



# **CTRCI**

## **PROJETO DE ATERRO SANITÁRIO**

---

**CENTRAL DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS DE  
CACHOEIRO DE ITAPEMIRIM**

**Volume II / II**

**JULHO - 2007**

**EA-09-07-0-0**



## IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR

<b>Razão Social</b>	CTRVV - Central de Tratamento de Resíduos Vila Velha Ltda
<b>Endereço da Atividade</b>	Rodovia Cachoeiro x Rio Novo do Sul, Urtiga Km 1,5 , Bairro Coronel Borges, Cachoeiro de Itapemirim
<b>CNPJ</b>	01.656.808/0004-37
<b>Inscrição Estadual</b>	Instituto
<b>Inscrição Municipal</b>	27.152-0
<b>Representante Legal</b>	Valdir Damo
<b>Telefone</b>	(028) 3518-4777
<b>Pessoa de Contato</b>	Marivaldo Ganzella / Telmyr
<b>e-mail</b>	<a href="mailto:marivaldo@ctrvv.com.br">marivaldo@ctrvv.com.br</a> <a href="mailto:telmyr@ctrvv.com.br">telmyr@ctrvv.com.br</a>

## SUMÁRIO

<b>APRESENTAÇÃO</b>	<b>6</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>7</b>
1.1 Objetivo	7
1.2 Contratante	7
1.3 Responsabilidade e Autoria do Projeto	7
<b>2. MEMORIAL DESCRITIVO</b>	<b>7</b>
2.1 Situação atual do município	7
2.2 Características gerais da área do aterro	8
2.2.1 Localização	8
2.2.2 Dimensão da área	8
2.2.3 Topografia	8
2.2.4 Jazida de terra para a cobertura de resíduos	8
2.2.5 Caracterização geológica e geotécnica	9
2.3 Memorial descritivo novo aterro sanitário	9
2.3.1 Resíduos a serem dispostos	9
2.3.2 Previsão das quantidades e volumes de resíduos a serem dispostos	10
2.3.3 Alternativa construtiva e configuração do aterro	10
2.3.4 Normas de referência	11
2.3.5 Formação das camadas do aterro	11
2.3.6 Encerramento do aterro	13
2.3.7 Capacidade volumétrica do aterro	14
2.3.8 Estimativa de vida útil do aterro	15
2.3.9 Cálculo da célula otimizada	18
2.3.10 Sequência de implantação e de operação do aterro	19
2.3.11 Área de emergência	19
2.4 Sistemas de proteção ambiental	20
2.4.1 Barreira vegetal no perímetro da área do aterro	20
2.4.2 Impermeabilização do solo	21
2.4.3 Drenagem de líquidos percolados	21
2.4.4 Tratamento de líquidos percolados	26
2.4.5 Sistema de drenagem de gases	26
2.4.5.1 Geração de Biogás	32
2.4.5.2 Volume de gases a serem gerados	35
2.4.5.3 Dreno de gás a ser implantado	35
2.4.6 Drenagem de águas pluviais	36
2.4.7 Tratamento do esgoto gerado nas edificações de apoio	36
2.4.8 Sistema de retenção de sólidos e óleos	38
2.4.9 Sistema de monitoramento	39
2.4.9.1 Monitoramento de águas superficiais e subterrâneas	39
2.4.9.2 Monitoramento geotécnico	40

2.5	Infra-estrutura de apoio	45
2.6	Mão-de-obra	46
2.7	Equipamentos	47
2.8	Insumos para implantação e operação	49
2.8.1	Abastecimento de água	49
2.8.2	Uso de combustíveis	50
2.8.3	Energia elétrica	51
2.8.4	Telecomunicações	51
2.9	Plano de emergência	51
2.10	Plano de segurança e higiene do trabalho	52
3.	<b>MEMORIAL EXECUTIVO</b>	53
3.1	Implantação	53
3.1.1	Serviços preliminares	53
3.1.2	Terraplenagem	53
3.1.3	Sistema de drenagem sub-superficial	57
3.1.4	Poços de monitoramento	58
3.1.5	Geomembrana (manta de pead)	58
3.1.6	Proteção superior da manta	67
3.1.7	Sistemas de drenagem de percolados	69
3.2	Operação do aterro	70
3.2.1	Equipamentos para operação do aterro	71
3.2.2	Mão de obra	73
3.3	Sistemas de drenagem superficial	73
3.4	Encerramento	74
3.5	Monitoramento	76
3.5.1	Monitoramento da qualidade das águas superficiais e subterrâneas	76
3.5.2	Monitoramento geotécnico	78
3.6	Manutenção das estruturas de apoio e de proteção ambiental	79
3.7	Serviços complementares	80
4.	<b>MEMORIAL TÉCNICO</b>	80
5.	<b>ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS</b>	80
5.1	Condições gerais	80
5.2	Disposições gerais	80
5.3	Objetivo das especificações técnicas	81
5.4	Das leis e regulamentos	81
5.5	Da proteção às obras e ao pessoal	81
5.6	Da vigilância	82
5.7	Da direção e andamento das obras	82
5.8	Materiais a serem empregados nas obras	82
6.	<b>CRONOGRAMA</b>	98

<b>7.</b>	<b>ESTIMATIVA DE QUANTITATIVOS E DE CUSTOS</b>	<b>98</b>
<b>8.</b>	<b>CRONOGRAMA FÍSICO - FINANCEIRO</b>	<b>99</b>
<b>9.</b>	<b>ANEXOS:</b>	
	<b>ANEXO I: ANOTAÇÕES DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA (ART / CREA)</b>	
	<b>ANEXO II: SONDAGENS GEOLÓGICAS E ENSAIOS DE PERMEABILIDADE</b>	
	<b>ANEXO III: MEMORIAL DE TÉCNICO / CÁLCULO</b>	
	<b>ANEXO IV: LEVAMENTO PLANIALTIMÉTRICO DE ÁREA SITUADA NO</b>	
	<b>DISTRITO INDUSTRIAL DE SÃO JOAQUIM</b>	
	<b>ANEXO V: PLANTAS DO PROJETO DA PRIMEIRA ETAPA DO ATERRO</b>	



## APRESENTAÇÃO

Este documento apresenta o projeto básico da célula emergencial da Central de Tratamento de Resíduos de Cachoeiro de Itapemirim, sendo parte integrante do Estudo Ambiental. Especificamente esta central contemplará inicialmente uma célula emergencial para disposição de resíduos sólidos domiciliares do município, projetada com base nas normas brasileiras referentes ao assunto, e terá capacidade para receber aproximadamente 120 toneladas de resíduos por dia, em um período previsto de 24 meses. Além da célula para disposição de resíduos sólidos domésticos, a central possuirá instalações auxiliares, tais como: balança para pesagem dos caminhões, oficina para pequenos reparos e sede administrativa.

Neste projeto são apresentadas as informações necessárias para a construção do aterro tendo como referência as normas.

Este Estudo é parte integrante do Estudo Ambiental composto por 2 volumes, sendo eles:

Volume I / II – Estudo Ambiental; e

Volume II / II – Projeto do Aterro Sanitário.

A Central de Tratamento de Resíduos de Cachoeiro de Itapemirim, de propriedade da CTRVV, estará localizada na Fazenda Santo Antônio, Rodovia ES 482, no Bairro Morro Grande, Município de Cachoeiro de Itapemirim / ES, sendo esta localidade em área para fins industriais.

## **1. INTRODUÇÃO**

### **1.1 - Objetivo**

O presente projeto apresenta o Projeto Executivo do futuro Aterro Sanitário de Cachoeiro de Itapemirim / ES.

### **1.2 - Contratante**

A **CTRVV** contratou a **EQUILIBRIUM**, para a realização do Projeto do futuro aterro sanitário de Cachoeiro de Itapemirim .

### **1.3 - Responsabilidade e autoria do projeto**

A seguir é apresentada a equipe técnica que participou da elaboração deste projeto:

- Eng. Mário Guilhem de Almeida – CREA nº 060144584-1
- Eng. Eduardo Cassius de Souza Amaral, M.Sc., CREA-ES 4683-D

No Anexo I é apresentada a Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) do responsável pela elaboração do projeto.

## **2. MEMORIAL DESCRITIVO**

### **2.1 - Situação atual da disposição dos resíduos doméstico**

Atualmente os resíduos sólidos domésticos coletados no Município de Cachoeiro de Itapemirim são encaminhados para uma estação de transbordo, onde são transferidos para veículos de maior capacidade, e enviados para o Aterro Sanitário de Vila Velha para sua disposição final.

## **2.2 - Características gerais da área do aterro**

### **2.2.1 - Localização**

O futuro aterro de Cachoeiro de Itapemirim será implantado na Fazenda Santo Antônio, S/Nº, CEP - 29.300-000, no Bairro Morro Grande, Município de Cachoeiro de Itapemirim / ES.

### **2.2.2 - Dimensões da área**

A área total disponibilizada para a CTRCI é de cerca de 53,2 ha, sendo que será o ocupado para implantação da célula emergencial uma área aproximada de 14,5 há, conforme mostra o Anexo IV.

### **2.2.3 - Topografia**

Para a determinação da topografia local realizou-se um levantamento planialtimétrico, em Abril de 2007, de uma área de aproximadamente 53,2 ha (Anexo IV). Da área total levantada, somente 14,5 ha serão efetivamente ocupados com a primeira etapa do aterro sanitário.

### **2.2.4 - Jazida de terra para a cobertura de resíduos**

Na operação do aterro será utilizado, como material de cobertura, terra (argila), proveniente das obras de implantação. No Anexo V, Planta 3, é apresentada o movimento de terra a ser realizado.

Estima-se que para a implantação do aterro será necessário escavar 270.000 m<sup>3</sup>, sendo que cerca de 55.000 m<sup>3</sup> serão utilizados na obra aterro de base e 42.900 m<sup>3</sup> como

material de cobertura dos resíduos, a ser utilizado durante a operação do empreendimento.

### **2.2.5 - Caracterização geológica e geotécnica**

No Anexo II, deste projeto, são apresentados os resultados obtidos das sondagens e dos ensaios de permeabilidade realizados na área do futuro aterro sanitário.

## **2.3 - Memorial descritivo novo aterro sanitário**

### **2.3.1 - Resíduos a serem dispostos**

Os resíduos sólidos são classificados quanto a sua origem ou fonte e quanto ao seu grau de periculosidade em relação a determinados padrões de qualidade ambiental e de saúde pública. A classificação determina a disposição final desses resíduos e cada país adota sua classificação particular.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), por meio da NBR (Norma Brasileira Registrada) 10.004:1987 (substituída recentemente pela NBR 10004:2004), define resíduos sólidos como os “*resíduos nos estados sólidos e semi-sólido, que resultam de atividades da comunidade de origem: industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição*”.

A NBR 10004:2004, estabelece os critérios de classificação e os códigos para a identificação dos resíduos de acordo com suas características e, para efeito da mesma, os resíduos sólidos foram classificados em:

- <b><u>RESÍDUOS CLASSE I</u></b>	<b>Perigosos</b>	
- <b><u>RESÍDUOS CLASSE II</u></b>	<b>Não Perigosos</b>	<b>Resíduos Classe II A (Não inertes) Resíduos Classe II B (Inertes)</b>

Destaca-se que o projeto do Aterro Sanitário de Cachoeiro de Itapemirim prevê que o mesmo deverá receber resíduos sólidos domésticos do Município de Cachoeiro de Itapemirim classificado como Classe II (Não Perigosos) pela Norma NBR 10004:2004, da ABNT.

As características médias dos resíduos sólidos domésticos, segundo análises realizadas no Município de São Paulo e que podem ser consideradas para o Município de Cachoeiro de Itapemirim, são:

**Tabela 2.3.1-1- Características Médias dos Resíduos Sólidos Domésticos de Grandes Cidades**

Descrição	%
Matéria Orgânica	69,5
Papel / Papelão	18,8
Plástico	22,9
Material / Lata	3,0
Trapos / Couro	3,0
Vidros	1,5

### **2.3.2 - Previsão das quantidades e volumes de resíduos a serem dispostos**

Com base em informações coletadas junto a Prefeitura Municipal de Cachoeiro de Itapemirim e empresas ligadas com a limpeza pública conclui-se que, em média, para os próximos anos o aterro deverá receber 120 toneladas por dia (171 m<sup>3</sup> dispostos no aterro) de resíduos sólidos doméstico.

### **2.3.3 - Alternativa construtiva e configuração do aterro**

Para aterros que recebem quantidades de resíduos inferiores a 10 t/dia recomenda-se a disposição em valas e para aterros de maior capacidade de recebimento a alternativa em camadas.

Para o caso em estudo será adotado um aterro com camadas de quatro metros de altura. No total serão cinco camadas (cota superior das camadas: 154,0; 158,0; 162,0; 166,0 e 170,0) com uma declividade final de mais de 1,0%.

### **2.3.4 - Normas de referência**

Na concepção e dimensionamento do aterro foram consultadas e observadas as disposições das seguintes normas técnicas:

- PN 1:603.06-008 - Resíduos Sólidos – classificação (Revisão);
- NBR 10.004 - Resíduos Sólidos – classificação;
- NBR 10.007 - Amostragem de Resíduos;
- NBR 13.896 - Aterro de Resíduos não Perigosos – Critérios para Projetos, Implantação e Operação;
- NBR 8419 - Apresentação de Projetos de Aterros Sanitários de Resíduos Sólidos Urbanos;
- NBR 3893 - Aterro de Resíduos Classe II – Critérios de Projeto
- NBR 13.895 - Construção de Poços de Monitoramento e Amostragem – Procedimento
- L1.030 - Manta Poliméricas e Resíduos, Determinação de Compatibilidade – Método de Ensaio.

### **2.3.5 - Formação das camadas do aterro**

As camadas de resíduos terão 4,0 metros de altura, conforme indicado nas Plantas 3 e 4 (ANEXO V). A Figura 2.3.5-1 apresenta, esquematicamente, a operação prevista para o aterro sanitário de Cachoeiro de Itapemirim.

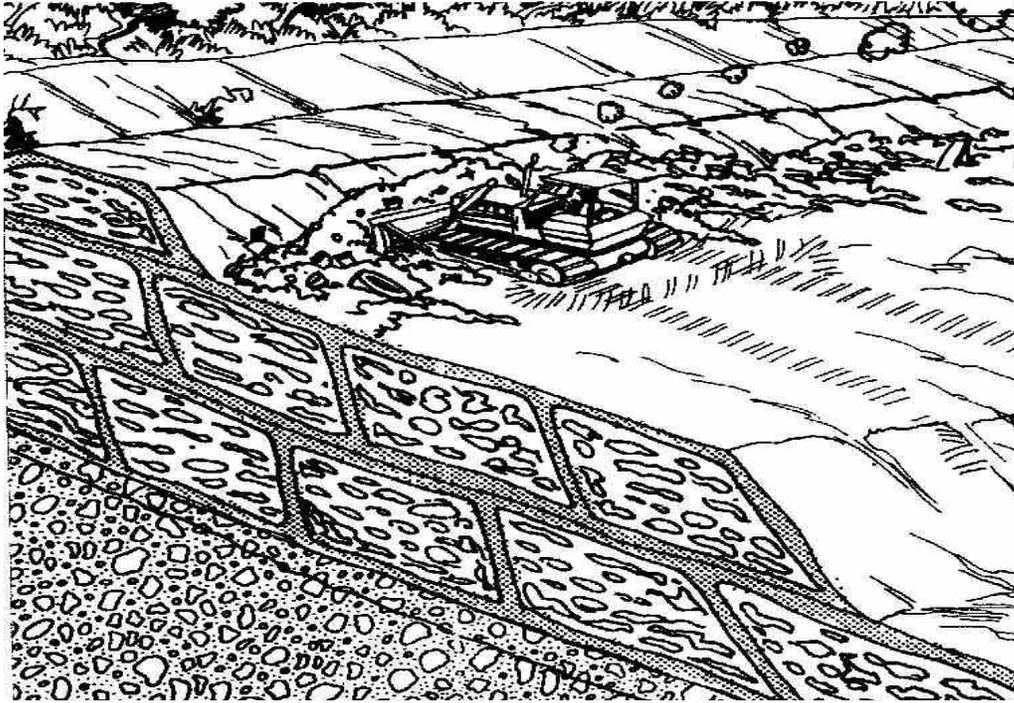


Figura 2.3.5 – 1 - Operação Prevista para o Novo Aterro Sanitário de Cachoeiro de Itapemirim

A operação das camadas do aterro deverá seguir a seqüência a seguir:

- Os caminhões de coleta descarregarão os resíduos no sopé do talude da frente de trabalho;



- Os resíduos serão empurrados, com auxílio de um trator de esteira, contra a camada em formação, formando uma rampa com inclinação variando de 1(v):3(H) a 1(v):2(H);
- Os resíduos serão espalhados sobre a rampa pelo trator de esteira, empurrando-os de baixo para cima;



- Os resíduos espalhados, em forma de camadas, serão compactados pelo trator que deverá subir e descer de 3 a 5 vezes sobre a rampa;



- O trator de esteira recobrirá, ao fim do dia de trabalho, os resíduos com uma camada de 20 a 30 cm de material de cobertura (argila).

### 2.3.6 - Encerramento do aterro

Após o término da vida útil do aterro a área será transformada em uma área de lazer, para tanto todo aterro será recoberto com duas camadas, uma primeira de 30 cm de

argila compactada e outra com 30 cm de solo vegetal. Sobre o solo vegetal será implantado um revestimento vegetal conforme especificado a seguir.

Para a cobertura vegetal da área do aterro, será utilizada grama tipo São Carlos (*Axonopus compressus*) ou batatais (*Paspalum notatum*). Tratam-se de espécies de gramíneas rasteiras que, além de serem extremamente resistentes às secas, pragas e doenças, mostram-se eficientes em evitar o crescimento natural de espécies arbóreas invasoras, possuidoras de raízes que atingem profundidade superior a 1,0 metro, o que poderia romper a camada de argila disposta sob o solo vegetal.

No topo das camadas serão utilizadas mudas (propagação vegetativa), as quais serão plantadas em linhas de sulcos com dimensões de 0,10 por 0,10 metro, abertas perpendicularmente à declividade do terreno, com distância de 0,30 metro entre linhas. As mudas terão aproximadamente 0,10 metro de comprimento, devidamente enraizadas, plantadas com espaçamento de 0,15 metro.

Nos taludes das camadas serão utilizadas placas das mesmas espécies de gramíneas, as quais terão formato retangular com aproximadamente 0,40 X 0,20 m e 0,06 m de espessura.

As placas serão colocadas justapostas e alternando as emendas. Os espaços vazios entre as placas serão preenchidos com terra vegetal.

### **2.3.7 - Capacidade volumétrica do aterro**

A Tabela 2.3.7-1, mostrada adiante, apresenta a capacidade volumétrica de cada uma das camadas da primeira etapa do futuro aterro.

**Tabela 2.3.7-1- Capacidade Volumétrica da Primeira Etapa do Aterro**

Camada	Cota Superior (m)	Área Média da Camada (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )
1	154	20.057	80.229
2	158	13.886	55.543
3	162	10.800	43.200
4	166	7.714	30.857
5	170	1.543	6.171
<b>Volume Total (m<sup>3</sup>)</b>			<b>216.400</b>

Nota: Volume total incluindo o volume de material de cobertura.

### 2.3.8 - Estimativa de vida útil do aterro

Para o cálculo do volume disponível para a destinação final de resíduos sólidos, adotou-se os seguintes parâmetros:

- recebimento diário de resíduos: 120 t
- material de cobertura: 20% do volume total do aterro;
- densidade dos resíduos compactados (no aterro): 0,7 t/m<sup>3</sup>;
- material de cobertura proveniente das escavações a serem realizadas na implantação do aterro.

A Tabela 2.3.8-1, mostrada a seguir, apresenta uma estimativa do volume a ser ocupado com a disposição de resíduos no futuro aterro de Cachoeiro de Itapemirim, para um período de 24 meses, visto que a célula a ser implantada terá caráter emergencial.



**Tabela 2.3.8-1 - Estimativa do Volume a ser Ocupado com a Disposição de Resíduos para o aterro de Cachoeiro de Itapemirim**

Mês	Resíduos Dispostos no Aterro em Peso			Resíduos Dispostos no Aterro em Volume			Material de Cobertura			Volume Total Acumulado (m <sup>3</sup> )
	Diária (t/dia)	Mensal (t/mês)	Acumulado (t)	Diária (m <sup>3</sup> /dia)	Mensal (m <sup>3</sup> /mês)	Acumulado (m <sup>3</sup> )	Diário (m <sup>3</sup> /dia)	Mensal (m <sup>3</sup> /mês)	Acumulado (m <sup>3</sup> )	
1	120	3600	3600	171,4286	5.143	5.143	34,28571	1.029	1.029	6.171
2	120	3600	7200	171,4286	5.143	10.286	34,28571	1.029	2.057	12.343
3	120	3600	10800	171,4286	5.143	15.429	34,28571	1.029	3.086	18.514
4	120	3600	14400	171,4286	5.143	20.571	34,28571	1.029	4.114	24.686
5	120	3600	18000	171,4286	5.143	25.714	34,28571	1.029	5.143	30.857
6	120	3600	21600	171,4286	5.143	30.857	34,28571	1.029	6.171	37.029
7	120	3600	25200	171,4286	5.143	36.000	34,28571	1.029	7.200	43.200
8	120	3600	28800	171,4286	5.143	41.143	34,28571	1.029	8.229	49.371
9	120	3600	32400	171,4286	5.143	46.286	34,28571	1.029	9.257	55.543
10	120	3600	36000	171,4286	5.143	51.429	34,28571	1.029	10.286	61.714
11	120	3600	39600	171,4286	5.143	56.571	34,28571	1.029	11.314	67.886
12	120	3600	43200	171,4286	5.143	61.714	34,28571	1.029	12.343	74.057
13	120	3600	46800	171,4286	5.143	66.857	34,28571	1.029	13.371	80.229
14	120	3600	50400	171,4286	5.143	72.000	34,28571	1.029	14.400	86.400
15	120	3600	54000	171,4286	5.143	77.143	34,28571	1.029	15.429	92.571
16	120	3600	57600	171,4286	5.143	82.286	34,28571	1.029	16.457	98.743
17	120	3600	61200	171,4286	5.143	87.429	34,28571	1.029	17.486	104.914

**Continuação da Tabela 2.3.8-1 - Estimativa do Volume a ser Ocupado com a Disposição de Resíduos para o aterro de Cachoeiro de Itapemirim**

Mês	Resíduos Dispostos no Aterro em Peso			Resíduos Dispostos no Aterro em Volume			Material de Cobertura			Volume total Acumulado (m³)
	Diária (t/dia)	Mensal (t/mês)	Acumulado (t)	Diária (m³/dia)	Mensal (m³/mês)	Acumulado (m³)	Diária (m³/dia)	Mensal (m³/mês)	Acumulado (m³)	
18	120	3600	64800	171,4286	5.143	92.571	34,28571	1.029	18.514	111.086
19	120	3600	68400	171,4286	5.143	97.714	34,28571	1.029	19.543	117.257
20	120	3600	72000	171,4286	5.143	102.857	34,28571	1.029	20.571	123.429
21	120	3600	75600	171,4286	5.143	108.000	34,28571	1.029	21.600	129.600
22	120	3600	79200	171,4286	5.143	113.143	34,28571	1.029	22.629	135.771
23	120	3600	82800	171,4286	5.143	118.286	34,28571	1.029	23.657	141.943
24	120	3600	86400	171,4286	5.143	123.429	34,28571	1.029	24.686	148.114

Com base na Tabela anterior, elaborou-se a Tabela 2.3.8-2 e conclui-se que a vida útil da primeira etapa do aterro será de aproximadamente 35 meses.

**Tabela 2.3.8-2 - Cálculo da Vida Útil da Primeira etapa Aterro Sanitário de Cachoeiro de Itapemirim**

Camada	Cota Superior da Camada	Nº de Meses de Operação
1	154	13
2	158	9
3	162	7
4	166	5
5	170	1

No Anexo III (Cálculos de Estimativa da Vida Útil do Aterro Sanitário) é apresentada, detalhadamente, a estimativa da vida útil do aterro.

### 2.3.9 - Cálculo da célula otimizada

No cálculo da célula otimizada adotou-se a seguinte fórmula:

$$h = \sqrt[3]{\frac{v}{p^2}}$$

Sendo:

v = volume da célula de resíduos a ser compactada com o material de cobertura (m<sup>3</sup>).

p = talude da rampa de trabalho

considerando-se, em média:

$$v = 206 \text{ m}^3/\text{dia}$$

$$p = 2$$

$$\text{resulta } h = 3,7 \text{ m}$$

Adotou-se como célula padrão, uma célula de três dimensões iguais (largura, profundidade e altura) a 4,0 m.

### **2.3.10 - Sequência de implantação e de operação do aterro**

A primeira etapa do aterro deverá seguir a seguinte seqüência de implantação / operação:

- aprovação da primeira etapa do aterro junto aos órgãos competentes;
- implantação da infra-estrutura de apoio (cerca, portaria, escritório, oficina, almoxarifado, vestiário, refeitório, galpão, acessos, poços de monitoramento, etc.);
- implantação da barreira vegetal;
- implantação da lagoa de retenção de líquidos percolados;
- implantação dos sistemas de proteção ambiental previstos (sistemas de drenagens, impermeabilização da base do aterro, etc.);
- operação das camadas (cotas 154, 158, 162, 166 e 170);
- transporte dos líquidos percolados para a rede de esgoto;
- implantação de marcos geotécnicos;
- acompanhamento dos marcos geotécnicos;
- coleta e análise de águas superficiais e subterrâneas;
- adaptação e ampliação dos sistemas de proteção ambiental no decorrer da evolução das camadas;
- adaptação dos acessos internos da área no decorrer da evolução das camadas;
- manutenção da infra-estrutura de apoio;
- plantio de grama;
- elaboração de “diário de obra”.

### **2.3.11 - Área de emergência**

Os acessos internos às frentes de trabalho deverão ser mantidos sempre em condições que permitam o trânsito de veículos sob quaisquer condições climáticas.

Por precaução será mantida na própria área do aterro, uma frente de trabalho que servirá, em situação de emergência, para o despejo dos resíduos em dias de chuvas



intensas ou quando, por qualquer motivo, à frente de operação normal estiver bloqueada. Os resíduos depositados nesta área deverão ser transferidos para frente normal de disposição assim que for regularizada a operação do aterro.

## **2.4 - Sistemas de proteção ambiental**

### **2.4.1 - Barreira vegetal no perímetro da área do aterro**

Com o objetivo de reduzir a dispersão de odores e ruídos pelo vento para as áreas circunvizinhas ao aterro, bem como reduzir a degradação da paisagem, será implantada uma barreira vegetal em toda área limítrofe da área prevista a ser ocupada pela obra do aterro.

Nesta barreira deverá ser utilizado eucalipto da espécie *Eucalyptus citriodora*. Os indivíduos deverão atingir, quando adultos, cerca de 20 metros de altura.

Optou-se por esta espécie tendo em vista a mesma apresentar as seguintes características:

- folhas permanentes (espécies perenifólias);
- apresentam alta densidade de folhas;
- crescimento rápido;
- adaptação ao clima regional;
- adaptação ao solo local.

Juntamente com o eucalipto, para a formação de uma cerca-viva será utilizada a espécie Sansão-do-Campo.

As mudas de Sansão-do-Campo serão plantadas em uma única fileira, disposta ao longo da cerca de limite da obra do aterro, sendo plantadas 3,0 mudas/metro linear.

Esta barreira vegetal deverá ser implantada imediatamente após a aprovação do órgão competente, sendo executadas manutenções durante todo o período de operação do aterro.

#### **2.4.2 - Impermeabilização do solo**

Após a realização da terraplanagem da base do aterro será implantada, sobre o terreno, uma manta de PEAD (geomembrana), com 2,0 mm de espessura e sobre esta manta uma camada de 0,60 metro de argila (Anexo V - Planta 3).

Para detectar e drenar eventuais vazamentos que possam ocorrer no sistema de impermeabilização de fundo será implantado um sistema de drenagem sub-superficial (dreno testemunho). Este sistema de drenagem terá forma de “espinha de peixe” sendo formado por drenos principais (tubo perfurado de PEAD de 170 mm revestidos com rachão e envelopados com manta geotextil) e secundários (rachão e envelopados com manta geotextil) conforme indicado no Anexo V – Planta 3.

#### **2.4.3 - Drenagem de líquidos percolados**

Os líquidos que percolam nos aterros podem atingir as águas de superfície e subterrânea, ocasionando a poluição das mesmas.

#### **Poluição das águas superficiais**

Os líquidos que percolam dos aterros são líquidos com grande potencial poluidor pela presença de altos valores de DBO e DQO, os quais podem reduzir drasticamente o teor de oxigênio livre nas águas receptoras, impossibilitando a vida de peixes e outras formas aeróbias de vida aquática.

Também exercem uma ação poluidora pelos compostos de amônia neles concentrados, os quais, em ambientes com pH superior a 7, se transformam em amoníaco extremamente tóxico à vida da flora e da fauna aquática.

O teor de poluentes ou a carga poluidora dos líquidos percolados nos aterros é diretamente influenciada pelos fenômenos químicos e biológicos anteriormente descritos.

Nos aterros em que o resíduo preponderantemente esteja na fase inicial de degradação, na qual a decomposição metanosa ácida seja mais expressiva, pode-se contar com grande concentração de ácidos orgânicos e, portanto, altos teores de DBO e DQO, enquanto que na fase metanosa estável, há sensível redução do teor de ácido e redução dos valores de DBO e DQO.

Ao atingir a fase metanosa, o pH do percolado se eleva passando de ácido a básico.

A produção destes líquidos depende basicamente dos seguintes parâmetros:

- grau da trituração prévia do resíduo;
- grau de adensamento do aterro;
- ambiente em que se dá a degradação biológica, ou seja, a temperatura, a umidade, etc.;
- geometria ou disposição do aterro.

Em consequência dos processos micro-biológicos já descritos, há também a liberação de elementos orgânicos, os quais são dissolvidos ou lixiviados pelos líquidos em percolação. A solubilidade dos elementos orgânicos dos líquidos que percolam depende dos valores do pH e do potencial REDOX, sendo que estes valores são dependentes do grau e do tipo de degradação dos resíduos. A capacidade de solubilidade das águas também é influenciada pela presença ou não do  $O_2$ ,  $CO_2$ , sulfetos e outros gases comuns na degradação da matéria orgânica.

Nas águas de percolação os fenômenos usuais observados são absorção, troca iônica, filtração, coagulação, etc..



## Poluição das águas subterrâneas

Os líquidos que percolam pelo aterro podem vir a infiltrar-se no solo natural, atingindo assim as águas subterrâneas.

A falta de estudos, a dificuldade de determinar o volume de líquidos percolados a serem gerados no aterro e os processos de filtração, troca iônica, diluição, dissipação e floculação que ocorrerão no solo dificultam a determinação quantitativa e qualitativa do efluente a ser gerado e as conseqüências para as águas do subsolo.

## Sistema de drenagem de líquidos percolados

A drenagem de líquidos percolados terá por finalidade a coleta dos líquidos oriundos do aterro sanitário (água de chuva percolada e chorume) evitando assim uma eventual poluição do aquífero e garantindo uma melhor estabilidade da massa de resíduos.

O Anexo III apresenta o cálculo do Balanço Hídrico da região do aterro sanitário de Cachoeiro de Itapemirim.

Da análise do Balanço Hídrico apresentado conclui-se que haverá percolação no mês de Dezembro.

A vazão diária máxima (mês de Dezembro) de líquido percolado foi calculada a partir da expressão abaixo:

$$Q_m = \frac{PER \times A}{2.592.000} L/s$$

Onde:  $Q_m$  = vazão de percolados (L/s)

$PER$  = altura mensal percolada em mm;

$A$  = área contribuinte em  $m^2$  (considerado todas as escapas do aterro concluídas).



Portanto:

$$Q_m = (8,8 \times 150.000) / 2.592.000 = 0,51 \text{ l/s} = 44,1 \text{ m}^3 / \text{dia.}$$

### **Especificações do Sistema de Drenagem de Percolados**

Na base do aterro, sobre a camada de proteção da manta, e entre as camadas de resíduos serão implantados drenos de coleta de líquidos percolados. Estes drenos, garantirão o escoamento dos percolados para fora da massa de resíduos reduzindo, assim, a poluição. As Plantas 3 e 6 (Anexo V) apresentam este sistema de drenagem.

Os drenos de percolado da base do aterro serão em forma de losango, sendo formado por rachão envelopado com manta geotextil sobre uma tira de manta de PEAD, sendo que os drenos denominados como principal terão um tubo de PEAD perfurado em seu interior.

Entre as camadas serão implantados drenos de percolados, em forma retangular, constituídos de rachão envolto por manta geotextil. Os denominados drenos principais terão, em seu interior, um tubo perfurado de PEAD.

O sistema de drenagem de líquidos percolados será interligado ao sistema de drenagem de gases, permitindo assim um melhor escoamento dos líquidos e gases.

O líquido resultante desta drenagem será encaminhado para uma lagoa acumulação e posteriormente transportado para o sistema de tratamento de esgoto do Município de Cachoeiro de Itapemirim.

Para verificação das dimensões adotadas para os drenos de líquidos percolados utilizou-se a fórmula de Darcy.

$$Q = K.i.A$$

Onde: Q = vazão do escoamento, em  $\text{cm}^3/\text{s}$

K = permeabilidade do dreno (adotada 45 cm/s para rachão)



$i$  = declividade do dreno, em m/m;

$A$  = área da seção transversal do dreno, em  $\text{cm}^2$ ; ( $I \times N$ )

$I$  = largura do dreno;

$N$  = altura do dreno.

Considerando-se:

Para um dreno secundário cego na base do aterro:

$$K = 45 \text{ cm/s}$$

$$i = 0,005 \text{ m/m}$$

$$A = 8.100,00 \text{ cm}^2$$

Para este dreno cego a vazão máxima de líquido percolado será de:

$Q = 1.823,00 \text{ cm}^3/\text{s}$ , cerca de três vezes a máxima prevista para o aterro concluído.

Para um dreno secundário entre camadas:

$$K = 45 \text{ cm/s}$$

$$i = 0,005 \text{ m/m}$$

$$A = 3.600,00 \text{ cm}^2$$

Para este dreno cego a vazão máxima de líquido percolado será de:

$Q = 810,00 \text{ cm}^3/\text{s}$ , cerca de duas vezes a vazão total máxima prevista para todo o aterro.

Para os drenos de líquidos principais (com tubo de drenagem de  $\text{Ø} = 170 \text{ mm}$ ) considero-se, conforme catálogos de fabricantes, para uma declividade de 0,5 %, uma vazão máxima de 9,07 L/s, muito superior a vazão total de líquidos percolados prevista para o aterro.



#### **2.4.4 - Tratamento de líquidos percolados**

Da análise do Balanço Hídrico, apresentado no Anexo III, concluiu-se que haverá percolação no aterro, no volume demonstrado, nos meses de Dezembro.

Projeta-se que o todo o líquido percolado coletado no aterro sanitário será encaminhado e armazenado em uma lagoa de contenção com um volume útil de 9.000 m<sup>3</sup>, conforme ilustrado nas Plantas 1 e 7 do Anexo V. Esse volume que equivale à geração máxima de líquidos percolados por um período de aproximadamente 200 dias.

Da lagoa de contenção o percolado será transportado, através de um caminhão tipo pipa, para a ETE - Estação de Tratamento de Esgoto Cachoeiro de Itapemirim, da CITÁGUA.

Por precaução será mantido um sistema de bombas (duas bombas de no mínimo 2 HP) que, em caso de emergência ou quando for realizada a manutenção na lagoa de contenção, recirculará o líquido percolado sobre o aterro.

#### **2.4.5 - Sistema de drenagem de gases**

Segundo o **Eng. Fernando Sodré da Motta** (Curso de Aterros Sanitários – Licenciamento, Projeto, Operação e Custos / ABLP - Associação Brasileira de Limpeza Pública - 2005) quando as atividades nutricionais dos microorganismos existentes nos resíduos agem sobre as matérias orgânicas provocam diferentes reações bioquímicas. Identificam-se três tipos de reações: produção da biomassa, produção de metabólitos e reações de manutenção. A primeira corresponde à formação da matéria unicelular dos microorganismos, a segunda refere-se à geração dos metabólitos, que são os subprodutos da nutrição dos microorganismos, ente eles o gás metano e a última verifica-se entre as substâncias químicas intermediárias geradas no processo de fermentação. Muito embora não seja possível identificar todas reações que tem lugar durante a fermentação das matérias orgânicas, devido, principalmente, à diversidade da colônia bacteriana e à sua complexidade e a variedade das matérias orgânicas lançadas em aterros sanitários, é possível isolar algumas reações mais comuns.

As reações se iniciam com oxidação das substâncias orgânicas que se verifica em decorrência do oxigênio existente nos interstícios dos resíduos e graças às ações de microorganismos.

Uma vez que nesta fase da degradação das matérias orgânicas o oxigênio está presente a mesma denomina-se fase da aeróbia. Participam do processo de decomposição das matérias orgânicas na fase aeróbia microorganismos (bactérias) que existem normalmente na natureza, portanto, no meio dos resíduos, e que necessitam de oxigênio para a sua sobrevivência.

Quando falta o oxigênio essas bactérias não sobrevivem, entretanto, a natureza supre uma outra forma de vida, são as bactérias anaeróbias, microorganismos que podem sobreviver sem o oxigênio. Dessa forma distinguem-se duas fases de decomposição: a fase aeróbia e a fase anaeróbia, cujos detalhes estão a seguir descritos.

### **Fase aeróbia**

São as bactérias aeróbias e facultativas, que necessitam de oxigênio e estas sobrevivem com ou sem oxigênio, que hidrolisam a parcela orgânica mais facilmente putrescível a partir de enzimas produzidas pelas próprias bactérias. Uma parte do oxigênio participa de reações diretas de oxidação.

Os principais fatores que influenciam a duração da fase aeróbia são aqueles que afetam as atividades biológicas, entre os quais destacam-se: teor de umidade, aeração, relação carbono-nitrogênio, teores de fósforo e de potássio e a presença de materiais tóxicos aos microorganismos, tais como metais pesados e demais substâncias bactericidas.

A presença de água é fundamental para a atividade microbiológica, podendo ocorrer condições de anaerobiose se houver excesso de umidade e a conseqüente expulsão do oxigênio da massa de resíduos, com o decorrente despreendimento de odores desagradáveis.



Os microorganismos responsáveis pela decomposição da matéria orgânica necessitam de carbono para o seu desenvolvimento e de nitrogênio para a síntese das proteínas intracelulares. A quantidade de nitrogênio requerida por unidade de matéria orgânica varia com os tipos de microorganismos envolvidos no processo, contudo, a relação carbono/nitrogênio (C/N) é geralmente aceita como fator determinante do grau de decomposição da matéria. Uma parte do carbono é usada para a produção das células microbianas, enquanto, o restante provê energia e é convertido em dióxido de carbono –  $\text{CO}_2$ , que é liberado para a atmosfera. Quando o teor de nitrogênio é baixo, os microorganismos devem reciclá-lo através de muitas gerações, enquanto as matérias com carbono se decompõem. Isto ocorre quando a relação C/N está acima de 30/1, no início da decomposição, até alcançar 20/1, ou menor, em função da liberação de  $\text{CO}_2$ . Contudo, apenas uma parcela do nitrogênio é necessária para a estrutura da célula e o excesso passa a ser liberado na forma de amônia.

A fase aeróbia se encerra quando for consumido o oxigênio existente nos resíduos. O tempo de ocorrência dessa fase depende da compactação dos resíduos no aterro; em lixões, onde os resíduos não são compactados, é maior o tempo de duração da fase aeróbia uma vez que existem interstícios maiores e assim ficam retidos maiores volumes de oxigênio.

A hidrólise das matérias orgânicas e o metabolismo bacteriano produzem substâncias parcialmente degradadas e ácidas, tais como: ácido acético, propiônico, butírico e, principalmente, grande volumes de dióxido de carbono e água. A duração dessa fase é de alguns dias e a acidificação do meio é caracterizada por pH ácido entre 5,5 e 6,5. As reações que se verificam nessa fase podem ser representadas pela equação abaixo.



Nesta fase é gerado um gás com altos teores de dióxido de carbono –  $\text{CO}_2$  e pouco ou nenhum metano –  $\text{CH}_4$ .

Em meio ácido as bactérias aeróbias não conseguem sobreviver, seja pela falta de nutrientes seja devido à acidez e assim o processo de degradação biológica tende a estagnar. Felizmente, a natureza provê a solução graças à entrada em ação de microorganismos que podem viver sem a presença de oxigênio, são as bactérias anaeróbias, também denominadas de metanogênicas.

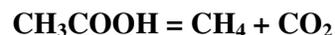
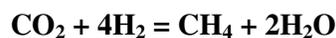
### **Fase anaeróbia**

Conforme mencionado, devido ao consumo de oxigênio a Fase Aeróbia termina, porém, deixando um meio acidificado pela presença, principalmente, de ácido acético ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) e matéria orgânica parcialmente degradada. Inicia-se, então, a segunda fase do processo com a predominância de organismos que sobrevivem sem oxigênio. Estes microorganismos são as bactérias anaeróbias que geram metano, dióxido de carbono, água e algum calor. São bactérias que se nutrem das substâncias liberadas na primeira fase e assim tem continuidade o processo de degradação das matérias orgânicas.

As bactérias metanogênicas, produtoras de metano, que operam na segunda fase, obtêm energia a partir de duas reações:

- redução do dióxido de carbono, produzido na primeira fase, pela adição de hidrogênio com a geração de metano e água;
- decomposição do ácido acético em metano e dióxido de carbono.

As equações das duas reações estão abaixo indicadas.



Na segunda fase o meio apresenta-se neutro com pH entre 5,5 e 7,5.

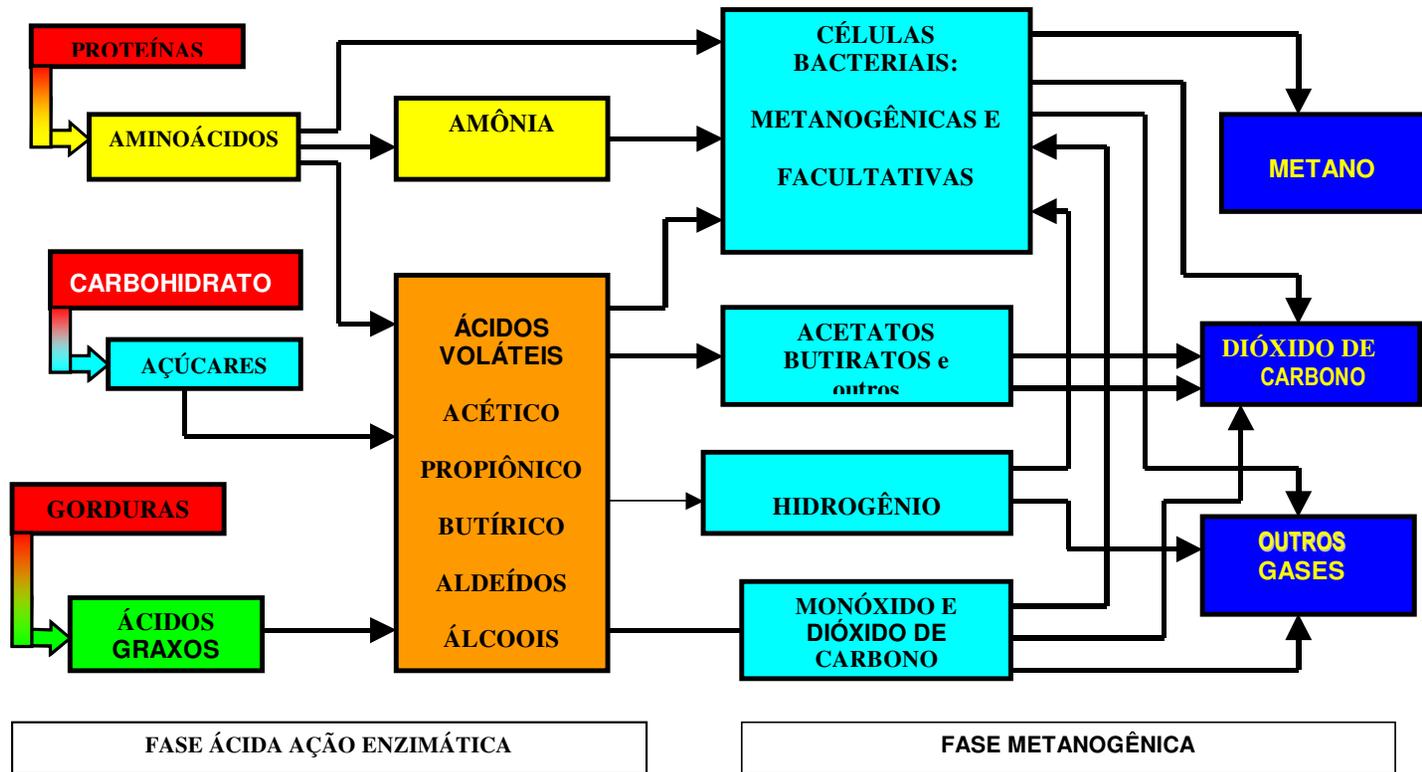
As principais bactérias responsáveis pelas fases Ácidas e Metanogênicas identificadas na fermentação das matérias orgânicas estão relacionadas na Tabela 2.4.5-1.

**Tabela 2.4.5-1 - Principais Microorganismos Responsáveis Pela Fermentação das Matérias Orgânicas**

<b>Fase Ácida</b>	<b>Fase Metanogênica</b>
Alcalígenes	
Clostridiuns	
Enterobactérias	
Escherichias	Metanosarcinas
Flavobactérias	Matanococcus
Lactobacilos	Metanoespirillus
Streptococcus	Desulfovibrios
Pseudomonas	

**Fonte: NIELSSEN et al, Waste Management & Research, Vol 16 no.-1998 e "SODRÉ, F., "Produza Sua Energia – Biodigestores anaeróbios", Recife, PE – 1986.**

Na Figura 2.4.5-1, idealizado pelo Eng. Fernando Sodré da Motta, a seguir, apresenta as fases de degradação das matérias orgânicas.



Fonte: SODRÉ, F., Curso de Aterros Sanitários – Licenciamento, Projeto, Operação e Custos / ABLP - Associação Brasileira de Limpeza Pública.- 2005

Figura 2.4.5-1 - Biodecomposição das Matérias Orgânicas Pela Ação de Microorganismos

### 2.4.5.1 - Geração de Biogás

Ainda, Segundo o **Eng. Fernando Sodré da Motta** (Curso de Aterros Sanitários – Licenciamento, Projeto, Operação e Custos / ABLP - Associação Brasileira de Limpeza Pública - 2005), na Fase Metanogênica ocorre à produção de uma mistura gasosa, denominada biogás, composta, principalmente, por metano – CH<sub>4</sub> e dióxido de carbono – CO<sub>2</sub>. O biogás gerado no processo anaeróbico apresenta a composição da Tabela 2.4.5.1-1.

A produção de biogás situa-se entre 80 e 190 m<sup>3</sup>/tonelada úmida de matéria orgânica – MO em 10 a 20 anos de vida do aterro sanitário. Pesquisas realizadas na Suécia, em 1998, por Akessan e Nilsson, revelaram a geração de 18 ± 1 m<sup>3</sup>/t.ano de matéria seca de resíduos urbanos.

**Tabela 2.4.5.1-1 - Composição do Biogás**

Componente	Fórmula Química	Percentual em Volume (%)
Metano	CH <sub>4</sub>	50 – 70
Dióxido De Carbono	CO <sub>2</sub>	35 – 45
Hidrogênio	H <sub>2</sub>	1 – 10
Nitrogênio	N <sub>2</sub>	0,5 – 3
Oxigênio	O <sub>2</sub>	0,1 – 1
Monóxido De Carbono	CO	0,1
Gás Sulfídrico	H <sub>2</sub> S	0,1
Vapor D'água	H <sub>2</sub> O	Variável
Traços de Outros Gases	variável	0,1

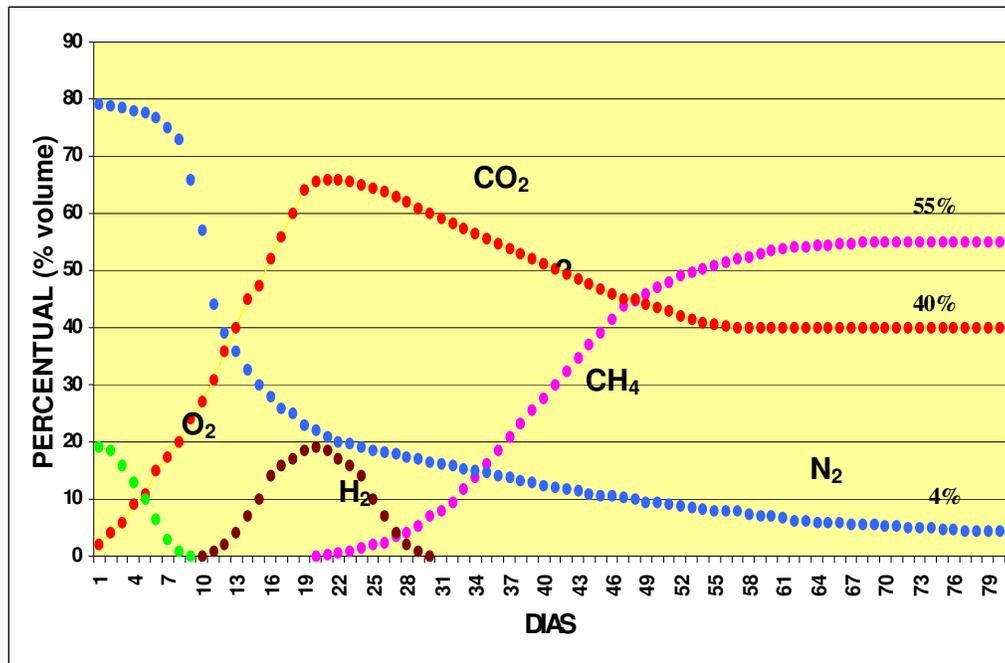
Fonte: SODRÉ, F., “Produza Sua Energia – Biodigestores anaeróbios”, Recife, PE – 1986.

A decomposição anaeróbia propicia condições não desejáveis, como a produção de ácidos graxos, aldeídos, álcoois, gás sulfídrico e monóxido carbono. O gás sulfídrico, por exemplo, é um gás muito reativo que se combina freqüentemente com material orgânico parcialmente degradado, formando compostos de cor escura, geralmente associados com os maus odores do processo. O gás metano pode provocar explosões e combustão espontânea, uma vez que entre 5% e 15% de metano no ar ambiente forma misturas explosivas.

Estudos realizados com o biogás gerado em aterros sanitários localizados em países da Europa revelaram a existência no biogás de mais que 100 componentes, dentre eles

compostos orgânicos cancerígenos. Na Tabela 2.4.5.1-2, relaciona-se os compostos orgânicos encontrados no biogás.

A duração da fase anaeróbia pode ser de algumas dezenas de anos e neste período o terreno onde foram dispostos os resíduos não pode ser utilizado para a construção de residências em vista da possibilidade de acúmulo de gases explosivos no interior dos cômodos. No gráfico da Figura 2.4.5.1-1 é mostrada a evolução da formação dos gases em aterros e lixões de resíduos urbanos.



Fonte: "Landfill off-gas collection and treatment systems", US Army Corps of Engineers, USA – 1995.

Figura 2.4.5.1-1 - Evolução dos Gases Componentes do Biogás Gerado em Aterros Sanitários

Tabela 2.4.5.1-2 - Compostos Orgânicos Encontrados no Biogás

Designação do Composto	Concentração Média (ppm)
Dimetil- benzeno	588
Xileno	333,85
Etano	252,63
Metilciclohexana	99,7
Metilpentano	84
Tolueno	59,34
Cloreto de metileno	24,5
Etil-benzeno	21,73
Propano	13,59
Tetracloroetano	8,43
Metil-etil-cetona	8,17
Cloreto de vinila	7,71
Acetona	5,94
Pentano	5,64
Hexano	5,33
Tricloroetano	3,98
Butano	3,68
Benzeno	3,6
Dicloroetano	3,51
Clorometano	2,03
Tetracloro de carbono	1,85
Metilisobutilcetona	1,38
til isobutil cetona	1,38
Clorodifluorometano	1,35
Dicloroetano	1,3
Diclorodifluorometano	1,2
Triclorofluorometano	0,99
Tricloroetano	0,84
Bromodicloroetano	0,71
Cloro benzeno	0,38
Acilonitrila	0,32
Dicloropropeno	0,12
Tetracloroetano	0,1
Cloroetilvinil Eter	0,08

Fonte: LANDFILL OFF-GAS COLLECTION AND TREATMENT SYSTEMS DEPARTMENT OF THE ARMY - U.S. Army Corps of Engineers. Technical Letter – EUA, April 1995.

Em vista do seu potencial explosivo, o metano dispersa no ar ambiente forma uma mistura explosiva e dos seus componentes agressivos à saúde pública faz-se necessário drenar e eliminar o biogás por combustão. A drenagem é realizada por meio dos drenos de biogás, que consistem em tubos perfurados de concreto inseridos na massa de resíduos dispostos no aterro.

### 2.4.5.2 - Volumes dos Gases a ser Gerado

No Anexo III é apresentado o cálculo da estimativa de geração de gás do futuro aterro sanitário de Cachoeiro de Itapemirim. A Figura 2.4.5.2-1 apresenta evolução da geração de metano estimada para o futuro aterro sanitário.

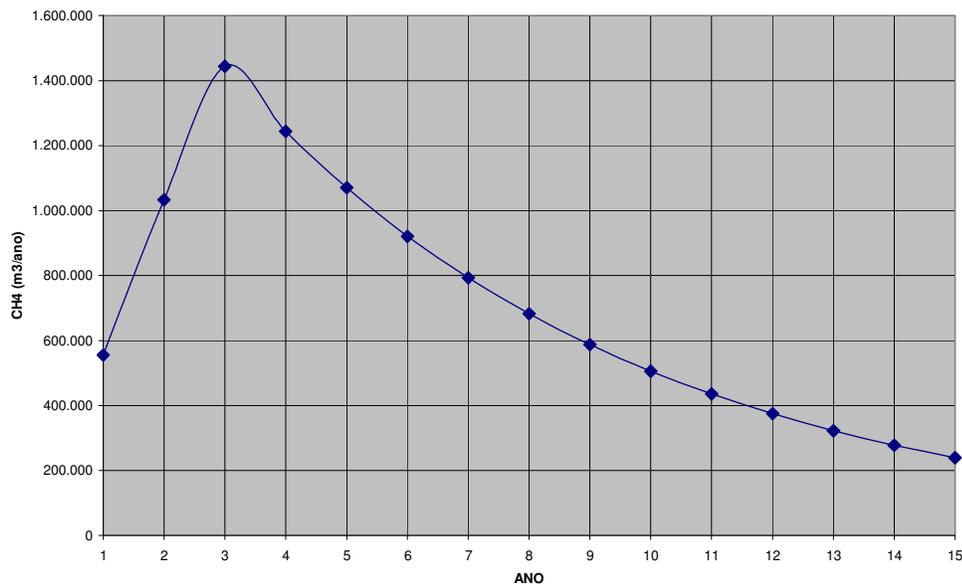


Figura IV.2.4.5.2- 1 - Evolução da Geração de Metano Estimada para o Futuro Aterro Sanitário de Cachoeiro de Itapemirim

### 2.4.5.3 - Dreno de gás a ser implantado

As Plantas 3, 4 e 6 (Anexo V) apresentam a localização e o detalhamento dos drenos de gás a serem implantados no futuro aterro sanitário de Cachoeiro de Itapemirim.

Os drenos serão formados por tubos de concreto, de diâmetro de 0,5 m, perfurados, revestidos por uma "camisa" de rachão com largura de 0,30 m conforme apresentado na Figura 2.4.5.3-1 que representa, esquematicamente, o posicionamento dos drenos de gás a serem implantados no aterro.

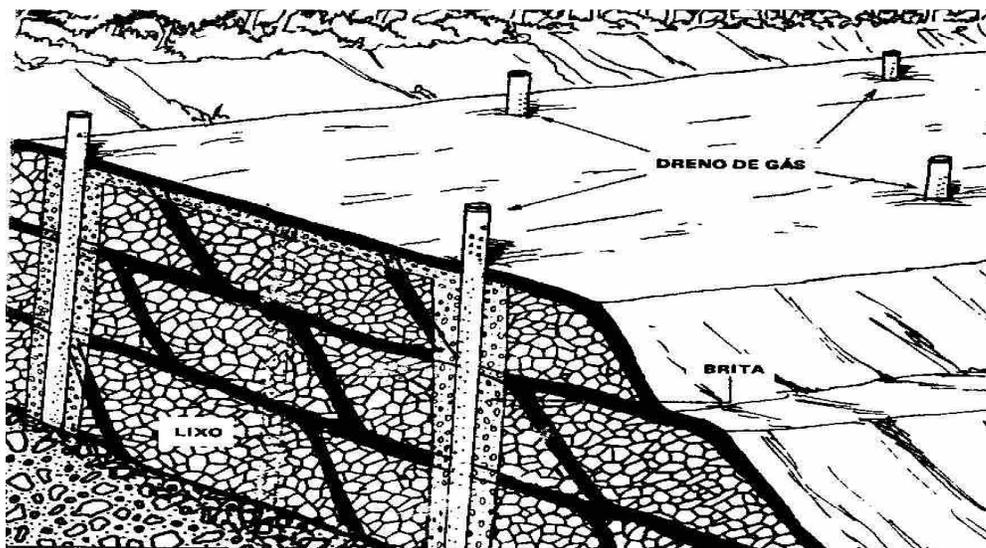


Figura 2.4.5.3-1 - Sistema de Drenagem de Gás a ser Implantado no Aterro

#### 2.4.6 - Drenagem de águas pluviais

O sistema de drenagem superficial da área ocupada pelo aterro sanitário, foi concebido a partir da geometria dos taludes das camadas do aterro (Anexo V – Planta 5).

Deste modo, previu-se que a maior parte do sistema será constituído por canaletas de concreto pré-fabricadas de seção meia cana, situadas nas bermas dos taludes, as quais encaminharão as águas de chuva para as escadas hidráulicas, bacias de acumulação / detenção e dispositivos de dissipação estrategicamente dispostos, que conduzirão as águas, para a drenagem natural da área. Este sistema de drenagem deverá ser implantado à medida que as camadas sejam concluídas.

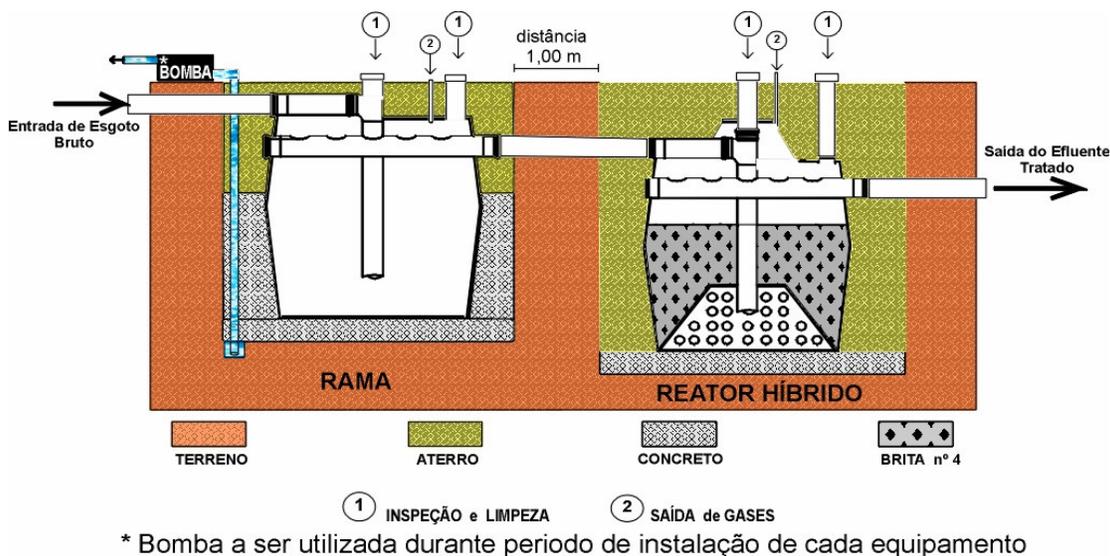
#### 2.4.7 - Tratamento do esgoto gerado nas edificações de apoio

As edificações de apoio terão sistemas de tratamento de esgoto individuais (estações compactas de tratamento de esgoto).

Estas estações compactas de tratamento de esgoto (ECTE) serão formadas por um Reator Ascendente de Manta Anaeróbica (RAMA) e um Reator de Manta de Lodo Fixo

(HÍBRIDO) (Figura 2.4.7-1). O RAMA, que substituí o filtro anaeróbico convencional, será formado por uma unidade cilíndrica de sedimentação e digestão (fluxo ascendente) e um defletor de gases e materiais flutuantes. O Reator Híbrido de fluxo ascendente, equivalente ao filtro anaeróbico, será formado de uma unidade cilíndrica equipada com um dispositivo que preserva a biomassa e um leito fixo de brita n° 04.

No Anexo III são apresentados os dimensionamentos dos equipamentos a serem adotados. Deve-se notar que estes sistemas de tratamento de esgoto foram super dimensionados para garantir que sejam utilizados reatores Ascendentes e reatores de Manta de Lodo Fixo padronizados existentes no mercado.



**Figura 2.4.7-1 - Estação Compacta de Tratamento de Esgoto (ECTE)**

As dimensões do RAMA e do Reator Híbrido variam em função da população atendida. A Tabela 2.4.7-1 apresenta as dimensões dos sistemas a serem adotados nas edificações do aterro sanitário.

**Tabela 2.4.7-1 - Características do Sistema Compacto de Tratamento de Esgoto**

Edifício	Rama				Reator Híbrido			
	Altura (m)	Diâmetro (m)	Volume (m <sup>3</sup> )	Peso (kg)	Altura (m)	Diâmetro (m)	Volume (m <sup>3</sup> )	Peso (kg)
Vestiário / Refeitório	1,45	1,60	1,87	95,00	1,80	1,60	1,87	115,00
Escritório / laboratório	1,30	0,75	0,63	20,00	1,30	0,75	0,83	25,00
Almoxarifado / Oficina	1,30	0,75	0,63	20,00	1,30	0,75	0,83	25,00
Gabão recicláveis	1,45	1,60	1,87	95,00	1,80	1,60	1,87	115,00

A eficiência na remoção do DBO<sub>5</sub> do sistema é da ordem de 80%, o que possibilita que os efluentes, após o tratamento, possam, caso necessário, ser lançados na lagoa de contenção de líquidos percolados do aterro.

#### **2.4.8 - Sistema de retenção de sólidos e óleos**

No dimensionamento do sistema de retenção de sólidos e de óleos, a ser implantado junto ao edifício da oficina / almoxarifado, foi previsto, a favor da segurança, que ocorra lavagem de equipamentos durante 4,0 horas por dia, com uma vazão de 0,5 L/s (14,4 m<sup>3</sup>/dia).

O sistema será formado por uma caixa de remoção de sólidos, na parte inicial, seguidas de uma caixa de remoção de óleos.

A memória de cálculo, apresentada no Anexo III, mostra o dimensionamento do sistema de remoção de sólidos e óleos, baseado na metodologia apresentada no “Manual de Tratamento de Águas Residuais Industriais”, editado pela CETESB em 1979. A Planta 7 do Anexo V apresenta os detalhes da caixa de remoção de sólidos e óleos.

O sistema de retenção de sólidos e de óleos deverá ser inspecionado mensalmente verificando-se a quantidade de material retido. No máximo a cada quatro meses, independente das caixas estarem cheias de material, será realizado uma limpeza geral em cada uma das unidades do sistema.

Os resíduos sólidos retirados deverão ser encaminhados para o aterro. Os óleos retirados serão encaminhados para empresas recicladoras licenciadas para este fim.

## 2.4.9 - Sistema de monitoramento

### 2.4.9.1 - Monitoramento de águas superficiais e subterrâneas

Com o objetivo de monitorar as características físico-químicas das águas superficiais e subterrâneas, bem como as possíveis alterações em decorrência da operação do aterro, será implantada no local uma rede de poços tubulares para monitoramento hidrogeológico (ANEXO V - Planta 3, 4 e 7), concebidos de acordo com as normas vigentes.

Recomenda-se que sejam realizadas coletas de amostras a cada dois meses, sendo que em cada amostra deverão ser determinados os parâmetros físico-químicos e microbiológicos apresentados nas Tabelas 2.4.9.1-1 e 2.4.9.1-2.

**Tabela 2.4.9.1-1 - Parâmetros a serem determinados no monitoramento das águas superficiais e subterrâneas (Exames Físico – Químicos)**

Parâmetros	Unidades	L.D.
Alumínio	mg Al/L	0,08
Arsênio	mg As/L	0,010
Bário	mg Ba/L	0,30
Cádmio	mg Cd/L	0,004
Cobre	mg Cu/L	0,010
Chumbo	mg Pb/L	0,05
Cromo Total	mg Cr/L	0,016
Dureza	mg CaCO <sub>3</sub> /L	1,0
Ferro Total	mg Fe/L	0,012
Manganês	mg Mn/L	0,012
Merúrio	mg Hg/L	0,001
Prata	mg Ag/L	0,009
Selênio	Mg Se/L	0,003
Zinco	mg Zn/L	0,001
Aspecto	-	-
Cor	mg Pt/L	5
Odor	-	-
Turbidez	N.T.U.	0
Alumínio Solúvel	mg Al/L	0,08
Chumbo Solúvel	mg Pb/L	0,05
Ferro Solúvel	mg Fe/L	0,012

Parâmetros	Unidades	L.D.
Manganês Solúvel	mg Mn/L	0,012
Cianeto	mg CN/L	0,017
Sulfato	mg SO <sub>4</sub> /L	2
Fluoreto	mg F/L	0,10
Fenóis	mg C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH/L	0,001
Orto-Fosfato	mg P/L	0,011
Surfactantes	mg LAS/L	0,07
Nitrato	mg N/L	0,02
Cloreto	mg Cl/L	0,5
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	1
TOC	mg C/L	1,0

OBS.: **L.D.:** Limite de detecção do método.

**Tabela 2.4.9.1-2 - Parâmetros a serem determinados no monitoramento das águas superficiais e subterrâneas (Exames Microbiológicos)**

Parâmetros	Unidades
Contagem Padrão de Bactérias	UFC/mL a 35°C 48h
Coliformes Totais	NMP / 100 mL
<i>Escherichia COLI</i>	NMP / 100 mL

**Referências:** - AWWA – APHA – WPCI – Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater – 20ª Edição - Guia de coleta e preservação de amostras de água – 1ª Edição – CETESB 1988

Ainda, poderão ser analisados outros parâmetros que serão definidos em função da caracterização da composição físico-química dos líquidos percolados ou de acordo com as orientações do órgão de controle ambiental.

Além do monitoramento das águas subterrâneas, será monitorada a qualidade da água superficial (segundo a legislação vigente) dos cursos d'água próximos da área do aterro. Os parâmetros a serem analisados serão os mesmos acima relacionados e a periodicidade de coleta e análise das amostras será quadrimestral.

#### **2.4.9.2 - Monitoramento geotécnico**

O monitoramento geotécnico de um aterro sanitário tem por objetivo analisar o comportamento deformacional do maciço e identificar feições de degradação, de instabilidade e de situações de risco quanto à perda ou redução da estabilidade global do maciço e de seus taludes.

Os resultados do monitoramento geotécnico orientam os serviços de conservação e manutenção e permitem a adoção, em tempo hábil, de medidas preventivas e corretivas das áreas afetadas e potencialmente instáveis.

As atividades do monitoramento geotécnico de um aterro sanitário devem ser estruturadas e sistematizadas em um plano operacional que, por sua vez, deverá considerar os seguintes parâmetros básicos: os deslocamentos horizontais e verticais, os níveis piezométricos, as pressões de gás, as vazões de chorume e os índices pluviométricos. São utilizados ainda indicadores das feições de degradação, como erosões, trincas e rachaduras, surgências e vazamentos de chorume etc..

O monitoramento geotécnico será realizado por meio de vistorias sistemáticas e periódicas e da utilização de uma rede de instrumentação constituída, no mínimo, marcos superficiais de deslocamentos verticais e horizontais, medidores de nível d'água e piezômetros.

O comportamento deformacional do maciço é acompanhado e analisado por meio das observações das vistorias periódicas e dos resultados das leituras dos marcos superficiais, interpretados de forma integrada, para se verificar a persistência e/ou magnitude dos valores dos deslocamentos horizontais e verticais ao longo do tempo e, também, a necessidade de investigações específicas, da ampliação da rede de monitoramento ou de medidas corretivas.

#### ***a) Vistorias - Inspeções Visuais***

As vistorias compreendem exames visuais das condições superficiais do maciço do aterro, através de suas bermas e taludes e das áreas adjacentes. As vistorias ou inspeções visuais constituem o procedimento básico para a execução do monitoramento geotécnico, devendo ser realizadas em base contínua e de forma sistemática, por técnico experiente e treinado, que deve percorrer toda a extensão do maciço do aterro e arredores verificando a existência de indícios de comportamento anômalo do maciço. A

lista de verificação básica compreende a presença, origem e causas das seguintes feições:

- Trincas, deformações ou outros problemas no solo de cobertura e superfície do maciço do aterro;
- Trincas, desarranjos, alterações no caimento, endossamentos, assoreamentos, transbordamentos ou outros problemas estruturais e funcionais dos dispositivos de drenagem superficial;
- Abaulamentos ou abatimentos (afundamentos) da superfície do aterro;
- Endossamentos de águas pluviais na superfície do aterro;
- Processos erosivos em formação e ou em desenvolvimento;
- Condições de umidade anômalas, surgências ou vazamentos de chorume.

Quando constatada qualquer uma destas feições, ou outra entendida como anômala, deve ser feita sua descrição, documentação fotográfica, registro do local de ocorrência (cadastramento topográfico) e fenomenologia (mecanismos e processos de formação).

#### ***b) Instrumentação Geotécnica***

A rede de instrumentação geotécnica é normalmente constituída por instrumentos que permitem determinar em superfície as deformações do maciço, traduzidas pelos parâmetros de deslocamentos verticais e horizontais e, internamente, as pressões de percolados e gases.

Os instrumentos básicos utilizados são os marcos superficiais de deslocamentos, os medidores de nível d'água, os piezômetros e, eventualmente, os manômetros de gás.

→ ***Marcos superficiais de deslocamentos:*** os marcos superficiais de deslocamentos correspondem a pontos de referência fixos para controle dos deslocamentos horizontais e verticais do maciço, sendo que a distribuição espacial dos marcos superficiais de deslocamentos no aterro é definida em função das necessidades de avaliação e interpretação do comportamento deformacional do maciço.

As leituras destes instrumentos são feitas de forma sistemática e periódica por meio de levantamento topográfico eletrônico de precisão ("estação total"). Os resultados das leituras e o acompanhamento das movimentações em superfície permitem obter o rumo e a intensidade dos deslocamentos horizontais e a variação de magnitude e a velocidade dos deslocamentos verticais ao longo do tempo.

A análise conjunta dos resultados das leituras dos marcos superficiais permite identificar os locais do maciço onde podem estar ocorrendo movimentações mais acentuadas e ou rápidas, orientando as inspeções visuais (vistoria de verificação ou consolidação).

→ *Piezômetros associados a manômetros padrão:* os piezômetros associados a manômetros padrão, mostrados adiante através da Figura 2.4.9.2-1, constituem instrumentos que permitem identificar os valores ou níveis de pressões neutras (níveis piezométricos) no interior do maciço do aterro, devido à presença de percolados e gases.

O conhecimento da distribuição das pressões neutras no interior do maciço do aterro permite verificar a eficiência dos sistemas de drenagem interna, e constitui importante subsídio para a análise de estabilidade dos seus taludes.

Os poços de monitoramento instalados para coleta de amostras de água para análise da qualidade das águas subterrâneas podem ser também utilizados para medir os níveis piezométricos do aquífero freático.

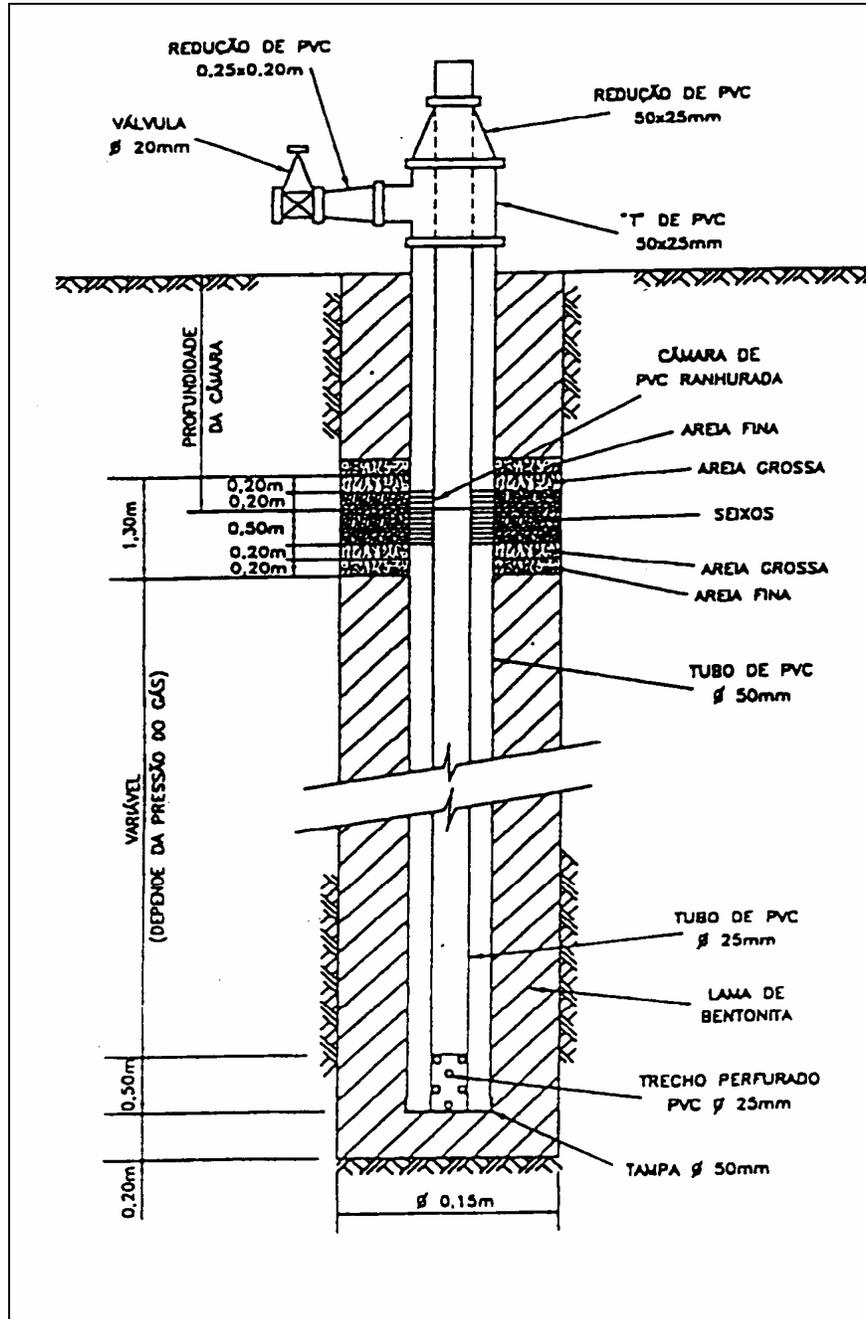


Figura 2.4.9.2-1 - Detalhes Construtivos do Piezômetro

## 2.5 - Infra-estrutura de apoio

Para apoio a operação do futuro aterro sanitário de Cachoeiro de Itapemirim será implantada e mantida a seguinte infra-estrutura apresentada a seguir e detalhada no Anexo VII, Plantas 1,8 e 9:

- **Guarita / Cancela:** a função da portaria e da cancela será de controlar a entrada e a saída de veículos autorizados a circular na área do aterro, supervisionando a chegada dos resíduos destinados a aterramento, exercendo fiscalização sobre a entrada de resíduos, uma vez a entrada de resíduos não autorizados pelos órgãos ambientais poderiam prejudicar a execução do empreendimento.
- **Balança:** a função da balança será de registrar as quantidades de resíduos que serão dispostos no aterro.
- **Escritório / Laboratório:** a função desse edifício é a de propiciar as condições adequadas para se efetuar as atividades administrativas do aterro e para realizar análise simples de materiais que possam a vir a entrar no aterro (resíduos e materiais de construção).
- **Refeitório / Vestiário:** este edifício terá for função oferecer aos trabalhadores do aterro condições adequadas para sua alimentação e sua higiene pessoal.
- **Almoxarifado / Oficina:** será construído um galpão coberto onde os equipamentos do aterro poderão ser reparados e mantidos.
- **Galpão para triagem / estocagem de material reciclável:** visará proporcionar segurança e conforto na operação do material proveniente da coleta seletiva e dos pontos de entrega voluntária.
- **Caixa d'água elevada:** para o fornecimento de água para as edificações e manutenção dos equipamentos será implantada uma caixa d'água elevada.

- **Sistema de retenção de sólidos e líquidos:** junto à oficina será implantado um sistema de coleta e separação dos efluentes gerados na manutenção dos equipamentos que operam no aterro.
- **Sistema de tratamento de esgoto:** cada edifício terá seu sistema independente de tratamento de esgoto.
- **Pátio de Estocagem de Materiais:** este pátio se configurará como local de armazenamento temporário de canaletas, pedras, tubos e outros materiais indispensáveis ao desenvolvimento das obras e à operação do aterro.
- **Pátio de Estocagem de material de cobertura:** terá por finalidade estocagem do material escavado na primeira e na segunda fase de implantação do aterro para ser utilizado posteriormente como material de cobertura.
- **Portão / Cerca:** o cerceamento da área do aterro visará impedir a entrada de pessoas não autorizadas na obra.
- **Acessos Internos:** deverão ser interligados aos diversos pontos da área do aterro. estes acessos serão executados com largura mínima de 6 (seis) metros e declividade máxima de 10 %.
- **Barreira Vegetal:** para reduzir os impactos causados pela operação do aterro será implantada uma barreira vegetal em todo o seu perímetro.

## 2.6 - Mão-de-obra

O aterro sanitário operará 24 horas por dia, sete dias por semana.

A Tabela 2.6-1 apresenta a quantidade e a especialização da mão-de-obra que será utilizada durante a implantação e a operação das etapas propostas.

**Tabela 2.6-1 - Quantidade e Especialização da Mão-de-Obra Utilizada nas Etapas do Empreendimento**

<b>1ª Etapa do Aterro</b>	
<b>Implantação</b>	<b>Operação</b>
- 01 Engenheiro civil;	- 01 Engenheiro civil;
- 01 Administrador;	- 01 Administrador;
- 01 Auxiliar de escritório;	- 01 Auxiliar de escritório;
- 02 Operadores de trator de esteiras;	- 04 Operadores de trator de esteiras;
- 01 Operadores de retro escavadeira;	- 01 Operador de retro escavadeira;
- 02 Operadores de pá-carregadeira;	- 01 Operador de pá-carregadeira;
- 4 Motoristas de Caminhão;	- 02 Motoristas de Caminhão;
- 8 Vigias;	- 8 Vigias;
- 18 Auxiliares	- 6 Auxiliares (balança, manutenção, etc.).
<b>Total: 38 postos de trabalho</b>	<b>Total 24 postos de trabalho</b>

Estima-se que para realizar a separação do material reciclável, proveniente da coleta seletiva e dos pontos de entrega voluntária, serão necessários dois turnos de 15 separadores (30 postos de trabalho).

## **2.7 - Equipamentos**

Na operação do aterro considerou-se necessários, no mínimo, os seguintes equipamentos:

- **Trator de Esteiras**

Este equipamento terá por finalidade o manuseio e a compactação dos resíduos além de realizar cobertura de terra.

Considerou-se um tempo adicional de 20% para serviços diversos como melhoria de acessos, arraste de materiais e outros serviços.

A Tabela 2.7-1 apresenta o rendimento, deste equipamento, quando operado em aterros sanitários.

**Tabela 2.7-1 - Rendimento de Tratores de Esteira em Aterros Sanitários**

<b>Quantidade de Lixo (t/dia)</b>	<b>Potência (hp)</b>
Até 50	40 a 50
De 50 a 250	70 a 90
De 250 a 500	140 a 160

Optou-se, por um trator de esteiras D6-CATERPILLAR ou similar (potência entre 140 a 160 HP) para a operação do aterro.

- **Pá Carregadeira**

A pá carregadeira terá a função principal de carregar os caminhões com material de cobertura (terra) e materiais em geral (areia, rachão, tubos, etc.).

Com base na natureza do serviço optou-se por uma pá carregadeira Caterpillar 930 ou similar.

- **Retroscavadeira**

Terá como principal função a abertura de drenos de águas pluviais e líquidos percolados.

Será necessário uma retroscavadeira na obra, com potência de 75 HP e rendimento de 400 metros por dia na abertura de drenos.

- **Caminhão Basculante**

Terá como função principal o transporte da terra e materiais para a frente de operação do aterro.

Na operação do aterro será utilizado um caminhão basculante.

- **Caminhão Tipo Pipa**

O caminhão tipo pipa terá como finalidade umedecer os acessos, auxiliar a lavagem dos equipamentos e transportar os líquidos percolados para estação de tratamento de esgoto.

Na operação do aterro será utilizado um caminhão tipo pipa.

- **Veículos de Apoio**

Para dar apoio à obra previu-se dois veículos leva tipo Pick-Up.

- **Balança**

Será utilizada uma balança tipo rodoviária, com capacidade mínima de 30 t, para o controle de entrada no aterro de resíduos, terra e materiais em geral (areia, brita, etc.).

Durante implantação das etapas do aterro deverão ser mobilizados os seguintes equipamentos:

- 02 Tratores de esteiras;
- 01 Retro escavadeira;
- 02 Pás-carregadeiras;
- 04 Caminhões basculantes;
- 02 Veículos leva tipo Pick-Up.

## **2.8 - Insumos para implantação e operação**

### **2.8.1 - Abastecimento de água**

A água para o abastecimento das caixas de água dos edifícios de apoio, lavagem de equipamentos, etc. terá como origem um poço artesiano que será perfurado a montante

da área do aterro. O poço artesiano bombeará a água para um reservatório d'água elevado para que seja possível distribuir água para as demais estruturas por gravidade, sem o uso de bomba ou qualquer outro maquinário.

Cabe ressaltar, ainda, que o abastecimento de água potável para consumo humano se dará por meio de galões de água mineral de 20 litros, com origem controlada. As principais estruturas do canteiro de obras haverá um bebedouro com suporte para os galões de 20 litros. de água mineral. Estes sistemas de abastecimento de água perdurarão durante as etapas de implantação e operação do empreendimento.

### **2.8.2 - Uso de combustíveis**

A lavagem e a troca de óleo dos veículos e equipamentos e o abastecimento de combustível dos veículos do empreendimento serão realizadas em local com infraestrutura adequada, na cidade de Cachoeiro de Itapemirim, dada a sua proximidade com o empreendimento.

Quanto ao abastecimento de combustíveis dos equipamentos, o mesmo será feito por uma distribuidora da região (a ser selecionada em época oportuna), que o realizará com veículo próprio e adequado, segundo um calendário pré-estabelecido entre as partes. Para tanto, será construída, junto ao edifício da oficina, uma estrutura adequada para esta atividade, a qual ocupará área igual ou superior a 100 m<sup>2</sup>, com piso impermeável (piso em concreto, com espessura de 20 cm) e canaletas (12,5 cm de largura X 12,5 cm de profundidade) nos seus limites. Estas canaletas têm como função conter eventuais vazamentos que ocorram no abastecimento, impedindo que os combustíveis contaminem as áreas adjacentes.

Haverá no canteiro de obras um estoque de serragem para que, em caso de acidentes com combustíveis, óleos e graxas se faça à imediata contenção e sucção do fluído. Posteriormente, esta serragem deverá ser acondicionada, em tambores de 60 litros, e disposta em local adequado.

### **2.8.3 - Energia elétrica**

O local é provido de energia elétrica trifásica, e portanto o prolongamento desta será solicitado pelo empreendedor. Este suprimento de energia elétrica será necessário para garantir os sistemas de iluminação previstos. Foram previstos dois sistemas de iluminação, um fixo que garantirá a segurança do aterro e outro provisório que se deslocará à medida que à frente de trabalho evolua.

### **2.8.4 - Telecomunicações**

A região já possui cabos telefônicos a extensão até o empreendimento poderá ser solicitada pelo empreendedor, assim que necessário. Estes cabos atenderão ao escritório de apoio onde haverá no mínimo uma linha telefônica. Também é previsto um sistema de comunicação entre a frente de trabalho e o escritório que será realizada através de rádios intercomunicadores e telefones celulares.

### **2.9 - Plano de emergência**

O plano de emergência do aterro comporta os aspectos ligados aos acidentes ambientais e ocupacionais.

Para o caso de acidentes ambientais foram elaborados programas de monitoramento e medidas mitigadoras que estão propostas neste projeto.

Em caso de acidentes dessa natureza os órgãos ambientais serão devidamente informados.

Para o caso de acidente ocupacional será acionado o sistema de saúde do município, podendo também se solicitar o auxílio do corpo de bombeiros e da defesa civil.

Os equipamentos ligados à segurança ocupacional a serem utilizados, são: EPIs, extintores de incêndio e estojo de primeiros socorros.

### **2.10 - Plano de segurança e higiene do trabalho**

Será previsto um responsável habilitado para segurança do trabalho no aterro sanitário, de acordo com a legislação vigente, secundado por auxiliares e atuação em todos os setores da

obra, visando à prevenção de acidentes pessoais e patrimoniais. Este profissional é responsável pelas atividades seguintes:

Pelo fornecimento dos equipamentos individuais de segurança aos empregados, bem como pela correta utilização dos mesmos;

- PROTEÇÃO PARA A CABEÇA: todos os empregados deverão usar capacetes de segurança, independentemente de suas atividades específicas.
- PROTETORES FACIAI: para trabalhos que ofereçam perigo de lesão por projeção de fragmentos e respingos de líquidos.
- ÓCULOS DE SEGURANÇA CONTRA IMPACTO: para trabalhos que possam causar irritações nos olhos e outras decorrentes da ação de líquidos agressivos.
- PROTEÇÃO PARA MÃOS E BRACOS: luvas e/ou mangas de proteção, para trabalhos que tenham contato com resíduos;
- PROTEÇÃO PARA OS PÉS E PERNAS: botas de borracha para os trabalhos executados em locais molhados ou lamacentos, especialmente quando da presença de resíduos.

Em qualquer tipo de atividade no local do aterro, os empregados deverão usar calçados seguros e adequados, não sendo permitido o uso de tamancos, sandálias ou calçados de pano.

O responsável pela segurança deverá programar palestras de integração para os empregados, orientando-os sobre o uso adequado dos equipamentos individuais de proteção e a observância das normas de segurança.

Deverão ser verificadas, diariamente, de acordo com o programa estabelecido, as condições em que são realizados os trabalhos, sendo solicitadas, em caráter de urgência, as providências necessárias.

Todos os edifícios de apoio deverão, obrigatoriamente, ser equipados com extintores de incêndio, em perfeitas condições de uso.

Durante a operação do aterro, os funcionários terão disponíveis instalações sanitárias adequadas, consistindo de lavatórios, vasos sanitários, bebedouros e chuveiros, em quantidade suficiente ao atendimento de seu pessoal. Tais instalações deverão ser conservadas e mantidas de forma satisfatória ao bom uso.

### **3. MEMORIAL EXECUTIVO**

A seguir são apresentadas, resumidamente, as diretrizes construtivas que deverão ser seguidas na implantação e operação do futuro aterro sanitário de Cachoeiro de Itapemirim.

#### **3.1 - Implantação**

A implantação do novo aterro sanitário de Cachoeiro de Itapemirim será constituída das obras que deverão ser realizadas antes do início da disposição dos resíduos.

##### **3.1.1 - Serviços preliminares**

O presente item engloba os trabalhos iniciais relativos à mobilização e instalação de canteiro e execução das instalações provisórias de obra.

##### **3.1.2 - Terraplenagem**



Os trabalhos de terraplenagem constituirão nos serviços de escavação e aterramento na área do futuro aterro.

## **ATERRO**

### **- Preparativos da área**

Deverá ser realizada a limpeza da superfície imediatamente antes da colocação da camada de aterro (argila).

Toda a superfície deverá ser cuidadosamente inspecionada imediatamente antes da colocação da camada do aterro, verificando se atende as condições do projeto.

### **- Controle do material construção do aterro**

O controle do material de construção do aterro poderá ser limitado à inspeção visual seguindo os seguintes critérios:

O controle visual deverá ser efetuado por pessoal orientado, de modo a garantir que somente seja utilizado o material especificado (argila) reconhecido pela cor e textura características, e não contaminados por restos vegetais.

No caso da ocorrência de materiais diferentes daqueles especificados, esses deverão ser desprezados.

O controle da espessura da camada de argila será realizado topograficamente.

### **- Normas Gerais de Compactação**

Os lançamentos deverão ser executados em camadas horizontais na praça liberada, após demarcação de espessuras em toda faixa lateral com cruzetas de 20 em 20 m.

A argila lançada deverá ser espalhada e nivelada convenientemente de maneira a obter uma superfície plana e de espessura constante da camada a ser compactado.

Durante as operações de lançamento e espalhamento, deverá ser mantido pessoal necessário para remoção de raízes, detritos e outros materiais estranhos à argila.

A argila será compactada por rolo compactador (Porton Normal 95%).

A passada será definida como uma cobertura completa, abrangendo a totalidade da superfície e com uma superposição de 0,30 m entre faixas de compactação adjacentes.

Em locais estreitos onde não seja possível o uso do rolo compactador, a argila será lançada em camadas com até 10 cm de espessura para compactação com equipamento de pneus ou para compactação manual.

#### **- Controle da Compactação**

O controle da compactação será exercido por inspeção visual e verificado, para efeito de registro, por ensaios de controle tecnológico;

O controle visual será efetuado por pessoal treinado para esse fim. Deverão ser observados os seguintes aspectos:

- tipo de material lançado;
- origem do material;
- homogeneidade do material lançado;
- espessura da camada antes e após a compactação;
- número de passadas e cobertura adequada da faixa compactada pelo equipamento compactador.

Caso a inspeção visual indique a ocorrência de grau de compactação abaixo do esperado, será indicada a execução de duas ou mais passadas adicionais.



## **Regularização da área**

Esta especificação técnica tem por objetivo estabelecer normas e recomendações quanto à regularização da área onde será implantado o aterro sanitário.

### **- Limpeza da área**

A limpeza da área do futuro aterro sanitário consistirá na remoção de todo o material que não seja solo;

Os limites das áreas a serem limpas estender-se-ão, pelo menos, 2,0 m além das linhas de demarcação das escavações.

A limpeza superficial compreende a remoção dos detritos de origem vegetal, resíduos sólidos, entre outros, em toda da área do futuro aterro sanitário.

### **- Cotas e declividades a serem obtidas**

A Planta 3 (Anexo V) indica as cotas e as declividades a serem obtidas quando da realização da implantação da base do aterro prevista para o aterro sanitário.

As declividades do fundo do aterro será sempre iguais ou superiores a 1,0 %.

A área escavada e as áreas aterradas, que irá receber os drenos sub-superficiais (testemunho), terão declividade igual ou superior a 1,0 %.

### **- Controle da execução do serviço**

O controle da execução do serviço será realizado através de levantamentos topográficos.

Uma inspeção visual das superfícies dos fundos do futuro aterro, que deverão estar niveladas conforme previsto no projeto, isenta de qualquer tipo de material contundente, depressões e mudanças abruptas de inclinação do terreno.

### **3.1.3 - Sistema de drenagem sub-superficial**

Esta especificação técnica tem por objetivo estabelecer normas e recomendações quanto à implantação do sistema de drenagem sub-superficial a ser implantado no futuro aterro sanitário de Cachoeiro de Itapemirim.

#### **- Preparativos da área**

A superfície de apoio do sistema de drenagem sub-superficial deverá estar nivelada conforme estabelecido no projeto. Deverá ser realizada a limpeza da superfície imediatamente antes da implantação da caixa de passagem, do poço de acumulação e da colocação da brita.

Toda a superfície deverá ser cuidadosamente inspecionada imediatamente antes da colocação da camada de brita, verificando se são atendidas as condições do projeto.

#### **- Controle dos materiais para a implantação da drenagem sub -superficial**

O controle dos materiais de construção da drenagem sub-superficial poderá ser limitado à inspeção visual seguindo as seguintes recomendações:

O controle visual deverá ser efetuado por pessoal orientado, de modo a garantir que somente seja utilizado o material especificado (pedra britada, areias e geotextil), tubo de PEAD e de concreto, concreto armado e alvenaria.

No caso da ocorrência de materiais diferentes daqueles especificados, esses deverão ser desprezados.

### **- Normas gerais de implantação**

Após a realização da terraplenagem deverão ser implantadas as caixas de passagem (alvenaria com base e tampa em concreto armado) e o poço de acumulação (base e tampa em concreto armado e anéis em concreto) conforme apresentado na Plantas 3 e 6 do Anexo V.

Antes da colocação geomembrana deverão ser implantados os drenos sub superficial constituído de drenos horizontais, revestido com geotêxtil (no mínimo 300g/m<sup>2</sup>), preenchido com rachão e uma tubulação corrugada e perfurada (drenos principais), em PEAD (Planta 30 do Anexo V).

#### **3.1.4 - Poços de monitoramento**

A construção dos poços de monitoramento das águas subterrâneas a serem implantados na área do futuro aterro deverá seguir as recomendações da Norma Brasileira NBR 13895 - Construção de Poços de Monitoramento e Amostragem.

#### **3.1.5 - Geomembrana (manta de pead)**

A seguir são apresentados os procedimentos a serem adotados quando da estocagem, movimentação e colocação da manta de PEAD de 1,5 mm de espessura. Estes procedimentos seguem as recomendações da Associação Brasileira de Geossintéticos – IGSBRASIL (IGSBR IGMT 01 - Instalação de Geomembranas Termoplásticas – Recomendações para Projetos).

##### **a) Recepção e armazenagem das geomembranas**

- Recebimento: Cada lote de bobinas ou painéis, recebido na obra, deverá estar identificado de acordo com a norma NBR 12592.
- Certificados de qualidade: Cada lote de bobinas ou painéis recebidos na obra deverá estar acompanhado do certificado de qualidade de fabricação da geomembrana fornecido pelo fabricante.

- Descarregamento das bobinas: O descarregamento na obra deverá ser feito, por empilhadeiras ou equipamento equivalente, como caminhões Munck, tratores com pá, etc., os quais permitam o seu içamento e a movimentação segura. O içamento deverá ser efetuado utilizando-se, cintas de poliéster, içando-os através de no mínimo dois pontos de sustentação, para evitar deformações.
  
- Inspecção visual externa das bobinas: Deverá ser inspecionado visualmente a parte externa do material recebido na obra. O exterior deverá estar livre de perfurações, bolhas, cortes ou rachaduras.
  
- Superfície de armazenamento: As bobinas deverão ser colocados sobre tablados de madeira ou sobre um colchão de areia, para evitar o contato direto com o solo, sendo que a superfície deverá ser plana, lisa e livre de pedras e materiais pontiagudos que possam danificar a geomembrana. Deverá-se evitar o armazenamento próximo a agentes químicos e fontes de calor.
  
- Empilhamento: Deverão ser seguidas as recomendações do fabricante que acompanham o produto, conforme indica a NBR 12592. Na falta destas recomendações é aconselhável o empilhamento em no máximo três níveis de bobinas.
  
- Encunhamento: O deslocamento das bobinas armazenadas em pilhas deverá ser restringido pelo uso de cunhas dispostas em cada um dos rolos inferiores antes da colocação do segundo nível, sendo que a cunha deverá ser lisa e de dimensões tais que não danifique a geomembrana.
  
- Posicionamento: As bobinas e painéis deverão ser armazenados considerando-se a ordem de retirada, conforme a modulação prevista, e o processo de abertura dos mesmos.

- Deslocamento e manuseio: O deslocamento das bobinas na obra, assim como o seu manuseio, deverão seguir as recomendações citadas no item descarregamento.

## **b) Preparação das superfícies**

### **Superfície de apoio:**

- A preparação da superfície de apoio deverá ser executada previamente, de acordo com as especificações do projeto.
- A superfície de apoio (fundo e taludes) deverá estar nivelada, compactada e isenta de qualquer tipo de material contundente, depressões e mudanças abruptas de inclinação do terreno não previstas no projeto. Deve-se promover a limpeza da superfície imediatamente antes da colocação da geomembrana.
- A colocação da geomembrana deverá ser realizada imediatamente após os serviços de preparação da superfície de apoio para evitar a deterioração do terreno produzida por chuva, vento, perda de umidade do solo e transito local.
- Toda a superfície deverá ser cuidadosamente inspecionada imediatamente antes da colocação da geomembrana, verificando se atende as condições do projeto.

### **Ancoragem:**

- As canaletas de ancoragem deverão ser executadas previamente, porém com um mínimo de defasagem da colocação da geomembrana, para evitar a diminuição da sua seção por desbarrancamento dos lados, pelo efeito da chuva.

- As canaletas deverão ser escavadas nas dimensões indicadas no projeto, sendo recomendados os seguintes valores mínimos: distância da borda do talude de 60 cm, largura de 30 cm e profundidade de 50 cm.

**Interferências:**

- As interferências com tubos, caixas de entrada / saída e com outras superfícies deverão ser tratadas como sugerem os esquemas apresentados no projeto, ou de forma similar, desde que seja garantida uma perfeita vedação.

**c) Instalação**

Imediatamente antes do início da instalação da geomembrana, deverão ser verificadas as condições da superfície de apoio e das canaletas de ancoragem.

**Registro dos trabalhos de instalação:**

- Deverá ser registrado, em forma de relatório de toda a seqüência executiva o número, a localização e a data de colocação de cada painel e o “as built” diário de toda a geomembrana instalada.

**Abertura e posicionamento da geomembrana:**

- A abertura da bobina deverá ser iniciada a partir da crista dos taludes e feita mecanicamente, de preferência.
- A geomembrana deverá ser aplicada no sentido da máxima inclinação do talude.

- A geomembrana deverá ser posicionada de forma a ter o mínimo possível de rugas ou ondas.
- Deverão ser previstas ancoragens temporárias, tipo sacos de areia ou pneus, que não causem danos a geomembrana, para evitar o levantamento dos painéis pelo efeito do vento.
- Caso seja inevitável o trânsito de veículos sobre a geomembrana instalada, deverá ser prevista uma proteção, que pode ser feita por exemplo, com um geotêxtil espesso ou ser executada através de uma via de circulação, de tal forma que o equipamento avance sobre a camada já colocada.

#### **Emendas:**

- As emendas deverão sempre ser executada no sentido da máxima inclinação do talude.
- Nos cantos e interseções o número de soldas deverá ser minimizado.
- Não deverão ser realizadas emendas horizontais nos finais e no início de painéis ao longo do talude, na parte superior do talude e a uma distância menor que 1,50 m do pé do talude, no fundo.
- Os transpasses entre painéis a serem emendados deverão ser de aproximadamente 10 cm para soldas por termofusão.
- Antes do início da solda os transpasses deverão estar limpos e isentos de umidade.
- Teste de avaliação das soldas:
  - As máquinas de solda por termofusão e seus operadores deverão ser

testadas imediatamente antes do início de cada jornada de trabalho (pela manhã e à tarde) e sempre que houver quaisquer mudanças nas condições do serviço (por exemplo, quando a máquina é desligada e esfria completamente), através de testes que avaliem as soldas executadas em tiras da geomembrana nas mesmas condições das soldas dos painéis.

- Os testes das soldas serão feitos em tiras de aproximadamente 1,0 m de comprimento por 0,30 m de largura, com a solda centrada ao longo do comprimento.
- Da tira soldada para teste deverão ser cortados dois corpos de prova, para serem ensaiados no tensiômetro de obra, para a verificação das suas resistências ao cisalhamento e ao descolamento. Esses corpos de prova deverão ter uma ruptura tipo FTB. Caso haja ruptura da solda, todo o teste deverá ser refeito e a máquina de solda com o respectivo operador não deverão ser aceitos até que as deficiências sejam corrigidas e duas soldas teste sejam executadas com sucesso.
- Quando durante a soldagem, por termofusão, o transpasse apresentar rugas ou ondas estas deverão ser cortadas de modo a tornar plana a área para passagem da máquina. Caso as áreas cortadas fiquem com transpasses inadequados, estes deverão receber “manchões” com formato oval ou redondo, da mesma geomembrana aplicada, soldados a ela por extrusão ou solda química, com tamanho de no mínimo 15 cm além da área cortada.
- Todo cruzamento de solda por termofusão deverá ter uma solda por extrusão, para a garantia da estanqueidade naquele ponto, nas geomembranas de PEAD. O transpasse superior da geomembrana deverá ser cortado na área que receberá a solda por extrusão e a nova solda deverá ser paralela a anterior.

#### **Verificação da estanqueidade global para obras:**

- Ensaios não destrutivos:

Todas as soldas deverão ter a estanqueidade verificada ao longo do seu comprimento, através de ensaios não destrutivos. Esses ensaios deverão ser realizados simultaneamente com os serviços de solda.

Ensaio de pressurização:

Deverá ser executado no espaço livre entre as duas linhas de solda por cunha quente ou ar quente, através de um equipamento capaz de suprir e sustentar uma pressão de 70 a 205 kPa, a qual depende da espessura e da rigidez da geomembrana. Realiza-se o ensaio da seguinte forma:

- Selam-se os dois extremos da linha de solda.
  - Coloca-se, em um dos extremos do canal, um dispositivo no qual com uma agulha conectada a uma válvula com manômetro, e injeta-se ar até alcançar uma pressão entre 70 e 205 kPa, de acordo com a espessura e a rigidez da geomembrana.
  - Espera-se dois minutos aproximadamente, para que haja estabilização do sistema e faz-se a leitura do manômetro.
  - Aguarda-se por um período de cinco minutos, e faz-se uma segunda leitura do manômetro. A máxima queda de pressão, que também é relacionada à espessura e a rigidez da geomembrana, deverá ser de 14 a 35 kPa. Caso a perda seja superior, a solda terá que ser reparada.
- Ensaios Destrutivos:

Deverão ser feitos para avaliar estatisticamente a qualidade das soldas, em corpos de prova de 2,54 cm de largura por 15 cm de comprimento. Estes ensaios deverão seguir, por exemplo, as recomendações das normas ASTM O 4437, D 413, D 3083 e O 638, e atender a duas propriedades básicas:

*Resistência ao Cisalhamento:*

Ensaio que consiste em submeter o corpo de prova, com a geomembrana superior presa a uma das garras do tensiômetro e a inferior presa à outra garra, a um esforço de cisalhamento direto e registrar a sua máxima resistência e o local onde ocorreu à ruptura. Esta propriedade é verificada segundo a norma ASTM O 3083, modificada segundo o apêndice A da recomendação NSF 54. Neste ensaio, para considerar a resistência adequada, costuma-se recomendar que os resultados sejam superiores a 80 a 95% do valor da tensão de escoamento da geomembrana.

*Resistência ao Descolamento:*

Neste ensaio o corpo de prova será preso às garras do tensiômetro do mesmo lado da solda, de forma a tentar abri-la. Esta propriedade será, verificada segundo a norma ASTM D 413 modificada, segundo o apêndice A da recomendação NSF 54. Para considerar atendida a resistência, o resultado deverá ser maior que 70% do valor da tensão de escoamento da geomembrana.

Tanto os ensaios de cisalhamento como de descolamento deverão ser repetidos em cinco amostras.

Quatro das cinco amostras deverão ser consideradas aprovadas.

Todas as amostras deverão romper por rasgamento da geomembrana FTB (Film Tear Bond).

**d) Controle da qualidade da instalação**

O instalador deverá comprovar a qualidade dos serviços de instalação da geomembrana através da apresentação de planilhas do registro dos trabalhos

de instalação para obras e dos relatórios dos ensaios não destrutivos e destrutivos realizados durante os serviços.

#### **e) Fiscalização para obras**

A fiscalização deverá verificar todas as etapas da instalação, ao mesmo tempo em que são realizadas, checando se satisfazem às especificações de projeto e às normas pertinentes. Sugere-se que a fiscalização verifique, no mínimo, os seguintes itens:

- Condições da superfície de apoio.
- Colocação e modulação dos painéis.
- Ancoragem temporária.
- Ancoragem definitiva.
- Equipamentos necessários para soldas.
- Equipamentos de ensaios de controle de qualidade.
- Reparos das soldas (por danos diversos, por eliminação de rugas, por parada de máquina, etc.).
- Acabamentos das soldas em interferências (tubos, paredes, etc.).
- Cruzamento de soldas.
- Elaboração do “as built” (esquema da modulação, interferências e reparos).
- Preenchimento das planilhas.
- Preenchimento do diário de obra.

#### **f) Relatório de entrega para obra**

Este relatório deverá conter no mínimo os seguintes itens:

- “As built” da área impermeabilizada, contendo além da modulação, a localização de todas as interferências e reparos.
- Planilhas da modulação.
- Planilhas do controle das soldas.
- Planilhas de todos os ensaios não destrutivos e destrutivos do controle de qualidade.

### **3.1.6 - Proteção superior da manta**

Esta especificação técnica tem por objetivo estabelecer normas e recomendações quanto à implantação da camada de argila a ser implantada para a proteção superior da geomembrana (manta de PEAD) no aterro.

#### **- Preparativos da área**

Deverá ser realizada a limpeza da superfície imediatamente antes da colocação da camada de argila.

Toda a superfície deverá ser cuidadosamente inspecionada imediatamente antes da colocação da camada de argila, verificando se atende as condições do projeto.

#### **- Controle do material construção da camada superior de proteção da geomembrana**

O controle do material de construção da camada superior de proteção da geomembrana (manta de PEAD) poderá ser limitado à inspeção visual seguindo os seguintes critérios:

O controle visual deverá ser efetuado por pessoal orientado, de modo a garantir que somente seja utilizado o material especificado (argila) reconhecido pela cor e textura características, e não contaminados por restos vegetais.

No caso da ocorrência de materiais diferentes daqueles especificados, esses deverão ser desprezados.

O controle da espessura da camada de argila será realizado topograficamente.

### **- Normas Gerais de Compactação**

Os lançamentos deverão ser executados em camadas horizontais na praça liberada, após demarcação de espessuras em toda faixa lateral com cruzetas de 20 em 20 m.

A argila lançada deverá ser espalhada e nivelada convenientemente de maneira a obter uma superfície plana e de espessura constante da camada a ser compactado.

Durante as operações de lançamento e espalhamento, deverá ser mantido pessoal necessário para remoção de raízes, detritos e outros materiais estranhos a argila.

A argila será compactada por rolo compactador (Porton Normal 95%).

A passada será definida como uma cobertura completa, abrangendo a totalidade da superfície e com uma superposição de 0,30 m entre faixas de compactação adjacentes.

Em locais estreitos onde não seja possível o uso do rolo compactador, a argila será lançada em camadas com até 10 cm de espessura para compactação com equipamento de pneus ou para compactação manual.

### **- Controle da Compactação**

O controle da compactação será exercido por inspeção visual e verificado, para efeito de registro, por ensaios de controle tecnológico;

O controle visual será efetuado por pessoal treinado para esse fim. Deverão ser observados os seguintes aspectos:

- tipo de material lançado;
- origem do material;
- homogeneidade do material lançado;
- espessura da camada antes e após a compactação;

-número de passadas e cobertura adequada da faixa compactada pelo equipamento compactador.

Caso a inspeção visual indique a ocorrência de grau de compactação abaixo do esperado, será indicada a execução de duas ou mais passadas adicionais.

### **3.1.7 - Sistemas de drenagem de percolados**

Esta especificação técnica tem por objetivo estabelecer normas e recomendações quanto à implantação do sistema de drenagem de líquidos percolados.

#### **- Preparativos da área**

Os drenos destinados à coleta de líquidos percolados, a serem implantados na base do aterro, serão em forma de losango, sendo formado por rachão envelopado com manta geotextil sobre uma tira de manta de PEAD, sendo que os drenos denominados como principal terão um tubo de PEAD perfurado em seu interior. Estes drenos deverão estar nivelados, conforme estabelecido no projeto. Deverá ser realizada a limpeza, da superfície de contato entre a camada de argila de proteção da manta e o dreno, imediatamente antes de sua implantação.

Toda a superfície de contato entre a camada de argila de proteção da manta e o dreno deverá ser cuidadosamente inspecionado imediatamente antes da implantação do sistema de drenagem, verificando se atende as condições do projeto.

#### **- Controle dos materiais drenagem de percolados**

O controle dos materiais de construção da drenagem de percolados poderá ser limitado à inspeção visual seguindo as seguintes recomendações:

O controle visual deverá ser efetuado por pessoal orientado, de modo a garantir que somente seja utilizado os materiais especificados (pedra britada, tubo e manta de PEAD e de concreto, concreto armado e alvenaria).

No caso da ocorrência de materiais diferentes daqueles especificados, esses deverão ser desprezados.

### **- Normas gerais de implantação**

Antes da implantação dos drenos de percolados propriamente dito deverão ser implantadas as caixas de passagem (alvenaria com base e tampa em concreto armado) indicadas e detalhadas na Planta 4 e 6 do Anexo V.

Os drenos de percolados, propriamente ditos, serão horizontais em forma de losango, sendo formado por rachão envelopado com manta geotêxtil (no mínimo  $300\text{g/m}^2$ ) sobre uma tira de manta de PEAD, sendo que os drenos denominados como principal terão um tubo de PEAD perfurado, com diâmetro de 0,17 m, em seu interior. Estes drenos deverão ser implantados após as caixas de passagem estarem implantadas.

### **3.2 - Operação do aterro**

Após a realização da terraplanagem da área do futuro aterro e dos sistemas de proteção ambiental previstos no projeto, os resíduos são descarregados, de baixo para cima, na base do talude localizado no fundo da área escavada.

Os resíduos deverão ser compactados por um trator de esteiras formando taludes que deverão variar de 1(H):3(V) a 1(H):2(V). Esta compactação será executada criando-se camadas de resíduos, de aproximadamente 0,3 m, e sobre as quais o trator de esteiras passará de 3 a 5 vezes.

### **3.2.1 - Equipamentos para operação do aterro**

Na operação rotineira do aterro será necessária a mobilização de no mínimo os seguintes equipamentos:

#### **- Trator de esteiras**

Este equipamento terá por finalidade o manuseio, organização e compactação dos resíduos além da manutenção dos acessos internos do futuro aterro.

No mínimo será necessário um trator de esteiras D6 - CATERPILLAR ou similar (potência entre 140 a 160 HP) para realização dos trabalhos.

#### **- Pá carregadeira**

A pá carregadeira terá a função principal de carregar os caminhões com material de cobertura (terra) e materiais em geral (areia, rachão, tubos, etc.).

Com base na natureza do serviço recomenda-se uma pá carregadeira Caterpillar 930 ou similar.

#### **- Retroscavadeira**

A retroscavadeira, em tempo parcial, terá como principal função a abertura de drenos de águas pluviais e líquidos percolados quando da abertura das valas de drenagem.

No mínimo será necessário uma retroscavadeira no período de abertura das valas com potência de 75 HP e rendimento na abertura de drenos por dia de 400 metros.



#### **- Caminhão basculante**

Terá como função principal o transporte da terra e materiais para o aterro.

Na operação do aterro deverá ser utilizado, no mínimo, um caminhão basculante.

#### **- Caminhão tipo pipa**

O caminhão tipo pipa terá como finalidade umedecer os acessos, auxiliar a lavagem dos equipamentos e transportar os líquidos percolados para a rede de esgoto.

Na operação do aterro deverá ser utilizado, no mínimo, um caminhão tipo pipa.

#### **- Veículos de apoio**

Para dar apoio à obra previu-se, no mínimo, dois veículos leva tipo Pick-Up.

#### **- Balança**

Será utilizada uma balança tipo rodoviária, com capacidade mínima de 30 t, para o controle de entrada no aterro de resíduos, terra e materiais em geral (areia, brita, etc.).

Durante implantação desta primeira etapa do aterro deverão ser mobilizados os seguintes equipamentos:

- 02 Tratores de esteiras;
- 01 Retro escavadeira;
- 02 Pás-carregadeira;
- 04 Caminhões basculantes;
- 02 Veículos leva tipo Pick-Up.

### 3.2.2 - Mão de obra

A operação do aterro será de 24 horas por dia, sete dias por semana.

A Tabela 3.2.2-1 apresenta a quantidade mínima e a especialização da mão-de-obra que será utilizada durante a implantação e a operação das duas etapas propostas.

**Tabela 3.2.2-1 - Quantidade e Especialização da Mão de Obra Utilizada nas Etapas do Empreendimento**

1ª Etapa do Aterro	
Implantação	Operação
- 01 Engenheiro civil;	- 01 Engenheiro civil;
- 01 Administrador;	- 01 Administrador;
- 01 Auxiliar de escritório;	- 01 Auxiliar de escritório;
- 02 Operadores de trator de esteiras;	- 04 Operadores de trator de esteiras;
- 01 Operador de retro escavadeira;	- 01 Operador de retro escavadeira;
- 02 Operadores de pá-carregadeira;	- 01 Operador de pá-carregadeira;
- 4 Motoristas de Caminhão;	- 02 Motoristas de Caminhão;
- 8 Vigias;	- 8 Vigias;
- 18 Auxiliares	- 6 Auxiliares (balança, manutenção, etc.).
<b>Total: 38 postos de trabalho</b>	<b>Total 24 postos de trabalho</b>

### 3.3 - Sistemas de drenagem superficial

O sistema de drenagem de águas pluviais tem como finalidade interceptar e desviar o escoamento superficial das águas pluviais da massa de resíduos, descarregando-as à jusante com controle de seu poder erosivo e reduzindo, ao máximo, a formação de líquidos percolados.

As canaletas encaminharão as águas coletadas para as descidas de água, escadas dissipadoras. Os efluentes das decidas de água serão direcionados para as lagoas de contenção e em seguida para os dissipadores de energia e em seguida para o terreno natural.

Nas bermas serão implantadas travessias com tubulação de concreto armado,

O sistema de drenagem proposto está representado nas Planta 5 do Anexo V.

Nota-se que esta proposta de sistema de drenagem deverá ser revista antes de sua implantação, no encerramento das etapas dos aterros, pois as cotas obtidas nas etapas encerradas do aterro deverão apresentar diferenças em relação às previstas originariamente no projeto.

Deverá também ser implantada uma drenagem, de caráter provisória, constituída de mais uma camada de concreto (diâmetro de 60 cm), no entorno da área do aterro propriamente dito.

### **3.4 - Encerramento**

Prevê-se, quando do encerramento total do aterro, a criação de uma área verde. Para tanto a cobertura da camada de revestimento deverá ter, no mínimo, 0,30 m de espessura de terra vegetal não compactada.

Para evitar o empoçamento de água na superfície, o que seria prejudicial para o desenvolvimento da vegetação, foi previsto uma declividade de no mínimo 1,0 % na cobertura do aterro.

Na cobertura vegetal do aterro, deverá ser utilizada a grama batatais (*Paspalum notatum*) ou grama São Carlos (*Axonopus sp*), espécies rasteiras que além de serem extremamente resistentes às secas, pragas e doenças, mostram-se eficientes em evitar o crescimento natural de espécies arbustivas, possuidoras de raízes que atingem profundidade superior a 0,5 metro.

Visando o desenvolvimento adequado das gramíneas, será necessário adicionar, ao solo vegetal, macronutrientes através de adubo químico tipo NPK, de fórmula 15-10-5 + 5% de enxofre.

Para melhorar a capacidade de absorção dos nutrientes pelo solo, prevê-se promover a correção do pH, que deverá estar próximo da neutralidade, ou seja, entre 5,5 e 7,5, sendo o ideal entre 6,8 e 7,0.

Após desenvolver uma análise no solo vegetal, havendo necessidade de elevar o pH, deverá ser aplicado calcário dolomítico. A quantidade adequada de calcário a ser aplicado no solo será definida através da análise de laboratório. Em geral cada 150 gramas de calcário dolomítico, incorporado a 1 m<sup>2</sup> solo, eleva o nível de pH em 1 ponto.

No geral, a taxa de aplicação de calcário no solo é de 1,5 – 2,0 t/ha.

Para melhorar o condicionamento do solo, prevê-se a aplicação de composto orgânico estabilizado (esterco de bovinos ou de galinha, dentre outros).

Após 4 – 5 meses do plantio da grama, será efetuada uma adubação de cobertura com aproximadamente 500 kg/ha na fórmula 10-15-5 (NPK). Na ocasião dessa adubação o solo deverá estar livre de umidade.

O Quadro apresentado a seguir apresenta um resumo dos adubos e corretivos a serem empregados.

Adubação inicial	15-10-5 + 5% S	1 t/ha
Adubação de cobertura	10-15-5 ou 10-10-10	500 kg/ha
Correção do pH do solo	Calcário Dolomítico	1,5 – 2,0 t/ha

O plantio será efetuado através de mudas (propagação vegetativa) da seguinte forma:

#### **- Abertura de linhas de sulco**

Após a incorporação do adubo químico e calcário dolomítico ao solo, se procederá à abertura de linhas de sulco, com dimensões de 10 por 10 cm, perpendiculares à declividade do terreno, com distância de 0,30 m entre linhas. O composto orgânico, será colocado dentro dos sulcos.

### **- Preparo e plantio de mudas**

As mudas terão aproximadamente 0,10 m de comprimento, devidamente enraizada, as quais serão plantadas ao longo dos sulcos, com espaçamento, entre mudas, de 0,15 m. Serão evitados os meses de inverno para o plantio das mudas e será dada preferência para os meses onde costuma chover com regularidade.

### **- Irrigação**

Até o efetivo pegamento das mudas, a irrigação será freqüente. Serão evitados, jatos fortes de água, que provocam a formação de sulcos e o arrancamento de mudas. A irrigação será realizada na forma de chuvisco leve e realizada nos períodos mais frescos do dia.

No plantio dos taludes serão utilizadas placas de grama. As placas terão formato retangular, com aproximadamente 0,40 x 0,20 m e 0,06 m de espessura, não devendo apresentar sementes ou material vegetativo de ervas daninhas.

As placas serão colocadas sobre a superfície dos taludes, justapostas e alterando as emendas. Os espaços vazios entre as placas serão preenchidos com terra. O plantio será feito no período de chuvas em que não haja necessidade de irrigação. No entanto, na falta de chuvas, o procedimento de irrigação será o mesmo descrito anteriormente.

## **3.5 – Monitoramento**

### **3.5.1 - Monitoramento da Qualidade das Águas Superficiais e Subterrâneas**

Com o objetivo de monitorar as características físico-químicas das águas superficiais e subterrâneas, bem como as possíveis alterações em decorrência da operação do aterro, será implantada no local uma rede de poços tubulares para monitoramento hidrogeológico, concebidos de acordo com as normas vigentes

Deverão ser realizadas coletas de amostras a cada dois meses, sendo que em cada amostra deverão ser determinados os parâmetros físico-químicos e microbiológicos apresentados nos Quadros a seguir.

**Parâmetros a serem determinados no monitoramento das águas superficiais e subterrâneas  
(Exames Físico – Químicos)**

<b>Parâmetros</b>	<b>Unidades</b>	<b>L.D.</b>
Alumínio	mg Al/L	0,08
Arsênio	mg As/L	0,010
Bário	mg Ba/L	0,30
Cádmio	mg Cd/L	0,004
Cobre	mg Cu/L	0,010
Chumbo	mg Pb/L	0,05
Cromo Total	mg Cr/L	0,016
Dureza	mg CaCO <sub>3</sub> /L	1,0
Ferro Total	mg Fe/L	0,012
Manganês	mg Mn/L	0,012
Mercúrio	mg Hg/L	0,001
Prata	mg Ag/L	0,009
Selênio	Mg Se/L	0,003
Zinco	mg Zn/L	0,001
Aspecto	-	-
Cor	mg Pt/L	5
Odor	-	-
Turbidez	N.T.U.	0
Alumínio Solúvel	mg Al/L	0,08
Chumbo Solúvel	mg Pb/L	0,05
Ferro Solúvel	mg Fe/L	0,012
Manganês Solúvel	mg Mn/L	0,012
Cianeto	mg CN/L	0,017
Sulfato	mg SO <sub>4</sub> /L	2
Fluoreto	mg F/L	0,10
Fenóis	mg C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH/L	0,001
Orto-Fosfato	mg P/L	0,011
Surfactantes	mg LAS/L	0,07
N nitrato	mg N/L	0,02
Cloreto	mg Cl/L	0,5
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	1
TOC	mg C/L	1,0

**OBS.: L.D.: Limite de detecção do método.**

**Parâmetros a serem determinados no monitoramento das águas superficiais e subterrâneas  
(Exames Microbiológicos)**

Parâmetros	Unidades
Contagem Padrão de Bactérias	UFC/mL a 35°C 48h
Coliformes Totais	NMP / 100 mL
Escherichia COLI	NMP / 100 mL

**Referências:** - AWWA – APHA – WPCI – Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater – 20ª Edição - Guia de coleta e preservação de amostras de água – 1ª Edição – CETESB 1988

Além do monitoramento das águas subterrâneas, será monitorada a qualidade da água superficial (segundo a legislação vigente) de curso d'água do entorno da área do aterro. Os parâmetros a serem analisados serão os mesmos acima relacionados e a periodicidade de coleta e análise das amostras será quadrimestral.

### **3.5.2 - Monitoramento Geotécnico**

As atividades do monitoramento geotécnico do aterro sanitário deverão considerar os seguintes parâmetros básicos: os deslocamentos horizontais e verticais, os níveis piezométricos, as pressões de gás, as vazões de chorume e os índices pluviométricos.

O monitoramento geotécnico será realizado por meio de vistorias sistemáticas e periódicas e da utilização de uma rede de instrumentação constituída, no mínimo, marcos superficiais de deslocamentos verticais e horizontais, medidores de nível d'água e piezômetros.

O comportamento deformacional do maciço é acompanhado e analisado por meio das observações das vistorias periódicas e dos resultados das leituras dos marcos superficiais, interpretados de forma integrada, para se verificar a persistência e/ou magnitude dos valores dos deslocamentos horizontais e verticais ao longo do tempo e, também, a necessidade de investigações específicas, da ampliação da rede de monitoramento ou de medidas corretivas.

#### ***Vistorias - Inspeções Visuais***

As vistorias compreendem exames visuais das condições superficiais do maciço do aterro, através de suas bermas e taludes e das áreas adjacentes. As vistorias ou inspeções

visuais constituirão o procedimento básico para a execução do monitoramento geotécnico, devendo ser realizadas em base contínua e de forma sistemática, por técnico experiente e treinado, que deverá percorrer toda a extensão do maciço do aterro e arredores verificando a existência de indícios de comportamento anômalo do maciço. A lista de verificação básica compreende a presença, origem e causas das seguintes feições:

- Trincas, deformações ou outros problemas no solo de cobertura e superfície do maciço do aterro;
- Trincas, desarranjos, alterações no caimento, empoçamentos, assoreamentos, transbordamentos ou outros problemas estruturais e funcionais dos dispositivos de drenagem superficial;
- Abaulamentos ou abatimentos (afundamentos) da superfície do aterro;
- Endossamentos de águas pluviais na superfície do aterro;
- Processos erosivos em formação e ou em desenvolvimento;
- Condições de umidade anômalas, surgências ou vazamentos de chorume.

Quando constatada qualquer uma destas feições, ou outra entendida como anômala, será feita sua descrição, documentação fotográfica, registro do local de ocorrência (cadastramento topográfico) e fenomenologia (mecanismos e processos de formação).

### ***Instrumentação Geotécnica***

Os instrumentos básicos utilizados serão os marcos superficiais de deslocamentos, os medidores de nível d'água, os piezômetros e, eventualmente, os manômetros de gás.

### **3.6 - Manutenção das estruturas de apoio e de proteção ambiental**

Durante toda a operação do aterro serão verificadas, semanalmente, as condições dos sistemas de drenagem e de monitoramento. Caso constata-se problema em algum dos sistemas, deverá ser acionada imediatamente a equipe responsável pela manutenção.

Após o encerramento da operação do aterro, por um período a ser definido em conjunto com o órgão de controle ambiental, será mantida uma equipe de manutenção disponível para efetuar obras na área desativada.

### **3.7 - Serviços complementares**

Finalizando os trabalhos executivos do aterro, o construtor deverá proceder a limpeza geral da área de atuação visando a entrega da obra, seguida da desmobilização do canteiro e recuperação da vegetação local caso tenha sido danificada.

## **4. MEMORIAL TÉCNICO**

No Anexo III, deste projeto, são apresentadas as seguintes memórias de cálculo:

- Balanço hídrico da região do aterro.
- Drenagem de gás do aterro.
- Vida útil do aterro.
- Estações compactas de tratamento de esgoto dos edifícios de apoio.
- Sistema de retenção de sólidos e de óleos.

## **5. ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS**

### **5.1 - Condições gerais**

As normas e especificações a seguir apresentadas serão obedecidas nas obras do aterro sanitário de Cachoeiro de Itapemirim.

### **5.2 - Disposições gerais**

As obras compreendem terraplenagem, operação de aterro sanitário, implantação e manutenção do sistema de proteção ambiental e cobertura vegetal.

### **5.3 - Objetivo das especificações técnicas**

As presentes especificações têm por objetivo o estabelecimento das normas gerais de implantação e de execução do futuro aterro sanitário de Cachoeiro de Itapemirim.

### **5.4 - Das leis e regulamentos**

Serão cumpridos todos os encargos da legislação social, trabalhista e fiscal vigentes, a saber: contribuições e recolhimento ao Instituto Nacional de Previdência Social, ao Fundo de Garantia do Tempo de Serviço, ao Programa de Integração Social e às Entidades autorizadas por lei.

Serão mantidos seguros contra roubo dos materiais depositados nas obras e cumpridas as exigências da legislação que institui a "Anotação de Responsabilidade Técnica" na prestação de serviços de engenharia, arquitetura e agronomia, apresentando-se comprovação do recolhimento da taxa fixada pelo CONFEA.

### **5.5 - Da proteção às obras e ao pessoal**

O executor das obras será o único responsável, por quaisquer danos que vier a causar, em consequência do serviço, a materiais, bens ou pessoas, quer sejam próprios ou de terceiros.

Nos trechos das obras que apresentarem riscos de acidentes, deverá ser mantida adequada sinalização diurna e noturna, respondendo o executor das obras pelos danos causados por falhas no cumprimento deste dispositivo.

### **5.6 - Da vigilância**

Os serviços de vigilância e a responsabilidade da guarda de materiais, ferramentas e equipamentos, nas áreas dos trabalhos, serão de inteira e única responsabilidade do executor das obras.

### **5.7 - Da direção e andamento das obras**

Logo após o início das obras, o responsável pela obra realizará seu cronograma físico-financeiro, com a indicação das datas de início e conclusão de cada serviço, ajustadas ao período efetivo de execução das obras. Correções poderão ser feitas posteriormente nesse cronograma, a fim de adequá-lo às condições reais de execução. A não ser em consequência de trabalhos extraordinários não previstos nestas especificações ou no projeto, decorrentes de condições meteorológicas desfavoráveis.

O executor das obras deverá arquivar, para futuro controle por parte do órgão de controle ambiental, mensalmente, em uma via, fotografias do andamento das obras. As obras deverão ser fotografadas no dia 30 de cada mês. O executor das obras deverá estudar modificações ou alterações do projeto original não podendo porém executar qualquer destas modificações ou alterações, no todo ou em parte, sem prévia autorização, por escrito do órgão de controle ambiental.

### **5.8 - Materiais a serem empregados nas obras**

Todos os materiais deverão satisfazer as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) que lhes forem pertinentes. Os materiais serão submetidos a ensaios de conformidade. Os resultados desses ensaios serão, antes da aplicação do material, submetidos ao exame da fiscalização, que rejeitará os que não satisfizerem às Normas, autenticando-se as amostras que forem aprovadas, as quais deverão ser conservadas no canteiro de obras até o final dos trabalhos, de forma a facilitar, a qualquer tempo, a verificação de sua perfeita correspondência aos materiais fornecidos ou já empregados.

### Cimento Portland Comum (NBR-05732 e 07215)

- a - perda ao fogo..... 4,3% (máximo)
- b - resíduo insolúvel..... 1,0% (máximo)
- c - anidrido sulfúrico..... 2,65% (máximo)
- d - óxido de magnésio..... 6,4% (máximo)

### Cimento Portland de Alto Forno (NBR 05735)

- a - perda ao fogo..... 4,3% (máximo)
- b - resíduo insolúvel..... 1,0% (máximo)
- c - anidrido sulfúrico..... 3,0% (máximo)
- d - óxido de cálcio..... 5,5% (máximo)

Poderão, a qualquer instante, ser solicitadas análises complementares, caso ocorram dúvidas a respeito da qualidade do material aplicado, rejeitando-se eventuais partidas que não venham a satisfazer as especificações.

### Cimento Portland Branco

Deverá ser empregado cimento, de primeira qualidade e de marca conhecida.

### Água

A água destinada ao amassamento de concreto deverá obedecer ao disposto na NBR 06118, considerando-se, satisfatória em princípio, a água potável fornecida pela rede pública de abastecimento domiciliar.

As águas suspeitas quanto à possibilidade de emprego em concreto armado, deverão ser submetidas a ensaios comparativos em corpos de prova especialmente moldados utilizando-se para tanto, águas de qualidade reconhecidamente satisfatórias. Qualquer indicação de expansão, variação do tempo de pega ou redução da resistência à

compressão de mais de 10%, em qualquer idade, serão suficientes para rejeição da água.

### Areia

A areia será usada no preparo do concreto (NBR-07211), no das argamassas e como base do pavimento de blocos. Será usada, de preferência, areia de rio.

Nas faixas indicadas na NBR-07211, serão tomados os seguintes valores como limites aceitáveis de material nocivo, para concreto e para argamassa:

- argila em torrões ..... 1,5%
- materiais carbonosos..... 1,0%
- material pulverulento..... 5,0%.

A areia será aceita como boa, ainda que sua granulometria não se enquadre em uma das faixas da NBR-07211, se estudos prévios de dosagem (seguida de ensaios) mostrarem que com ela pode-se obter concreto com as características definidas no Projeto Executivo. Serão observados todos os demais dispositivos da NBR-07211, além dos das seguintes normas NBR: 6468, 6465, 6467, 7271, 7218, 7219, 7220, 7221, 7251, 7809, 9773, 9917, 9937, 9938, 12695.

Os torrões de argila deverão apresentar concentração inferior a 3% e a matéria orgânica inferior a 2%. Eventualmente, a critério da fiscalização, far-se-ão ensaios de qualidade conforme a NBR 07211. As areias que apresentarem visivelmente torrões de terra, gravetos, grãos friáveis e impurezas desse gênero, serão rejeitadas automaticamente, independentemente de ensaios. No tocante à sua granulometria, a areia deverá apresentar módulo de finura superior a 2,30.

### Pedra Britada

A pedra britada - ou brita – que será usada como agregado graúdo do concreto e na confecção de base de pisos. Ela poderá resultar do britamento de rocha granítica, basáltica ou gnáissica, ou, menos comumente, do britamento de seixos rolados.

Como agregado graúdo de concreto, a brita terá de obedecer as exigências da NBR-07211, assim como as das demais normas relacionadas.

A granulometria deverá, de preferência, aproximar-se da faixa II -12,5/90 mm - da NBR-07174, assim como o que nesta norma está consignado para "pedra britada".

### Seixo

O concreto também poderá ser preparado com seixos rolados, se devidamente dosado para esse material. É vedado o uso de seixos rolados em concreto dosado para pedra britada, sem prévio reestudo de dosagem.

Nas demais exigências os seixos rolados deverão satisfazer as mesmas especificações exigidas para a brita.

### Aço em Tela Soldada Para Concreto Armado

Para as telas em aço soldado, será utilizado aço CA-60, atendendo as características prescritas pela ABNT e pelo IBTS (Instituto Brasileiro de Telas Soldadas).

A execução de painéis de tela, soldados no canteiro, será feita sobre estrados de madeira, de forma a isolá-los do contato direto com o solo.

### Aço para Concreto Armado

O aço para concreto armado deverá satisfazer a todas as condições estabelecidas pela NBR 07480. Deverão ser tomadas precauções especiais para se evitar o contato da armadura com óleos e antiadesivos eventualmente usados nas formas.

Poderão ser exigidos ensaios periódicos do material, segundo as NBR 06152 e 06153.

Antes de sua colocação, as barras de aço deverão estar limpas de pintura, óleos ou ferrugem.

As emendas serão realizadas em obediência ao disposto na NBR 06118, sendo vetadas as emendas por solda em barra de categoria B.

Os eventuais ferros de espera deixados para a continuação de execução de estruturas em etapas futuras, deverão ser pintados com zarcão e envelopados em concreto magro.

### Formas de Madeira

Poderão ser executadas em madeira serrada, em bruto ou aparelhada e em chapas de madeira compensada.

No caso de madeira serrada, em bruto ou aparelhada, esta não poderá ter espessura inferior a 25 mm.

Será permitido o reaproveitamento de peças desde que se realize a conveniente limpeza e se verifique estarem os materiais isentos de deformações.

### Concreto Estrutural

A dosagem racional do concreto, para início da obra, será realizada para tensões de ruptura por compressão axial, por tração na compressão diametral ou por tração na flexão, de acordo com o padrão de execução indicado a seguir:

- *Condição de obra*: presença permanente de engenheiro na obra; todos os materiais medidos em peso; umidade dos materiais comparados freqüentemente por métodos precisos;
- *Coefficiente de variação (CV)* 15%
- Tensões de ruptura aos 28 dias:
  - tensão de compressão 38 MPa
  - tensão de tração por compressão axial 3,4 MPa
  - tensão de tração por flexão 5,1 MPa

Na obra, a partir da chegada dos primeiros certificados oficiais de controle de qualidade de execução do concreto, com coeficientes de variação diferentes dos fixados preliminarmente, a tensão de ruptura aos 28 dias, para a dosagem do traço, será determinada pela expressão:

$$T_{c_{28}} = \frac{300}{1 + \frac{0,84 + CV}{100}}$$

onde:

**CV** é o coeficiente de variação obtido

**T<sub>c<sub>28</sub></sub>** é a tensão média de ruptura, por compressão, aos 28 dias, para a dosagem adotada.

As granulometrias dos agregados graúdo e miúdo obedecerão o prescrito na norma NBR-07211. As porcentagens de cada um, assim com a de cimento e de água, será determinada por dosagem experimental, tendo em vista amostras dos agregados disponíveis localmente, recolhidas conforme a NBR-09941.

A dosagem experimental terá por meta concreto de  $f_{ck} = 18$  MPa, além de levar em consideração a agressividade do meio ambiente tanto ao cimento como ao aço que será o CA-50.

Antes do lançamento do concreto, as superfícies das formas que ficarão em contato com o concreto serão limpas, convenientemente molhadas, calafetadas e tomar-se-ão as demais precauções preconizadas pelo art 9.5 da NBR-6118.

Antes do lançamento do concreto, as superfícies das formas que fiquem em contato com o concreto, serão limpas, convenientemente molhadas, calafetadas e tomar-se-ão as demais precauções preconizadas pelo art. 9.5 da NBR-6118.

O aço para as armaduras, bem como sua montagem, deverá atender às prescrições das Normas Brasileiras NB 01310, NBR 07480, NBR 07481.

As barras de aço deverão ser limpas e isentas de crostas soltas de ferrugem e de barro, óleos ou graxa e de outros elementos inconvenientes ou prejudiciais.

Para manter a armadura no lugar, durante todas as operações de lançamento do concreto e adensamento, será permitido o uso de fixadores e espaçadores que, entretanto, deverão ser colocados de maneira a não manchar ou deteriorar o concreto.

No transporte do concreto para os locais de lançamento, serão empregados métodos e equipamentos que evitem a segregação e as perdas dos materiais componentes. O transporte deverá ter a menor duração possível, não excedendo de 60 minutos o prazo máximo entre o início da mistura e o lançamento, a menos que o Projeto Executivo preveja longas durações de transporte, no qual caso serão utilizados, por ocasião da mistura, aditivos retardadores de pega.

O lançamento do concreto deverá obedecer ao plano prévio específico e aprovado pela fiscalização, não se tolerando juntas de concretagem não previstas no referido plano. A altura máxima de queda livre do concreto não poderá exceder 2,5 m, não se tolerando também, o emprego de calhas, nem o lançamento em locais onde exista água acumulada.

As juntas de concretagem, que deverão ser no menor número possível, serão rigorosamente limpas, com auxílio de ar comprimido e lavagem com água. Essa operação será feita quando o concreto estiver ainda em fase de endurecimento.

Se eventualmente, a operação só puder processar-se após o endurecimento do concreto, a limpeza da junta far-se-á mediante o emprego de jato de ar comprimido e areia.

O concreto deverá ser adensado por meio de equipamentos mecânicos: de vibradores de imersão, de configuração e dimensões adequadas às várias peças a serem preenchidas. Vibradores de forma só serão empregados, usando-se medidas especiais, visando assegurar indeslocabilidade das formas e/ou sua indeformabilidade.

Após o prazo necessário para o endurecimento do concreto de todas as peças envolvidas, deverão ser providenciadas a desformas, obedecendo ao art. 14.2 da NBR-6118. Afim de facilitar a desforma, será facultada a aplicação de óleo ou outros antiadesivos nas superfícies das formas em contato com o concreto, desde que seja demonstrada a inocuidade do material.

Os prazos para desforma, citados no art. 14 da NBR-6118, poderão ser reduzidos mediante comprovação de suficiência por meio de ensaio em corpos de prova do concreto aplicado.

Os materiais destinados ao preparo do concreto serão armazenados de forma a evitar-se sua contaminação com elementos estranhos ou a alteração de suas características.

No caso de utilização de concretos pré-misturados, será feito pela fiscalização o controle direto do preparo das misturas nas centrais de produção, com o objetivo de se conseguir a fiel observância dos traços, da qualidade e da uniformidade das misturas, bem como da realização dos testes necessários. Far-se-á a adição da água sempre na central, após o controle da umidade da areia. Na obra, a fiscalização receberá o material somente após a execução de teste de abatimento.

A utilização de concreto pré-misturado estará condicionada à possibilidade de garantir o atendimento das condições acima especificadas.

A cura do concreto estará sujeita a exame de modo que se atente a que não haja perda de água de hidratação.

Se prevista no Projeto Executivo, será adotada a cura acelerada a vapor, sob controle especial e rigoroso, por meio de ensaios programados.

No caso de falhas nas peças concretadas, deverão ser providenciadas medidas corretivas, compreendendo demolição, remoção do material demolido e recomposição com emprego de adesivos estruturais tipo Colma-Fix e materiais adequados, aprovados.

O grau de controle de qualidade dos concretos será fixado dentro do estipulado nos artigos correspondentes na NBR 6118. Uma vez escolhido o grau e após sua aprovação, este será mantido até a execução completa dos diferentes serviços, só sendo admitida mudança para um controle inferior com autorização prévia. O controle, eventualmente fixado pelo projeto, em partes da fundação ou em sua totalidade, deverá ser rigorosamente observado.

O traço a ser empregado será acompanhado do controle estatístico dos testes de resistência em corpos de prova, conforme determinam as Normas Brasileiras. Os testes serão feitos em laboratório com aparelhamento calibrado por laboratório oficial e assistidos pela fiscalização.

Em cada concretagem, serão retirados três corpos de prova para cada metro cúbico de concreto, como estipula a NBR 6118. Esse número será aumentado para seis corpos a cada metro cúbico, no início de cada etapa da obra, e, quando houver mudanças no traço ou alteração das características dos materiais constituintes da mistura, no sentido de permitir, rapidamente e com maior precisão, o controle estatístico da qualidade obtida.

### Cal Hidratada

Não há restrição ao emprego de cal hidratada em pó, em substituição à cal virgem extinta no canteiro. Deverá obedecer às Normas NBR 07175 e 10791.

### Argamassas

As argamassas deverão ser preparadas em masseiras, tabuleiros, estrados ou superfícies planas, impermeáveis e resistentes. Deverão seguir as Normas NBR 07200, 11801 e 12041.

As argamassas contendo cimento deverão ser utilizadas até 2,5 horas, no máximo, a contar do primeiro contato do cimento com a água.

Nas argamassas de cal, contendo pequena proporção de cimento, este será adicionado

no momento do emprego.

Serão adotados, conforme o fim a que se destinam, os seguintes tipos de argamassas definidos pelos seus traços volumétricos.

- Para chapisco, 1:3 cimento e areia grossa.
- Para emboço e alvenaria de tijolos comuns: uma parte de cimento para cada 12 partes de argamassa 1:4 de cal e areia.
- Para reboco, 1:2 cal em pasta e areia;
- Para assentamento de ladrilhos cerâmicos, argamassa de cimento e areia, traço 1:3, com uma camada de pó de cimento para aplicação das peças.
- Para assentamento de azulejos, argamassa de cimento, cal e areia, traço 1:1:6.

#### Impermeabilizante

O Impermeabilizante a ser aplicado nas lajes será do tipo tratamento especial HEY'DI, de qualidade igual ou superior, no seguinte traço:

- Pó N.º 1.....Consumo mínimo 1,4 kg/m<sup>2</sup>
- Pó N.º 2.....Consumo mínimo 1,6 kg/m<sup>2</sup>
- Líquido celador.....Consumo mínimo 0,6 kg/m<sup>2</sup>

Os impermeabilizantes para adição à argamassa e para pinturas de superfícies, deverão ser de marca reconhecida e comprovadamente eficientes.

#### Tijolos Comuns e Tijolos Furados

Os tijolos serão bem cozidos, sonoros, duros, faces planas, arestas vivas e dimensões uniformes, da melhor qualidade que se encontrar na praça e deverão atender a todos os requisitos da NBR 05711, 07170 e 08041.



### Madeiras

- A madeira serrada e beneficiada deverá satisfazer a NBR 7203.
- A madeira para estruturas obedecerá à NBR-07203.
- Os ensaios de madeira, se necessários, regular-se-ão pela NBR-06230.

A madeira não deverá ficar estocada durante muito tempo ao ar livre, sujeita a secagens e umedecimento alternadamente.

Para emprego provisório em escoramentos, será usado o pinho, devendo, também, ser usadas peças em madeira de lei ou madeira roliça, dependendo dos esforços a que forem submetidas.

### Esquadrias

Toda a madeira a ser empregada deverá ser seca e isenta de defeitos que comprometam sua utilização, como sejam rachaduras, nós, escoriações, falhas e empenamentos.

As esquadrias deverão satisfazer as Normas NBR 07007 e 09763.

### Vidros

Deverão ser claros, sem manchas ou bolhas, de espessura uniforme e perfeitamente plana, satisfazendo a todas as prescrições da NBR-11706. Amostras dos vidros deverão ser submetidas à fiscalização. Os vidros terão 3 mm de espessura, foscos ou martelados nos sanitários e transparentes nas demais aplicações.

### Peças cerâmicas

Ladrilhos, rodapés, soleiras e peitoris deverão ser bem cozidos, de massa homogênea e perfeitamente planos.

Quando fraturados, para serem examinados, não deverão apresentar camadas ou folhelhos.

Serão de marca reconhecida, dimensões regulares e, tanto quanto possível, impermeáveis, devendo satisfazer a norma NBR 6465.

Os ladrilhos serão de 15x15 ou 20 x 20 cm e os rodapés de 7,5 cm X 15 cm. Os peitoris terão pingadeiras. Os rodapés e peitoris serão peças boleadas.

A cor e a tonalidade das peças cerâmicas deverão ser perfeitamente uniformes.

### Azulejos

Os azulejos serão planos, brancos, lisos, e com dimensões 15 cm x 15 cm de igual qualidade, tudo de acordo com a NBR 05641 e 08045.

As peças serão primeiramente selecionadas por bitola, refugando-se as defeituosas ou empenadas.

### Rede de água

Os tubos e conexões deverão ser de PVC, classe 20, tipo ponta e bolsa, de acordo com a NBR 05626.

Tubulações embutidas, até o diâmetro de 1 1/2" inclusive, serão fixadas pelo enchimento total do vazio resultante dos rasgos, com argamassa de cimento e areia no traço 1:5. As de diâmetro superior, além do referido enchimento, levarão grapas de ferro redondo 3/16" em quantidade e espaçamentos adequados para manter inalterada a posição do tubo.

Os registros, torneiras e válvulas serão de metal cromado, sem canopla.

O corte de tubulações só será feito em seção reta, sendo apenas rosqueada a parte que ficará dentro da conexão. A junta, na ligação de tubulações, será executada de maneira a garantir uma perfeita estanqueidade, tanto para passagem de líquidos como de gases. As

deflexões das canalizações serão executadas com auxílio de conexões apropriadas.

As canalizações de distribuição nunca serão inteiramente horizontais, devendo apresentar declividade mínima de 2% no sentido de escoamento.

As deflexões e derivações das tubulações serão executadas com conexões apropriadas para cada caso. A vedação das extremidades das canalizações se dará por plugs apropriados. As instalações serão executadas com emprego de materiais e peças adequadas, sendo vedadas improvisações.

#### Rede de Esgoto Sanitário

Os tubos e conexões deverão ser de PVC, do tipo ponta e bolsa, com anel de vedação, de primeira qualidade, conforme as normas NBR-05688, 07362, 07372, 07670, 10569.

As caixas-ralos, ralos, sifões, e tubulações dos sanitários, serão de plástico PVC, de primeira qualidade.

A estação de tratamento de esgoto deverá ser do tipo compacta formada por elementos em fibra de vidro, de primeira qualidade.

#### Louças e Metais Sanitários

Todas as louças e metais sanitários, deverão satisfazer a NBR-10256, submetidos à fiscalização antes da sua aplicação. As louças serão brancas, vitrificadas e auto sifonadas, e, os metais segundo a NBR-10281, deverão ser latonados, lisos. Os ralos deverão ter grelhas aparafusadas com parafusos de latão.

Todo aparelho sanitário, na sua ligação ao ramal de descarga ou ao ramal de esgoto, será protegido por um desconector (sifão, ralo sinfonado ou caixas sinfonadas).

A colocação de aparelhos e das peças complementares obedecerá a estas especificações

e às do fabricante. O perfeito estado de cada aparelho será cuidadosamente verificado antes da sua colocação, devendo o mesmo ser novo.

#### Tubos de Concreto Simples Centrifugado

Os tubos para a coleta de águas pluviais até o diâmetro de 30 cm serão de concreto simples, centrifugados. Os tubos de concreto simples deverão satisfazer às prescrições das Especificações Brasileiras NBR-09793 classe Cl.

#### Tubos de Concreto Armado

Os tubos para drenagem, com diâmetro superior a 0,60 m, inclusive, deverão ser de concreto armado, classe CA-2, especificação NBR-09794.

#### Materiais para Pintura

##### Tinta Látex

Deverá ser usada tinta a base de P.V.A., da SUVINIL ou similar, para exteriores e para interiores.

##### - Tinta com Pigmento de Alumínio

Antes da aplicação da tinta com pigmento de alumínio, que deverá ser de primeira qualidade, deverão ser passadas 2 demãos de zarcão, da melhor qualidade existente na praça.

##### Tinta a óleo

Deverá ser utilizada a tinta bruta composta por alvaiade, aguarrás e secante, seguida de tinta brilhante. As tintas só poderão ser diluídas ou afinadas com solventes apropriados, de acordo com as especificações do fabricante.

### Manta Geotextil

As Mantas Geotextil deverão atender, no mínimo, as seguintes especificações:

Propriedade	Unidade	Valor
Densidade Superficial	g/m <sup>2</sup>	300
Espessura	-	-
Pressão 0,0 kPa	mm	3,5
Pressão 2,0 kPa	mm	2,7
Porosidade	%	92
Flexibilidade	KN-1m-1	67
Resistência a Tração	KN	1,32
Alongamento	%	70 a 80

### Membrana de Polietileno de Alta Densidade (PEAD)

As membranas de PEAD deverão atender, no mínimo, as seguintes especificações:

Propriedade	Método Ensaio	Espessura Nominal
Densidade	DIN 53479	0,95
Índice de Fluidez	DIN 53635	1
Propriedades Mecânicas	DIN 53455	
- Tensão no Escoamento	(N/mm <sup>2</sup> )	17
- Tensão na Ruptura	(N/mm <sup>2</sup> )	35
- Elongação no Escoamento	%	8
- Elongação na Ruptura	%	700
- Módulo de Elasticidade	(N/mm <sup>2</sup> )	420
Dureza Shore D	DIN 53505	58
Temperatura Fragilização	ASTM D 746 B	-75
Estabilidade Dimensional	ASTM D 1204	1,5
Resistência Tenso Fissuramento	ASTM D 1693	5.000
Resistência ao Puncionamento	FTMS 101	530
Coef. Dil. Térmica Linear	DIN 53328	1,8
Tempo Indução Oxidativa	ASTM D 3895	140

**Obs: Os valores são típicos de ensaios, exceto quando indicados como mínimo ou máximo.**

### Instalações Elétricas

As instalações elétricas deverão ser executadas de acordo com os projetos aprovados pela NB-3. A mão de obra utilizada nos serviços será sempre de alto padrão técnico, sendo as instalações elétricas executadas com esmero e bom acabamento, sempre visando a facilidade de inspeção e conservação.

Condutores, canalizações e todo o equipamento deverão ser cuidadosamente fixados e firmemente ligados aos respectivos pertences e executados com ferramentas apropriadas.

Os eletrodutos deverão ser instalados de modo a constituir uma rede contínua, na qual os condutores possam em qualquer tempo ser enfiados e desenfiados, sem prejuízo para o seu isolamento e sem precisar intervir na tubulação. Para os cabos de baixa tensão, os dutos deverão ser de 4", de polietileno de alta resistência.

Os condutores deverão ser introduzidos depois de a rede de eletrodutos estar completamente terminada e concluídos todos os serviços de construção que os possam danificar (emboço, reboco, etc.). Fios ou fitas de aço destinados a facilitar a introdução dos condutores na rede de eletrodutos deverão ser usados, desde que introduzidos somente depois de terminada a respectiva tubulação.

As caixas que contiverem interruptores e/ou tomadas deverão ser fechadas pelos espelhos que completam a ligação destes dispositivos. As caixas deverão ser colocadas de modo que as placas e espelhos fiquem rigorosamente a prumo e em nível. Durante a execução da obra, as caixas deverão ser preenchidas com papel, para evitar obturações. A colocação de aparelhos e espelhos de interruptores e tomadas só será realizada depois da pintura da edificação.

### Demais Materiais

Todos os materiais que não foram especificados e que eventualmente, vierem a ser aplicados, deverão satisfazer as normas NBR que se lhes relacionarem.

## 6. CRONOGRAMA

A Figura 6-1, apresenta o cronograma de implantação e operação do futuro aterro sanitário de Cachoeiro de Itapemirim.

**Figura 6-1 - Cronograma Físico de Execução da Primeira Etapa do Futuro Aterro Sanitário do Município de Cachoeiro de Itapemirim**

Etapa	Camada	Cota Superior da Camada	Mês						
			0 A 2	3 A 9	10 A 13	14 A 17	18 A 19	20	21 A 24
1º	<b>Implantação</b>								
	<b>Operação</b>								
	1	154							
	2	158							
	3	162							
	4	166							
	5	170							
<b>Monitoramento</b>									
<b>Encerramento</b>									

## 7. ESTIMATIVA DE QUANTIDADES E DE CUSTOS

As Tabelas 7-1 apresenta um resumo da estimativa orçamentária para a implantação e operação, monitoramento e encerramento do aterro. No Anexo III são apresentados, detalhadamente, os quantitativos e o custos adotados.

Deve-se ressaltar que os valores monetários referem-se ao mês de Maio / 2.007 (Fonte: Revista Construção São Paulo – PINI e/ou fornecedores), não tendo sido computado o valor do terreno e o BDI – Benefícios e Despesas Indiretas.

**Tabela 7-1 - Custos da Primeira Etapa do Futuro Aterro sanitário de Cachoeiro de Itapemirim**

Atividade	Custo (1.000 R\$)
Implantação	2.883,84
Operação	-
1º camada (cota 154)	1.245,46
2º camada (cota 158)	862,24
3º camada (cota 162)	670,63
4º camada (cota 166)	479
5º camada (cota 170)	96
Monitoramento	397,00
Encerramento	12,63
<b>Custo Total (1.000 R\$)</b>	<b>6.646,62</b>



## 8. CRONOGRAMA FÍSICO - FINANCEIRO

A Figura 8-1 apresenta o cronograma físico-financeiro das obras de implantação, operação, manutenção e encerramento do futuro aterro sanitário de Cachoeiro de Itapemirim.

Figura 8-1 - Cronograma Físico Financeiro

Etapa	Camada	Cota Superior da Camada	Mês / Custo (1.000 R\$)						
			0 A 2	3 A 9	10 A 13	14 A 17	18 A 19	20	21 A 24
1º	Implantação		2.883,84						
	Operação								
	1	154		1.245,46					
	2	158			862,24				
	3	162				670,63			
	4	166					479		
	5	170						96	
Monitoramento			24,80	118,32	81,91	63,71	45,51	9,10	53,65
Encerramento									12,63
<b>Custo Por Período (1.000 R\$)</b>			2.908,63	1.363,78	944,15	734,34	524,53	104,91	66,28
<b>Custo Por Período Acumulado (1.000 R\$)</b>			2.908,63	4.272,41	5.216,56	5.950,91	6.475,44	6.580,34	6.646,62



## 9. ANEXOS

ANEXO I  
ANOTAÇÕES DE RESPONSABILIDADE  
TÉCNICA (ART / CREA)

# ANEXO II

## SONDAGENS GEOLÓGICAS E ENSAIOS DE PERMEABILIDADE

# ANEXO III

## MEMORIAL DE TÉCNICO / CÁLCULO

## CÁLCULO DO BALANÇO HÍDRICO

Para o cálculo do Balanço Hídrico adotou-se a metodologia proposta na publicação “Resíduos Sólidos Industriais” – Volume I/Convênio CETESB/ACETESB descrita a seguir.

$$Q_m = \frac{PER \cdot A}{2.592.000} \text{ (l/s)}$$

Onde :

$Q_m$  = vazão percolada (em l/s)

$PER$  = altura percolada, (em mm)

$A$  = área de contribuição da seção considerada (em m<sup>2</sup>)

O valor de  $PER$  foi obtido conforme demonstrado a seguir:

$P$  = Índice de Precipitação Pluviométrica.

$EP$  = Evapotranspiração Potencial, obtida através de evaporímetros.

$ES$  = Escoamento Superficial

$$ES = C' \cdot P \Rightarrow C' = \alpha \cdot C$$

onde:

$C'$  = escoamento superficial (Tab. 1)

$C$  = depende do tipo de solo e da declividade

$\alpha$  = depende da estação do ano

$I$  = Infiltração

$I = P - ES$

$I - EP$  = Diferença entre as quantidades de água infiltrada e evapotranspirada.

Se valores negativos, significam perda potencial de água armazenada no solo.

Se valores positivos, representam a recarga de água no solo, podendo resultar em percolação, se for ultrapassada a capacidade de campo do solo.

$\Sigma Neg (I - EP)$  = Perda potencial de água acumulada.

Representa a quantidade de água armazenada no solo, que é perdida pela Evapotranspiração. É obtida somando-se mês a mês apenas os valores negativos de  $(I - EP)$ . Para os meses que apresentarem valores positivos para  $(I - EP)$ , é atribuído o valor 0 (zero) para  $\Sigma Neg (I - EP)$ .

AS = Armazenamento de água no Solo.

É obtida da seguinte forma:

Inicialmente calcula-se a quantidade de água disponível pela capacidade de campo da camada de solo de cobertura (ASc), que é obtida multiplicando-se a água disponível por metro de solo pela profundidade da zona de raízes (considerada igual a 36 cm). A Tabela 02 apresenta a quantidade de Água disponível em função do tipo do solo de cobertura;

O valor obtido para ASc, representa a quantidade máxima de água armazenada no solo, não devendo portanto, ser ultrapassado;

Para os meses que apresentam valores negativos de  $(I - EP)$ , o valor de AS é obtido pela Tabela 03;

Em seguida, soma-se o valor de AS do último mês que apresenta  $\Sigma Neg (I - EP)$ , diferente de zero ao valor positivo de  $(I - EP)$ , do mês seguinte, obtendo-se AS para o mês; procedimento é repetido para todos os meses que apresentam  $\Sigma Neg (I - EP)$  igual a zero, até que seja atingido o valor máximo de ASc, que não deve ser ultrapassado.

$\Delta AS$  = Troca de Armazenamento de água no Solo.

Representa a variação da quantidade armazenada no solo mês a mês. É a diferença entre as quantidades de água armazenada em um determinado mês e o mês anterior.

$$\Delta AS = AS_n - AS_{n-1}$$

$ER$  = Evapotranspiração Real.

Representa a quantidade real de perda de água durante dado mês. Para os meses em que a infiltração é maior que a evapotranspiração potencial ( $I - EP > 0$ ), a evapotranspiração ocorre em seu nível máximo, sendo  $ER = EP$ . Nos meses em que a infiltração é menor que a evapotranspiração potencial ( $I - EP < 0$ ), a evapotranspiração real é condicionada ao grau de umidade do solo.

$$ER = EP + [(I - EP) - \Delta AS]$$

$$ER = I - \Delta AS$$

$PER$  = percolação (mm).

$$PER = P - ES - \Delta AS - ER$$

<b>Tabela 1 - Valores de C e de <math>\alpha</math> em função da declividade e do tipo de solo</b>			
<b>Tipo de solo</b>	<b>Declividade (%)</b>	<b>Coefficiente <math>\alpha</math></b>	
		<b>Estação Seca</b>	<b>Estação Úmida</b>
Arenoso C = 0,30	0 a 2	0,17	0,34
	2 a 7	0,34	0,50
Siltoso C = 0,35	0 a 2	0,25	0,39
	2 a 7	0,40	0,53
Argiloso C = 0,40	0 a 2	0,33	0,43
	2 a 7	0,45	0,55

<b>Tabela - 2 QUANTIDADE DE ÁGUA DISPONÍVEL (mm H<sub>2</sub>O DE SOLO)</b>			
<b>Tipo de solo</b>	<b>Capacidade de campo</b>	<b>Ponto de murchamento</b>	<b>Água disponível</b>
Solo arenoso	200	50	150
Solo siltoso	300	100	200
Solo argiloso	375	125	250







## BALANÇO HÍDRICO

PARÂMETRO (mm)	MÊS												
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL
EP	147,0	142,0	136,0	100,0	80,0	67,0	71,0	90,0	99,0	122,0	122,0	131,0	1.307,0
P	163,0	109,0	118,0	64,0	24,0	20,0	22,0	9,0	28,0	92,0	182,0	238,0	1.069,0
C	0,17	0,17	0,17	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,17	0,17	-
ES	28,0	18,7	20,3	8,4	3,2	2,6	2,9	1,2	3,7	12,1	31,3	40,9	173,5
I	135,0	90,3	97,7	55,6	20,8	17,4	19,1	7,8	24,3	79,9	150,7	197,1	895,5
I - EP	-12,0	-51,7	-38,3	-44,4	-59,2	-49,6	-51,9	-82,2	-74,7	-42,1	28,7	66,1	-
∑ NEG (I-EP)	-12,0	-63,8	-102,1	-146,5	-205,7	-255,3	-307,2	-389,4	-464,1	-506,3	-	0,0	-
AS	88,0	52,0	35,0	23,0	12,0	7,0	4,0	4,0	4,0	4,0	32,7	90,0	-
Δ AS	-2,0	-36,0	-17,0	-12,0	-11,0	-5,0	-3,0	0,0	0,0	0,0	28,7	57,3	-
ER	137,0	126,3	114,7	67,6	31,8	22,4	22,1	7,8	24,3	79,9	122,0	131,0	886,7
PER	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>8,8</b>	8,8

**LEGENDA:** EP: EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL I INFILTRAÇÃO  
P: PRECIPITAÇÃO AS: ARMAZENAMENTO DE ÁGUAS NO SOLO  
C: COEFICIENTE DE ESCOAMENTO ER: EVAPOTRANSPIRAÇÃO REAL  
ES: ESCOAMENTO SUPERFICIAL PER: PERCOLAÇÃO

## DRENAGEM DE GÁS DO ATERRO

Segundo o **Eng. Fernando Sodré da Motta** (Curso de Aterros Sanitários – Licenciamento, Projeto, Operação e Custos / ABLP - Associação Brasileira de Limpeza Pública - 2005) estima-se que são gerados entre 1,19 e 6,8 m<sup>3</sup> de biogás/t de resíduos domiciliares e considerando-se o caso do aterro sanitário de Cachoeiro de Itapemirim onde serão depositados aproximadamente de 126.000 toneladas de resíduos em cerca de 35 meses de sua vida útil, tem-se, adotando-se um valor médio de geração de biogás 4 m<sup>3</sup>/t, que serão gerados (4 m<sup>3</sup>/t x 126.000 t = 504.000 m<sup>3</sup>) 504.000 m<sup>3</sup> em 35 meses de vida útil deste aterro (0,006 m<sup>3</sup>/s). Considerando-se, ainda, que no aterro de Cachoeiro de Itapemirim serão instalados 14 drenos de verticais de biogás, estima-se que cada dreno será responsável por uma vazão de 0,0004 m<sup>3</sup>/s.

Para a vazão de gás calculada adotou-se, como dreno de gás, tubos de concreto perfurados com diâmetro de 0,50 m.

### Estimativas da geração de biogás

Foram desenvolvidas equações para estimar a geração de gás a partir da decomposição dos resíduos, a qual depende do teor de carbono e da temperatura na massa de resíduos. A estimativa da geração de gás por tonelada de resíduos é expressa pela equação a seguir:

$$V_{\text{gas}} = 1,868 C(0,014 T + 0,28)$$

Onde:

$V_{\text{gas}}$  - volume total de gás em (m<sup>3</sup>/t resíduo);

$C$  - conteúdo total de carbono nos resíduos, expresso em kg/tonelada;

$T$  - temperatura em °C graus centígrados.

Esta equação pode apresentar variações que dependem das características dos resíduos depositados e das temperaturas no interior do maciço de resíduos no aterro.

Todavia, a geração de metano em aterros sanitários, onde são dispostos resíduos ao longo de vários anos, é influenciada pela taxa de disposição ao longo dos anos e pela temperatura.

Foram desenvolvidos vários modelos matemáticos para prever a produção de gás em aterros sanitários. A maioria dos modelos matemáticos requer medições reais de produção de gás para determinar os valores das constantes que integram as suas equações.

A Environmental Protection Agency - EPA recomenda a utilização de um modelo matemático, denominado “School Canyon Model”, de decaimento de 1ª. ordem expresso pela equação a seguir:

$$Q_{CH_4} = L * R * (e^{-kc} - e^{-kt})$$

Onde:

$Q_{CH_4}$  - volume, em m<sup>3</sup>/ano, de metano gerado no aterro no ano (t);

t - tempo em anos desde o início da operação, sendo t = 0, o tempo inicial;

L - potencial de metano gerado em m<sup>3</sup>/t resíduos;

R - quantidade média anual, em toneladas/ano, de resíduos dispostos durante a vida útil do aterro;

k - taxa de geração de metano/ano que depende das características dos resíduos dispostos no aterro;

c - tempo desde que o aterro foi, ou será fechado, em anos. O valor de (c) será zero enquanto o aterro estiver em operação.

A geração média de gás em aterros sanitários em países industrializados varia de 64 a 440 m<sup>3</sup>/t de resíduos dispostos e a extração média anual de gases é de 1,19 até 6,8 m<sup>3</sup> gás/tonelada de resíduos dispostos durante o ano. O maior volume da produção de gás se verifica nos anos iniciais durante a operação do aterro e diminui gradualmente a partir do encerramento do mesmo.

Na Tabela 1 apresentam-se as taxas médias de extração de gás em aterros sanitários localizados em países onde é gerada energia elétrica, ou vapor, a partir de gás extraído em aterros sanitários.

**Tabela 1 - Taxa de Extração de Gás em Aterros Sanitários**

<b>Pais</b>	<b>Unidade (número)</b>	<b>Extração (m<sup>3</sup>/t.ano)</b>
USA	354	2,95
Canadá	16	6,31
Austrália	18	3,79
África do Sul	4	3,5
Brasil	7	2,92
Áustria	15	2,8
Tchecoslováquia	6	2,96
Dinamarca	20	2,59
França	20	3,1
Finlândia	14	2,85
Alemanha	180	1,81
Grécia	1	3,24
Holanda	47	2,33
Itália	135	4,2
Noruega	30	3,99
Suíça	6	3,27
Espanha	13	3,56
Portugal	1	5,09
Suécia	61	3,24
Polônia	19	2,92
Reino Unido	150	3,94
Hong Kong	8	4,64
China	4	4,73
Taiwan	4	4,81
Korea	3	4,54
Média	1.136	3,6

Fonte: H., WILLUMSEN, "Landfill gas plants - number and types worldwide", Ninth International Waste Management and Landfill Symposium. Sardinia, oct, 2003.

A estimativa do volume de metano gerado em aterros de resíduos domiciliares é efetuada com a utilização da equação apresentada anteriormente.

Os parâmetros L e k são os mais importantes, posto que refletem as influências locais tais como: temperatura, umidade, composição dos resíduos etc. O fator k é adimensional e representa a velocidade de degradação das matérias orgânicas presentes nos resíduos, pode variar desde 0,003 a 0,21 (USEPA-1991), onde 0,003 é atribuído a resíduos com pouca matéria orgânica e 0,21 para resíduos com alto teor de matéria orgânica. Adota-se para o fator k o valor de 0,15, para o aterros sanitários onde são dispostos resíduos domiciliares.

O valor da produção de biogás, composto por metano e dióxido de carbono, num aterro sanitário

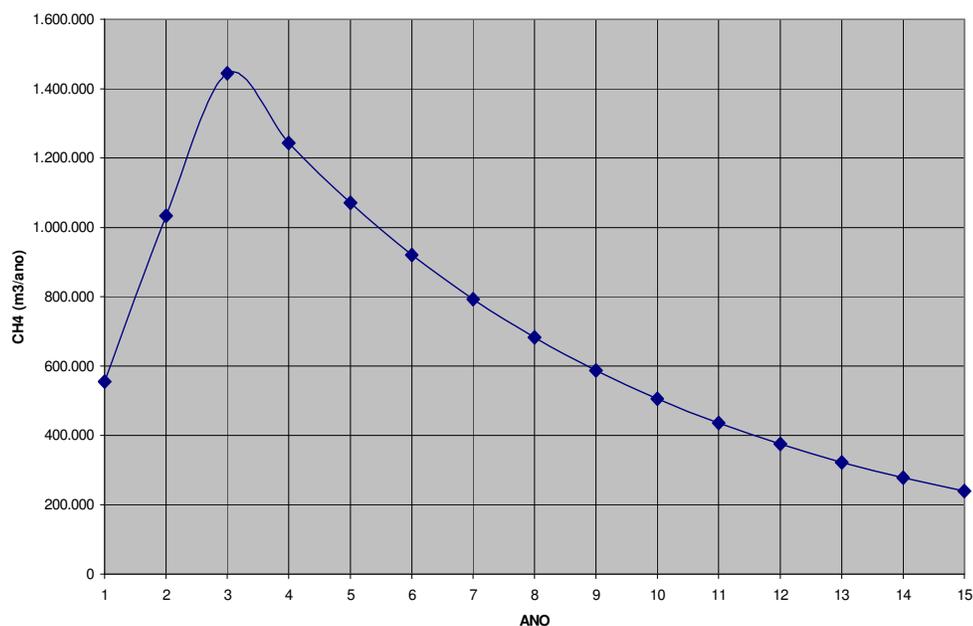
pode situar-se entre 62 e 270 m<sup>3</sup>/t (USEPA-1991) em média, 182 m<sup>3</sup>/tonelada. Ressalta-se que em aterros sanitários localizados em regiões úmidas são gerados volumes de metano 2,6 maiores que os volumes de metano gerados em aterros situados em regiões áridas, segundo a IFC - EPA – 1999.

Portanto, considerando-se que o metano representa 50 % do volume do biogás, tem-se que o valor de L é de 91 m<sup>3</sup> metano/t de resíduo.

O valor de R é estimado calculando-se a média, expressa em toneladas de resíduos por ano dispostos no aterro durante a sua vida útil. O futuro aterro de Cachoeiro de Itapemirim onde serão dispostos resíduos durante cerca de 3 anos, com uma média de disposição de 43.200 t/ano. Admitiu-se que em após 3 anos a primeira etapa do aterro será encerrada.

Substituindo os valores acima na equação apresentada tem-se a captação de metano, a partir do início do ano 4. No Desenho 1 estão apresentados os volumes gerados de gás metano desde o ano inicial de disposição dos resíduos até o ano 15.

**Desenho 1 - Evolução da Geração de Metano Estimada para o Futuro Aterro Sanitário de Cachoeiro de Itapemirim**



## CÁLCULO DA VIDA ÚTIL DO ATERRO

Cama-da	Cota	Mês	Resíduo Disposto no Aterro em Peso			Resíduo Disposto no Aterro em Volume			Material De Cobertura			Volume Total
			Diária (t/dia)	Mensal (t/mês)	Acumu-Lado (t)	Diária (m³/dia)	Mensal (m³/mês)	Acumu-Lado (m³)	Diário (m³/dia)	Mensal (m³/mês)	Acumu-lado (m³)	Acumu-lado (m³)
1	154	1	120	3.600	3.600	171	5.143	5.143	34	1.029	1.029	6.171
1	154	2	120	3.600	7.200	171	5.143	10.286	34	1.029	2.057	12.343
1	154	3	120	3.600	10.800	171	5.143	15.429	34	1.029	3.086	18.514
1	154	4	120	3.600	14.400	171	5.143	20.571	34	1.029	4.114	24.686
1	154	5	120	3.600	18.000	171	5.143	25.714	34	1.029	5.143	30.857
1	154	6	120	3.600	21.600	171	5.143	30.857	34	1.029	6.171	37.029
1	154	7	120	3.600	25.200	171	5.143	36.000	34	1.029	7.200	43.200
1	154	8	120	3.600	28.800	171	5.143	41.143	34	1.029	8.229	49.371
1	154	9	120	3.600	32.400	171	5.143	46.286	34	1.029	9.257	55.543
1	154	10	120	3.600	36.000	171	5.143	51.429	34	1.029	10.286	61.714
1	154	11	120	3.600	39.600	171	5.143	56.571	34	1.029	11.314	67.886
1	154	12	120	3.600	43.200	171	5.143	61.714	34	1.029	12.343	74.057
1	154	13	120	3.600	46.800	171	5.143	66.857	34	1.029	13.371	80.229
2	158	14	120	3.600	3.600	171	5.143	5.143	34	1.029	1.029	6.171
2	158	15	120	3.600	7.200	171	5.143	10.286	34	1.029	2.057	12.343
2	158	16	120	3.600	10.800	171	5.143	15.429	34	1.029	3.086	18.514
2	158	17	120	3.600	14.400	171	5.143	20.571	34	1.029	4.114	24.686
2	158	18	120	3.600	18.000	171	5.143	25.714	34	1.029	5.143	30.857
2	158	19	120	3.600	21.600	171	5.143	30.857	34	1.029	6.171	37.029
2	158	20	120	3.600	25.200	171	5.143	36.000	34	1.029	7.200	43.200
2	158	21	120	3.600	28.800	171	5.143	41.143	34	1.029	8.229	49.371
2	158	22	120	3.600	32.400	171	5.143	46.286	34	1.029	9.257	55.543
3	162	23	120	3.600	3.600	171	5.143	5.143	34	1.029	1.029	6.171
3	162	24	120	3.600	7.200	171	5.143	10.286	34	1.029	2.057	12.343
3	162	25	120	3.600	10.800	171	5.143	15.429	34	1.029	3.086	18.514
3	162	26	120	3.600	14.400	171	5.143	20.571	34	1.029	4.114	24.686
3	162	27	120	3.600	18.000	171	5.143	25.714	34	1.029	5.143	30.857
3	162	28	120	3.600	21.600	171	5.143	30.857	34	1.029	6.171	37.029
4	162	29	120	3.600	25.200	171	5.143	36.000	34	1.029	7.200	43.200
4	166	30	120	3.600	3.600	171	5.143	5.143	34	1.029	1.029	6.171
4	166	31	120	3.600	7.200	171	5.143	10.286	34	1.029	2.057	12.343
4	166	32	120	3.600	10.800	171	5.143	15.429	34	1.029	3.086	18.514
4	166	33	120	3.600	14.400	171	5.143	20.571	34	1.029	4.114	24.686
4	166	34	120	3.600	18.000	171	5.143	25.714	34	1.029	5.143	30.857
5	170	35	120	3.600	3.600	171	5.143	5.143	34	1.029	1.029	6.171

# CÁLCULO DAS ESTAÇÕES COMPACTAS DE TRATAMENTO DE ESGOTO DOS EDIFÍCIOS DE APOIO

## ESTAÇÃO COMPACTA DE TRATAMENTO DE ESGOTO ECTE

### ECTE -01

<b>EDIFÍCIO:</b>	REFEITÓRIO E VESTIÁRIO- GALPÃO RECICLAGEM
<b>OBJETIVO:</b>	ESGOTO SANITÁRIO E EFLUENTES DE COZINHA
<b>POPULAÇÃO:</b>	40 HABITANTES TEMPORÁRIOS
<b>RESTAURANTE:</b>	40 REFEIÇÕES / DIA
<b>CONSUMO DE ÁGUA:</b>	4,0 m <sup>3</sup> / DIA
<b>CONTRIBUIÇÃO DE ESGOTO:</b>	3,2 m <sup>3</sup> / DIA
<b>REMOÇÃO EXIGIDA:</b>	80% DBO 5
<b>LANÇAMENTO:</b>	SISTEMA DE TRATAMENTO DE LÍQUIDOS PERCOLADOS DO ATERRO

### ESTIMATIVA DE CONTRIBUIÇÃO DA

<i>CONSUMO DE ÁGUA:</i>	
40 FUNCIONÁRIOS X 0,8 l/HAB./DIA =	3200 L/DIA
40 REFEIÇÕES X 0,25 L/REF./DIA =	1000 L/DIA
	4200 L/DIA

<i>CONTRIBUIÇÃO DE ESGOTO:</i>	
4200 L/DIA X 0,8 =	3360 L/DIA
DBO 5 AFLUENTE =	380 mg/DIA

<i>PICOS DE CONTRIBUIÇÃO:</i>	
4200 L/DIA X 1,2 X 0,8 =	4032 L/DIA

### TDH - TEMPO DE DETENÇÃO

TDH = V / Q	T em DIAS, V em m <sup>3</sup> , Q em m <sup>3</sup> /DIA
<i>TDH PARA PROCESSO DE TRATAMENTO BIOLÓGICO:</i>	
CONTRIBUIÇÃO BÁSICA:	1870 / 3360 = 0,5565 X 24 = 13,0 HORAS
CONTRIBUIÇÃO DE PICO:	1870 / 4032 = 0,4637 X 24 = 11,0 HORAS

### ESTIMATIVA MÁXIMA ADMITIDA NOS EQUIPAMENTOS

REATOR ANAERÓBIO DE FLUXO ASCENDENTE 2,0 / 0,25

REATOR HÍBRIDO 2,0 / 0,25- MANTA DE LODO ATIVADO

*ESTIMATIVA DO CONSUMO DE ÁGUA:*

25 X 160 L/DIA =	4000 L/DIA
------------------	------------

*CONTRIBUIÇÃO DE ESGOTO:*

4000 X 0,8 =	3200 L/DIA
--------------	------------

DBO 5 AFLUENTE =	330mg/DIA
------------------	-----------

*PICO DE CONTRIBUIÇÃO:*

4000 X 1,2 X 0,8 =	3840 L/DIA
--------------------	------------

### EQUIPAMENTO

EQUIPAMENTO	ALTURA (m)	PESO (kg)	DIÂMETRO (m)	CARGA ORGÂNICA (DBO5/L)	VOLUME ÚTIL (m <sup>3</sup> )
REATOR ANAERÓBIO DE FLUXO ASCENDENTE 2,0 / 0,25	1,45	95	1,6	480	1,87
REATOR HÍBRIDO 2,0 / 0,25	1,8	115	1,6	480	1,87

## CÁLCULO DO SISTEMA DE RETENÇÃO DE SÓLIDOS E DE ÓLEOS

O sistema a ser implantado deverá funcionar junto edifício do almoxarifado e oficina para atender a vazão média de  $14,4 \text{ m}^3/\text{dia}$  ( $1,0 \text{ l/s}$ ).

### Dados do Projeto

- Funcionamento da lavagem de veículos (hora/dia) = 4
- Vazão (litros/segundo) = 1,00
- Consumo diário (litros/dia) = 14.400
- Temperatura média ( $^{\circ}\text{C}$ ) = 20

### Separador de Óleos

- Área mínima horizontal ( $\text{m}^2$ ):  $A_h = F \cdot Q_m / v_h = 0.11$
- Velocidade de sedimentação (cm/s):  $v_h = 1.51$
- Vazão –  $Q_m$  – ( $\text{m}^3/\text{s}$ ): 0.0010
- Coefficiente F : 1. 644

- Área mínima transversal ( $\text{m}^2$ ):  $A_c = Q_m / v_h = 0.07$
- Velocidade de sedimentação (cm/s):  $v_h = 1.51$
- Vazão –  $Q_m$  – ( $\text{m}^3/\text{s}$ ): 0.0010

## ESTIMATIVA DE QUANTITATIVOS E CUSTOS

### 1ª ETAPA DO ATERRO SANITÁRIO DE CACHOEIRO DE ITAPEMIRIM

Item	Serviço	Uni- dade	Quan- tidade	Custo (R\$)	
				Unitário	Total
<b>1</b>	<b>1ª Etapa do Aterro</b>				
<b>1.1</b>	<b>TOPOGRAFIA DA ÁREA</b>	há	5	1.628,46	7.816,61
<b>1.2</b>	<b>CONSTRUÇÃO ACESSOS</b>	-	-	-	-
1.2.1	NIVELAMENTO DO ACESSO	m <sup>2</sup>	7.200	9,16	65.923,20
1.2.2	BRITA Nº 4	m <sup>3</sup>	1.440	26,16	37.670,40
1.2.3	MEIA CANA DE CONCRETO (D= 0,30m)	m <sup>3</sup>	2.400	13,29	31.889,04
<b>1.3</b>	<b>INFRA-ESTRUTURA DE APOIO</b>	-	-	-	-
1.3.1	GUARITA	vb	1	3.000,00	3.000,00
1.3.2	CANCELAS	vb	1	2.500,00	2.500,00
1.3.3	EDIF. ESCRITÓRIO / LABORTÓRIO	m <sup>2</sup>	74	931,90	68.960,27
1.3.4	EDF. REFEITÓRIO / VESTIÁRIO	m <sup>2</sup>	91	931,90	84.802,49
1.3.5	EDF. ALMOXARIFADO / OFICINA	m <sup>2</sup>	73	835,38	60.982,45
1.3.6	GALPÃO P/ SEPARAÇÃO DE MATERIAIS	m <sup>2</sup>	300	584,76	175.428,96
1.3.8	CAIXA D'ÁGUA ELEVADA	und..	1	5.995,00	5.995,00
1.3.9	CERCA	m	1.150	10,54	12.121,35
1.3.10	BARREIRA VEGETAL	m	1.150	32,70	37.605,00
1.3.11	BALANÇA RODOVIÁRIA C/ OBRAS CIVIL	und..	1	35.534,00	35.534,00
<b>1.4</b>	<b>TERRAPLANAGEM</b>	-	-	-	-
1.4.1	ESCAVAÇÃO	m <sup>3</sup>	270.000	3,27	882.900,00
1.4.2	ATERRO	m <sup>3</sup>	55.000	3,27	179.850,00
<b>1.5</b>	<b>MONITORAMENTO</b>	-	-	-	-
1.5.1	IMPLANTAÇÃO DE POÇOS	unid.	5	2.670,50	13.352,50
1.5.2	IMPLANTAÇÃO MARCOS SUPERFICIAIS	unid.	36	39,97	1.438,80
<b>1.6</b>	<b>DRENOS SUB-SUPERFICIAIS</b>	-	-	-	-
1.6.1	PRINCIPAIS	-	-	-	-
1.6.1.1	ESCAVAÇÃO DE VALA	m <sup>3</sup>	192	37,06	7.115,52
1.6.1.2	MANTA GEOTEXTIL	m <sup>2</sup>	1.200	2,70	3.243,84
1.6.1.3	TUBO DE DRENAGEM PEAD D = 0,17m	m	400	16,71	6.683,88
1.6.1.4	RACHÃO	m <sup>3</sup>	144	26,71	3.845,52
1.6.1.5	AREIA	m <sup>3</sup>	48	26,00	1.248,00
1.6.1.6	TUBO DE CONCRETO (D = 0,30 m)	m	6	17,97	107,84
1.6.1.7	CAIXA DE PASSAGEM	unid.	5	660,54	3.302,70
1.6.2	SECUNDÁRIOS	-	-	-	-
1.6.2.1	ESCAVAÇÃO DE VALA	m <sup>3</sup>	325	37,06	12.044,50
1.6.2.2	MANTA GEOTEXTIL	m <sup>2</sup>	3.250	2,70	8.785,40
1.6.2.3	RACHÃO	m <sup>3</sup>	325	26,71	8.679,13
1.6.3	POÇO DE ACUMULAÇÃO	-	-	-	-
1.6.3.1	ESCAVAÇÃO POÇO DE ACUMULAÇÃO	m <sup>3</sup>	14	37,06	523,97
1.6.3.2	ANEL DE CONCRETO (1,0 m X 0,5m)	unid.	20	41,59	831,89
1.6.3.3	TAMPA P/ ANEL DE CONCRETO	unid.	4	54,28	217,13
1.6.3.4	TUBO DE PEAD (D = 0,15m)	m	20	37,79	755,81

<b>1.7</b>	<b>IMPERMEABILIZAÇÃO DE FUNDO</b>	-	-	-	-
1.7.1	MANTA DE PEAD DE 2,00 mm	m <sup>2</sup>	33.220	23,47	779.596,99
1.7.2	COBERTURA C/ ARGILA (0,60 m)	m <sup>3</sup>	30.200	3,27	98.754,00
<b>1.8</b>	<b>DRENOS DE PERCOLADO</b>	-	-	-	-
1.8.1	<i>PRINCIPAIS DE BASE</i>	-	-	-	-
1.8.1.1	ESCAVAÇÃO	m <sup>3</sup>	150	37,06	5.559,00
1.8.1.2	TUBO DE DRENAGEM PEAD D=0,17m	m	500	16,71	8.354,85
1.8.1.3	MANTA GEOTEXTIL	m <sup>2</sup>	2.500	2,70	6.758,00
1.8.1.4	BRITA Nº 4	m <sup>3</sup>	140	26,16	3.662,40
1.8.1.5	RACHÃO	m <sup>3</sup>	250	26,71	6.676,25
1.8.1.6	TUBO DE CONCRETO (D = 0,30 m)	m	5	17,97	89,87
1.8.1.7	CAIXA DE PASSAGEM	unid.	13	660,54	8.587,02
1.8.2	<i>SECUNDÁRIOS BASE</i>	-	-	-	-
1.8.2.1	ESCAVAÇÃO	m <sup>3</sup>	315	37,06	11.673,90
1.8.2.2	MANTA GEOTEXTIL	m <sup>2</sup>	5.250	2,70	14.191,80
1.8.2.3	RACHÃO	m <sup>3</sup>	851	26,71	22.712,60
1.8.3	<i>LAGOA DE RETENÇÃO</i>	-	-	-	-
1.8.3.1	ESCAVAÇÃO	m <sup>3</sup>	6.990	3,27	22.857,30
1.8.3.2	ATERRO	m <sup>3</sup>	2.330	3,27	7.619,10
1.8.3.3	MANTA DE PEAD DE 2,00 mm	m <sup>2</sup>	3.270	23,47	76.739,38
1.8.3.4	CAIXA DE PASSAGEM	und..	1	660,54	660,54
1.8.3.5	ANEL DE CONCRETO (1,0 m X 0,5m)	und..	5	41,59	207,97
1.8.3.6	TAMPA P/ ANEL DE CONCRETO	und..	1	54,28	54,28
1.8.3.7	TUBO DE PEAD (D = 0,15m)	m	6	37,79	226,74
<b>1.9</b>	<b>DRENOS DE GÁS</b>	-	-	-	-
1.9.1	BASE DE CONCRETO	und..	14	1.388,95	19.445,36
1.9.2	TUBO CONCRETO PERFURADO (D=1,00 m)	m	14	132,24	1.851,34
1.9.3	RACHÃO	m <sup>3</sup>	11	26,71	299,10
1.9.4	TELA DE GABIÃO	m <sup>2</sup>	49	6,85	335,41
<b>1.10</b>	<b>OPERAÇÃO DO ATERRO</b>	-	-	-	-
1.10.1	DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS C/ COBERTURA	m <sup>3</sup>	216.000	15,26	3.296.160,00
<b>1.11</b>	<b>ACOMPANHAMENTO DA OBRA</b>	-	-	-	-
1.11.1	TOPOGRAFIA	mês	45	1.628,46	73.280,70
1.11.2	ENSAIOS DE ACOMPANHAMENTO IMPLANTAÇÃO	mês	5	2.725,00	13.625,00
<b>1.12</b>	<b>MONITORAMENTO</b>	-	-	-	-
1.12.1	ÁGUAS SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEAS	mês	45	4.959,50	223.177,50
1.12.2	ESTABILIDADE DO ATERRO	mês	40	1.308,00	52.320,00
1.12.3	ESTRUTURAS DE APOIO	mês	40	2.834,00	113.360,00
<b>3.5</b>	<b>COBERTURA DA ULTIMA CAMADA</b>	-	-	-	-
3.5.1	ARGILA COMPACTADA (0,30 cm)	m <sup>3</sup>	1.800	3,27	5.886,00
3.5.2	TERRA VEGETAL (0,30 cm)	m <sup>3</sup>	1.800	3,75	6.741,00
<b>TOTAL PARA A IMPLANTAÇÃO E OPERAÇÃO DA PRIMEIRA ETAPA (35 MESES)</b>					<b>6.646.618,60</b>

**NOTAS:** 1- Custos apresentados não incluem o bdi - benefícios e despesas indireta e o valor do terreno

2- Fonte dos custos unitários adotados: revista construção / mercado - editora pini - maio/07 e fornecedores existentes no mercado;

3- Na operação do aterro está compreendido: compactação e recobrimento dos resíduos, ampliação dos sistemas de drenagem (percolados, gás e águas pluviais) e cobertura vegetal es.



## ANEXO IV

# LEVANTAMENTO PLANIALTIMÉTRICO DE ÁREA SITUADA NO DISTRITO INDUSTRIAL DE SÃO JOAQUIM

**ANEXO V**

**PLANTAS DO PROJETO DA PRIMEIRA**

**ETAPA DO ATERRO**

PLANTA 01 -  
INFRA-ESTRUTURA DE APOIO E  
ATERRO COM TODAS AS ETAPAS  
CONCLUÍDAS

PLANTA 02 -  
POSICIONAMENTO DA 1º ETAPA EM  
RELAÇÃO AO ATERRO CONCLUÍDO

PLANTA 03 -  
1º ETAPA – IMPLANTAÇÃO E  
OPERAÇÃO DA CAMADA 154

PLANTA 04 -  
1º ETAPA –OPERAÇÃO DAS CAMADAS  
158, 162, 166 170 E ATERRO  
CONCLUÍDO

PLANTA 05 -  
SISTEMA DE DRENAGEM DE ÁGUAS  
PLUVIAIS

PLANTA 06 -  
DETALHAMENTO DO SISTEMA DE  
DRENAGEM SUB-SUPERFICIAL, DE  
LÍQUIDOS PERCOLADOS, DE GÁS E DE  
IMPERMEABILIZAÇÃO DA BASE E  
CÉLULA PADRÃO

PLANTA 07 -  
DETALHAMENTO DA LAGOA DE  
ACUMULAÇÃO DE PERCOLADOS,  
FIXAÇÃO DA GEOMEMBRANA,  
SEPARADOR DE SÓLIDOS E LÍQUIDOS,  
POÇO DE MONITORAMENTO E  
TRATAMENTO DE ESGOTO

PLANTA 08 -  
INFRAESTRUTURA DE APOIO –  
ESCRITÓRIO E LABORATÓRIO,  
VESTIÁRIO E REFEITÓRIO, CAIXA  
D'ÁGUA ELEVADA, GUARITA, CANCELA  
E ALMOXARIFADO E OFICINA

PLANTA 09 -  
INFRA-ESTRUTURA DE APOIO –  
GALPÃO DE SEPARAÇÃO DE  
MATERIAIS RECICLÁVEIS, BARREIRA  
VEGETAL, ACESSO E CERCAMENTO

# PLANTA 10 - CORTES DA 1º ETAPA DO ATERRO