operação", recomendam-se algumas condições fisiográficas que são consideradas como ideais no sentido de redução de riscos de contaminação ao meio ambiente e conseqüente danos à qualidade de vida da população. As principais recomendações são:

- declividade superior a 1% e inferior a 30%. A morfologia local do terreno deverá favorecer a coleta de líquidos percolados, para o tratamento antes do descarte destes efluentes em cursos d'água;

- lençol freático com distância mínima de 3,0 metros da superfície inferior do aterro, sendo que a espessura mínima do solo não saturado deverá ser de 1,5 metros. Deve-se atentar para que não haja locais de interceptação do nível freático com a topografia;

- a permeabilidade do material sobre o qual será implantado o aterro deverá possibilitar a proteção do aquífero e, para tanto, recomenda-se o uso de argila de baixa permeabilidade que seja inferior a 5×10^{-5} cm/s;

- distância mínima do aterro a qualquer tipo de curso d'água ou coleção hídrica deverá ser de 200m;

c) condicionantes tecnológicos

Os principais critérios analisados do ponto de vista da operacionalização e viabilidade do empreendimento são:

- distâncias aos centros geradores de massa, existência e condições das vias de acesso, que influenciará nos custos de implantação e de operação do aterro;

- disponibilidade de infra-estrutura;

- facilidade de descarte de efluentes líquidos;

- titularidade e preço da terra.

Apresenta-se no Quadro 2.2, exemplo de sistema de pontuação, que geralmente são adotados, para hierarquização e seleção de áreas. Essa pontuação é dada para cada item nas áreas pesquisadas, e são realizadas as análises para a escolha de áreas que melhor se enquadre para servir como local do aterro sanitário.

2.2.3 - Sobre a área selecionada

A partir da análise, segundo os critérios citados no item anterior, é escolhida a área mais adequada para implantação do aterro sanitário. Será considerada melhor área aquela que obtiver o maior número de pontos após a aplicação dos pesos às prioridades e ao atendimento dos critérios.

Quadro 2.2 – Exemplos de sistema de pontuação para avaliação das áreas pesquisadas

Proximidade de perímetro urbano, P	Pontuação máxima de 50 pontos
P > 3 km	50 pontos
1 < P < 3 Km	30 pontos
P < 1 Km	10 pontos
Distância do aterro ao centro de massa, D	Pontuação máxima de 200 pontos
D > 10 km	0 pontos
10 < D < 20 km	100 pontos
D < 10 km	200 pontos
Vias de acesso	Pontuação máxima de 200 pontos
Pavimentadas em boas condições:	
asfaltada	120 pontos
encascalhada	80 pontos
com exigências de melhorias	30 pontos
inexistente	0 pontos
Planas ou sem rampas fortes,	80 pontos
Com rampas médias	40 pontos
Muito íngremes	0 pontos
Disponibilidade de infra-estrutura	Pontuação máxima de 100 pontos
De água no local	50 pontos
- facilidade/custo de captação - baixo	30 pontos
- alto	10 pontos
De esgoto	30 pontos
De energia	20 pontos
Topografia	Pontuação máxima de 50 pontos
Ondulado com alta declividade	30 pontos
Ondulado com baixa declividade	50 pontos
Plana	10 pontos
Condições climáticas (Direção do vento)	Pontuação máxima de 100 pontos
A direção dos ventos afeta os núcleos urbanos	0 pontos
A direção dos ventos não afeta os núcleos urbanos	100 pontos
Condições geotécnicas dos solos	Pontuação máxima de 100 pontos
Profundos com boa capacidade de suporte e baix permeabilidade	100 pontos
Rasos com boa capacidade de suporte e média a baixa permeabilidade	
Arenosos, rasos a profundos, com média a baixa capacidade de suporte e média a alta permeabilidade	50 pontos
	30 pontos
Disponibilidade de solo para cobertura	Pontuação máxima de 200 pontos
No local da obra	200 pontos
Num raio de 10 km	100 pontos
A mais de 10 km	50 pontos
Profundidade do lençol freático, H	Pontuação máxima de 100 pontos
H > 10m	100 pontos
5 < H < 10 m	50 pontos
H < 5 m	0 pontos
Susceptibilidade a contaminação de manancial	Pontuação máxima de 100 pontos
Alta	0 pontos
Média	50 pontos
Baixa	100 pontos
TOTAL MÁXIMO DE PONTOS	1500 pontos

(Fonte: MONTEIRO et al, 2001)

2.3 - CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

2.3.1 - Resíduos Sólidos

Segundo a norma da ABNT, NBR 10004/04, os resíduos no estado sólido e semi-sólido, são os que resultam de atividades da comunidade de origem: industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis em face de melhor tecnologia disponível.

Os resíduos sólidos podem ser divididos em grupos, como: lixo doméstico, lixo comercial e industrial, lixo Público, lixo de fontes especiais.

a) lixo doméstico

Lixo doméstico é aquele produzido nos domicílios residenciais. Compreende papel, jornais velhos, embalagens de plástico e papelão, vidros, latas e resíduos orgânicos, como restos de alimentos, trapos, folhas de plantas ornamentais e outros.

b) lixo comercial

- lixo Comercial é aquele produzido em estabelecimentos comerciais e industriais, variando de acordo com a natureza da atividade.

- restaurantes e hotéis produzem, principalmente, restos de comida, enquanto supermercados e lojas produzem embalagens.

- os escritórios produzem, sobretudo, grandes quantidades de papel.

c) lixo industrial

O lixo das indústrias apresenta uma fração que é praticamente comum aos demais: o lixo dos escritórios e os resíduos de limpeza de pátios e jardins; a parte principal, no entanto, compreende apenas os de fabricação, rejeitos, resíduos de processamentos e outros que variam para cada tipo de indústria. Há os resíduos industriais especiais, como

explosivos, inflamáveis e outros que são tóxicos e perigosos à saúde, mas estes constituem uma categoria à parte.

d) lixo público

Lixo público são os resíduos de varrição, capina, raspagem, entre outros, provenientes dos logradouros públicos (ruas e praças), feiras livres e mercados públicos. Podem ser citados também materiais tais como: móveis velhos, galhos grandes, aparelhos de cerâmica, entulhos de obras e outros inúteis, deixados pela população, indevidamente, nas ruas ou retirados das residências através de serviço de remoção especial.

e) lixo de Fontes Especiais

Lixo de fontes especiais é aquele que, em função de determinadas características peculiares que apresenta, passa a merecer cuidados especiais em seu acondicionamento, manipulação e disposição final, como é o caso de alguns resíduos industriais antes mencionados, do lixo hospitalar e do radioativo.

2.3.2 - Características microbiológicas dos resíduos sólidos

O estado da doença é caracterizado pela alteração do funcionamento de células, tecidos e órgãos em parte ou na maior parte do organismo humano, animal ou vegetal.

Quando a doença é causada pela ação parasitária (intra ou extra celular) de microorganismos passíveis de transmissão a outros hospedeiros, correspondem as chamadas doenças infecciosas.

Pelo menos dois terços das doenças infecciosas que afetam o homem ocorrem no trato respiratório e gastro-intestinal, e dentre estas as últimas encontram-se mais associadas aos dejetos e resíduos sólidos.

A transmissão de doenças infecciosas é afetada pelos fatores sócio-econômicos reinantes numa comunidade como: falta de saneamento básico, baixo nível de instrução e informação da população, cuidados com a higiene pessoal, serviços de saúde pública, eliminação adequada, que podem ocasionar sensíveis alterações no quadro epidemiológico de uma cidade ou país, auxiliando na erradicação de mazelas (BURNETT; SCHUSTER, 1973). Várias condições são necessárias para a instalação e progressão de uma doença infecciosa num indivíduo. As mais importantes são: patogenicidade do microorganismo, resistência do hospedeiro e possibilidade de transmissão.

BURNETT e SCHUSTER (1973) explicam que para que a relação parasitária se instale e seja bem sucedida, é necessário que o microorganismo tenha canais de acesso ao corpo hospedeiro, onde deverá sobreviver; que possa adaptar-se e multiplicar-se no interior do corpo sem causar a morte do hospedeiro, pois assim perderia o ambiente protetor e seu meio de sobrevivência; que seja capaz de sair do corpo hospedeiro e resistir no ambiente externo temporariamente; e que disponha de mecanismos de infecção ou transmissão a outros hospedeiros a fim de garantir seu habitat e sua disseminação.

Além da existência de um hospedeiro susceptível, existem ainda outros fatores importantes para a instalação da doença: os "portais de entrada" do organismo, que são o trato alimentar e o respiratório (responsável por dois terços das contaminações), a pele, a via placentária e o sangue, de onde os microorganismos são disseminados; os "portais de saída" do organismo (que são o trato gastro-intestinal, o sistema genito-urinário e o trato respiratório), utilizáveis pelo patógeno como maneira de preservar a espécie, disseminando-a pelo ambiente a busca de condições mais favoráveis de sobrevivência no meio externo até o encontro de um novo hospedeiro.

Os organismos, objetos ou ambientes passíveis de transmitir patógenos são chamados de fontes ou reservatórios e podem ser: indivíduos doentes, convalescentes ou portadores saudáveis; animais (cachorros, gatos, aves, morcegos, ratos e gado em geral); artrópodos; solo; objetos contaminados inanimados como alimentos, objetos de uso pessoal; água; ambiente de estabelecimentos de serviços de saúde.

a) vírus

Os vírus são partículas microscópicas, não celulares, responsáveis por inúmeras doenças causadas em plantas, animais e seres humanos.

Os vírus são definidos como partículas de material genético contendo DNA ou RNA, encapsuladas por uma cobertura de proteína e caracterizado por:

- serem parasitas intracelulares obrigatórios;
- ser filtráveis através de materiais que retém bactérias;
- precisar de culturas de tecidos para sua multiplicação;
- apresentar grande simplicidade de organização interna e de reprodução, propriedades estas que os distinguem dos outros organismos celulares.

b) bactérias

As bactérias são organismos unicelulares procarióticos ou que formam simples associações de células similares. Sua multiplicação é feita, normalmente, por divisão binária.

As bactérias possuem a mais alta taxa metabólica existente entre os microorganismos, responsável pelo seu crescimento populacional rápido e sua maior capacidade de obtenção de energia, o que as torna em competidores extremamente eficientes.

As bactérias são encontradas em maior número na massa de lixo domiciliar que outros microorganismos e, geralmente, necessitam de meio propício ao seu crescimento.

c) protozoários

Os protozoários são protistas eucarióticos de uma única célula, que se diferenciam de acordo com suas características morfológicas, nutritivas e fisiológicas. São em sua maioria microscópicos e assumem as mais variadas formas e tamanhos.

d) helmintos

Os principais helmintos que estão presentes, com freqüência, na massa de lixo. Os ovos dos helmintos, segundo OBENG e WRIGHT (1987), podem sobreviver no lixo e em lodo de esgoto por um período de 3 meses ou superior, se a massa tiver uma baixa temperatura (< 25°C). Os mais resistentes são as *Áscaris spp* e os ovos de ancilóstomos.

e) patógenos de origem veterinária

Os patógenos excretados por animais tanto podem ser encontrados na massa de lixo como nos lodos de esgotos, assim como as fezes do homem.

Algumas infecções podem ser transmitidas do animal para o homem. Apenas algumas doenças são entéricas e de nosso interesse.

Os patógenos entéricos podem ser isolados através dos resíduos dos animais incluindo vírus, bactérias, protozoários e helmintos. Eles variam a quantidade dependendo do tipo de doença e da composição física e química dos resíduos. Os patógenos entéricos têm crescimento ótimo em torno da temperatura ambiente. A temperatura termofílica (> 45°C) pode ser suficiente para destruir ou inativar os patógenos entéricos, principalmente se

esta temperatura for mantida por um tempo suficiente. Algumas bactérias esporuladas e formadoras de esporos encontradas nas excretas dos animais (como o *Bacillus Anthracis* e alguns *Clostridium*) podem sobreviver a altas temperaturas.

f) patógenos secundários

Os patógenos secundários que afetam o sistema de defesa das pessoas, tanto podem estar presentes nos lodos de esgotos como na massa de lixo. Como exemplo desses patógenos tem os fungos termofílicos e actinomicetos.

Esses microorganismos atuam em indivíduos que têm saúde debilitada ou uso prolongado de antibióticos (imunodepressivos). A probabilidade de uma pessoa saudável ser infectada é muito baixa.

g) fungos

Definem-se fungos, como microorganismos filamentosos, formadores de esporos, não fotossintetizantes e heterotróficos, que têm a habilidade de degradar uma grande quantidade de compostos orgânicos, em condições de baixa umidade e em uma ampla faixa de pH. Alguns fungos são patogênicos e responsáveis por algumas doenças respiratórias, como a aspergilose – doença bronco-pulmonar – conhecida como doença de fazendeiro, causada pelo *Aspergillus fumigatus*, comumente encontrados em resíduos agrícolas. A probabilidade de uma pessoa saudável ser contaminada é muito baixa.

h) actinomiceto

Os actinomicetos são microorganismos que produzem filamentos finos e se desenvolvem dentro de um micélio.

Os actinomicetos são formas de vida-livre, embora algumas espécies possam causar doenças em plantas, animais e seres humanos, como os gêneros *Theimopolyspora polyspora* e *Micromonospora vulgaris*, que causam alergias respiratórias semelhantes a doença do fazendeiro.

i) características físicas dos resíduos sólidos

Pode-se caracterizar os resíduos quanto a sua natureza física a partir da composição gravimétrica, peso específico, teor de umidade, compressibilidade e chorume.

Composição gravimétrica

A composição gravimétrica traduz o percentual de cada componente em relação ao peso total do lixo.

Peso específico

O peso dos resíduos em função do volume por eles ocupado, expresso em kg/m^3 é fundamental para o dimensionamento de equipamentos e instalações.

Teor de umidade

O teor de umidade tem influência decisiva, principalmente nos processos de tratamento e destinação do lixo. Varia muito em função das estações do ano e da incidência de chuvas.

Compressibilidade

A compressibilidade também conhecida como grau de compactação, indica a redução de volume que uma massa de lixo pode sofrer, quando submetida a uma pressão determinada. A compressibilidade do lixo situa-se entre 1:3 e 1:4 para uma pressão equivalente a 4 kg/cm^2 . Tais valores são utilizados para dimensionamento de equipamentos compactadores.

Chorume

O chorume é a substância líquida decorrente da decomposição de material orgânico.

2.4 – ESTUDOS DE IMPACTOS AMBIENTAIS

2.4.1 – Considerações gerais

A Constituição Federal do Brasil de 1988 preceitua, no artigo 225, parágrafo 1º, inciso IV, que incumbe ao Poder Público:

“Exigir, na forma da lei, para instalação de obra ou atividade potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente, estudo prévio de impacto ambiental, a que se dará publicidade”.

A Lei 6938/81 (regulamentada pelos decretos 9274 06/06/90 e 2120 13/01/97) atribuiu ao Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, dentre suas competências, compete estabelecer normas e critérios para licenciamento de atividades efetiva ou potencialmente poluidoras.

A resolução CONAMA 001, de 23/01/86 (alterada pelas Resoluções 11/86, 05/87 e 237/97) estabelece que o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) deve contemplar todas as alternativas tecnológicas e de localização do projeto, confrontando-as com a hipótese de não executá-lo.

As resoluções CONAMA 001/86, 009/87 (Audiência Pública) e 237/97 (Licenciamento Ambiental) sugerem para o estudo de impacto ambiental que sejam desenvolvidos, no mínimo, as seguintes atividades técnicas:

I – Elaboração do Diagnóstico ambiental da área de influência do projeto antes da implantação do projeto.

Segundo a Resolução do CONAMA nº 279, de 27 de junho de 2001, o Diagnóstico Ambiental consiste na descrição dos prováveis impactos ambientais e sócio-econômicos da implantação e operação da atividade, considerando o projeto, suas alternativas, os horizontes de tempo de incidência dos impactos e indicando os métodos, técnicas e critérios para sua identificação, quantificação e interpretação.

O diagnóstico ambiental, assim como a análise dos efeitos ambientais, deverá considerar o meio ambiente composto de:

- meio físico: o solo e suas aptidões, o subsolo e os recursos minerais, as águas e suas coleções, ciclos e regimes hidrológicos, o ar e o clima, a topografia, a paisagem e as correntes marinhas e atmosféricas;

- meio biótico: a flora e a fauna, as espécies indicadoras da qualidade ambiental, as espécies de valor científico ou econômico, as espécies raras ou ameaçadas de extinção, as áreas de unidades de conservação e as Áreas de Preservação Permanente;

- meio antrópico ou socioeconômico: o uso e ocupação do solo, os usos da água, as condições sociais e econômicas da população, os monumentos históricos e arqueológicos, os valores e padrões históricos e culturais da população afetada, as relações de dependência entre a população afetada e os recursos ambientais e a potencial utilização futura destes recursos.

Da Resolução do CONAMA nº 279, de 27 de junho de 2001, em seu inciso III requer: "no diagnóstico ambiental e no prognóstico da evolução do meio ambiente, os diversos fatores ambientais devem ser analisados de forma integrada, ressaltando suas interações e interdependências".

- a Análise dos Impactos Ambientais do projeto e de suas alternativas, através de identificação, previsão da magnitude e interpretação da importância dos prováveis impactos relevantes, discriminando: os impactos positivos e negativos (benéficos e adversos), diretos e indiretos, imediatos e a médio e longo prazo, temporários e permanentes; seu grau de reversibilidade; suas propriedades cumulativas e sinérgicas; a distribuição dos ônus e benefícios sociais;

- a definição das medidas mitigadoras dos impactos negativos, entre elas os equipamentos de controle e sistemas de tratamento de despejos, avaliando a eficiência de cada uma delas;

- a elaboração do programa de acompanhamento e monitoramento (os impactos positivos e negativos, indicando os fatores e parâmetros a serem considerados).

2.4.2 – Apresentação de Estudos de Impacto Ambiental (EIA)

A apresentação do EIA pode ser feita a partir de relato contemplando: informações gerais; caracterização do empreendimento; áreas de influência; diagnóstico ambiental; qualidade ambiental; análise dos impactos ambientais; proposições de medidas mitigadoras e programa de acompanhamento e monitoramento de impactos.

a) informações gerais

Consistem no catálogo de dados relevantes de informações sobre:

- identificação do empreendedor;
- informações gerais sobre o empreendimento;
- atividades a serem desenvolvidas;
- localização;
- objetivos e justificativas;
- etapas de implantação.

b) caracterização do empreendimento

Consiste em relato descritivo sobre:

- a caracterização do empreendimento nas fases de planejamento,
- a implantação, operação e , quando for o caso, desativação;
- os esclarecimentos sobre as alternativas tecnológicas e/ou locacionais.

c) áreas de influência

Contempla textos e anexos explicativos sobre os limites da área geográfica a ser direta ou indiretamente afetada pelos impactos (área de influência do projeto).

d) diagnóstico ambiental

Contém o relato contendo completa análise dos recursos ambientais e suas interações, de modo a caracterizar a situação ambiental da região antes da implantação do empreendimento ou atividade.

e) qualidade ambiental

Consiste na elaboração de quadro sintético com as interações dos fatores ambientais físicos, biológicos e sócio-econômicos; identificação das tendências evolutivas desses fatores. Dentre eles podemos destacar:

Meio físico

- clima e condições meteorológicas;
- qualidade do ar;
- níveis de ruído;
- aspectos geológicos;
- aspectos geomorfológicos;
- tipos de solo;
- recursos hídricos;
- fatores ambientais.

Meio biótico

- ecossistema terrestre;
- ecossistema aquático;
- ecossistema de transição;

Meio antrópico

- dinâmica populacional;
- uso e conservação do solo;
- nível de vida;
- estrutura produtiva e de serviços;
- organização social.

f) análise dos impactos ambientais

Consiste na descrição, identificação, valoração e interpretação dos prováveis impactos ambientais, nas fases de planejamento, implantação, operação e desativação (se for o caso) do empreendimento, sobre os meios físicos, biológicos e antrópico.

2.5 - LICENCIAMENTO AMBIENTAL

O Licenciamento Ambiental é o procedimento pelo qual o órgão ambiental competente licencia a localização, instalação, ampliação e operação de empreendimentos ou atividades que utilizam os recursos ambientais, consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras ou daquelas que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental, considerando as disposições legais e regulamentares e as normas técnicas aplicáveis ao caso. (Art. 1º, I, da Resolução CONAMA 237/97).

Compete ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA, o licenciamento ambiental de empreendimentos e atividades com significativo impacto ambiental de âmbito nacional ou regional, localizadas ou desenvolvidas em dois ou mais estados. (Art. 4º. II da Resolução 237/97). Nesse licenciamento, o IBAMA considerará o exame técnico procedido pelos órgãos ambientais dos estados e municípios em que se localizar o empreendimento, bem como, quando couber, o parecer dos demais órgãos competentes da união, dos estados, do distrito federal e dos municípios envolvidos no processo de licenciamento.

Licença Ambiental é o ato administrativo pelo qual o órgão ambiental competente estabelece as condições, restrições e medidas de controle ambiental que deverão ser obedecidas pelo empreendedor, pessoa física ou jurídica, para localizar, instalar, ampliar e operar empreendimentos ou atividades utilizadoras de recursos ambientais, consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras ou aquelas que, sob qualquer forma possam causar degradação ambiental. (Art. 1º, II, da Resolução CONAMA 237/97).

Conforme o Art. 19 do regulamento da Lei 6.938/81, combinado com os Arts. 8º e 18º da Resolução CONAMA 237/97, o poder público, no exercício de sua competência de controle, expedirá as seguintes licenças: Licença Prévia (LP), Licença de Instalação (LI) e a Licença de Operação (LO).

2.5.1 - Licença Prévia (LP)

Na fase preliminar do planejamento do empreendimento ou da atividade, contendo requisitos básicos a serem atendidos nas fases de localização, instalação e operação, observados os planos municipais, estaduais ou federais de uso do solo. O prazo de validade da LP deverá ser, no mínimo, o estabelecido pelo cronograma de elaboração dos planos, programas e projetos relativos ao empreendimento, não podendo ser superior a 5 (cinco) anos.

2.5.2 - Licença de Instalação (LI)

Consiste na autorização do início da implantação, de acordo com as especificações constantes dos planos, programas e projetos aprovados, incluindo as medidas de controle ambientais e condicionantes determinadas para a operação. O prazo de validade da LI deverá ser, no mínimo, o estabelecido pelo cronograma de instalação do empreendimento, não podendo ser superior a 6 (seis) anos.

2.5.3 - Licença de Operação (LO)

Consiste na autorização, após as verificações necessárias, da operação e o funcionamento de seus equipamentos de controle da poluição, de acordo com o previsto nas Licenças: Prévia e de Instalação. O prazo de validade da LO deverá considerar os planos de controle ambiental e será de, no mínimo, 4 (quatro) anos e, no máximo de 10 (dez) anos, podendo ser renovada.

A Resolução CONAMA 237, de 19.12.97, promoveu profundas mudanças nas normas para licenciamento ambiental, cujo procedimento, conforme o Art. 10 deverá obedecer as seguintes etapas:

- definição pelo órgão ambiental competente, com a participação do empreendedor, dos documentos, projetos e estudos ambientais, necessários ao início do processo de licenciamento correspondente à licença requerida;
- requerimento de licença ambiental pelo empreendedor, acompanhado dos documentos, projetos e estudos ambientais pertinentes, dando-se a devida publicidade;
- análise pelo órgão ambiental competente, integrante do Sistema Nacional do Meio Ambiente - SISNAMA, dos documentos, projetos e estudos ambientais apresentados e a realização de vistorias técnicas, quando necessárias;
- solicitação de esclarecimentos e complementações pelo órgão ambiental competente, integrante do SISNAMA, uma única vez, em decorrência da análise dos documentos, projetos e estudos ambientais apresentados, quando couber, podendo haver a reiteração da mesma solicitação caso os esclarecimentos e complementações não tenham sido satisfatórios;
- audiência pública, quando couber, de acordo com a regulamentação pertinente (Resolução CONAMA 09/87).

- solicitação de esclarecimentos e complementações pelo órgão ambiental competente, decorrente de audiências públicas, quando couber, podendo haver reiteração da solicitação quando os esclarecimentos e complementações não tenham sido satisfatórios;
- emissão de parecer técnico conclusivo e, quando couber, parecer jurídico;
- deferimento ou indeferimento do pedido de licença, dando-se a devida publicidade.

No procedimento deverá constar, obrigatoriamente, certidão da Prefeitura Municipal, declarando que o local e o tipo de empreendimento ou atividade estão em conformidade com a legislação aplicável ao uso e ocupação do solo e, quando for o caso, autorização para supressão de vegetação e outorga para o uso da água, emitidas pelos órgãos competentes.

O órgão ambiental competente definirá, se necessário, procedimentos específicos para as licenças ambientais, observadas a natureza, características e peculiaridades da atividade ou empreendimento e, ainda, a compatibilização do processo de licenciamento com as etapas de planejamento, implantação e operação.

2.6 - PROJETO EXECUTIVO

No Projeto Executivo estão contidos a memória justificativa, os elementos do projeto e as especificações de materiais e de serviços.

2.6.1 - Memória justificativa

A Memória Justificativa contém o relato onde são apresentados a descrição, os critérios adotados, os cálculos efetuados e as soluções projetadas, assim como os métodos utilizados. Finalizando estão inseridas as notas de serviço e quantidades dos diversos serviços executados.

A memória justificativa visa permitir a descrição da execução da obra, permitir a sua interpretação e acompanhamento de sua elaboração, seu exame e sua aceitação. Ela é resultado de sucessivas análises e sua elaboração e concepção comporta duas etapas: Estudos Realizados e Projetos.

2.6.2 – Elementos do projeto

Nos elementos de projeto estão contidos: desenhos, gráficos, projetos tipos, quadros resumos e detalhes necessários à execução da obra projetada. Apresentam-se também resumos das quantidades dos serviços a serem realizados.

Em síntese a matéria contida nos elementos do Projeto é apresentada da seguinte forma:

- localização;
- projeto geométrico;
- projeto de terraplenagem;
- modelo tecnológico proposto;
- dimensionamento dos elementos do projeto;
- fluxo mássico;
- dimensionamento das células;
- sistema viário;
- movimentação de material sedimentar em jazida de empréstimo;
- análise geotécnica dos maciços de lixo e de terra;
- operação de aterramento do lixo;
- sistema de drenagem de líquidos percolados;
- sistema de drenagem dos gases;
- sistema de drenagem das águas pluviais;
- sistema de controle de poluição de águas subterrâneas;
- impermeabilização inferior das células;
- impermeabilização superior das células;
- sistema de tratamento dos chorume;
- sistema de poços de monitoramento das águas subterrâneas;
- unidades de apoio;
- muros em alvenaria;
- cerca;
- portaria;
- balanças;
- unidade administrativa;

- laboratório;
- pátio de estocagem de material;
- dimensionamento de equipamentos e mão de obra;
- cálculo de área necessária a implantação do aterro sanitário;
- cálculo da vida útil do aterro;
- cronograma físico e financeiro de instalação do aterro sanitário;
- controle operacional;
- segurança do trabalho.

2.6.3 - Especificações de materiais e de serviços

Nas especificações de materiais e de serviços estão contidas as listas das especificações, de serviços e de materiais, elaboradas para auxiliar a construção das obras e os serviços de engenharia que visam à execução do projeto do aterro sanitário.

CAPÍTULO 3

3.0 - MÉTODO PROPOSTO

Como método de trabalho procurou-se estabelecer, a partir de uma análise de requisitos essenciais para a implantação de aterros sanitários e de aterros controlados, um processo simplificado de implantação de áreas de disposição de resíduos sólidos urbanos para cidades com população de até 20 mil habitantes (Aterros Sanitários Simplificados - ASS), ambientalmente adequados, e a possível recuperação de áreas degradadas pela disposição inadequada desses resíduos, os chamados "LIXÕES".

A estrutura do método foi dividida em quatro etapas: Etapa 1 – Escolha da área; Etapa 2 - Caracterização dos resíduos; Etapa 3 – Projetos; e Etapa 4 – Licenciamento.

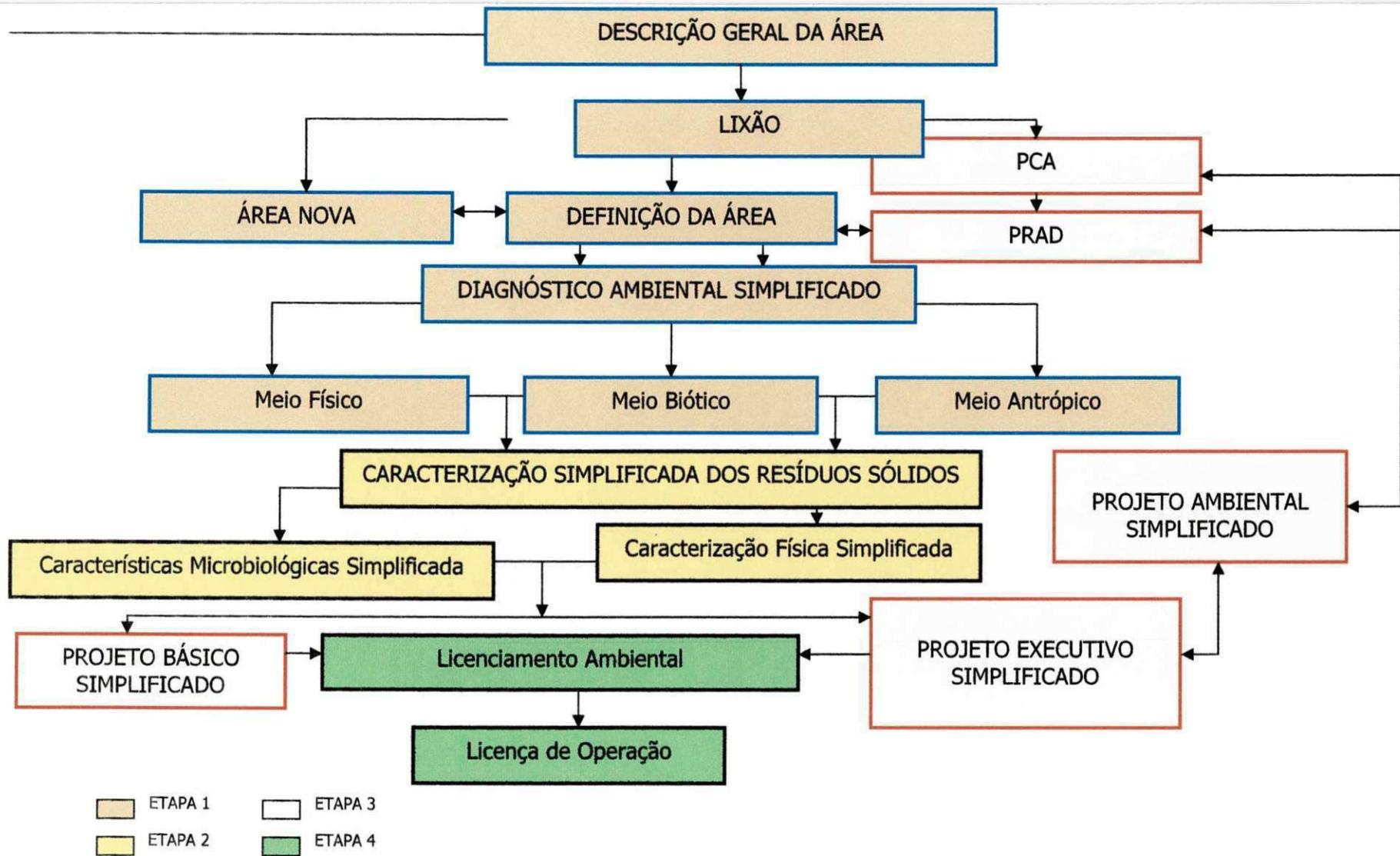
Etapa 1 - Escolha da Área: as atividades inseridas no método correspondem a: descrição geral da área; definição da área com escolha de uma nova área ou aproveitamento da área do lixão existente; Plano de Controle Ambiental (PCA) para área degradada do lixão em atividade; plano de recuperação da área degradada por resíduos (PRAD).

Etapa 2 - Caracterização dos Resíduos: são inseridas as necessidades de descrição simplificada das características físicas e microbiológicas dos resíduos sólidos urbanos.

Etapa 3 – Projetos: nesta etapa estão inseridas as denominações dos projetos a serem elaborados, a saber: projeto básico; projeto executivo e projeto ambiental.

Etapa 4 – Licenciamento: corresponde aos procedimentos legais para o licenciamento ambiental do empreendimento. Neste caso, será necessária, a obtenção da Licença de Operação do Aterro Sanitário Simplificado (ASS).

O Fluxograma 3.1 ilustra a seqüência lógica de requisitos básicos para execução do método proposto.



Fluxograma 3.1- Roteiro proposto para a elaboração de projetos executivos e licenciamento ambiental para implantação de Aterros Sanitários Simplificados [ASS]

CAPÍTULO 4

4.0 - ESTUDO DE CASO

4.1 - CARACTERÍSTICAS DO MUNICÍPIO

4.1.1 - Localização

O município de Marechal Deodoro (foto 4.1a, 4.1b e 4.1c), está situado na micro-região – 120 na região do Litoral Sul Alagoano, as margens da Lagoa Manguaba com uma área de 384 km² estando a uma altitude de 5 metros acima do nível do mar.

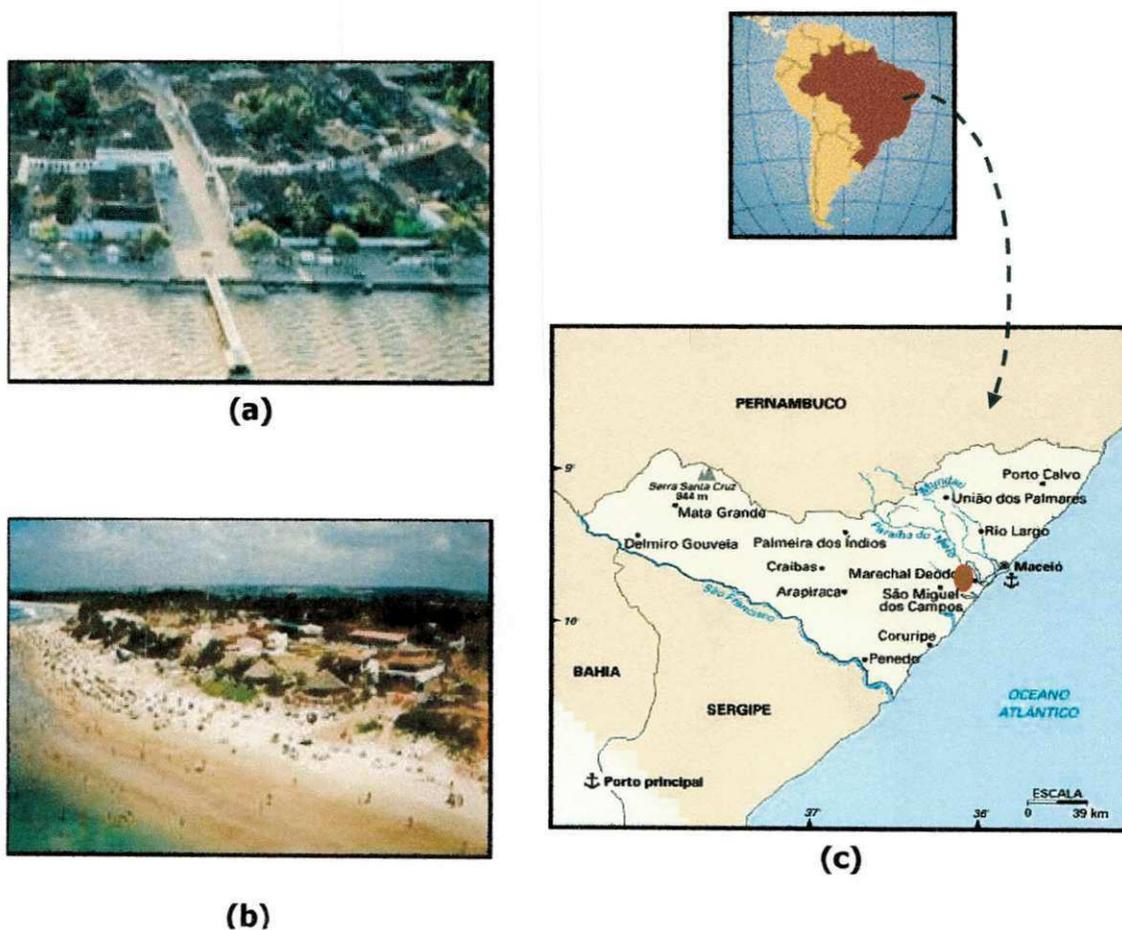


Figura 4.1 – Localização (c) e fotos do município [(a) e (b)] de Marechal Deodoro

Tendo como coordenadas geográficas:

Latitude Sul: 09° 43' 15"

Longitude W.Gr: 35° 53' 39"

O município de Marechal Deodoro limita-se com os seguintes municípios: Satuba, Pilar, Santa Luzia do Norte, Coqueiro Seco, Barra de São Miguel e São Miguel dos Campos.

As distancias entre a sede municipal com as limítrofes e a Capital do Estado são apresentadas no Quadro 4.1.

Quadro 4.1– Distancias das sedes municipais limítrofes e a capital do estado de Alagoas

SEDES	DISTÂNCIA (KM)
SATUBA	53
PILAR	36
SANTA LUZIA DO NORTE	64
COQUEIRO SECO	52
BARRA DE SÃO MIGUEL	18
SÃO MIGUEL DOS CAMPOS	42
MACEIÓ	28

4.1.2 - Clima

Pela sua posição geográfica, o município de Marechal Deodoro pertence à categoria dos climas megatérmicos e sub-úmido, o calor e a umidade atmosférica da região, guardam relações com as estações do ano. O município apresenta-se com precipitações periódicas de outono – inverno entre os meses de abril a agosto, ocorrendo entre esses meses o período chuvoso do município com uma precipitação pluviométrica média anual de 1.500 mm; o período menos chuvoso está entre os meses de setembro a março, ficando a maior parte do ano com a estação do verão com temperaturas apresentando máxima de 29°C e mínimas de 22°C. Durante o verão o ar é relativamente seco, porém com as chuvas do inverno o meio ambiente contém certa quantidade de vapor d'água. De um modo geral, é quente no verão e frio úmido no inverno. A umidade relativa do ar é de 80%.

4.1.3 - Acidentes geográficos

No município de Marechal Deodoro encontra-se a Lagoa Manguaba, uma das maiores do Brasil seu principal curso d'água. Sua extensão é de 24 km, liga-se com a Lagoa Mundaú, seguindo-se em importância os rios Sumaúma, Utinga, e dos Remédios (limite com o município de Coqueiro Seco), os Riachos de Estiva e Vermelho e o Açude Horizonte,

destaques ainda para as ilhas lacustres de Santa Rita, do Porto, das Cabras, do Maranhão e dos Bois.

O município de Marechal Deodoro está constituído em dois planos: parte baixa limita-se de um lado com águas da Lagoa Manguaba, de outro pela Praia do Francês.

4.1.4 - Riquezas naturais

Apesar da devastação das matas ainda encontra-se boa quantidade de madeira de lei, empregada nas construções e fabricações de móveis, constituindo-se com o coco, sua riqueza na área vegetal, a jaqueira e a mangueira utilizada na construção de canoas.

A Lagoa Manguaba é bastante piscosa com peixes pequenos e de grande porte como: curimã, carapeba, tainha, bagre, mandim, ubarana, soia, mororó, agulha, agulhão, acari, barbudo, canduba, camarina, dourado, cará, murucala, mututuca, muçum moeira, pescado, piaba, sabarurú, tinge, traíra e jacaré. Além dos peixes destacam-se também: o sirí, camarão, caraguejo, animais de grande porte como o tatu, veado e pássaros como o curió, sabiá e galo de campina.

No reino mineral não se encontra índices de minérios de qualquer natureza.

4.1.5 - População

a) evolução da população

A população do município de Marechal Deodoro da década de 70 até os dias atuais apresentou um crescimento populacional de 143,27% , passando de 14.724 habitantes, em 1970, para 35.820 habitantes em 2002 (Quadro 4.2).

Quadro 4.2 – Evolução da população de Marechal Deodoro (AL) nos últimos 30 anos (Fonte: IBGE, 2002)

ANO	POPULAÇÃO (hab.)		
	URBANA	RURAL	TOTAL
1970	5.488	9.236	14.724
1980	9.368	13.321	22.689
1991	14.658	10.152	24.810
1996	17.451	10.764	28.215
2000	29.801	6.019	35.820

A densidade demográfica do município é de 69,1 habitantes por quilômetros quadrados, com uma taxa de crescimento de 6,15% ao ano. Este crescimento foi pautado pela importância de que se revestem para as aglomerações urbanas dos povoados de Bica da Pedra, Santa Rita, Boa Nova, Massagueira, Francês, Barra Nova, Santo Antônio e Taperaguna.

4.1.6 - Economia

Destaca-se como principal suporte econômico do município o turismo explorado principalmente na Praia do Francês, onde se destaca a beleza da praia com uma linha de arrecifes formando uma piscina natural de água morna, muito límpida e transparente; como também as demais ilhas do município em destaque a Ilha de Santa Rita; por sua vez a sede do município não fica atrás que ainda oferece uma visão do Brasil Colonial em algumas ruas e monumentos da cidade, principalmente suas igrejas da era barroca, embora parte do patrimônio tenha sido desfigurado pelo tempo, necessitando de uma melhor preservação. A pesca e a cana de açúcar, também merecem destaque seguindo-se em pequenas quantidades a lavoura de mandioca e o feijão classificam-se como lavoura de subsistência. A pecuária tem pouca representação econômica.

4.1.7 - Acessos

Marechal Deodoro é servida principalmente pela AL – 101 Sul e AL – 215 que corta o município ligando este a Capital do Estado e aos demais municípios.

4.2 - ESCOLHA DA ÁREA

4.2.1 - Seleção da área

Foram considerados vários fatores condicionantes para a proposta de implantação do Aterro sanitário simplificado de Marechal Deodoro, sendo os principais:

- verificação da área já degradada pela deposição de resíduos (Lixão);
- verificação da disponibilidade de área disponível para a implantação da usina de reciclagem e compostagem, instalação de incinerador e células para recebimentos dos resíduos industriais e valas sépticas para recebimento das cinzas provenientes do incinerador;
- verificação de facilidade de acesso;
- verificação de facilidade de obtenção de solo para a execução dos aterros e cobertura dos resíduos;
- verificação da titularidade da terra;
- verificação de preço da terra;
- verificação da disponibilidade de áreas para construção da estação de tratamento de chorume;
- verificação da possibilidade da projeção da vida útil do aterro sanitário simplificado maior que 15 anos;
- verificação de distância mínima de 2 km do centro gerador de resíduos.

4.2.2 - Área necessária para o aterro sanitário simplificado

Para o dimensionamento da área necessária para o Aterro sanitário simplificado, foram realizadas as seguintes considerações:

- para o cálculo de geração de resíduos foi considerada a geração per capita média que é de 1,15 kg/hab/dia para os resíduos domiciliares e públicos, pois não se considerou a geração de entulhos, já que os mesmos não seriam aterrados e sim reaproveitados na própria obra como cobertura e melhoria das vias de acesso;
- para a determinação do volume das células de resíduos domiciliares e públicos, foi considerado uma densidade de 0,85t/m³, referente ao lixo compactado dentro da célula;
- a compostagem reduziria em 10% o volume original dos resíduos coletados;

- a coleta seletiva reduziria em 10% o volume original dos resíduos coletados;
- o aterro proposto terá 10% do seu volume diminuído devido ao processo de decomposição da matéria orgânica, o qual acarretará no aumento de vida útil do mesmo. A ordem de magnitude dos recalques pode chegar a 30% de sua altura inicial (SOWERS, 1973).

- os recalques totais considerados foram da ordem de 25% a 50% da altura inicial [WALL; ZEIS, (1995); GANDOLLA et al, (1996)].

Após as análises dos fatores citados acima, foi escolhida uma área dentro do perímetro do antigo lixão da cidade (Foto 4.1).



Foto 4.1 – Área escolhida para a implantação do aterro sanitário simplificado de Marechal Deodoro – AL

4.3 - CONCEPÇÃO DO PROJETO

4.3.1 - Modelo tecnológico proposto

A grande preocupação das administrações públicas municipais vem a ser de como encontrar um processo econômico e ambientalmente adequado para a disposição final dos resíduos sólidos oriundos de sua comunidade, os quais vêm absorvendo grande parte da receita administrativa e exige espaços cada vez maiores, uma vez que uma tonelada de lixo ocupa o espaço de 4 a 5 m³ (SILVA, 2001).

O modelo tecnológico proposto para o tratamento dos resíduos sólidos urbanos da cidade de Marechal Deodoro consistiu de dois subsistemas: Implantação de célula e inoculação de percolado.

a) implantação de célula

A Implantação de célula para disposição dos resíduos foi fundamentada em critérios de engenharia sanitária e normas específicas operacionais, que poderão a curto e em médio prazo, minimizar os impactos ambientais causados pela disposição desordenada dos resíduos gerados no município.

Para o Aterro sanitário simplificado, além da segmentação em células dos resíduos sólidos, foi proposta um sistema de tratamento de efluentes líquidos e gasosos, associado a uma operação compatível com os critérios de segurança sanitária, ambiental e social, o que difere dos lixões que não possuem localização adequada, impermeabilização do solo, tratamento do chorume e não atendem às normas de engenharia.

b) inoculação do percolado

A recirculação de 60% da vazão média anual do chorume a ser gerado nas células propostas para o aterro sanitário simplificado teve como seguintes objetivos:

- a redução da vazão efetivamente a tratar, através de uma regularização propiciada pelo armazenamento do chorume na massa porosa de resíduos, garantindo a manutenção de um nível freático máximo dentro da célula que permitisse a infiltração e acumulação de água ao longo dos anos e, sobretudo, garantir a estabilidade geotécnica da célula;

- a redução da carga de sólidos em suspensão e orgânica no efluente a tratar.

Para viabilizar o sistema de recirculação proposto, bem como para dar uma homogeneidade ao efluente, procurou-se projetar três reservatórios, com capacidade equivalente há 5 dias, para armazenar todo o efluente coletado.

A partir desses reservatórios, parte do efluente, equivalente a 60% da vazão afluente, pode ser desviada para a recirculação, em épocas de estiagem, e o restante (40%) deverá ser realizado o tratamento do chorume.

Foi proposta, também, uma Estação de Tratamento de Chorume (ETC) para efetuar o tratamento biológico através de uma seqüência de reservatórios. O dimensionamento de cada ETC foi baseado na vazão máxima obtida por módulo de operação do aterro. Neste

sentido, propõe-se construir um módulo de Estação de Tratamento de Chorume (ETC) durante o tempo de operação do aterro. Esta medida visa otimizar a operação para a ETC.

Para o dimensionamento da ETC foi considerada a vazão máxima, visando uma eficiência de remoção compatível com as exigências e normas. Para ETC, o tratamento biológico por intermédio de reservatórios de estabilização, compreendendo de um reservatório anaeróbico, um facultativo e um de recirculação, em série.

4.4 - CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DA CIDADE DE MARECHAL DEODORO

Para caracterização dos resíduos sólidos da cidade de Marechal Deodoro foram realizados os procedimentos descritos no Capítulo 1. A Foto 4.2 ilustra a situação do "LIXÃO" da referida cidade.



Foto 4.2 – Lixão de Marechal Deodoro-AL

4.4.1 - Características microbiológicas

A seguir serão descritas os tipos e as características microbiológicas dos resíduos sólidos da cidade de Marechal Deodoro.

a) vírus

Os tipos de vírus que provavelmente se encontram nos resíduos sólidos da Cidade de Marechal Deodoro podem ser listados segundo sugestões contidas em OBENG e WRIGHT (1987). Estes por sua vez estão listados na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 - Vírus patogênicos provavelmente encontrados no lixo urbano

Vírus	Doenças
Adenovirus	
Coxsackievirus	
Echovirus	
Vírus Hepatite A	Hepatite infecciosa
Reovirus	
Rotavirus	Diarréia
Roliavirus	Poliomielite

b) bactérias

Os tipos de bactérias que provavelmente se encontram nos resíduos sólidos da Cidade de Marechal Deodoro podem ser listados segundo sugestões contidas em OBENG e WRIGHT (1987). Estes por sua vez estão listados na Tabela 4.2.

Tabela 4.2 - Bactérias patogênicas, provavelmente presentes nos resíduos sólidos de Marechal Deodoro e suas respectivas doenças conseqüentes

Bactérias	Doenças
Campylobacter	Diarréia
Escherichia coli	Diarréia
Salmonella tiphy	Febre tifóide
Salmonella paratiphy	Febre paratifóide
Shigella	Desintéria bacilar
Vibrio cholera	Cólera
Yersinie	Ierseniase
Outros vibrios	Diarréia

c) protozoários

A Tabela 4.3 a seguir apresenta os protozoários, possivelmente, presentes nos resíduos sólidos da cidade de Marechal Deodoro, segundo sugestões de OBENG e WRIGHT (1987).

Tabela 4.3 - Protozoários, que possivelmente estão presentes nos resíduos sólidos de Marechal Deodoro

Protozoários	Doenças
Entamoeba histolítica	Desintéria amebiana
Giardia lamblia	Diarréia
Balantidium coli	Diarréia

d) Helmintos

A Tabela 4.4 apresenta os Helmintos, possivelmente, presentes nos resíduos sólidos da cidade de Marechal Deodoro, segundo sugestões de OBENG e WRIGHT (1987).

Tabela 4.4 - Principais helmintos, provavelmente presentes nos resíduos sólidos de Marechal Deodoro

Patógenos	Doenças
Ancylostoma duodenale	Ancilostomose
Necator americanus	Ancilostomose
Ascaris lumbricoides	Ascariíase
Clonorchis sinensis	Clonorquiase
Opisthorchis viverrini	Opistorquiase
Opisthorchis felinus	Opistorquiase
Enterobius vermicularis	Enterobiase
Fasciola hepatica	Fasciolase
Hymenolepis ssp.	Himenolapiase
Paragonimus westermani	Paragonimíase
Shistosoma haematobium	Equistossomose
Shistosoma mansoni	Equistossomose
Shistosoma japonicum	Equistossomose
Strongyloides stercoralis	Estrongiloidíase
Taenia saginata	Teniase
Trichuris trichiura	Tricuriase

e) patógenos de origem veterinária

A Tabela 4.5 apresenta os patógenos de origem veterinária, com o tipo de doença e sua forma de transmissão.

Tabela 4.5 - Patógenos de origem veterinária, tipo de doença e sua forma de transmissão

Patógenos	Doença	Modo de transmissão
Bactéria		
Bacillus anthracis		Contato direto, excreta
Brucella abortus	Brucelose	Vaca para o homem, direto
Brucella suis	Brucelose	Suíno para o homem, contato
Brucella melitensis	Brucelose	Cabra para o homem, ingestão
Leptospira icterohaemorrhagiae	Leptospirose	Urina
Rickettsial typhi	Tifo	Excreta
Salmonella	Salmonelose	Excreta
Listeria monocytogenes*		Gado/cachorro para o homem, contato direto
Vírus		
Arboviruses		Ingestão
Herpes vírus		Macaco para o homem, contato direto
Pox vírus		Contato direto
Protozoários		
Toxoplasma gondii	Toxoplasmose	Mamíferos/pássaros, ingestão/inalação de fezes
Helmintos		
Fasciola hepática		Ovino e gado para o homem
Taenia saginata	Teniase	Vaca para o homem
Taenia solium	Teniase	Porco para o homem
Fungo*		
Microsporium canis	Micose	Cachorro para o homem, contato direto

f) patógenos secundários

A Tabela 4.6 apresenta os possíveis microrganismos, doenças relacionadas, habitat e seus respectivos tempos de sobrevivência na massa presentes nos resíduos sólidos da cidade de Marechal Deodoro (Fonte: FNS, 1972).

Tabela 4.6 - Principais microorganismos presentes nos resíduos sólidos, doenças e tempo de sobrevivência

Microorganismos	Doenças	Resíduo	Solo	Cultivo
Bactérias				
Salmonella tify	Febre tifóide	29 – 70	30	
Salmonella paratify	F. paratifoide	29 – 70	07 – 40	
Salmonella ssp.	Salmoneloses	29 – 70	20 – 70	15 – 30
Shigella ssp.	Desintéria bacilar	02 – 07	20 – 70	
Coliformes fecais	Gastroenterites	35	20 – 70	15 – 30
Leptospira interrogans	Leptospirose	15 – 43	22 – 23	
M. tuberculosis	Tuberculose	150 – 180	1.800	
Vibrio cholerae	Cólera		10 – 20	02 – 05
Vírus				
Enterovirus	Poliomielite	20 – 70	20 – 100	15 – 60
Poliovirus	Poliomielite	20 – 170	20 – 100	15 – 60
Echovirus	Doenças respiratórias		20 – 100	15 – 60
Coxsackievirus	Meningite		20 – 100	15 – 60
Helmintos				
Ascaris lumbricoides	Ascariíase	2.000	2.500	30 – 60
Trichuris trichiura	Trichuriíase		Muitos meses	30 – 60
Taenia saginata	Teniíase		Muitos meses	30 – 60
Ovos de áscaris	Ascariíase		Muitos meses	30 – 60
Larvas de anquilostomos			30 – 90	10 – 30
Larvas de vermes		25 – 40	30 – 90	
Protozoários				
Entamoeba histolytica	Amebíase	08 – 12	10 – 20	02 – 10

4.4.2 - Características físicas

A caracterização física dos resíduos sólidos da cidade de Marechal Deodoro teve como ponto de partida a escolha, por amostragem, de um caminhão coletor utilizado no transporte dos resíduos provenientes de vários bairros da cidade, onde foram registrados (Foto 4.3):

- peso do caminhão;
- peso do caminhão mais amostra;
- dia da amostragem;
- medidas de temperatura ambiental;
- umidade relativa do ar.

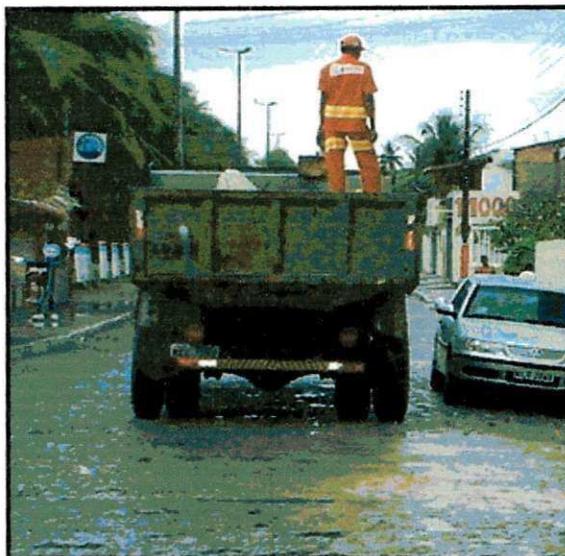


Foto 4.3 – Caminhão coletor de resíduo da cidade de Marechal Deodoro

Após despejar os resíduos coletados pelo caminhão sobre uma lona plástica, foi iniciada a catação manual dos mesmos, e a massa do resíduo foi segregada nos componentes constantes na Tabela 4.7.

Tabela 4.7 - Resíduos sólidos segregados

DISCRIMINAÇÃO	
Matéria orgânica	Borracha;
Metais ferrosos	Trapos;
Metais não ferrosos	Madeira
Papel	Fraldas descartáveis
Papelão	Côco
Plástico	Diversos
Vidro	

Para a efetiva caracterização foi considerado o grau de biodegradabilidade de cada material. Três amostras foram coletadas em locais distintos e ensaiadas de acordo com a norma e a metodologia da segregação de resíduos (ABNT, NBR 10004/03). As amostras foram divididas em três componentes principais, a saber:

- **SPM** - Segregação Pesado Miúdo, que consiste de finos compostos de argila, areia, cinza, matéria orgânica crua a com e com em grande bio-estabilização;
- **SPG** - Segregação Pesado Graúdo, que consiste de pedras, metais, vidros, etc.
- **SLG** - Segregação Leve Graúdo, que consiste de plástico, trapos, couros, etc.

Os seus resultados foram compilados na Tabela 4.8 apresentada a seguir.

Tabela 4.8 - Composição dos resíduos sólidos da cidade de Marechal Deodoro – AL

Componentes	% em Peso (base úmida)
SLG: Segregado Leve Graúdo	8,5 %
SPG: Segregação Pesado Graúdo	14 %
SPM: Segregado Pesado Miúdo	77,5 %

4.5 - PRODUÇÃO E COMPOSIÇÃO DOS RESÍDUOS NOVOS

O problema dos resíduos sólidos, especificamente na cidade de Marechal Deodoro, agravou-se nos últimos anos devido ao número e variedades de produtos descartáveis, ao aumento da quantidade de resíduos, especialmente das embalagens.

Os dados obtidos na caracterização de uma cidade poderão ser comparados com os de outro local, ou até servirem de base para comunidade onde ainda não se tenha realizado este serviço. É importante salientar que, a utilização da composição física de outra cidade só é válida quando as populações e as próprias cidades possuírem características físicas, populacionais, comerciais, turísticas, econômica, etc., que se assemelhem.

A composição dos resíduos sólidos, do ponto de vista qualitativo e quantitativo, é um dos dados básicos para a correta formulação e solução do problema do acondicionamento, coleta, transporte, tratamento e/ou disposição final dos resíduos sólidos.

4.6 - ELEMENTOS DO PROJETO

4.6.1 - Instalações auxiliares do Aterro sanitário simplificado

a) isolamento físico da área do aterro sanitário simplificado

A área de projeto do aterro sanitário simplificado propriamente dita, está indicada no projeto básico onde foi demarcada a cerca de isolamento. Foram projetadas telas com 2 metros altura e dois fios de arame na parte superior ficando uma cerca com 2,2 metros de altura, num total de 978,00 metros lineares de cerca ao redor do Aterro sanitário simplificado.

b) cortina vegetal do aterro sanitário simplificado

Ao redor da área destinada ao aterro sanitário simplificado foi projetada uma cortina vegetal através do plantio de mudas de árvores nativas e que se adaptam bem ao local. Foi sugerido para o plantio destas árvores, um espaço em média de 1,5 m cada uma, formando assim, uma mata ciliar de proteção ao empreendimento. A área destinada ao plantio desta cortina é de 31.525,00 m², sendo necessários 6.305,00 mudas.

c) guarita

Na entrada, foi projetada uma guarita que servirá de local para o controle das entradas e saídas das unidades móveis de transportes de resíduos (Caminhões Coletores). A guarita possui uma área construída de 25 m² com banheiro. Ao lado foi projetada uma sala para a administração do sistema com 40 m² onde ficará o pessoal de apoio e o engenheiro ou técnico responsável.

d) dimensionamento do aterro sanitário simplificado

Para o dimensionamento da célula do aterro sanitário simplificado da cidade Marechal Deodoro foram adotados dados listados na Quadro 4.3.

Quadro 4.3 – Dados para o dimensionamento das células do aterro

Pop. Total	35.820	Pop. Urbana	29.801	Tx. Cresc.	6,15%
Conformidades adotadas no cálculo do Aterro sanitário simplificado					
Kg / Hab.:	0,76	Peso / m ³ :	890 kg	Inclinação:	1 / 1,5
Compactação:	60%	Vida útil:	04 anos	Berna:	2,00
Relação largura x comprimento: x / 5x			índice de coleta: 0,83		

(Fonte: IBGE 2002)

O aterro sanitário simplificado foi projetado para suportar dois (2) patamares de 6 metros cada, sendo suas áreas calculadas e listadas no projeto executivo (Anexo A).

A vida útil da unidade está estimada em 4 anos. Com a construção deste módulo do aterro sanitário simplificado a área não se esgota, pois foi reservada uma área para ser usada no futuro, utilizando os mesmos reservatórios (lagoas) para o tratamento dos líquidos percolados.

e) sistema de drenagem das águas pluviais

O sistema de drenagem das águas pluviais terá a finalidade de captar e desviar as águas que tendem a escoar pela área destinada ao Aterro sanitário simplificado. O sistema de desvio projetado para o entorno e dentro da área, serão escavados no solo com inclinação máxima de 2%.

Para os cálculos, como medida de segurança, foi usado o valor indicado na norma NB-611/1981, sendo que este valor foi indicado para um período de retorno de 5 anos e uma intensidade de 79 mm/h.

O coeficiente de escoamento superficial foi obtido no Livro RESÍDUO SÓLIDO INDUSTRIAL (CETESB, 1996) adotando-se para as áreas com cobertura vegetal 0,40 e áreas sem cobertura vegetal 0,60.

Os canais internos foram dimensionados a partir do método racional recomendado para pequenas áreas (áreas até 50,0 ha), como segue:

$$Q = C.I.A \quad [4.1]$$

Q= Vazão na secção considerada

C = Coeficiente de escoamento superficial da bacia

I = Intensidade da chuva de projeto

A = área da bacia contribuinte

Para o cálculo da velocidade de escoamento dos canais utilizou-se a formula de BAZIN.

$$V = R h i n \quad [4.2]$$

V = Velocidade m/s;

Rh = Raio hidráulico;

i = Declividade do canal;

n = Coeficiente de rugosidade do canal Obtido da tabela do livro Azevedo Neto.

Teremos basicamente três tipos de drenos:

Drenos de desvios internos

Os drenos de desvio internos foram projetados, provisoriamente, ao redor da unidade. Estes apresentam como forma básica de instalação, uma vala escavada com seção triangular em forma de "V" como especificado na Figura 4.2. Estes drenos são deslocados ou reconstruídos conforme vão sendo construídas as valas do Aterro Rejeitos, estes drenos não estão indicados nos mapas por serem provisórios e serão construídos conforme orientação do Engenheiro responsável.

Estes drenos serão construídos por retroescavadeira ou manualmente no próprio solo sem qualquer proteção pois serão facilmente desmanchados e refeitos assim que surtir necessidade ou pela passagem de máquinas pelo local.

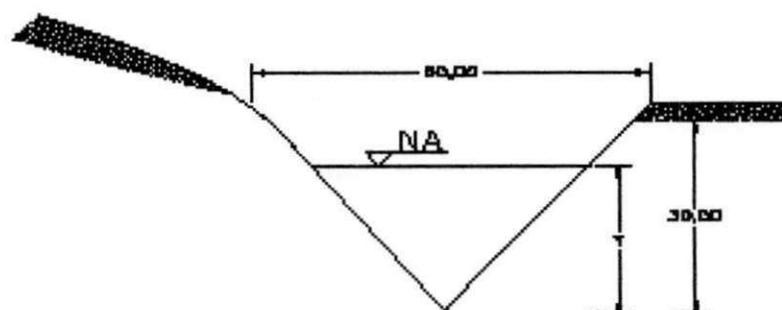


Figura 4.2 – Esboço do dreno de desvio interno em valas

Drenos de desvio externo

Os drenos de desvio externos foram projetados para serem construídos nas proximidades do empreendimento, especificamente a 20 metros ao redor do empreendimento, com duplo objetivo: primeiro, evitar entrada de água das partes externas e segundo drenar as águas de chuva que incidem sobre a área do aterro sanitário simplificado e sobre as áreas com a célula completa até a altura especificada no projeto (Figura 4.3).

Ressaltamos aqui que, as águas desviadas não entrarão em contato com as águas percoladas do Aterro de Rejeitos. Ao redor da lagoa de tratamento do percolado foi projetado um dreno de desvio para evitar a entrada das águas das chuvas. A forma de construção deverá ser igual à adotada para drenos internos. Porém, estes drenos são mais

fundos e com ângulo de inclinação maior e revestido com leivas de gramas, o que diminuem a erosão e possibilidade de escoamento das águas.

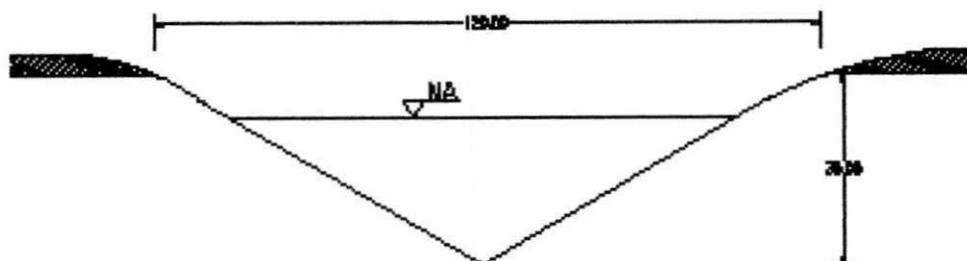


Figura 4.3 – Esboço do dreno de desvio externo em vala

Estes drenos estão indicados no projeto básico e são chamados de drenos de desvios externos no layout geral, também fazem parte integrante do processo de recuperação de área degradada.

Drenos superficiais de taludes

Os drenos superficiais de taludes foram projetados para serem construídos em cima do lixo compactado e coberto por argila compactada. Todos os drenos foram projetados para serem construídos em meia calha de concreto com 30 cm de diâmetro, interligados em cada curva ou ponto de descida por caixas de conexão feito de tijolos e concreto.

Na Figura 4.4 (corte do Aterro sanitário simplificado) ilustra as meia calhas, chamadas de dreno de água com 30 cm de profundidade, e indica os locais onde foram projetados para serem instalados estes tipos de drenos. As conexões são feitas por uma caixa de concreto, estas caixas também funcionam como dissipadores de energia.

Na Figura 4.4 está ilustrado um esboço de seção transversal do dreno projetado em cima da camada de solo que cobre o lixo lá depositado.

Os drenos foram projetados para serem interligados por caixas de dissipação de energia e junção, conforme indicado no mapa layout geral (ANEXO A). Nos taludes e nos pontos de descarga das águas de chuva foram projetadas caixas de junção. Sendo estas abertas em um dos lados para facilitar a saída das águas.

Os drenos de desvio externo foram projetados para estarem interligados diretamente com as caixas de junção abertas.

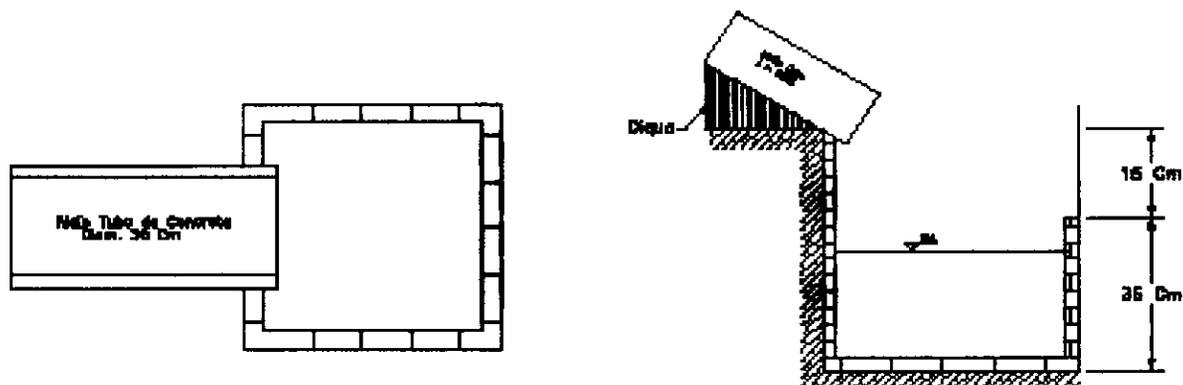


Figura 4.4 – Caixa de junção e Caixa dissipadora de energia

4.6.2 - Sistema de impermeabilização

A impermeabilização do Aterro sanitário simplificado foi projetada para ter em sua base, antes de iniciada a operação, uma camada impermeabilizante e quando do fechamento da célula, uma camada de cobertura final.

A impermeabilização inferior foi projetada para ter a função de evitar a infiltração de líquidos percolados no subsolo do aterro e a contaminação das águas sub-superficiais, que ocorrem na fase de implantação. Essa unidade contará com uma camada de solo argiloso retirado do próprio local (área de empréstimo de material argiloso e área de futura ampliação do Aterro sanitário simplificado), disposta de maneira homogênea e compactada em camadas de 10 cm até formar uma espessura 0,50m, apresentando um coeficiente de permeabilidade mínimo de $K=1 \times 10^{-6}$ cm/s.

A impermeabilização da camada superior foi projetada para ser colocada quando a célula for concluída. Esta terá a função de revestir de forma a impedir a entrada de água fazendo com que as águas de chuvas sejam imediatamente coletadas pelo sistema de drenagem, com isso minimizar a percolação de água através da massa de lixo.

Essa impermeabilização foi projetada para ter uma camada de argila de 0,30 metros, colocada com inclinação adequada, que facilite o escoamento das águas de chuva, com coeficiente de permeabilidade $K= 1 \times 10^{-6}$ cm/s.

Na finalização das células indicadas em plantas, foi projetada, além da camada de 0,30m de argila, uma camada de 0,20m de solo natural extraído da região. Esta terá a

finalidade de favorecer o desenvolvimento de vegetação rasteira e gramínea plantadas com a função de proteger o talude quanto a erosão.

4.6.3 - Sistema de drenagem de gases

A decomposição biológica da matéria orgânica presente no maciço de resíduos sólidos acarreta a formação de gases, principalmente metano e gás carbônico, sendo que o primeiro é um gás combustível. Dependendo das concentrações no ar dessas misturas gasosas, eventualmente presentes em "bolsões" formados no interior do aterro, poderão ocorrer explosões e focos de incêndio.

Com isso, foi projetado para ser implantado no ASS no município de Marechal Deodoro um sistema simplificado de drenagem de gases.

a) método construtivo

O sistema construtivo dos drenos verticais, proposto, é bastante simples. A principal concepção construtiva dos mesmos é baseada na elevação da tubulação conforme a sobreposição de camadas da célula. As peças de concreto serão apenas sobrepostas umas sobre as outras, com encaixe tipo ponta-bolsa. Os tubos de concreto já deverão estar perfurados conforme o plano de furos especificado para cada tubulação. Da mesma forma que a estrutura do dreno for ganhando altura, a camada de brita que o envolve deverá ser ampliada. Para facilitar o posicionamento das britas e separá-las do lixo, propõe-se o uso de tela de aço galvanizado ou de plástico (Figura 4.5).

Para evitar esforços na base impermeabilizada do Aterro sanitário simplificado, os drenos de gases serão construídos devendo atravessar uma célula verticalmente e espaçados, horizontalmente, cerca de 10 metros. Na camada superior, devem mudar de direção em 90 graus e continuar verticalmente até a superfície. Dessa forma, o peso do dreno, que apresenta uma densidade maior do que o lixo fica distribuído uniformemente e são evitados os esforços na camada impermeabilizante do fundo do Aterro.

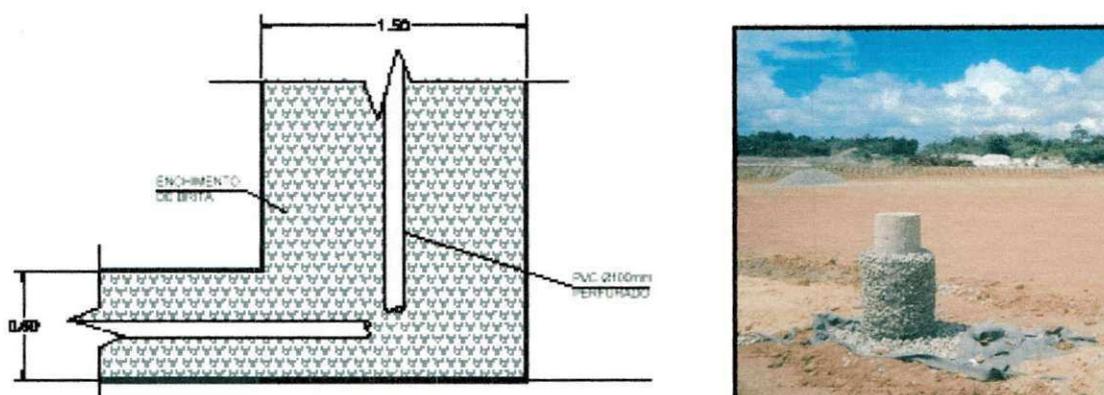


Figura 4.5 – Detalhe em corte e em foto do dreno para gases projetado

b) medidas de proteção aos drenos de gases

As medidas protetoras adotadas no projeto aumentam a eficiência de captação dos gases e a durabilidade dos drenos verticais. Além destes aspectos técnicos, outros objetivos como segurança contra acidentes pessoais também foram enfocados.

A principal proteção dos drenos constitui-se na camada de brita que os envolvem. Esta camada deve ser dimensionada para não permitir o contato do lixo diretamente com o dreno (diminuição da possibilidade de obstruir os orifícios), como também para facilitar o escoamento vertical de percolado para o sistema de drenagem da base da célula.

Com o objetivo de dar segurança aos operadores do aterro, os drenos verticais precisam também de anteparos (placas de aço galvanizado com furo central) para evitar perdas de materiais e pequenos equipamentos para dentro das tubulações durante e após a sua conclusão. Para os diâmetros maiores, os riscos aumentam devido à possibilidade de acidentes com vidas humanas. Nestes casos, foi recomendado o preenchimento interno da tubulação com pedras tipo rachão.

Outra medida a ser tomada para garantir uma maior durabilidade dos drenos verticais é o seu seccionamento em três partes, com mudanças no posicionamento do eixo vertical. Esta medida se faz necessária para evitar o atrito negativo ocasionado pelo recalque da massa de lixo.

c) especificações técnicas dos drenos de gases

- Material: Concreto armado tipo CA-2;
- Tipo de cimento: CP-IV, para ambientes agressivos;
- Altura de cada tubo: 1,0 m;
- Diâmetro interno do tubo: Dependente da posição do dreno (250*, 300, 400, 500 e 600 mm);
- Diâmetro externo do tubo: Média de 10 cm maior que o ϕ interno;
- Encaixe: Ponta e bolsa;
- Plano de Furos: verificar o plano de furos para cada dreno;
- Tela: Aço galvanizado ou plástico, malha $\leq 1\ 1/2''$;
- Pedra britada: brita nº5 (50mm).

4.6.4 - Drenagem dos líquidos percolados

As quantidades de líquidos percolados do aterro sanitário simplificado foram calculadas pelo método racional.

Sendo:

$$Q_p = P_a \cdot A \cdot K / T \quad [4.3]$$

Onde,

Q_p = vazão de percolado;

P_a = precipitação anual média;

A = área coberta com lixo;

K = coeficiente de retenção;

T = segundos de um ano;

Adotando-se $K=0,25$, considerando o lixo com grau de compactação maior do que $0,6\ t/m^3$. A precipitação média anual adotada foi de 1500 mm/ano, sendo que a área de aterro estimada compreendeu em $33\ 700\ m^2$. A vazão de percolado estimada foi de $34,62\ m^3/dia$.

O sistema de drenagem do líquido percolado do aterro, cujo objetivo é captar e conduzir para uma estação de tratamento os líquidos provenientes do interior da massa de resíduos, contará com os seguintes componentes:

- conjunto de drenos de base do aterro;
- conjunto de drenos das camadas;
- conjunto de drenos verticais que conduzirá gases e líquidos percolados.

Todos os componentes formam o sistema de drenagem dos líquidos percolados do Aterro sanitário simplificado, e todos foram dimensionados previamente, usando dados de literatura como citados anteriormente.

Os drenos de base do aterro foram projetados para serem executados sobre a camada de proteção do sistema de impermeabilização inferior, camada argilosa, compactada, constituindo-se em de secção horizontal retangular, preenchidas com material granular, tal com "rachão" ou brita grossa 05, para facilitar o escoamento dos líquidos será colocado uma canalização (dreno flexível) com diâmetro de 50 mm.

Em cada célula serão instalados os drenos horizontais (Figura 4.6). Nas plantas de projeto encontram-se os detalhes dos sistemas. Tais drenos receberão os líquidos percolados através dos drenos das camadas superiores encaminhados aos drenos verticais de gases, e o conduzirão por gravidade até o sistema de tratamento (Anexo A).

Todos os drenos de percolados (drenos horizontais) serão direcionados para a parte mais baixa do Aterro sanitário simplificado, onde os líquidos percolados serão recolhidos por um dreno principal, com uma inclinação de 1 %.

Para que o líquido percolado possa escoar pelos drenos, estes foram projetados para ter uma inclinação de fundo de pelo menos 1,5%. A seção transversal do dreno adotada como mínima será de 0,6 m², o que possibilita uma grande seção de escoamento para os líquidos percolados internamente, somando a colocação uma tubulação flexível perfurada com diâmetro de 50 mm, para facilitar o escoamento dos líquidos.

A passagem dos líquidos percolados de uma célula para outra, ou seja, da célula superior para a inferior foi projetada para ser realizada através dos drenos de gases.

Com esta forma construtiva, procurou-se estabelecer que, os drenos projetados devem ter a função formar um "mini reator" biológico anaeróbico que reduz em parte a poluição oriunda dos líquidos percolados.

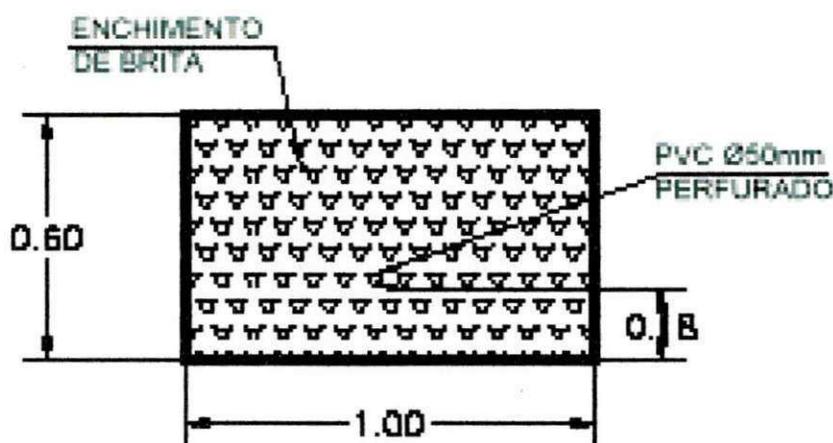


Figura 4.6 – Drenos horizontais projetados

4.6.5 - Descrição e dimensionamento do sistema proposto

A metodologia de operação do aterro, associada à recirculação de chorume, e ao efeito de equalização que esta prática propicia, permitirá que o efluente final do aterro apresente uma vazão uniforme, eliminando-se a ocorrência de picos.

O benefício da recirculação se verificará em relação ao aspecto qualitativo do percolado, proporcionando uma composição de natureza mais regular e, sobretudo com significativa redução dos teores de seus constituintes, por permitir o funcionamento do aterro como um tratamento prévio.

São representativos os resultados da análise das amostras coletadas no lixão do Roger, na cidade de João Pessoa - PB, coletadas no ano de 2000. Frisa-se que os valores apresentados correspondem a uma massa de lixo colocada no aterro recente, na época da coleta para análise. Exceto para DBO, foram adotadas as concentrações máximas determinadas pelas análises, relacionadas abaixo, para estudo e formulação da solução para o tratamento do percolado:

- pH = 8,03;
- Alcalinidade = 6.532 mg/l de CaCO_3 ;
- DBO = 3.000 mg/l de O_2 (valor médio adotado);
- DQO = 8.883 mg/l de O_2 ;
- Cloretos = 6.762 mg/l de Cl^- ;
- Sólidos Totais = 21.021 mg/l;

- Sólidos dissolvidos totais = 14.838 mg/l;
- Sólidos em suspensão totais = 53.507 mg/l;
- Sólidos totais voláteis = 21.518 mg/l;
- Cobre = 1,35 mg/l de Cu;
- Zinco = 1,18 mg/l de Zn;
- Chumbo = 0,95 mg/l de Pb.

4.6.6 - Processo de tratamento de percolado

O sistema proposto foi baseado no tratamento biológico por intermédio de reservatórios (lagoas) de estabilização. Este tratamento será realizado por módulo, em consonância com o processo de operação do aterro. O módulo será composto de 01 reservatório anaeróbico e 02 reservatórios ou lagoas facultativas, sendo uma de recirculação do percolado para o aterro (Figura 4.7).

Trata-se da alternativa mais natural de tratamento de efluentes e que envolve o mínimo de equipamentos.

A composição qualitativa que se estabeleceu para o percolado não traz qualquer empecilho ao desenvolvimento do tratamento proposto, tanto no que se refere à toxicidade, quanto à inibição do processo.

a) dimensionamento das instalações de tratamento de percolado

Para o dimensionamento do sistema de tratamento de percolado foram utilizados para o módulo, a seguinte vazão:

$$\text{Módulo 1} = 60 \text{ m}^3/\text{dia}$$

Nos períodos secos, onde o balanço hídrico é negativo, o sistema se baseia em uma lagoa anaeróbia, a partir do qual se realiza a recirculação do chorume para os pontos de inoculação previstos nas células. Neste período, a umidade do lixo no aterro foi considerada como baixa (épocas de déficit hídrico) e a recirculação permitirá atingir níveis de umidade de 30% a 40%, o que favorece a decomposição da matéria orgânica.

Por outro lado, nos períodos úmidos, onde há excedente hídrico, o volume de chorume foi considerado relativamente alto, porém mais diluído. Os níveis de poluição serão

mais baixos e o tratamento mais simplificado. Neste caso, o chorume sofrerá uma biodegradação.

b) reservatório anaeróbico

O reservatório anaeróbico ou lagoa mista proposta é constituído de uma forma de tratamento, onde a existência de condições estritamente anaeróbias é essencial. Tal condição é alcançada através do lançamento de uma grande carga de DBO por unidade de volume do reservatório, fazendo com que a taxa de consumo de oxigênio seja várias vezes superior à taxa de produção. No balanço de oxigênio, as produções pela fotossíntese e pela reaeração atmosféricas foram consideradas, neste caso, desprezíveis. Os reservatórios anaeróbios ou lagoas anaeróbicas têm sido utilizados para o tratamento de esgotos domésticos e despejos industriais predominantemente orgânicos, com altos teores de DBO (CETESB, 1996).

A estabilização em condições anaeróbias é lenta, já que as reações anaeróbias geram menos energia do que as reações aeróbias, de estabilização da matéria orgânica. A temperatura do meio tem uma grande influência nas taxas de reprodução e estabilização, o que faz com que locais de clima favorável (temperaturas elevadas), se tornem propícios a este tipo de reservatórios (CETESB, 1996). Conseqüentemente, é necessário uma temperatura maior que 15°C e o seu pH deve ser mantido acima de 6. Nestas circunstâncias, a acumulação de lodo é mínima e a sua remoção só ocorre a cada 3 a 5 anos (CETESB, 1996).

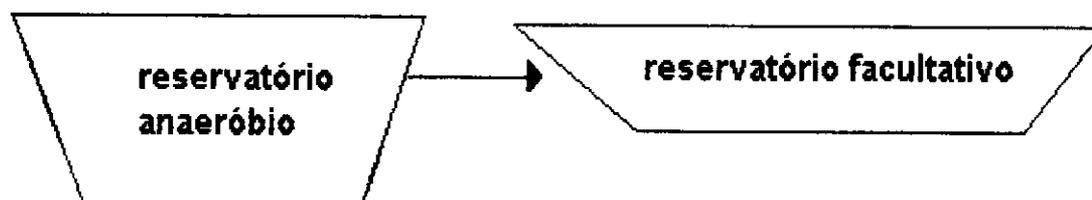


Figura 4.7 - Croqui do reservatório anaeróbico e facultativo

A estabilização anaeróbia se desenvolve em duas etapas:

- Liquefação e formação de ácidos através das bactérias acidogênicas;
- Formação de metano através de bactérias metanogênicas.

Na primeira fase não há remoção de DBO_5 , apenas a conversão da matéria orgânica a outras formas (ácidos). É na segunda etapa que a DBO_5 é removida, com a matéria orgânica (ácidos produzidos na primeira etapa) sendo convertida a metano, gás carbônico e água, principalmente. O carbono é removido do meio líquido pelo fato do metano (CH_4) escapar para a atmosfera.

As bactérias metanogênicas são bastante sensíveis às condições ambientais. Caso a sua taxa de reprodução se reduza, haverá o acúmulo dos ácidos formados na primeira etapa, com as seguintes conseqüências: interrupção da remoção de DBO_5 e geração de maus odores, pois os ácidos são extremamente fétidos.

É fundamental, portanto, que se garanta o adequado equilíbrio entre as duas comunidades de bactérias, garantindo a consecução de ambas as etapas. Para o adequado desenvolvimento das bactérias metanogênicas, deve-se ter as seguintes condições:

- ausência de oxigênio dissolvido (as bactérias metanogênicas são anaeróbias estritas);
- temperatura do líquido elevada (acima de $15^{\circ}C$);
- pH adequado (acima de 7).

Os reservatórios anaeróbicos têm seu funcionamento como restritos, não podendo oscilar entre condições anaeróbias, facultativas e aeróbias. A atividade anaeróbia afeta a natureza dos sólidos, de tal forma que a lagoa facultativa apresenta uma menor tendência à fermentação e flutuação, além de se decompor mais facilmente (CETESB, 1996).

Dimensionamento do reservatório anaeróbio

Para o dimensionamento deste reservatório, dois fatores foram fundamentais, a saber:

- tempo de detenção (t), o qual baseia-se no tempo necessário para a reprodução das bactérias anaeróbias;
- taxa de aplicação volumétrica (L_v) é estabelecido em função da necessidade de um determinado volume da lagoa anaeróbia para a estabilização da carga de DBO_5 aplicada.

Para definição do volume, inicialmente foi calculada a taxa de aplicação volumétrica e a partir daí, foi calculado o tempo de detenção, o qual foi adotado com valor máximo de 5 dias e depois recalculado o volume da lagoa anaeróbia.

Os itens para o dimensionamento do reservatório anaeróbio estão contidos na Tabela 12.

Taxa de aplicação volumétrica

A taxa de aplicação volumétrica adotada foi função da temperatura. Locais quentes possuem taxa maiores (menores volumes) através da seguinte Equação 1 e os itens listados na Tabela 4.9.

$$L_v = 0,1 \text{ a } 0,3 \text{ kgDBO/m}^3 \cdot \text{dia}$$

Onde,

V = volume requerido para o reservatório (m^3);

L = carga de DBO total do afluente (kg DBO/dia);

L_v = taxa de aplicação volumétrica.

Adotando-se:

DBO efluente = 3.000 mg/l ;

Vazão (m^3/dia) = valor por módulo;

$L_v = 0,3 \text{ kgDBO/m}^3 \cdot \text{dia}$;

L = concentração de DBO/dia x vazão (m^3/dia).

Tabela 4.9 – Itens para o dimensionamento do reservatório anaeróbio

Itens para o dimensionamento	Módulo 1
Vazão afluente de percolado (m^3/dia)	60,0
DBO efluente (mg/l)	3000
L_s (kgDBO/ $\text{m}^3 \cdot \text{dia}$)	0,3
L = concentração de DBO/dia x vazão (m^3/dia)	180
Volume (m^3) = L/L_v	600,0
$V = T_d \times Q$	300,0
T_d (dias)	5,0
H adotado (m)	4
Largura (m)	6
Comprimento (m)	12
E = Eficiência de remoção de DBO	50%
$E = (S_o - S)/S_o$	1500
DBO efluente (mg/l)	1500

c) reservatório facultativo

O processo de decomposição em reservatórios facultativos consiste na retenção do líquido por um período de tempo suficiente para que os processos naturais de estabilização da matéria orgânica se desenvolvam. Este processo tem como vantagem a grande simplicidade e a confiabilidade da operação.

Dimensionamento do reservatório facultativo

Para o dimensionamento do reservatório facultativo, dois fatores foram fundamentais, a saber:

- a taxa de aplicação superficial (L_s), necessidade de se ter uma determinada área de exposição à luz solar para que o processo de fotossíntese ocorra, isto é, a necessidade de oxigênio para a estabilização da matéria orgânica;

- e o tempo de detenção (t), tempo necessário para a reprodução das bactérias anaeróbias.

Para definição do volume, inicialmente foi calculada a taxa de aplicação superficial e a após, foi calculado o tempo de detenção.

Taxa de aplicação superficial (L_s)

A taxa de aplicação superficial é expressa em termos de carga de DBO (L , expressa em kgDBO/dia) que pode ser tratada por unidade de área do reservatório (A , expressa em hectares)

$$L_s = 240 \text{ a } 350 \text{ kgDBO/ha.dia}$$

Considerou-se:

$$A = L/L_s \quad [4.4]$$

L = carga de DBO afluente (kgDBO/dia); L_s = taxa de aplicação superficial (kgDBO/ha.dia);

L = concentração de DBO afluente (kgDBO/m³) x vazão (m³/dia).

Adotou-se:

DBO afluente = 1500mg/l ; DBO afluente = 1500g/m³;

DBO afluente = 1,5 kgDBO/m³;

Q (m³/dia) = variável com o módulo.

Adotando: Ls = 350 kgDBO/ha.dia

V = volume requerido para o reservatório (m³); V = A x Profundidade

Considerando a profundidade = H = 1,5 m

Tempo de detenção:

$$V = t_d \times Q, \quad T_d = V/Q \quad [4.5]$$

Cálculo do coeficiente de remoção de DBO:

$$S = S_o / (1 + k.t) \quad [4.6]$$

S = DBO efluente; S_o = DBO afluente; K = coeficiente de remoção de DBO;

t = tempo de detenção.

Considerando:

$$K = K_{20} \cdot Q^{(T-20)} \quad [4.7]$$

$$K_{20} = 0,20$$

Q = coeficiente de temperatura = 1,05;

T = temperatura do mês mais frio = 23°C.

$$S = S_o / (1 + k.t) \quad [4.7]$$

O Cálculo da Eficiência do reservatório facultativo foi calculado pela expressão:

$$E = (S_o - S) / S_o \quad [4.8]$$

A eficiência do sistema de reservatório anaeróbio e facultativo foi calculado pela expressão:

$$E (\%) = [(S_o - S)/S_o] \times 100 = (3000-72) \times 100 = 97,6\%$$

Os itens para o dimensionamento do reservatório facultativo estão contidos na Tabela 4.10.

Tabela 4.10 - Itens para o dimensionamento do reservatório facultativo

Itens para o dimensionamento	Módulo 1
Vazão afluente de percolado (m ³ /dia)	60,0
DBO afluente (mg/l)	1500
Ls = taxa de aplicação superficial (kgDBO/ha.dia)	350
L=carga de DBO total afluente= concentração de DBO/dia x vazão (m ³ /dia)	90,00
Área (hectares) = L/Ls	0,3
Área (m ²) = L/Ls	2571,43
V = A x H	
H adotado (m)	2,0
V (m ³)	5142,9
td = V/Q	86
A (m ²) total das lagoas	2571
Quantidade de Lagoas	3
A (m ²) = de 1 lagoa	857
Comprimento = Largura (m)	29
T = temperatura mês mais frio (°C)	23
K	0,2315
S = DBO efluente (mg/l)	72
E = Eficiência de remoção de DBO (adotado)	
E = S _o - S	95%
DBO efluente (mg/l)	72

Os dois sistemas apresentados necessitam de uma estrutura adequada de entrada e saída das águas, para garantir um fluxo e uma distribuição eficiente. Deve existir uma impermeabilização de fundo para que não ocorra infiltração de água.

4.7 - PROGRAMA DE RECUPERAÇÃO DE ÁREA DEGRADADA (PRAD)

4.7.1 - Considerações Gerais

O PRAD – Programa de Recuperação de Áreas Degradadas foi instituído através da Lei Nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, regulamentada pelo Decreto Nº 99.274/90, e dispõe

sobre a Política Nacional do Meio Ambiente. Seus fins e mecanismos de formulação e aplicação. Em seu Art. 4º, afirma que a Política Nacional do Meio Ambiente visará:

VII - (...) obrigação de recuperar e/ou indenizar os danos causados e, ao usuário da contribuição pela utilização de recursos ambientais com fins econômicos".

A noção de recursos naturais inesgotáveis, dadas às dimensões continentais do país, estimulou e ainda estimula a expansão da fronteira agrícola sem a preocupação com o aumento ou, pelo menos, com uma manutenção da produtividade das áreas cultivadas. Coberturas florestais nativas que representam diversos biomas foram e estão sendo fragmentadas, cedendo espaço para as culturas agrícolas, as pastagens e as cidades (MARTINS, 2001).

A questão ambiental é sabidamente complexa, visto que ela é constituída por vários componentes dos meios físico, biológico e socioeconômico que integram entre si, podendo ser causa e efeito simultaneamente. Não podemos esquecer, também, dos aspectos políticos e administrativos (públicos e privados) como fortes fatores de influência da questão ambiental (DIAS et al., 1998).

Ressalta-se que o binômio desenvolvimento e meio ambiente é, em princípio, conflitante, pois, enquanto um preconiza o crescimento e o bem-estar econômico, o outro tem por objetivo a preservação e a conservação da natureza (DIAS et al., 1998).

Segundo DIAS (1998), o desenvolvimento e a proteção do meio ambiente não são excludentes; pelo contrário, a conciliação desses aspectos recomenda ações e comportamentos que estejam calcados no equilíbrio entre homem e natureza. Pois, se o desenvolvimento for baseado em normas e projetos racionais e menos impactante, será possível obter resultados sociais mais justos e compatíveis com a tão desejada preservação da natureza.

A recuperação de áreas degradadas é, portanto, uma consequência do uso incorreto dos componentes ambientais. Recomenda-se, sempre que possível, o planejamento e a execução de um projeto de recuperação de áreas degradadas deva ser conduzido no contexto de todas as áreas a serem recuperadas, sejam elas pequenas ou de grandes dimensões espaciais, onde a recuperação de tal área pode estar integrada ao melhor uso dos solos, à proteção das áreas de reserva legal e de toda a rede de drenagem.

A recuperação de áreas degradadas pode ser conceituada como um conjunto de ações – idealizadas e executadas por especialistas das mais diferentes áreas do

conhecimento humano, visando o restabelecimento de condições de equilíbrio e sustentabilidade existentes anteriormente em um sistema natural (DIAS, 1998).

REIS et al. (2000), conta que nos últimos anos, em função da preocupação crescente do manejo ambiental, legislações têm procurado caracterizar problemas de conceituação e ações que envolvam a restauração de ecossistemas degradados. Uma tendência evidente tem sido a importância dos aspectos da própria ecologia da região a ser restaurada. A distinção entre processos de recuperação e restauração tem como fundamentos, detalhes da ecologia básica e, neste contexto, torna-se muito significativa a preocupação com os processos interativos e sucessionais. A importância desta distinção ficou reforçada com a recente aprovação do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (Lei nº 9.985, 18/07/2000, Diário Oficial 19/07/2000):

Art. 2º Para os fins previstos nesta Lei, entende-se por:

XIII - RECUPERAÇÃO: restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada a uma condição não degradada, que pode ser diferente de sua condição original;

XIV - RESTAURAÇÃO: restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada o mais próximo possível da sua condição original.

A idéia que normalmente é desenvolvida, na maioria das propostas de recuperação, é a de um plantio estático, ou seja, colocar espécies vegetais para que haja apenas uma revegetação da área. Sempre que uma ação humana permitir evidente aumento da resiliência ambiental, [Para PIMM (1991), *resiliência é a intensidade com que variáveis retomam ao equilíbrio dinâmico após um distúrbio*], este processo deve ser encarado como restauração, pois está auxiliando a natureza a refazer um ecossistema, seja ele semelhante ou não ao anterior, uma vez que sua fitofisionomia final deverá ser muito semelhante, já que as condições climáticas tendem a manter-se dentro de uma escala temporal mais longa. Restauração, portanto dentro do próprio conceito de estabilidade de PIMM (1991) representam uma área com forte dinamismo sucessional, do solo, da flora, fauna e micota local. Processos sucessionais que tem como base níveis intensos de interações de predação, polinização, dispersão, decomposição, nascimentos e mortes.

As florestas ripárias oferecem condições de vida a uma fauna variada, funcionando como refúgios úmidos, que garantem a sustentação da maior parte das espécies de nossa fauna, principalmente no período seco do ano, fornecendo abrigo e alimento (FONSECA, 1991; CLEMENTE et al., 1993).

Do ponto de vista dos recursos bióticos, as matas ciliares e/ou galerias criam condições favoráveis para a sobrevivência e manutenção do fluxo gênico entre as populações de espécies animais que habitam as faixas ciliares ou mesmo fragmentos florestais maiores que podem ser por elas conectados (HARPER et al., 1992).

De acordo com DELITTI (1989), os resultados conhecidos de estudos sobre o papel das florestas ripárias confirmam a hipótese de que elas atuam como filtros de toda a água que atravessa o conjunto de sistemas componentes da bacia de drenagem, sendo determinantes, também, das características físicas, químicas e biológicas dos corpos d'água.

O desmatamento de uma área conduz ao incremento da erosão do solo, causando o assoreamento e modificações na qualidade da água dos recursos hídricos. A má utilização da água pode modificar as suas características, em termos quantitativos e qualitativos, prejudicando seus usos, com impacto sobre o solo e a vegetação. Alterações na composição do ar resultam na precipitação de poluentes no solo e na água, prejudicando a vegetação e a vida animal, terrestre e aquática (MOTA, 1997).

De acordo com O IBAMA (1990), recuperação significa que o sítio degradado será retornado a uma forma e utilização de acordo com o plano preestabelecido para o uso do solo. Implica que uma condição estável será obtida em conformidade com os valores ambientais, estéticos e sociais da circunvizinhança. Significa, também, que o sítio degradado terá condições mínimas de estabelecer um novo equilíbrio dinâmico, desenvolvendo um novo solo e uma nova paisagem.

O termo restauração é o mais inadequado a ser utilizado para o processo que normalmente são executados, pois esse conceito refere-se à obrigatoriedade ao retorno do estado original da área, antes da degradação. Por retorno ao estado original entende-se que todos os aspectos relacionados a topografia, vegetação, fauna, solo, hidrologia, etc. apresentam as mesmas características de antes da degradação. Ou seja, trata-se de um objetivo praticamente inatingível (DIAS et al., 1998).

De acordo com MARTINS (2001), existem vários modelos de recuperação, podendo ser agrupados em simples e complexos. Nos modelos simples são utilizadas poucas espécies, tendo como efetivos apenas a proteção inicial do solo contra erosão. Nesse modelo deve-se considerar o problema da sustentabilidade, que dessa forma, necessita de intervenções periódicas resultando no aumento do custo e elevando em longo prazo. Já os modelos complexos procuram imitar a natureza, restaurando as funções ecológicas da mata ciliar e/ou galeria. Esse modelo requer um número elevado de espécies, combinando espécies de diferentes grupos sucessionais etc. Estes modelos mais complexos podem ter na implantação

custos mais elevados do que os modelos simples, mas tende a exigir menor intervenção e ser auto-sustentável.

Existem diversos modelos para a recuperação de áreas ciliares, mas nenhum deles pode ser considerado como ideal para todos os casos, pois existem variáveis ambientais que podem interferir no comportamento das espécies escolhidas para a recuperação. Para se atingir o objetivo da recuperação de áreas degradadas, deve-se adequar a necessidade de recuperação com a redução nos custos de implantação e manutenção.

4.7.2 - Legislação Ambiental Pertinente

O marco referencial da legislação ambiental brasileira é a Lei nº 6.938, promulgada em 31/08/81, que estabeleceu as diretrizes básicas da Política Nacional de Meio Ambiente, consagrando como incumbência do Poder Público, nos seus diferentes níveis, a manutenção da fiscalização e do controle permanente da utilização dos recursos ambientais. Esta atuação tem por objetivo a compatibilização do desenvolvimento econômico com a conservação ambiental e a consideração do meio ambiente como patrimônio público a serviço do melhor uso coletivo, cumprindo aos empreendedores públicos ou privados, no exercício de suas atividades, a observância às normas de controle ambiental.

Os empreendimentos sanitários foram considerados, segundo a Resolução nº 001/86 do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, como empreendimentos sujeitos ao licenciamento prévio por meio de Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e Relatório de Impacto Ambiental (RIMA), tendo sido reiteradas na Resolução CONAMA nº 237, de 19/12/97, que introduz, entretanto, outras categorias de estudos além do EIA/RIMA, para atender à diversidade de atividades e distintas complexidades ambientais das intervenções, e estabelece que *"cabará ao órgão ambiental competente definir os critérios de exigibilidade, o detalhamento e complementação do elenco relacionado na mesma, levando em consideração as especificidades, os riscos ambientais, o porte e outras características do empreendimento ou atividade"*.

Em situações que envolvam a supressão de vegetação em Áreas de Preservação Permanente, protegidas pelo Código Florestal, e em áreas de Mata Atlântica, protegidas pelo Decreto 750/93, ocorre compartilhamento de responsabilidade do IBAMA.

O Código Florestal (Lei 4771, de 15 de setembro de 1965), estabelecia que a faixa mínima a ser mantida para proteger a vegetação considerada de preservação permanente era de 5 m (metros) de largura em cada margem, para rios com até 10m de largura, aumentando proporcionalmente com a largura do rio. A Lei proibia a supressão total ou parcial destas florestas. Além de muitas vezes não ter sido respeitada aquela Lei em regiões

de agricultura ou pecuária, a faixa de proteção foi aumentada, com a Lei 7511, de julho de 1986, passando a ser de, no mínimo, 30m para rios com até 10m de largura, aumentando proporcionalmente com a largura do rio. Ainda que os 5m (metros) anteriormente protegidos por lei tivesse sido preservado, a partir da modificação da lei foram acrescentados 25m à faixa de preservação permanente. Geralmente essas áreas foram ocupadas com agricultura ou pastagem por períodos longos e agora desejável que sejam reflorestadas.

O avanço da legislação ambiental tem exigido que a implantação de obras de infraestrutura incorpore cuidados cada vez maiores para evitar e/ou minimizar os impactos que provocam no meio onde se inserem. A tecnologia de construção tem incorporado especificações e procedimentos de serviço que consideram de forma adequada requisitos que preservam a qualidade ambiental das áreas afetadas.

4.7.3 - Plano de recuperação de área degradada (PRAD)

Embora a construção do aterro sanitário simplificado da cidade de Marechal Deodoro não acarrete danos ambientais de grande magnitude na área de implantação do empreendimento, uma vez que em termos ambientais as áreas adjacentes encontram-se totalmente descaracterizada, algumas medidas foram sugeridas visando contribuir para melhoria das condições ambientais da área em questão.

Neste sentido o PRAD se destinou a orientar o Administrador público para a utilização de espécies da flora nativa regional, ampliando a médio e longo prazo, a porcentagem de áreas verdes principalmente na área de influência direta do empreendimento. Estas ações deverão se estender às áreas adjacentes ao empreendimento, simultaneamente à implementação do mesmo. Desta forma, dever-se-á adotar as medidas mitigadoras sugeridas, visando minimizar e resgatar as condições ambientais locais.

a) objetivos do plano

Recuperar a área degradada pela disposição aleatória de resíduos sólidos urbanos produzidos pela população do município, e quando possível, a recuperação da vegetação imediatamente adjacente ao empreendimento, bem como das matas ciliares dos rios, buscando eliminar espécies exóticas e introduzir espécies nativas da flora regional.

b) ações previstas

- Realizar um inventário da cobertura vegetal existente nas adjacências do empreendimento;
- Providenciar a remoção dos resíduos depositados nas porções sujeitas à recuperação;
- Realizar análise de solo por amostragem para verificar as necessidades de correção, anteriormente ao plantio;
- Elaborar projeto específico para a recomposição das áreas degradadas, com ênfase na utilização de espécies nativas dos ambientes originais da região;
- Monitorar os gases e percolados oriundos da área recuperada.
- Monitorar os plantios sistematicamente, visando contribuir para o bom desenvolvimento da vegetação a ser plantada.

c) concepção geral da recuperação

A recuperação proposta está fundamentada, na regeneração da área "in situ", ou seja, deixar o material (lixo) que está depositado decompor-se naturalmente. Para sugere-se para um primeiro momento, que seja cessada a disposição irregular. Portanto, após isso, sugere-se o início do processo de recuperação, pela capacidade regenerativa do próprio meio ambiente.

Foi diagnosticado que, os resíduos depositados atualmente apresentam-se localizados em concentrações distintas dentro da área, com sobreposições devido à declividade do terreno e em várias fases de decomposição.

O que foi depositado a mais tempo, do qual, a matéria orgânica já está praticamente estabilizada, faz parte do habitat das plantas, ficando o material inerte incorporado ao solo e as raízes das árvores que sobreviveram. Segundo LIMA (1991), o tempo que a matéria orgânica leva para ficar completamente curada em lixões é de aproximadamente 10 anos, isso implica em dizer que grande parte do material lá depositado não encontra-se em estado avançado de decomposição.

Um dos fatores que poderá limitar a regeneração da vegetação nativa e facilitar o desenvolvimento de espécies típicas de lixões (mamona, mamão, etc.) foram as constantes mudanças de situações, devido ao lixo jogado indiscriminadamente sobre o local e também o

próprio processo de decomposição do lixo (aumento de temperatura, diminuição de oxigênio), inibindo assim o aparecimento de espécies, nativas, devido à falta de condições locais para a germinação das sementes, bem como os incêndios temporários que destruíam a vegetação mais velha.

Portanto, a concepção de recuperação desenvolve-se em executar obras e atividades que tenham como objetivo principal a devolver as condições naturais para a área impactada.

Dentre os fatores destacamos:

- controle da erosão;
- compactação dos resíduos dispostos inadequadamente;
- drenagem e coleta dos percolados;
- cobertura com argila da área que apresenta lixo disposto;
- isolamento com cerca da área;
- plantio de vegetação na área impactada.

d) compactação dos resíduos dispostos aleatoriamente

Todo o resíduo disposto inadequadamente deverá ser movimentado com o auxílio de máquinas, formando um montante de maior depósito em área previamente definida, compactada com trator de esteiras e depois coberta com uma camada de solo de aproximadamente 30 cm. Sugere-se com isso, confinamos o material para ser mais bem tratado e a área impactada ser mais facilmente isolada do resto da área.

Esta atividade fará com que sejam construídas rampas em inclinação de 1 metro para 2 metros, possibilitando assim o trabalho das máquinas, e posteriormente, a colocação de solo argiloso necessário a impermeabilizações superiores.

Sugere-se que todo o resíduo disposto de forma irregular, em locais que formam bolsões e saliências topográficas, será removido para as partes mais baixas e compactado, de forma a termos uma topografia uniforme e com declividades ajustadas para retirada das águas de chuvas.

Após a regularização feita, sugere-se a construção dos drenos de percolados, construídos os drenos compacta-se os resíduos, ou seja, o material remexido e coloca-se a camada argilosa.

A relocação e a colocação do material (lixo) deverá ser feita obedecendo a uma seqüência pré-determinada, ou seja, se inicia no lado leste para o oeste com uma célula num determinado patamar até completá-la, trabalha primeiro bem próximo ao talude que hoje não apresenta inclinação adequada. Quando a inclinação for alcançada e o resíduo estiver confinado e bem compactado, deverá ser colocado solo argiloso para cobertura.

Todo o lixo lá disposto deverá ser colocado e compactado com o trator de esteiras, passando 5 a 8 vezes sobre o material, deixando-o bem compactado e com densidade em $0,50 \text{ t./m}^3$.

Como o lixo disposto naturalmente, não deverá está compactado, seria muito difícil medir o volume deslocado, com relativa precisão. Parte do deslocamento deverá ser feito usando-se caminhões caçamba que irão carregar o material e levá-lo a outro local e parte deverá ser removido pelo próprio trator de esteiras

A partir do levantamento plani-altimétrico, foi estimada uma área a ser removido de aproximadamente $10.525,00 \text{ m}^2$. Estima-se uma camada de aproximadamente $0,3 \text{ m}$ a ser removida, ou seja, aproximadamente $3.157,5 \text{ m}^3$ a serem removidos.

Adotou-se, para a compactação do lixo da área degradada, a estimativa que para compactar 15 m^3 de lixo o trator gasta o tempo de uma (1) hora máquina, portanto, estimaremos em $211,0$ horas de trator de esteira para recuperar a área degradada.

e) drenagem e coleta de percolado da área recuperada

Uma das primeiras medidas sugeridas, após cessar o despejo de resíduos nestes locais, é a construção de um sistema de drenagem para os líquidos percolados adotando a mesma tecnologia utilizada no projeto para a construção dos drenos do aterro sanitário. Estes drenos recolhem o percolado possível e transferem para uma lagoa de retenção onde possivelmente estes líquidos irão oxidar.

Todo o líquido percolado deverá ser conduzido até uma lagoa construída no próprio solo, através da compactação de uma camada de argila com espessura de $0,40\text{m}$ nas paredes da mesma tendo esta uma inclinação de $1:1,5$. com dimensões de $10,0\text{m}$ de largura e $20,0\text{m}$ de comprimento, com $1,50\text{m}$ de profundidade.

f) controle da erosão e plantio de vegetação

Para a situação do "Lixão" de Marechal Deodoro, tem-se um caso muito peculiar de área extremamente delicada apesar do aspecto negativo propiciado pelos resíduos, deve-se considerar a importância dos mesmos na atual conjuntura como barreira física no controle dos processos erosivos. Pois a erosão ocorre basicamente da seguinte forma:

Quando o solo encontra-se descoberto, o impacto da gota de chuva sobre o mesmo faz com que ele se desestruture, e a inclinação do terreno, grau de infiltração do solo, irão definir a velocidade e o escoamento superficial no destino das partículas desagregadas, que para este caso estas partículas seriam carregadas até as partes mais baixas do terreno, assoberbando o mesmo, (e resultando em grandes voçorocas no terreno).

O lixo existente atualmente está funcionando como uma "manta artificial" se comparando com a floresta, pois a água precipitada é absorvida ou acumulada nos resíduos (papel, matéria orgânica, garrafas), e devido ao entrelaçamento dos materiais, a água ao invés de escorrer fica retida entre os espaços vazios destes resíduos, produzindo chorume.

Portanto após a construção da drenagem dos líquidos percolados deverá ser implantado a cerca de isolamento da área para dificultar o acesso de pessoas estranhas ao local. Deverá também implantar vegetação no local para conter a erosão.

As covas para os arbustos deverão ter às dimensões de 0,1 x 0,1 x 0,1 m, e para as árvores 0,2 x 0,2 x 0,2 m. Sendo que às árvores destinadas à arborização deverão ser tutoradas.

A área a ser plantada é de, aproximadamente, 500 m linear, sendo necessárias 600 mudas. Para auxiliar neste sistema indicamos a abertura dos drenos de desvio das águas de chuva em canais como indicado no projeto básico, que desviarão as águas de chuvas do empreendimento. Estes canais revestidos com grama apresentarão dimensões de 3 metros de largura por 0,5 m de profundidade, construídos com auxílio de motoniveladora ou retroescavadeira.

g) isolamento e proteção

Quando os resíduos estiverem compactados e cobertos com argila e os drenos construídos, sugere-se a construção de um acesso de monitoramento da área que deverá ser cercada de arame farpado (Figura 4.8).

No projeto básico são indicados os locais onde será construída a cerca de tela, na parte frontal (próximo aos acessos tanto o superior quanto o inferior). A cerca de arame farpado será construída com o objetivo de isolar o lixão antigo (Anexo A).

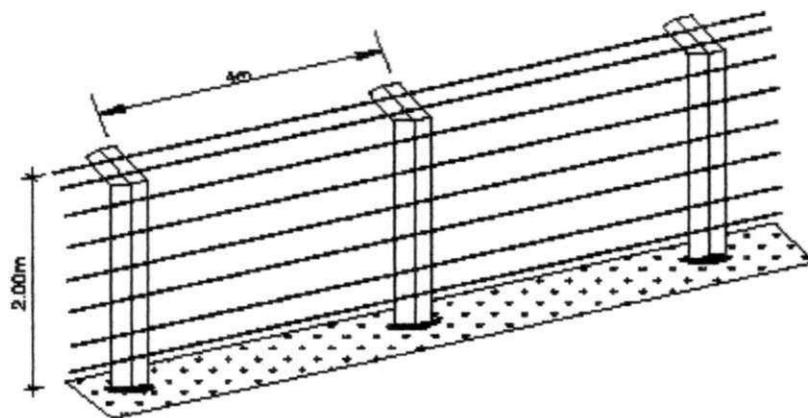


Figura 4.8 – Esboço de cerca de proteção proposta para o aterro sanitário simplificado

h) sugestões práticas para recuperação das áreas degradadas

Uma forma mais simples e econômica de recuperar uma área degradada por um lixão baseia-se nos seguintes procedimentos:

- definição, com a precisão possível, a extensão da área que recebeu lixo;
- delimitação da área, no campo, cercando-a completamente;
- execução de sondagens a trado para definir a espessura da camada de lixo ao longo da área degradada;
- remoção do lixo com espessura menor que um metro, empilhando-o sobre a zona mais espessa;
- conformação dos taludes laterais com a declividade de 1:3 (V:H);
- conformação do platô superior com declividade mínima de 2%, na direção das bordas;
- execução de cobertura da pilha de lixo exposto com uma camada mínima de 50 cm de argila inclusive nos taludes laterais;
- recuperação da área escavada com solo natural da região;

- execução de valetas retangulares de pé de talude, escavadas no solo, ao longo de todo o perímetro da pilha de lixo;
- execução de um ou mais poços de reunião para acumulação do chorume coletado pelas valetas;
- construção de poços verticais para drenagem de gás;
- execução de uma camada de solo vegetal, com 60 cm de espessura, sobre a camada de argila;
- o plantio de espécies nativas de raízes curtas, preferencialmente gramíneas;
- execução de furos de sondagem realizada e implantação de poços de monitoramento, sendo um a montante do lixão recuperado e dois a jusante.

4.8 – ILUSTRAÇÕES DOS COMPONENTES DO ATS IMPLANTADO DURANTE A FASE EXPERIAMENTAL

A seguir serão apresentados e descritos os resultados obtidos durante a fase experimental do trabalho que se constituiu na etapa inicial de implantação do aterro sanitário simplificado da cidade de Marechal Deodoro.

A Foto 4.4 ilustra um trecho da área destinada à implantação do reservatório de percolados da área a ser recuperada.

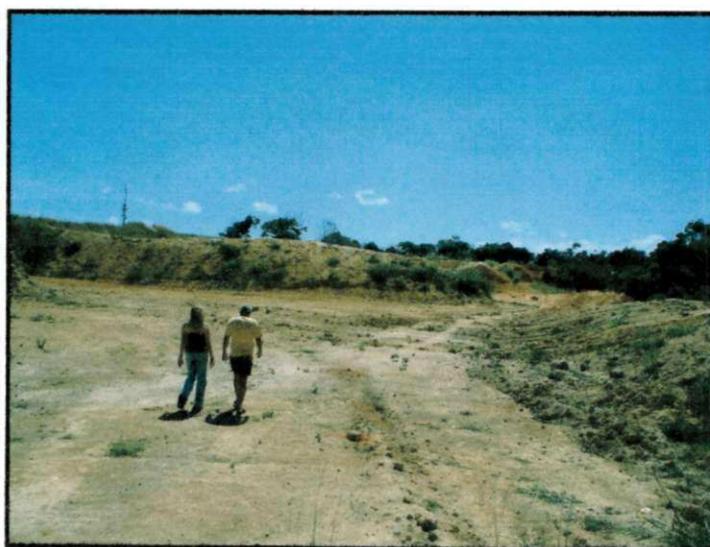


Foto 4.4 – Área destinada à implantação da lagoa de percolados da área a ser recuperada

A Foto 4.5 ilustra um trecho com vista parcial dos resíduos depositados aleatoriamente no Lixão, antes da implantação e da recuperação das áreas degradadas.



Foto 4.5 – Vista parcial dos resíduos depositados aleatoriamente

A Foto 4.6 ilustra um trecho da área de preservação permanente localizada na parte norte do aterro sanitário. Esta área, de grande importância ambiental para região, serviu de justificativa para os atores públicos durante a elaboração do projeto básico e diagnóstico ambiental.



Foto 4.6 - Riacho do caboclo – Área de Preservação Permanente localizada na parte norte do aterro sanitário

A Foto 4.7 ilustra em detalhe o dreno de gás implantado em área já recuperada. Este tipo de equipamento minimiza os efeitos deletérios dos gases no subsolo da área já recuperada.



Foto 4.7 – Detalhe de dreno de gás encontrado em área já recuperada

A Foto 4.8 ilustra um trecho da área recuperada em fase regeneração. Observa-se que os objetivos do PRAD já começam a ser alcançados.



Foto 4.8 – Vista da área recuperada em fase regeneração

A Foto 4.9 ilustra um trecho da área, com vista parcial, utilizado para deposição de resíduo e do local onde será implantado o reservatório de percolados.

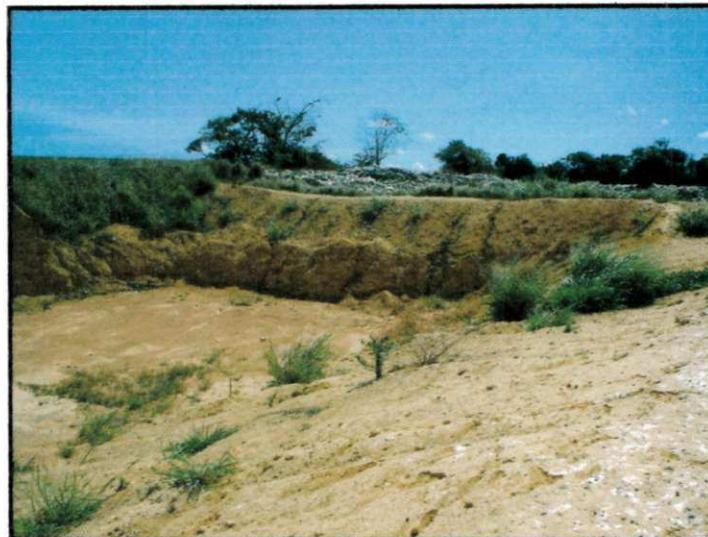


Foto 4.9 – Vista parcial do local onde será implantado o reservatório de percolados

A Foto 4.10 ilustra uma vista parcial da construção da célula para disposição final de resíduos sólidos.



Foto 4.10 – Execução da célula para disposição final de resíduos sólidos

A Foto 4.11 ilustra um trecho da área degradada em estágio inicial de recuperação. Esta fase foi constituída da concentração de resíduos sólidos, da compactação dos resíduos, da cobertura com solo argiloso, e finalmente da execução da cobertura vegetal.

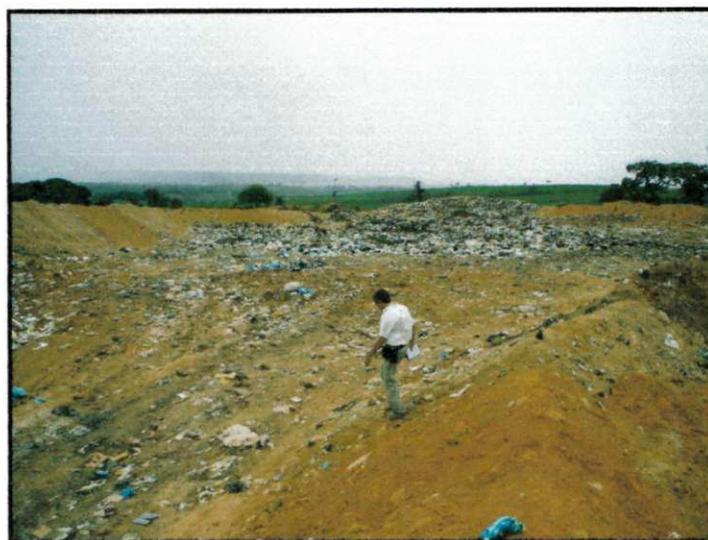


Foto 4.11– Área degradada sendo recuperada

A Foto 4.12 ilustra um trecho da área onde foram realizadas as retiradas dos resíduos dispostos aleatoriamente. Tais resíduos foram concentrados em locais previamente escolhidos, onde foram realizadas as operações descritas no parágrafo anterior e ilustrados na Figura 4.11.



Foto 4.12 – Área onde foi realizada a retirada dos resíduos dispostos aleatoriamente

A Foto 4.13 ilustra um trecho, em vista parcial, da área degradada sendo recuperada.



Foto 4.13 – Vista parcial da área degradada sendo recuperada

A Foto 4.14 ilustra a área (vala), destinada temporariamente, para disposição dos resíduos hospitalares. Objetivou-se com isso, evitar a contaminação dos resíduos sólidos e conseqüentemente dos percolados.

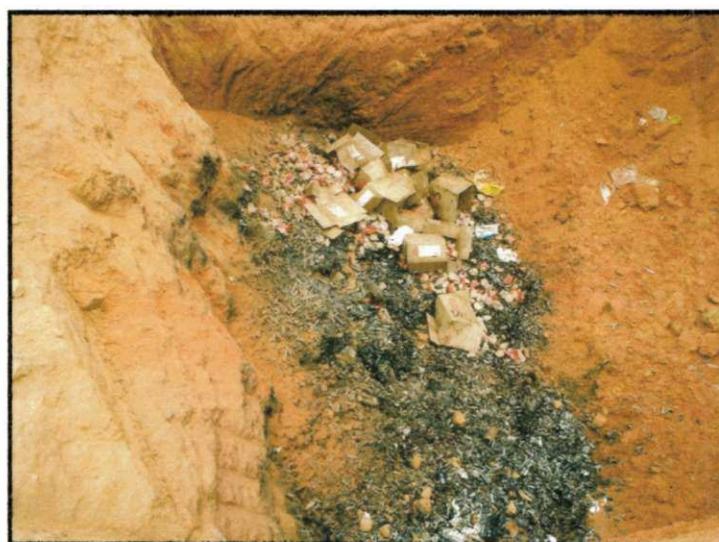


Foto 4.14 – Vala temporária para disposição dos resíduos hospitalares

A Foto 4.15 ilustra um trecho da área, célula, sendo executada. Buscou-se na execução o controle adequado como forma de seguir as sugestões contidas no projeto executivo.



Foto 4.15 – Célula sendo executada

A Foto 4.16 ilustra um trecho da área, em vista parcial, destinada a implantação da Estação de Tratamento de Chorume (ETC).



Foto 4.16 – Área destinada para a implantação da ETC

A Foto 4.17 ilustra um trecho da área destinada para disposição temporária dos resíduos coletados, diariamente, durante a fase de execução do projeto. Buscou-se com isso, impedir que os resíduos sólidos oriundos da cidade de Marechal Deodoro viessem a degradar novas áreas no entorno do Lixão. Esta atividade foi de grande importância para eficácia da recuperação total da área degradada.



Foto 4.17 – Detalhe da área destinada para disposição temporária dos resíduos coletados diariamente durante a execução do projeto

A Foto 4.18 ilustra um trecho do reservatório de decantação já em funcionamento, segundo o que foi preconizado no projeto executivo.



Foto 4.18 – Reservatório de decantação já em funcionamento

A Foto 4.19 ilustra um detalhe do dreno e da manta utilizada para impermeabilização segundo o que foi preconizado no projeto executivo.



Foto 4.19 – detalhe do dreno e da manta utilizada para impermeabilização

A Foto 4.20 ilustra, em detalhe, o dreno de chorume em operação.



Foto 4.20 – Detalhe do dreno de chorume em operação

A Foto 4.21 ilustra uma caixa de passagem de percolados utilizada também com caixa de vazão.



Foto 4.21 – Caixa de passagem de percolados utilizada também com caixa de vazão

Na Planta 4.1 estão contidos, em detalhe, os equipamentos sugeridos para o isolamento externo e interno da área do aterro sanitário.

Na Planta 4.2 estão contidos os detalhes dos drenos de desvio externo e interno de águas pluviais e do dreno de percolados, projetados para o aterro sanitário simplificado.

Na Planta 4.3 estão contidos os detalhes da vista frontal e lateral da célula do aterro, em perspectiva, projetados para o aterro sanitário simplificado.

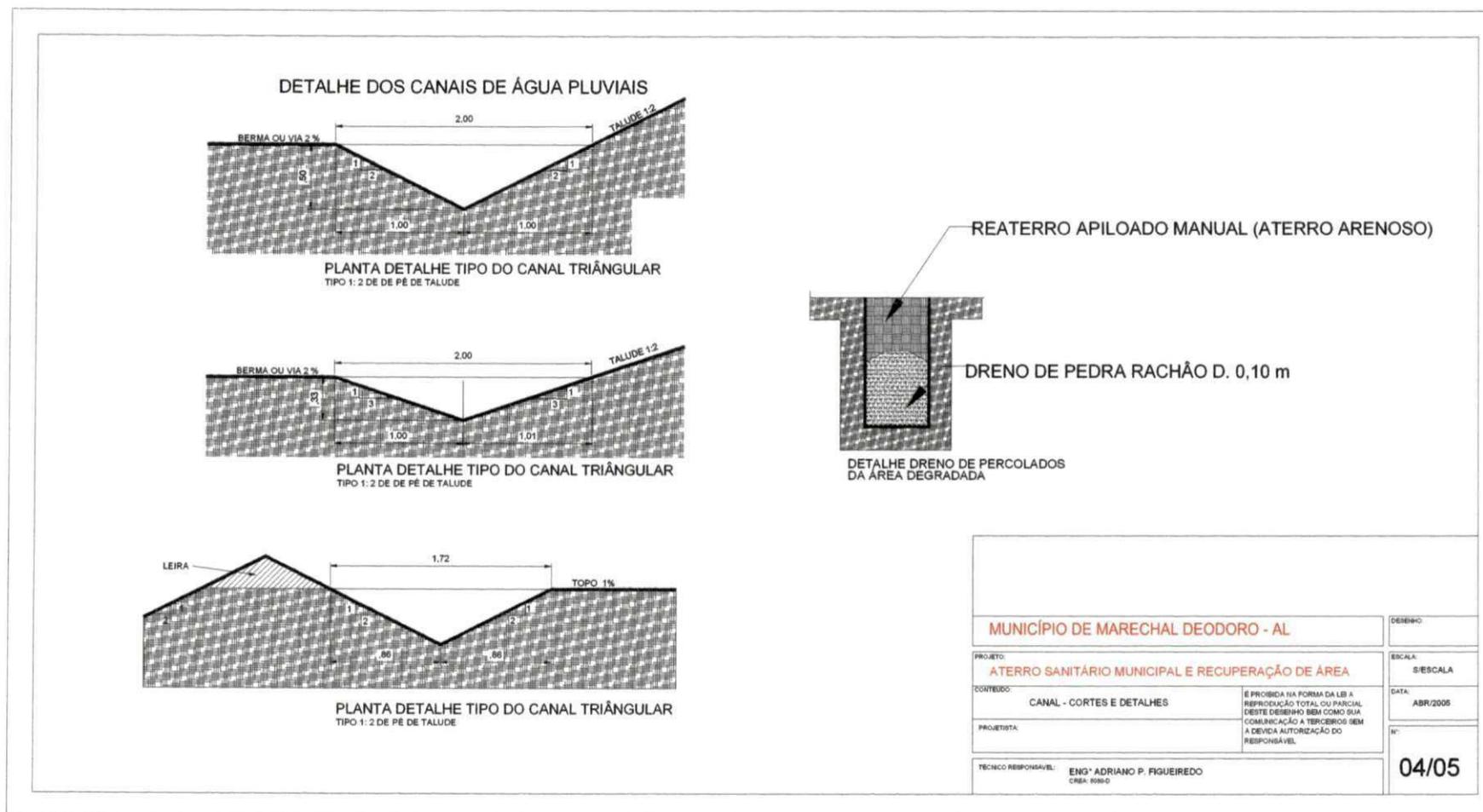
Na Planta 4.4 estão contidas as informações sobre levantamento planimétrico da área escolhida para o aterro sanitário simplificado.

Na Planta 4.5 estão contidos os detalhes do reservatório para o tratamento de chorume, projetados para o aterro sanitário simplificado.

Na Planta 4.6 estão contidas informações sobre levantamento planialtimétrico da propriedade, destacando a localização dos equipamentos da área escolhida para o aterro sanitário simplificado.

Na Planta 4.7 estão contidos os detalhes da célula, dos drenos de chorume e dos drenos de gases, projetados para o aterro sanitário simplificado.

Em anexo, estão inseridas todas as plantas aqui detalhadas, porém em formato ampliado, o que permite uma melhor visualização dos detalhes projetados, bem como das dimensões dos equipamentos e espaços projetados para execução das atividades de construção.



Planta 4.2 – Detalhe dos drenos de desvio externo e interno de águas pluviais e do dreno de percolados da área degradada



Planta 4.6 – Planta planialtimétrica da propriedade destacando a localização dos equipamentos

CAPÍTULO 5

5.0 - RESULTADOS

A seguir são apresentados dados sobre os custos com o uso do aterro sanitário no município de Atalaia – AL e o uso do aterro sanitário proposto no município de Marechal Deodoro – AL (Tabelas 5.1 e 5.2).

Tabela 5.1 – Dados sobre custos do Aterro Sanitário Simplificado de Marechal-AL

DISCRIMINAÇÃO DOS SERVIÇOS	Valor por serviço	%
Serviços preliminares	51.900,00	15,5
Serviços gerais	22.100,00	6,6
Drenagens de águas pluviais	5.760,00	1,7
Isolamento e fechamentos	34.284,00	10,2
Recuperação das áreas degradadas	41.248,00	12,3
Complexo de células e ETC	157.350,00	46,9
Obras civis e equipamentos	22.630,00	6,7
Total	335.272,00	100,0

Tabela 5.2 - Dados sobre custos do Aterro Sanitário de Atalaia-AL

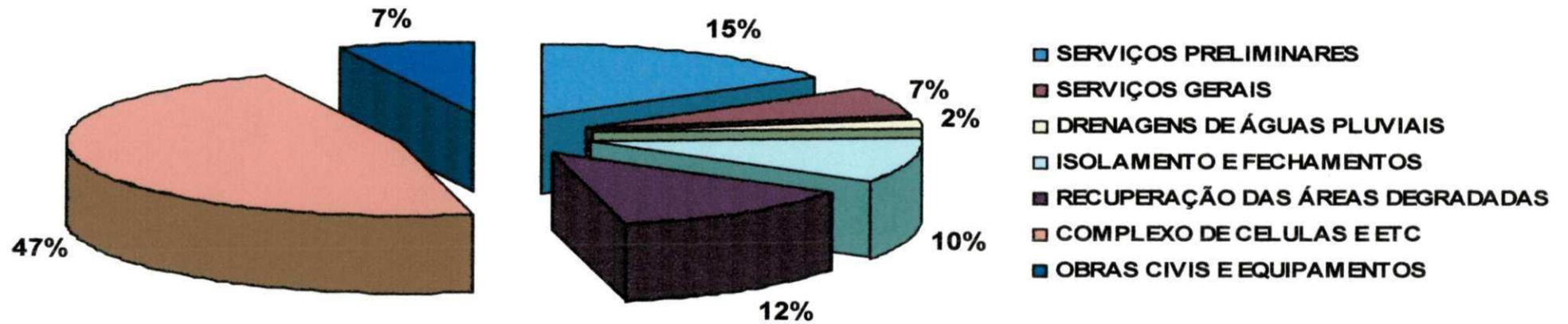
DISCRIMINAÇÃO DOS SERVIÇOS	Valor por serviço	%
Serviços preliminares	226.650,00	11,0
Serviços gerais	89.850,00	4,3
Drenagens de águas pluviais	30.820,00	1,5
Isolamento e fechamentos	69.911,00	3,4
Recuperação das áreas degradadas	763.462,00	36,9
Complexo de células	238.730,00	11,5
Obras civis e equipamentos	649.022,00	31,4
Total	2.068.445,00	100,0

Na tabela 5.2 são apresentados dados comparativos entre os de serviços na implantação do aterro sanitário simplificado no município de Marechal Deodoro com o utilizado no município de Atalaia.

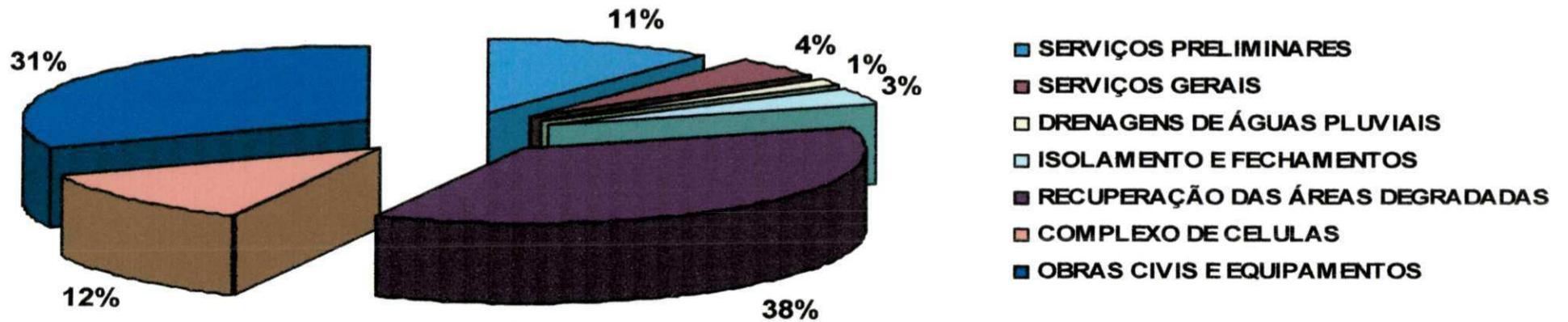
Tabela 5.3 - Dados comparativos sobre custos dos Aterro Sanitários de Marechal e Atalaia

DISCRIMINAÇÃO DOS SERVIÇOS	MARECHAL		ATALAIA		M/A (%)
	Valor por serviço	%	Valor por serviço	%	
SERVIÇOS PRELIMINARES	51900,00	15,5	226650,00	11,0	22,9
SERVIÇOS GERAIS	22100,00	6,6	89850,00	4,3	24,6
DRENAGENS DE ÁGUAS PLUVIAIS	5760,00	1,7	30820,00	1,5	18,7
ISOLAMENTO E FECHAMENTOS	34284,00	10,2	69911,00	3,4	49,0
RECUPERAÇÃO DAS ÁREAS DEGRADADAS	41248,00	12,3	763462,00	36,9	5,4
COMPLEXO DE CELULAS E ETC	157350,00	46,9	238730,00	11,5	65,9
OBRAS CIVIS E EQUIPAMENTOS	22630,00	6,7	649022,00	31,4	3,5
TOTAL	335.272,00	100,0	2.068.445,00	100,0	16,2

A seguir os histogramas 5.1 e 5.2 apresentam os dados de custos com a implantação do aterro simplificado e do aterro convencional em forma de histogramas.



Histograma 5.1 - Dados sobre custos do Aterro Sanitário Simplificado de Marechal Deodoro-AL



Histograma 5.2 - Dados sobre custos do Aterro Sanitário Simplificado de Atalaia-AL

CAPÍTULO 6

6.0 - CONCLUSÕES E SUGESTÕES

6.1 – CONCLUSÕES

O Aterro Sanitário Simplificado (ASS) é uma alternativa para disposição final de resíduos sólidos urbanos para cidades com até vinte (20) mil habitantes e constitui uma proposição que ameniza os impactos sobre o meio ambiente e minimiza os impactos sócio-econômicos.

Os custos que envolvem a implantação de ASS são relativamente menores quando comparados aos custos de implantação de aterros sanitários e de aterros controlados.

A operação de ASS, pela sua concepção, é de fácil execução o que propicia a sua adoção para gestores públicos de cidades com população urbana com até 20 mil habitantes.

A proposta de ASS atende a uma demanda, relativamente alta, de disposição de resíduos sólidos, pois, atualmente, no Brasil a concentração urbana da população no país ultrapassa a casa dos 80% e 70% dos municípios brasileiros têm uma população menor que 20 mil habitantes.

No Nordeste do Brasil, é de extrema importância a implantação de áreas para disposição de resíduos sólidos que estejam de acordo com as normas ambientais vigentes, visto que cerca, de 54% dos municípios desta região possuem sistema de coleta e 27% possuem sistemas de disposição final. Portanto, a proposta de ASS pode surgir como uma alternativa de baixo custo para a solução, ambientalmente correta, dos problemas gerados pela disposição inadequada dos resíduos sólidos nesses municípios.

A partir da escolha da área, executou-se os trabalhos de campo visando-se caracterizar a ambiência local em todos os aspectos possíveis. Procedeu-se também o levantamento dos parâmetros específicos da geração de resíduos na área urbana, além dos aspectos sócio-econômicos. A partir da análise das características topográficas, ambientais e sócio-econômicas, foi elaborado o projeto básico, executivo e ambiental.

Todo processo envolvido na atividade foi descrito individualmente e no conjunto, de forma que os planos e procedimentos específicos das etapas de instalação, operação, manutenção, monitoramento ambiental, medidas de recuperação de área degradada e de compensação dos impactos adversos, foram contemplados no documento técnico.

Como a ambiência já se encontrava degradada na área do projeto, o terreno foi considerado estratégico para o fim a que se destina. Assim, pode-se considerar a nova atividade como benéfica, em termos de uso e ocupação do solo e na interação com os indicadores ambientais, se conduzida em consonância com o Projeto Executivo apresentado.

6.2 – SUGESTÕES

A partir dos estudos já contemplados neste trabalho, podemos sugerir:

- Estudos de monitoramento ambiental do Aterro Sanitário Simplificado da cidade de Marechal Deodoro;
- Avaliação subjetiva de gestores públicos de pequenos municípios quanto à aceitação da proposta de ASS;
- Estudos de viabilidade econômica e de inserção social sobre a implantação e operação de aterros sanitários simplificados;
- Estudos de legislações ambientais visando maior simplificação dos procedimentos do licenciamento ambiental para implantação dos Aterros Sanitários Simplificados.

CAPÍTULO 7

7.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR n.º 8419 – Apresentação de projetos de aterro sanitário de resíduos sólidos urbanos, 1984.

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR n.º 8849 – Aterro SANITÁRIO, 1985.

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR n.º 10157 – Aterros de resíduos perigosos – Critérios para projeto, construção e operação. Procedimentos. Rio de Janeiro, 1987.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos - Procedimento. Rio de Janeiro, (NBR 8419), 1992.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Coleta, varrição e acondicionamento de Resíduos Sólidos Urbanos - Terminologia. Rio de Janeiro, (NBR 12980), 1993.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Compostagem - Terminologia. Rio de Janeiro, (NBR 13591), 1996.

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - Classifica os resíduos sólidos quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente – Rio de Janeiro, (NBR 10004), 2004.

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - Fixa os requisitos exigíveis para a obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos – Rio de Janeiro, (NBR 10005), 2004.

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – Fixa os requisitos exigíveis para obtenção de extrato solubilizado dos resíduos sólidos – Rio de Janeiro, (NBR 10006), 2004.

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – Fixa os requisitos exigíveis para amostragem de resíduos sólidos – Rio de Janeiro, (NBR 10007), 2004.

ALAGOAS, Secretaria de Planejamento – Municípios Alagoanos: Informações sócio-econômicas. Fundação Instituto de Planejamento – FIPLAN: Maceió, 1996.

BARBOSA, J. – Historia de Alagoas. Impacto curso superior – Alagoas –1998.

BANCO DO NORDESTE, Manual de impacto ambiental – Bacia do Nordeste, 1999.

BURNET, G. W.; SCHUSTER, G. S. Microbiologia oral e enfermidades infecciosas. Buenos Aires: Panamericana, p. 31-70, 1982.

CARVALHO, M. G. R. F. de. Estado da Paraíba. Classificação geomorfológica. Editora Universitária/UFPB. João Pessoa. 72p. 1982.

CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL – Relatório de qualidade de águas interiores do estado de São Paulo. São Paulo, CETESB, 251p, 1996.

CHESF, Companhia hidroelétrica do São Francisco (Divisão de Tecnologia), Resíduos Sólidos Urbanos (LIXO).

DELITTI, W. B. C. Ciclagem de nutrientes minerais em matas ciliares. In: BARBOSA, L.M., coord. Anais do Simpósio sobre mata ciliar. Campinas: Fundação Cargill, 1989.

DIAS, G. F. Educação Ambiental: Princípios e práticas. São Paulo: Gaia, 1998.

FONSECA, G. A. B. da, 1991 - Ecologia de vertebrados e manejo de fauna - Estrutura de comunidades de pequenos mamíferos em áreas secundárias de mata Atlântica , 1991.

GANDOLLA, M., ACAIA C. & DECKA I. "Prediction of settlement at MSW disposal sites", 1996.

GOVERNO DO ESTADO DA PARAÍBA. SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO. Zoneamento agropecuário do Estado da Paraíba. Anexo de pedologia. UFPB/ELC/CEPA. João Pessoa. Np. 1978.

HARPER, K.T.; SANDERSON, S.C.; McARTHUR, E.D. Riparian ecology in tion National Park, Utah. USDA. Forest Service. INT general Technical report, 1992.

IBAMA, Coletania de legislação federal de meio ambiente. Brasília, 1992.

IBAMA; Diagnóstico do setor florestal do Estado da Paraíba. SAA/SEPLAN/IBAMA. João Pessoa. 84p. 1994.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA ESTATÍSTICA – IBGE. Enciclopédia dos municípios. Rio de Janeiro – RJ, 1989.

LIMA, L. M. Q. Tratamento de lixo. São Paulo: Hemus, 240 p., 1991.

MARTINS, Fonte resumida: Recuperação de matas ciliares. Sebastião Venâncio Martins. Editora Aprenda Fácil, Viçosa - MG, 2001.

MONTEIRO, J. H. P. [et al.] - Manual de gerenciamento integrado de resíduos sólidos; coordenação técnica Victor Zular Zveibil. Rio de Janeiro: IBAM,. 200 p.; Patrocínio: Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano da Presidência da República – SEDU/PR, 2001.

MOTA, M. S. S. da. Desenvolvimento inicial de espécies arbóreas em sistemas agroflorestais no município de Manacapuru (AM). Manaus: INPA, tese de mestrado, 1997.

OBENG, L. ; WHRIGHT, F. W. Co-composting of domestic solid and human wastes. Washington: World Bank Technical Paper. 1987.

PIMM, S. L. The Balance of nature? Ecological issues in the conservation of species and communities. Chicago. The University Chicago Press. 434p,1991.

RADAM BRASIL, Projeto. Ministério de Minas e Energia, levantamento de recursos naturais. Volume 30, Rio de Janeiro, 1983.

REIS, L. L.; CAMPELLO. E. F. C. & FRANCO, A. A. Atividade microbiana de um planossolo sob plantio de leguminosas arbóreas utilizadas na recuperação de áreas degradadas em comparação ao eucalipto e vegetação espontânea. IN: IV Simpósio Nacional de Recuperação de Áreas Degradadas - "Silvicultura ambiental". Anais. Blumenau - SC. 2000.

RESOLUÇÃO CONAMA: Nº 006, "Dispõe sobre a aprovação de modelos para publicação de pedidos de licenciamento" - Data da legislação: 24/01/1986 - Publicação DOU: 17/02/1986.

RESOLUÇÃO CONAMA: Nº 001, "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 009, "Dispõe sobre a questão de audiências públicas" - Data da legislação: 03/12/1987 - Publicação DOU: 05/07/1990.

RESOLUÇÃO CONAMA: Nº 010, "Estabelece os parâmetros básicos para análise dos estágios de sucessão de Mata Atlântica" - Data da legislação: 01/10/1993 - Publicação DOU: 03/11/1993.

RESOLUÇÃO CONAMA: Nº 005, "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 004, "Considera de caráter emergencial, para fins de zoneamento e proteção, todas as áreas de formações nativas de restinga" - Data da legislação: 31/03/1993 - Publicação DOU: 13/10/1993.

RESOLUÇÃO CONAMA: Nº 014, "Prorroga por um ano o prazo de duração da câmara técnica temporária para assuntos de Mata Atlântica" - Data da legislação: 30/06/1994 - Publicação DOU: 05/08/1994.

RESOLUÇÃO CONAMA: Nº 012, "Aprova o glossário de termos técnicos elaborados pela câmara técnica temporária para assuntos de Mata Atlântica" - Data da legislação: 04/05/1994 - Publicação DOU: 05/08/1994.

RESOLUÇÃO CONAMA: Nº 007, "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 019, "Homologa termo de compromisso do IBAMA/SUPES/RS para recuperação de área degradada, com redução de multa" - Data da legislação: 13/12/1995 - Publicação DOU: 01/04/1996.

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

RESOLUÇÃO CONAMA: Nº 002, "Determina a implantação de unidade de conservação de domínio público e uso indireto, preferencialmente estação ecológica, a ser exigida em licenciamento de empreendimentos de relevante impacto ambiental, como reparação dos danos ambientais causados pela destruição de florestas e outros ecossistemas, em montante

de recursos não inferior a 0,5 % (meio por cento) dos custos totais do empreendimento. Revoga a resolução CONAMA nº 10/87, que exigia como medida compensatória a implantação de estação ecológica" - Data da legislação: 18/04/1996 - Publicação DOU: 25/04/1996.

RESOLUÇÃO CONAMA: Nº 237, "Regulamenta os aspectos de licenciamento ambiental estabelecidos na política nacional do Meio Ambiente" - Data da legislação: 22/12/1997 - Publicação DOU: 22/12/1997.

RESOLUÇÃO CONAMA: Nº 283, "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 282, "Estabelece os requisitos para os conversores catalíticos destinados a reposição, e dá outras providências" - Data da legislação: 12/07/2001 - Publicação DOU: 19/11/2001.

RESOLUÇÃO CONAMA: Nº 275, "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 316, "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, "Dispõe sobre o Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais" - Data da legislação: 29/10/2002 - Publicação DOU: 22/11/2002.

RESOLUÇÃO CONAMA: Nº 308, "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 358, "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 357, "Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências". - Data da legislação: 17/03/2005 - Publicação DOU: 18/03/2005.

SALES, V. (Planejamento e coordenação) - Guia do meio ambiente: interior de Alagoas, Maceió: Projeto IMA - GTZ, 1995.

SECRETARIA DE PLANEJAMENTO E RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DE ALAGOAS. Secretaria de planejamento – Coordenação de desenvolvimento científico e tecnológico. Núcleo estadual de meteorologia e recursos hídricos. Maceió, 1994.

SILVA W. S. Da. Identificação de unidades ambientais no município de Itatibaia – SP, dissertação de mestrado. DG-FFLCH, 2001.

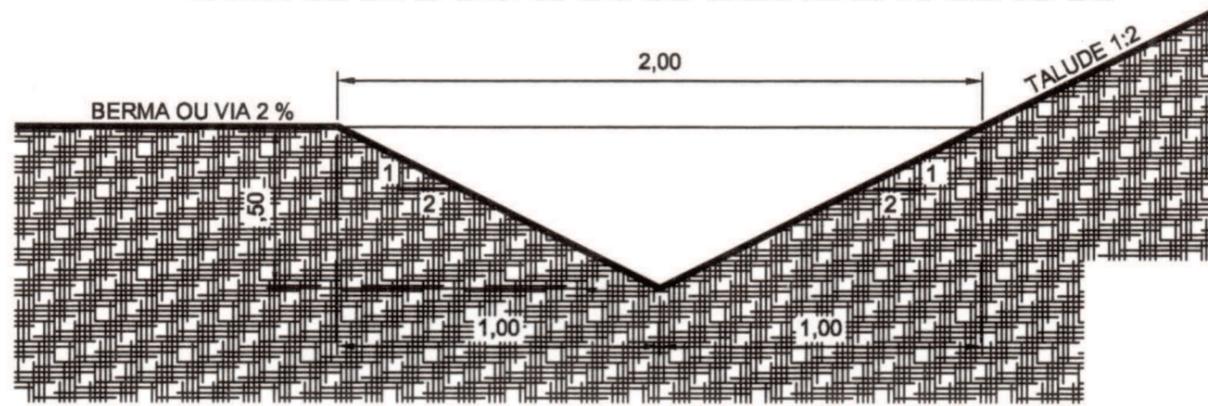
SOWERS, G. F. Settlement of waste disposal fills. Paper presented at the proceedings of the 8th international conference on soil mechanics and foundation engineering, 1973.

SUDENE. Inventário hidrogeológico básico do nordeste - folha 16 - Divisão de reprografia - Recife, 1978.

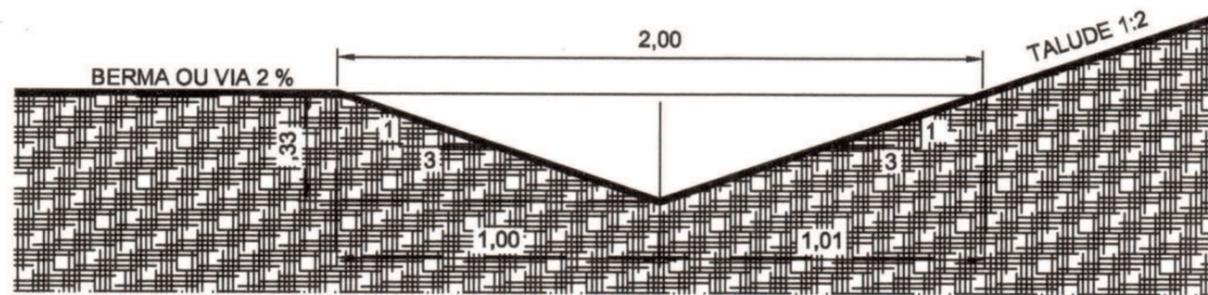
WALL, D. K. & ZEISS, C. Municipal landfill biodegradation and settlement. journal of environmental engineering, ASCE, vol. 121, N^o. 3, March, p. 214– 224, 1995.

ANEXOS

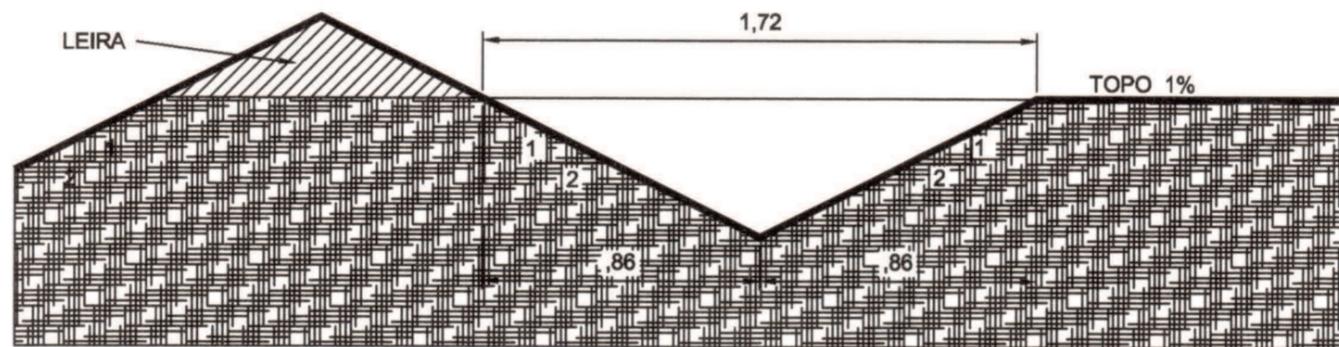
DETALHE DOS CANAIS DE ÁGUA PLUVIAIS



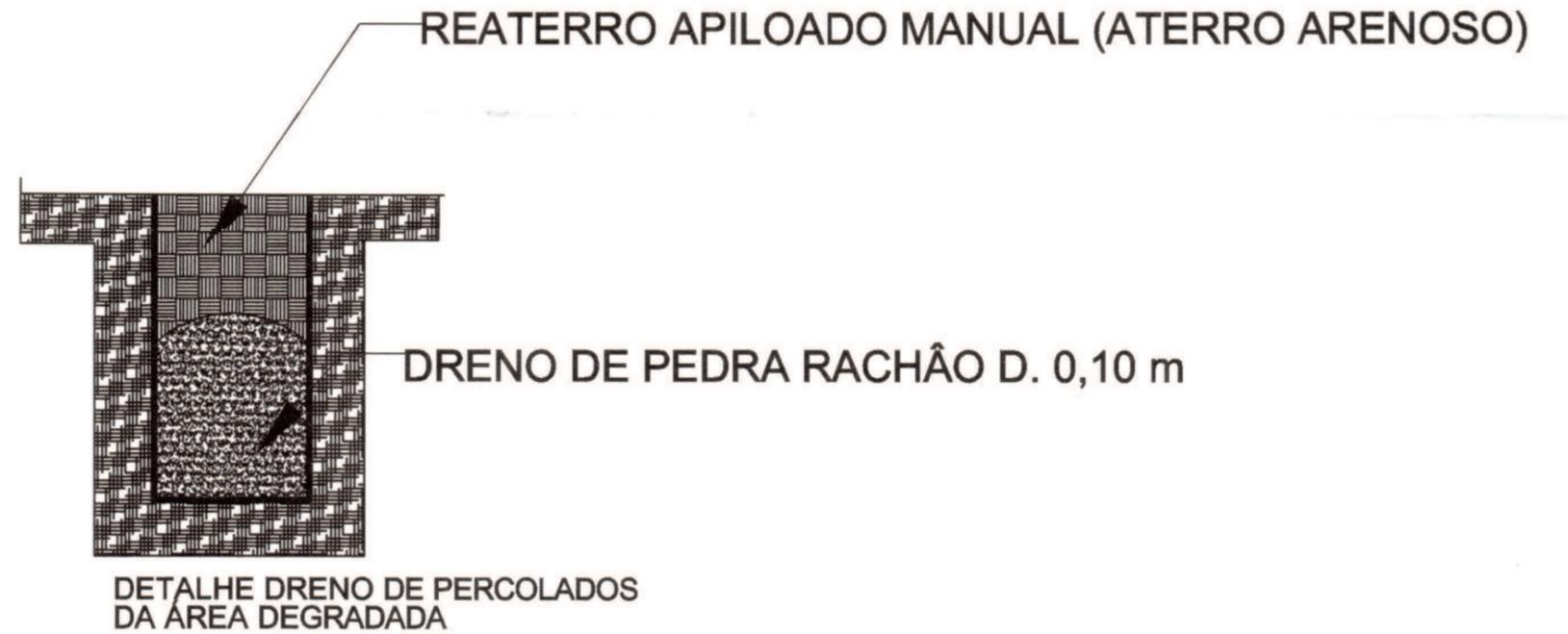
PLANTA DETALHE TIPO DO CANAL TRIÂNGULAR
TIPO 1: 2 DE DE PÉ DE TALUDE

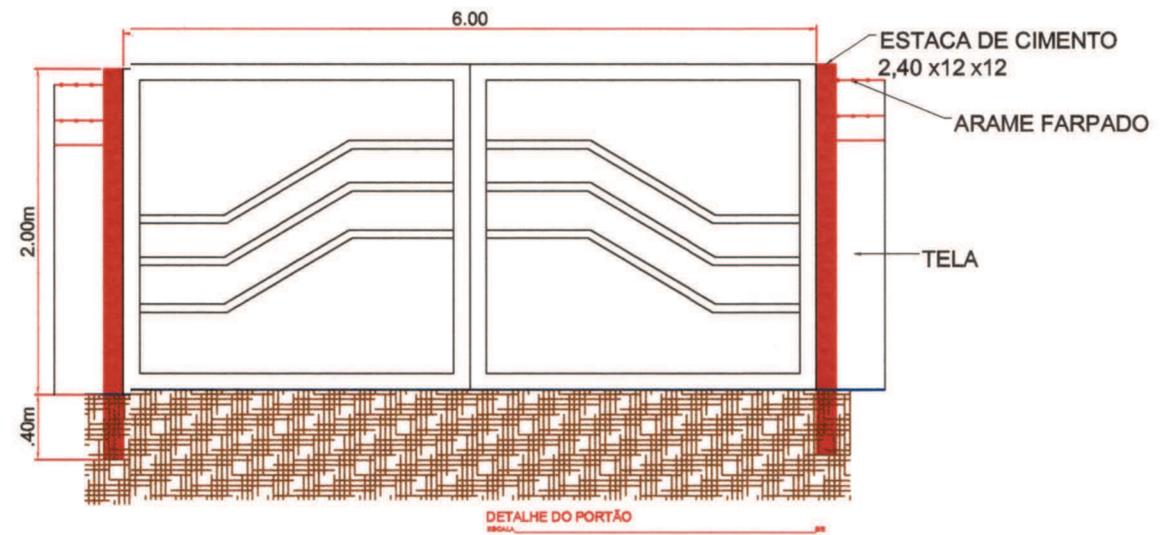
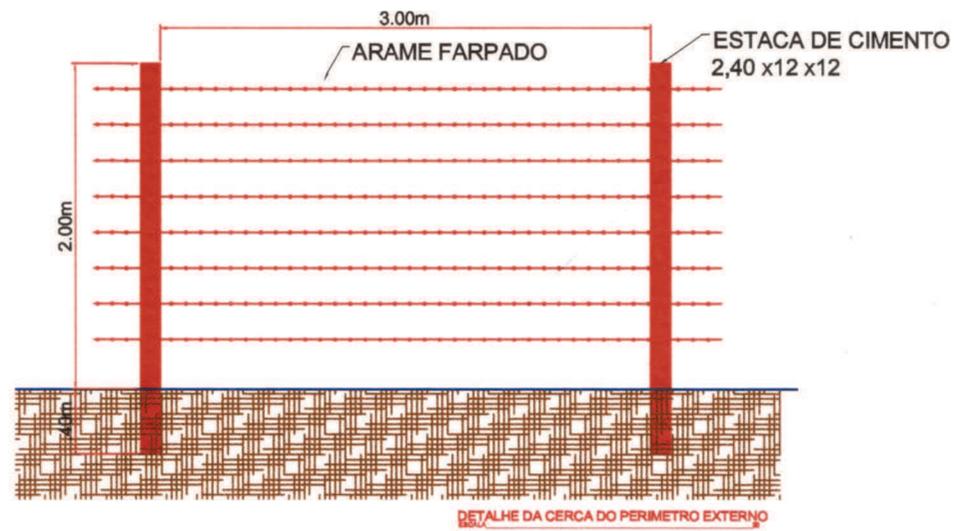
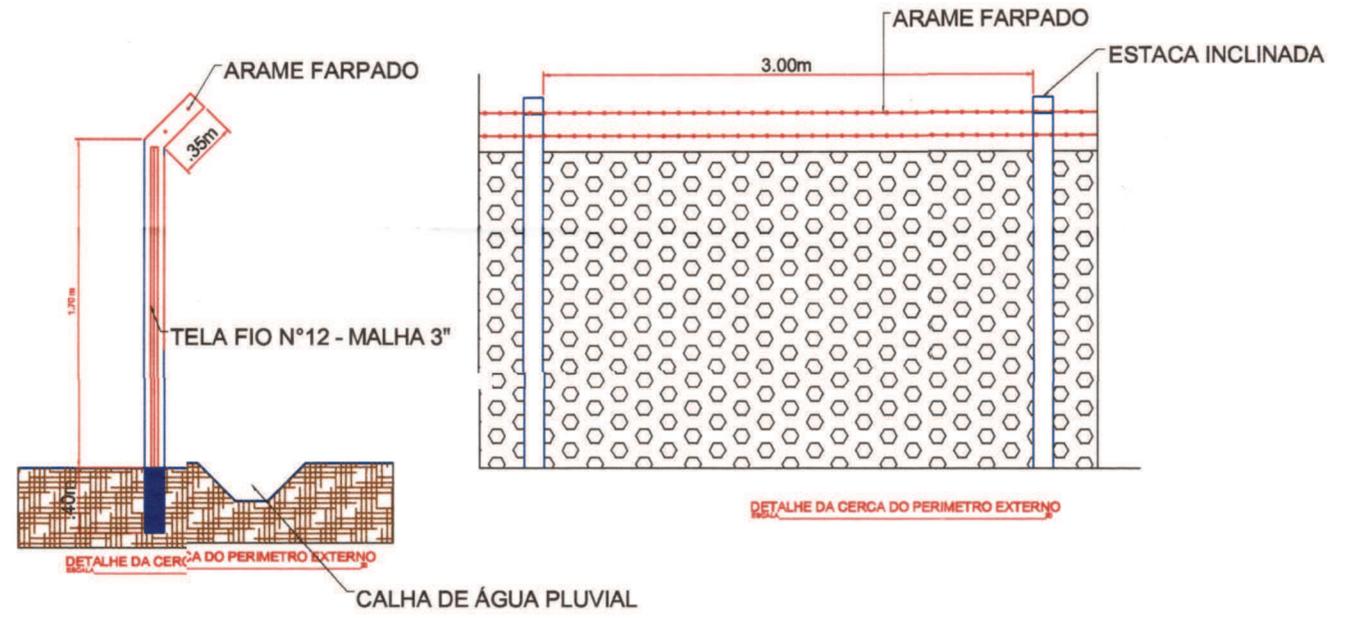
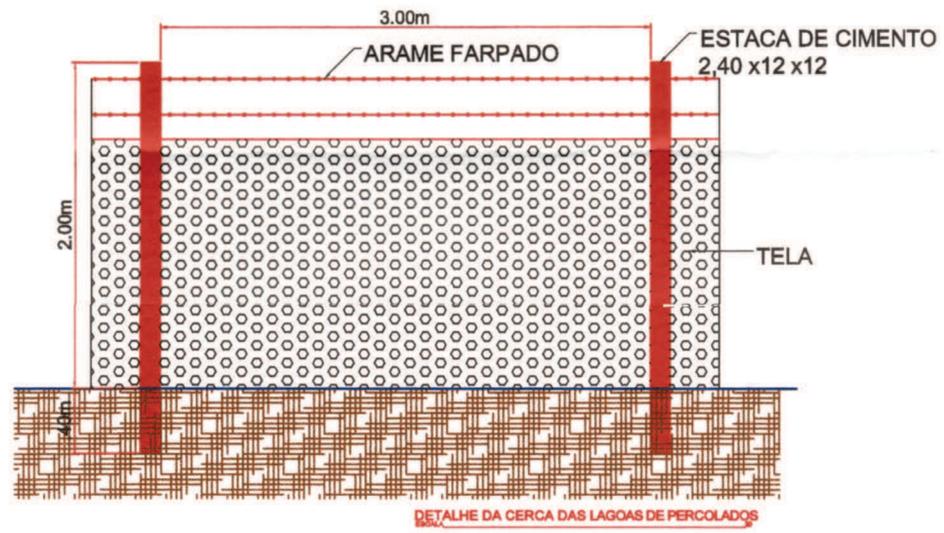


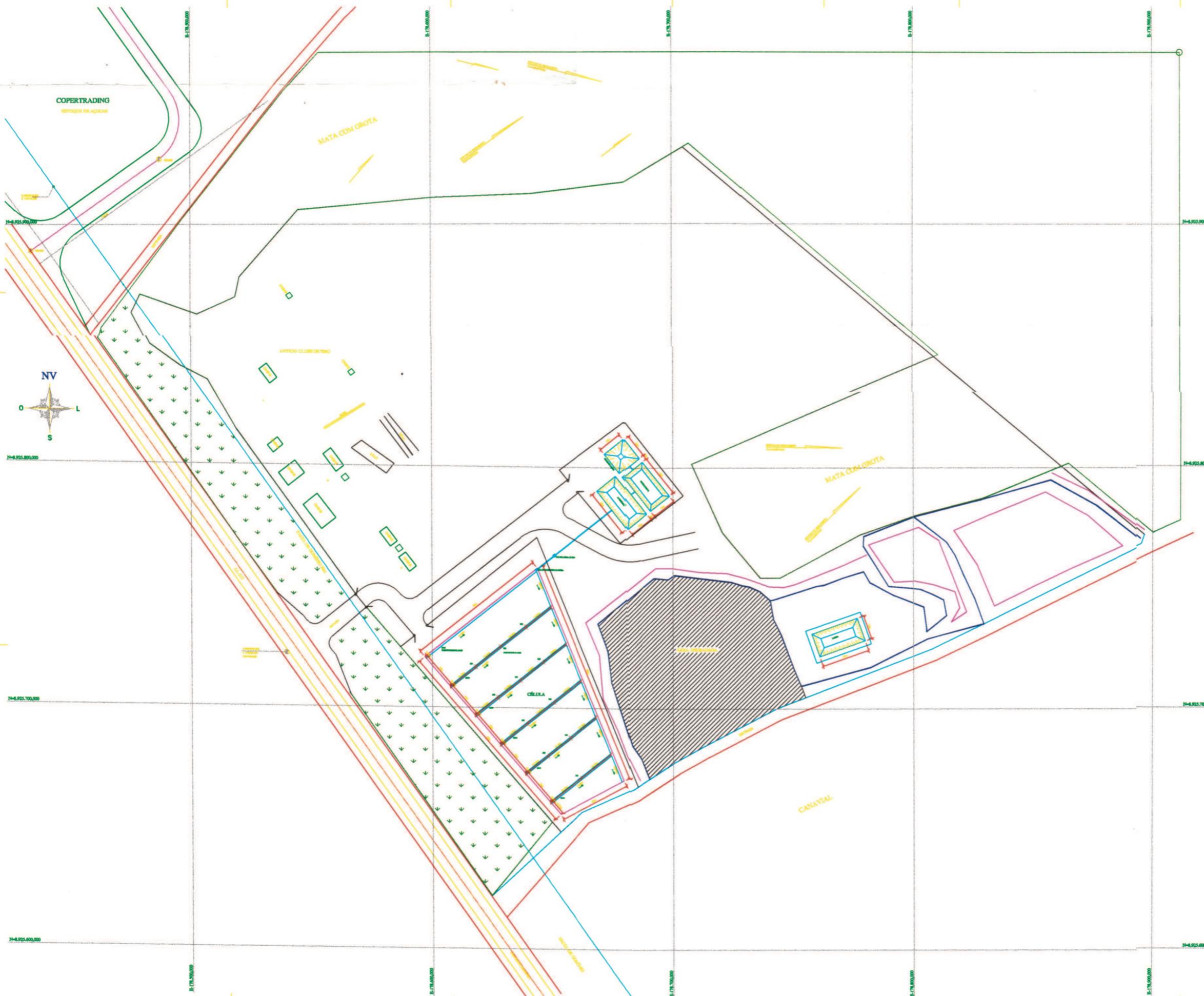
PLANTA DETALHE TIPO DO CANAL TRIÂNGULAR
TIPO 1: 2 DE DE PÉ DE TALUDE



PLANTA DETALHE TIPO DO CANAL TRIÂNGULAR
TIPO 1: 2 DE DE PÉ DE TALUDE

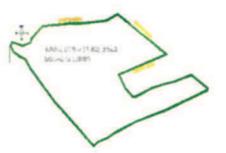






REFERÊNCIAS:

PROJETO DE ARQUITETURA
 PLANO DE TRABALHO DE PROJETO DE ARQUITETURA

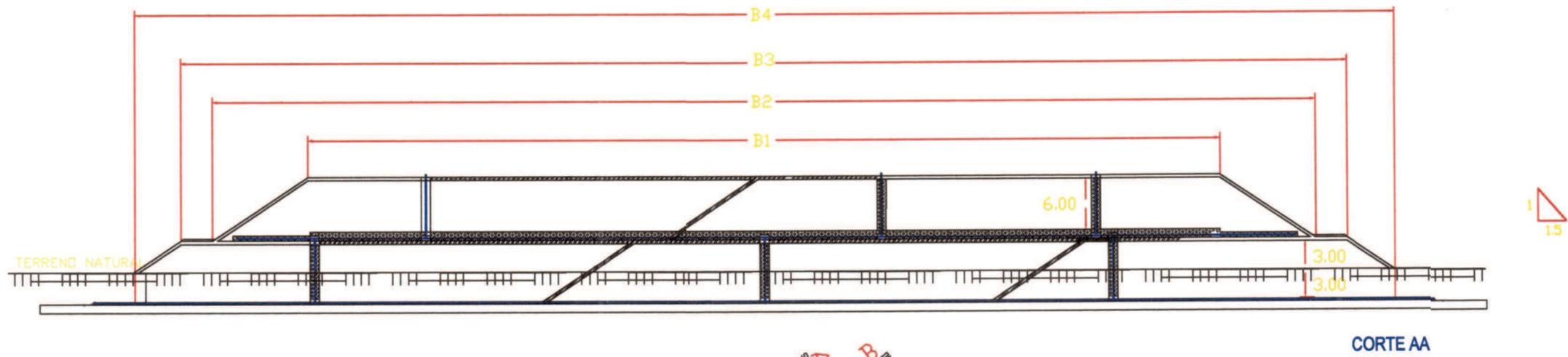
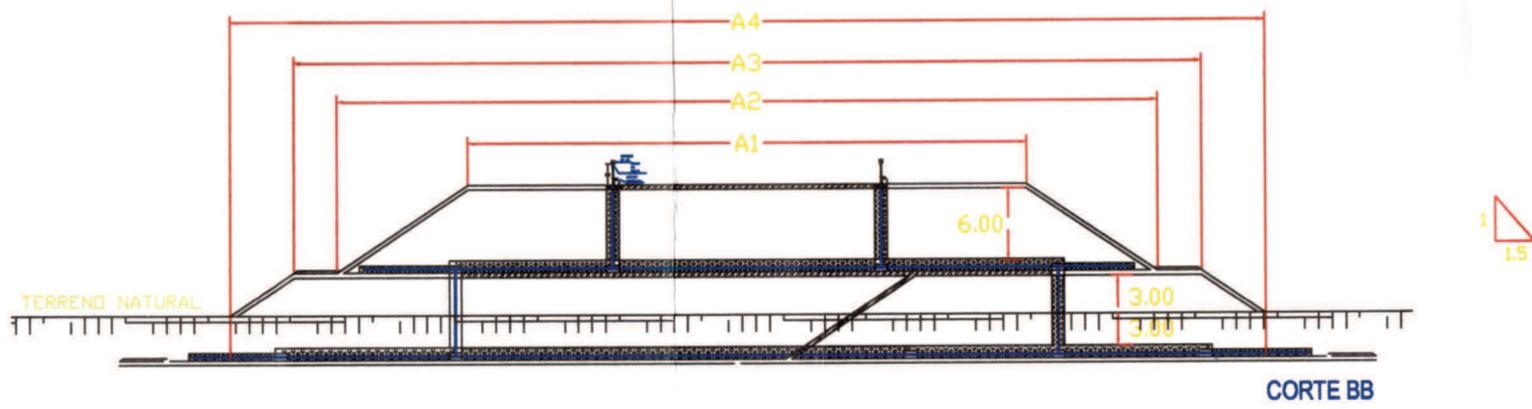


NOTAS GERAIS:

COORDENADAS UTM DO DATUM SA-48 (BRAS. 2011) - UTM
 COORDENADAS VERDEZAS UTM DO DATUM SA-48 (BRAS. 2011) - UTM

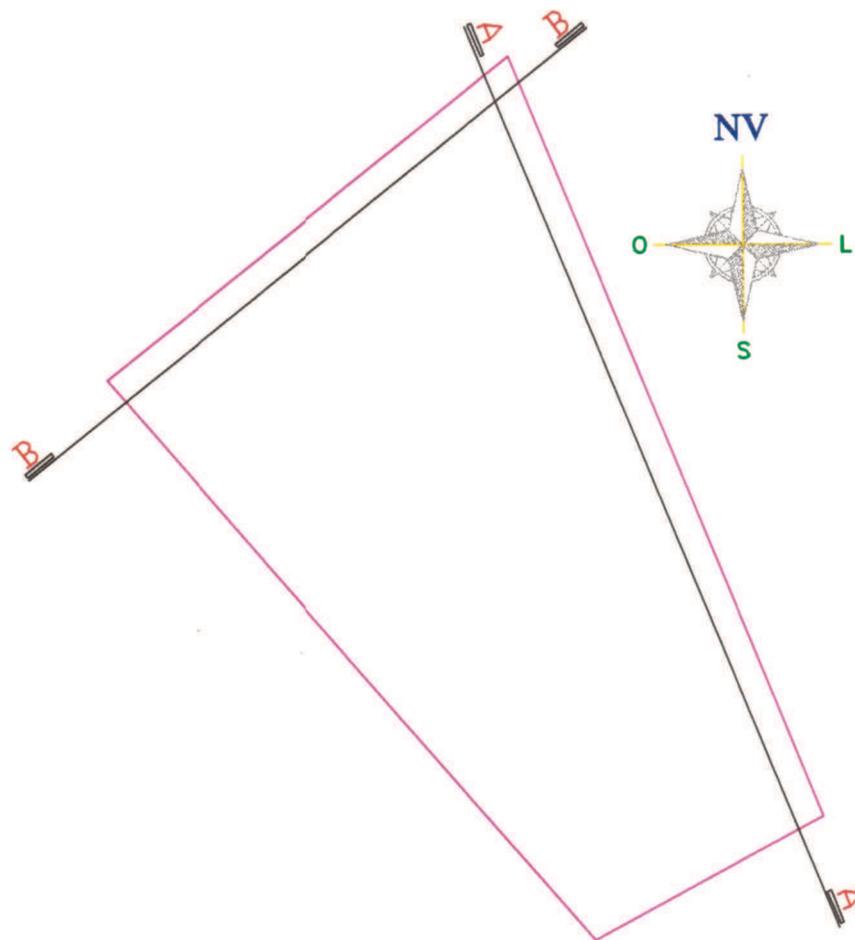
ÁREA CIRCUNDAVA A MATA = 55.821,53m²

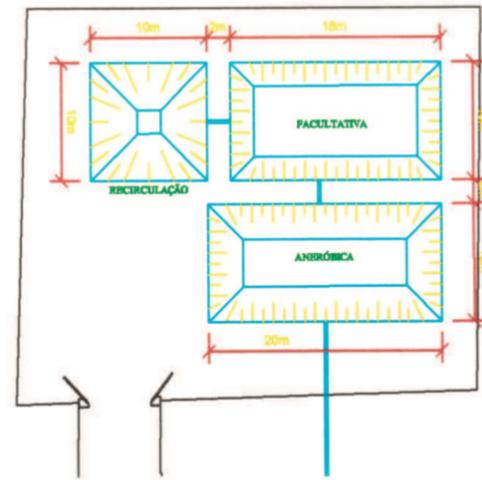
LADO 1



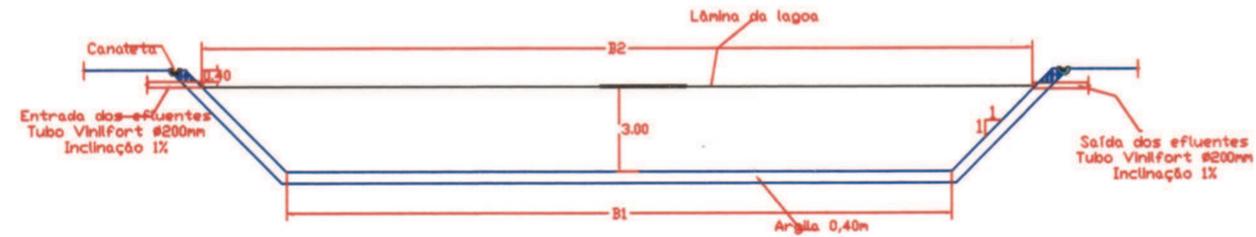
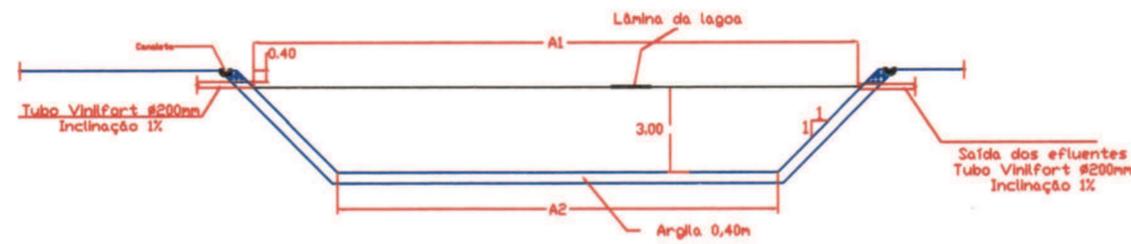
TABELA

DIST. (m)	LADO
A1	25,00
A2	43,00
A3	51,00
A4	60,00
B1	60,00
B2	78,00
B3	86,00
B4	95,00

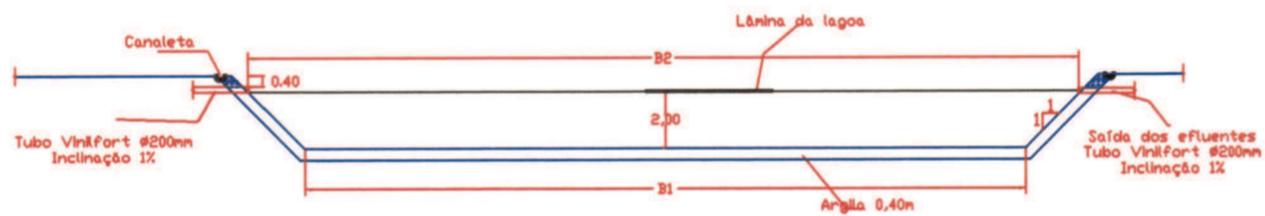
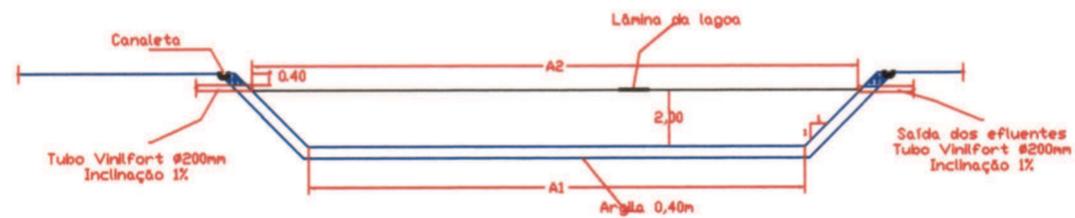




LAGOA ANAERÓBICA



LAGOA FACULTATIVA



LAGOA RECIRCULAÇÃO

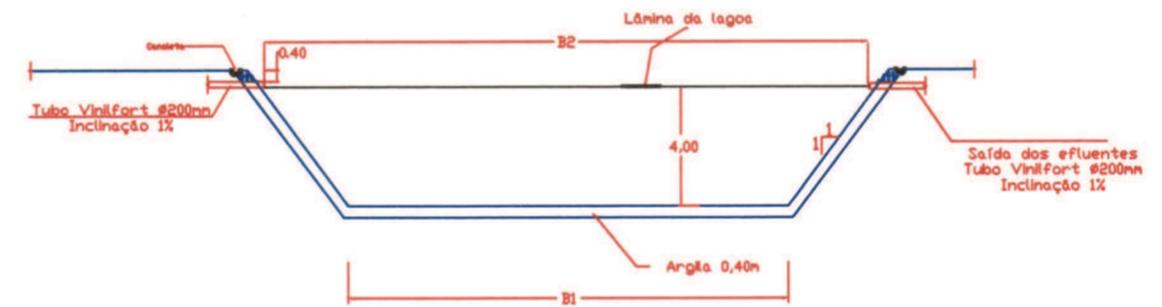
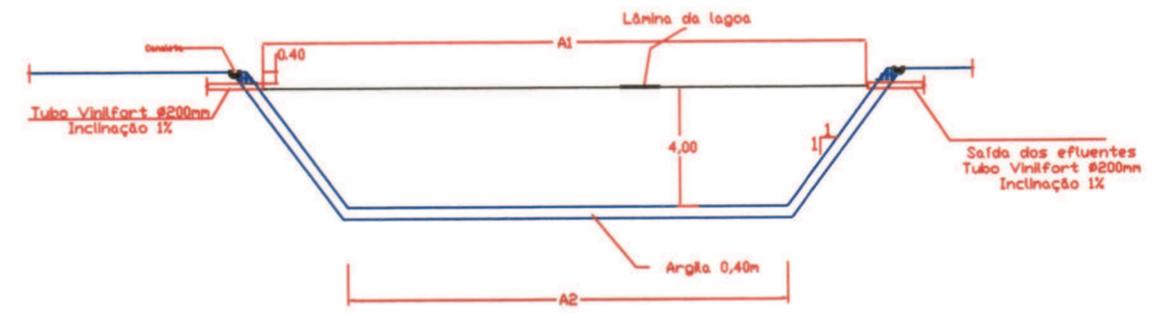
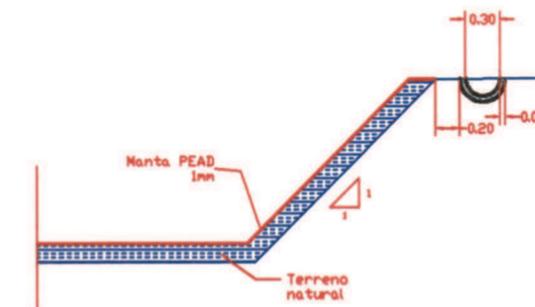
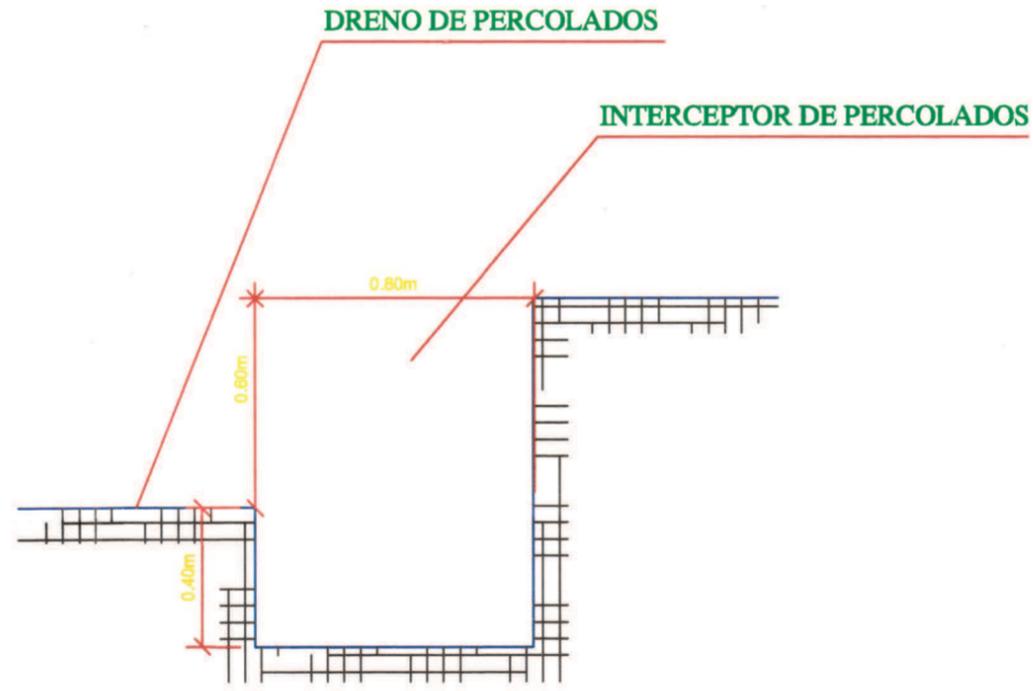
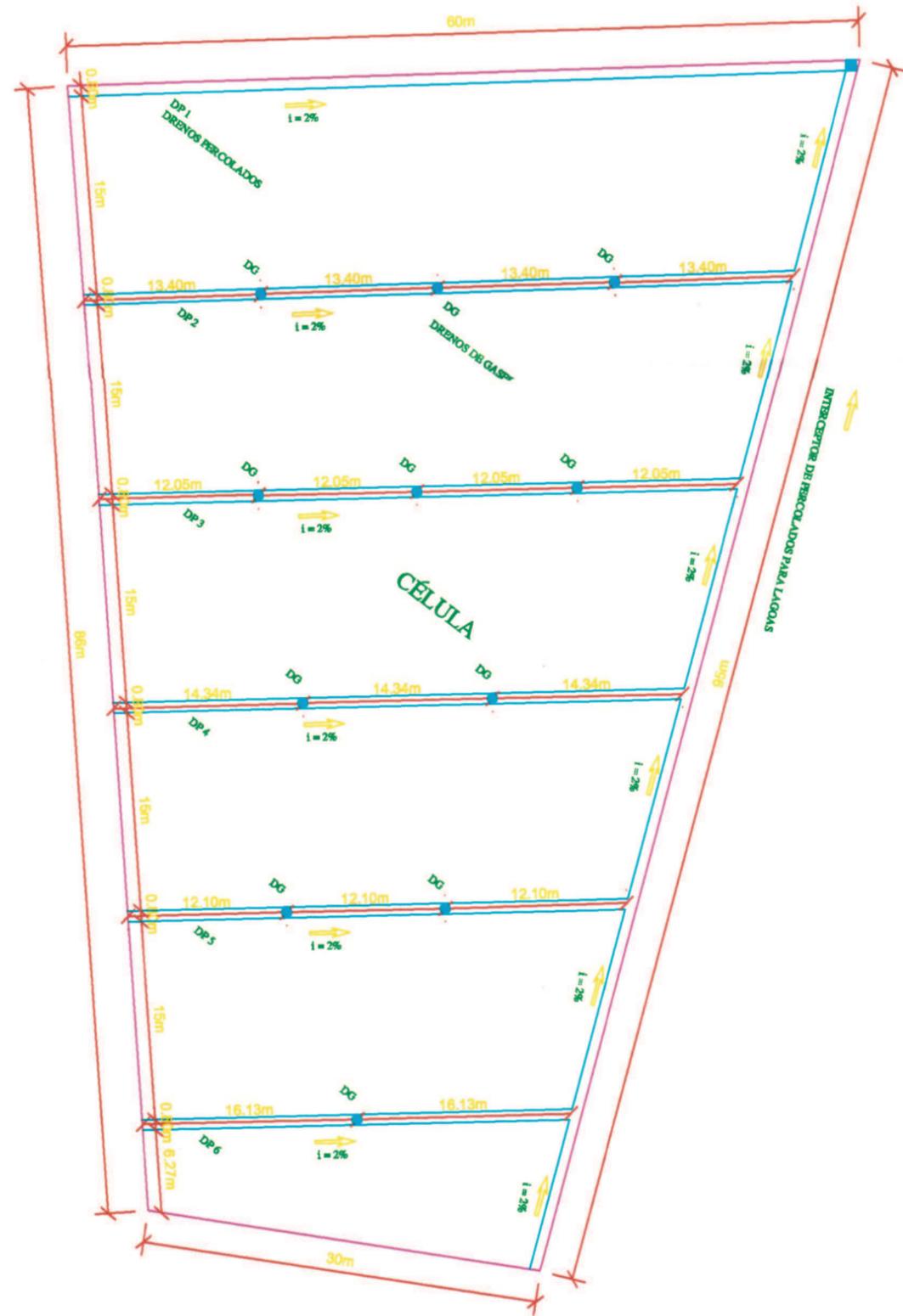


TABELA 1

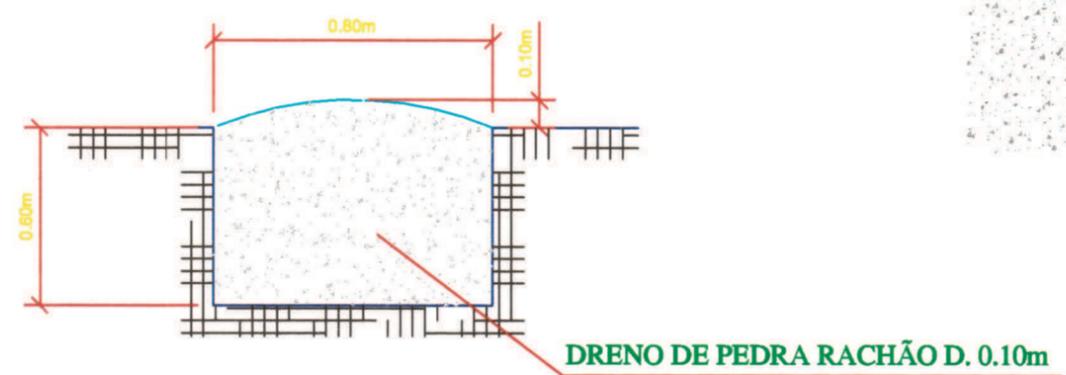
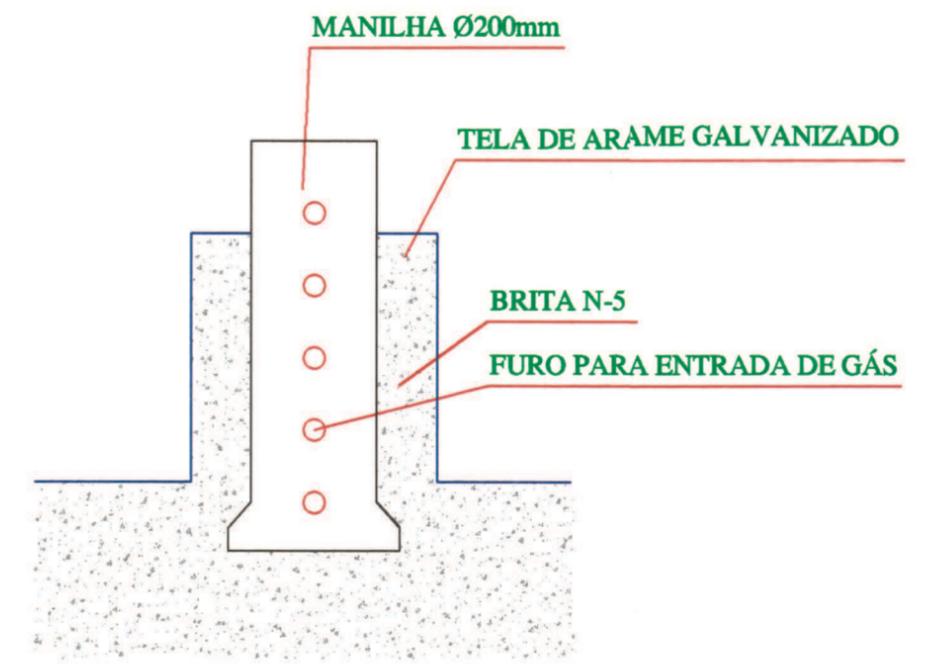
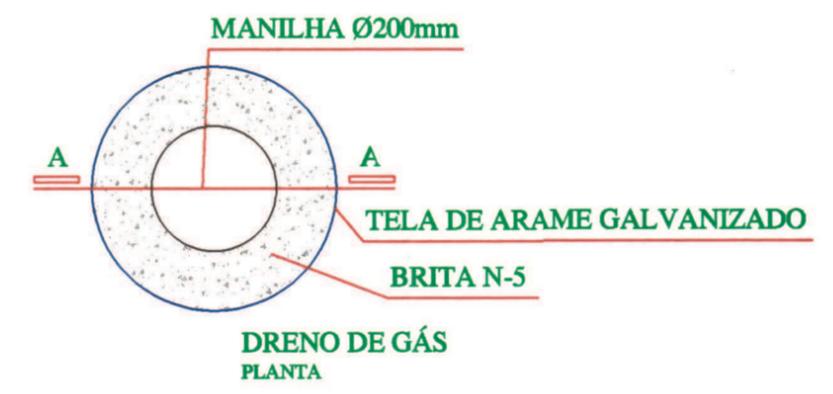
DIST. (m)	LAGOA ANAERÓBICA	LAGOA FACULTATIVA	LAGOA RECIRCULAÇÃO
A1	10,00	6,00	10,00
A2	4,00	10,00	2,00
B1	14,00	14,00	2,00
B2	20,00	18,00	10,00



DETALHE DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS SEM ESCALA



INTERCEPTOR DE PERCOLADOS DA ÁREA DO ATERRO



DETALHE TRENO DE PERCOLADOS DA ÁREA DO ATERRO