

Projeto de ampliação de células e Sistema de tratamento do aterro de resíduos sólidos urbanos de vacaria-rs

## Sumário

<b>1</b>	<b><i>Apresentação</i></b> .....	<b>4</b>
<b>2</b>	<b><i>Justificativa e Concepção</i></b> .....	<b>5</b>
2.1	<b>Justificativa</b> .....	<b>5</b>
2.2	<b>Concepção</b> .....	<b>5</b>
<b>3</b>	<b><i>Memorial Descritivo</i></b> .....	<b>7</b>
3.1.1	Entidade Responsável pelo Aterro de Resíduos Sólidos .....	7
<b>3.2</b>	<b>Entidade Responsável pelo Projeto</b> .....	<b>7</b>
3.2.1	Equipe técnica na elaboração do Projeto.....	7
<b>3.3</b>	<b>Descrição do Sistema de Limpeza Urbana</b> .....	<b>7</b>
3.3.1	Origem e Caracterização Qualitativa e Quantitativa .....	7
<b>3.4</b>	<b>Descrição e Especificação dos Elementos de Projeto</b> .....	<b>8</b>
3.4.1	Células do Aterramento de Resíduos Sólidos.....	9
3.4.2	Impermeabilização Inferior .....	10
3.4.3	Impermeabilização Superior.....	10
3.4.4	Sistema de Drenagem do Chorume .....	10
3.4.5	Sistema de Tratamento do Chorume .....	11
3.4.5.1	Descrição.....	11
3.4.6	Sistema de Drenagem de Águas Pluviais .....	13
3.4.7	Sistema de Drenagem dos Gases .....	14
3.4.8	Operação do Aterro de Resíduos Sólidos .....	14
<b>4</b>	<b><i>Estruturas Complementares</i></b> .....	<b>15</b>
<b>4.1</b>	<b>Acessos</b> .....	<b>15</b>
<b>4.2</b>	<b>Cortina Vegetal</b> .....	<b>15</b>
<b>4.3</b>	<b>Isolamento da Área</b> .....	<b>15</b>

<b>4.4</b>	<b>Controle Tecnológico .....</b>	<b>15</b>
<b>5</b>	<b>Memorial Técnico .....</b>	<b>17</b>
<b>5.1</b>	<b>Cálculo da Vida Útil da Ampliação do Aterro .....</b>	<b>17</b>
<b>5.2</b>	<b>Sistema de Drenagem do Chorume .....</b>	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
5.2.1	Balanço Hídrico .....	18
5.2.2	Vazão Mensal (QM) .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
<b>5.3</b>	<b>Sistema de Tratamento do Chorume (Já implantado) .....</b>	<b>20</b>
5.3.1	Vazão de Projeto .....	20
5.3.2	Lagoas Facultativas .....	21
5.3.3	Eficiência do Sistema de Tratamento .....	22
<b>6</b>	<b>Quantitativos e Estimativas de Custos .....</b>	<b>23</b>
<b>7</b>	<b>Cronograma .....</b>	<b>29</b>
<b>8</b>	<b>Referências Bibliográficas .....</b>	<b>30</b>

## 1 Apresentação

A Prefeitura Municipal de Vacaria vem por intermédio deste Projeto, propor a continuidade de operação do Aterro de Resíduos Sólidos Urbanos no mesmo local onde já o vem fazendo. Para tanto estamos solicitando a Licença de Instalação de mais 4 Células de aterramento de resíduos (Etapa 3), e um novo sistema de tratamento de chorume.

A situação atual da área é a seguinte:

- O aterro está em operação e existe Licença de Operação da Fundação Estadual de Proteção Ambiental – FEPAM, LO N.º 440/2005-DL;
- A Célula 3A já está encerrada;
- A célula B está em operação;
- A Etapa 2, acima das Células 3A e B, também está em operação.

Localizado na Fazenda das Pedras Brancas, zona rural do município de Vacaria, o Aterro está sendo operado pela Empresa **ESA – Construções, Projetos e Tecnologia Sanitária e Ambiental Ltda**, recebendo diariamente 30.000 kg de resíduos sólidos de origem doméstica, provenientes da coleta regular.

O Desenho 1, em anexo, apresenta a situação atual do Aterro Sanitário do Município de Vacaria.

## 2 Justificativa e Concepção

### 2.1 Justificativa

A continuidade de operação de destinação final dos resíduos gerados em Vacaria, através do projeto e construção de quatro novas Células (**Etapa 3**) denominadas de **Célula I, Célula II, Célula II, Célula IV**, e após sua conclusão será iniciada a **Etapa 4** que será desenvolvida sobre as Células I, II, III, IV. As justificativas para esta proposição são as seguintes:

- O aterro passará a contar com uma vida útil extra de cerca de 95 meses.
- A continuidade na mesma área evita o impacto imediato em outro local;
- No local já existe implantada uma unidade de triagem e classificação de resíduos sólidos urbanos. Se o aterro for transferido de local, haverá custos adicionais para transporte dos rejeitos provenientes das operações de triagem e classificação.

### 2.2 Concepção

A localização da ampliação do aterro sanitário será dentro da área licenciada, no limite sul, com aproximadamente 4.812 m<sup>2</sup>. Neste local, foi depositado a mais de 5 anos, resíduos de forma aleatória em trincheiras. A espessura da camada de resíduos aterrada é de 0,5 metros em média. Estima-se que 2.400 m<sup>3</sup> de resíduos foram enterrados. Em

sondagem realizada verificou-se que o resíduo já está em estágio avançado de estabilização.

O projeto foi concebido dentro das normas técnicas – NBR 8419 da ABNT, exigíveis para implantação de aterros sanitários. Os elementos básicos que compõem este projeto de continuidade são os seguintes:

- Construção de quatro células de aterramento, e uma Etapa positiva acima das quatro células;
- Quando da escavação das células, todo o resíduo “velho” que estiver no local, será peneirado, para separar o solo, e destinado na célula em operação;
- Construção de um novo sistema de tratamento de chorume;
- Impermeabilização da base e laterais da célula com argila compactada e manta PEAD;
- Desvio das águas pluviais de montante;
- Drenagem dos líquidos percolados, e condução ao sistema de tratamento;
- Drenagem dos gases produzidos no interior do aterro

### **3 Memorial Descritivo**

#### **3.1 Entidade Responsável pelo Aterro de Resíduos Sólidos**

Prefeitura Municipal de VACARIA - RS

*Endereço:* Av. Ramiro Barcelos, n.º 915

*CEP:* 95.200-000

*CGC/MF:* 87.866.745/0001-16

*Fone/Fax:* (054)32.32.55.66

#### **3.2 Entidade Responsável pelo Projeto**

GSA Engenharia Ltda.

*Endereço:* Av. Dr. Nilo Peçanha, 730 - Cj. 503

*CEP:* 90.470-000

*CGC/MF:* 01.569.600/0001-38

*Fone:* (051) 33.33.69.73

*Fax:* (051) 33.33.45.73

*E-mail:* gsa.eng@terra.com.br

##### **3.2.1 Equipe técnica na elaboração do Projeto**

Eng. Quím. Cesar Peña Olinto - CREA-RS 78.500-D - Responsável Técnico

Eng. Civil Marcelo P. Figueiredo - CREA-RS 128.955-AP

### **3.3 Descrição do Sistema de Limpeza Urbana**

#### **3.3.1 Origem e Caracterização Qualitativa e Quantitativa**

Os resíduos destinados no Aterro de Resíduos Sólidos de Vacaria têm origem nas residências dos munícipes, nos estabelecimentos comerciais e de serviços da cidade, recolhidos pelo sistema de coleta regular. Também são destinados os resíduos complementares de limpeza urbana (varrição, capina, poda, etc...). O município possui coleta seletiva, e grande parte dos materiais recicláveis já chega separado na usina de triagem e classificação.

A caracterização qualitativa do lixo domiciliar acompanha a média dos municípios do Estado do Rio Grande do Sul, tendo como resultado valores apresentados no Quadro 3.1, a seguir:

Quadro 3.1 - Composição qualitativa do resíduo sólido

Componente	% em Peso
Plástico Duro	2,8
Plástico Mole	6,2
Papel	10,1
Papelão	3,0
Lata	4,2
Vidro	2,9
Madeira, Trapo, Borracha, Pedra	4,8
Matéria Orgânica e Outros	66,0
<b>TOTAL</b>	<b>100,0</b>

### 3.4 Descrição e Especificação dos Elementos de Projeto

Os elementos aqui descritos e especificados têm seu dimensionamento apresentado no item 5 - Memorial Técnico.

#### 3.4.1 Cobertura Vegetal

A vegetação do local onde será ampliado o aterro sanitário de Vacaria caracteriza-se pela presença predominante de plantas invasoras de porte herbáceo, como a Maria-mole (*Senecio brasiliensis*), vassoura (*Baccharis* sp) e a Grama-forquilha (*Paspalum notatum*). Esse fato pode ser explicado como sendo o início da regeneração natural da vegetação, sendo as espécies invasoras características da agropecuária as primeiras a surgirem quando a área encontra-se em estado de inatividade. Além disso, observou-se a presença de samambaias, fator que novamente confirma a regeneração natural da vegetação.



O laudo da cobertura vegetal é apresentado em sua íntegra no anexo III deste documento.

### 3.4.2 Perfis Geológicos

Foram realizados cinco furos de sondagem com a utilização de uma retro escavadeira. Os perfis são apresentados no anexo IV deste documento.

### 3.4.3 Células do Aterramento de Resíduos Sólidos

A ampliação do Aterro Sanitário do Município de Vacaria se dará através da implantação de 4 células de aterramento (Etapa 3) e uma etapa positiva construída sobre estas células (Etapa 4).

O quadro a seguir apresenta um resumo das células de disposição dos resíduos.

Quadro 3.2 - Resumo das Células

Célula	Dimensões (comprimento X largura X altura) (m x m x m)	Volume (m³)	Vida Útil (dias)
Célula I	94 x 20 x 5	9.122	214
Célula II	91 x 20 x 10	19.300	452
Célula III	91 x 26 x 10	29.700	696
Célula IV	89 x 21 x 9	24.800	581
Etapa 4	73 x 96 x 5	40.500	949
Total		123.422	2.892

A ampliação do Aterro Sanitário do Município de Vacaria terá vida útil de 2.892 dias (7,9 anos).

#### **3.4.4 Impermeabilização Inferior**

Com o objetivo de evitar que os líquidos gerados no interior do aterro, durante a operação e após o seu encerramento, contaminem as águas sub-superficiais, está prevista uma impermeabilização no fundo das células com o próprio solo argiloso local.

A construção desta camada impermeabilizante deve ser feita com o solo local (argiloso) sendo compactado com rolo estático em camadas de 0,20 m em 0,20 m até alcançar um coeficiente de permeabilidade menor ou igual a  $k = 10^{-7} \text{ cm/s}$  e espessura mínima de 0,5 m. Para esta operação a argila deve estar saturada em água.

Acima desta camada de argila será instalada manta de PEAD 2,0 mm, para uma segura impermeabilização do solo. A fim de realizar uma proteção mecânica na manta será lançada uma camada de saibro com espessura de 30 cm.

Ver detalhe no desenho 10.

#### **3.4.5 Impermeabilização Superior**

Para minimizar a quantidade de águas pluviais no interior do aterro após seu encerramento, está prevista a impermeabilização superior do aterro com argila local compactada (coeficiente de permeabilidade menor ou igual a  $k = 10^{-7} \text{ cm/s}$ ) e com uma espessura de 0,40 m.

Finalizando esta cobertura, será disposta uma camada de solo orgânico com espessura igual a 0,10 m e, após, o plantio de grama, evitando dessa forma a erosão dos taludes.

Ver detalhe no desenho 10

#### **3.4.6 Sistema de Drenagem do Chorume**

Este sistema tem por objetivo coletar os líquidos percolados no interior do aterro, conduzindo-os ao sistema de tratamento, conforme a seguinte concepção:

Para a drenagem dos líquidos das células, está prevista a instalação de um dreno de tubo flexível perfurado, de diâmetro 100 mm. Sob este tudo, será colocada pedra brita n.º 4. O tubo e a brita serão envolvidos por manta geotêxtil (Bidin), que funcionará como

um filtro. Deste dreno, o chorume escoará para fora da célula por um tubo de PVC para esgoto, com diâmetro igual a 100 mm. Fora de cada célula será construído um poço de inspeção e passagem, com anéis de concreto armado para poço. Deste ponto o chorume escoará para outro poço instalado no sistema de tratamento. Os detalhes construtivos do poço de inspeção e passagem são apresentados no desenho 09.

### **3.4.7 Sistema de Tratamento do Chorume**

#### **3.4.7.1 Descrição**

Os líquidos drenados no interior do aterro, devido a sua alta carga orgânica, necessitam passar por um sistema de tratamento antes de serem lançados no corpo receptor.

O Sistema de Tratamento da ampliação do aterro sanitário de Vacaria foi projetado com base em técnicas modernas que contemplam a utilização de uma lagoa de polimento, elevados tempos de detenção nas lagoas facultativas e, em especial, a substituição das antigas lagoas anaeróbias por filtro anaeróbios preenchidos pro brita.

Assim, o sistema será composto por um filtro anaeróbio de fluxo ascendente, três lagoas facultativas e uma lagoa de polimento (de pequena profundidade) a serem construídos entre as cotas 16,5 e 15,5 da área em questão. O desnível existente é favorável para que o sistema funcione por gravidade, não havendo necessidade de bombeamento. No entanto, salienta-se que será necessário um trabalho refinado de topografia para que as cotas de projeto sejam atendidas.

O sistema de tratamento tem a seguinte configuração:

#### **3.4.7.2 Filtro Anaeróbio de Fluxo Ascendente**

Será construído escavando-se o terreno natural, compactando-se o fundo e as laterais com uma camada de argila com espessura de 0,5 m e, sobre esta, instalando uma geomembrana PEAD 1,0 mm. No fundo do filtro, sobre a geomembrana, deverá ser instalado um estrado de madeira (proteção mecânica da manta). Sobre o estrado, até

3,0m de altura, a vala deverá ser preenchida com brita nº 3. Cada filtro terá a forma de tronco de pirâmide invertida, com as seguintes dimensões:

- Largura x comprimento = 19 x 19 m
- Volume Útil = 597 m<sup>3</sup>;
- Profundidade = 4,0 m;
- Área da lâmina d'água = 256 m<sup>2</sup>;
- A locação e os detalhes construtivos dos filtros estão indicados nos desenhos 5, 6, 7 e 8.

#### **3.4.7.3 Lagoas Facultativas**

Para tratar o efluente do filtro serão utilizadas três lagoas facultativas idênticas, retangulares, respeitando uma relação comprimento-largura de 3:1, dispostas em série, com as seguintes dimensões:

- Comprimento = 27 m
- Largura = 11 m
- volume útil = 219 m<sup>3</sup>
- profundidade útil = 1,5 m
- Área da lâmina d'água = 192 m<sup>2</sup>;

A escolha por lagoas facultativas deve-se ao fato das mesmas terem se mostrado eficientes no tratamento de “chorume”, além de exigirem baixo custo de operação e manutenção.

O sistema de tratamento já existente será utilizado só para as Células já desativadas e a que está em operação atualmente.

Os a locação e os detalhes construtivos das lagoas estão indicados nos desenhos 2, 3 e 4.

#### **3.4.7.4 Lagoa de Polimento**

Para tratar o efluente da terceira lagoa será utilizada uma Lagoa de Polimento, retangular, respeitando uma relação comprimento-largura de 3:1, com as seguintes dimensões:

- Comprimento = 42 m
- Largura = 16 m
- volume útil = 330 m<sup>3</sup>
- profundidade útil = 1,5 m
- Área da lâmina d'água = 507 m<sup>2</sup>;

#### **3.4.8 Sistema de Drenagem de Águas Pluviais**

Para desviar as águas pluviais precipitadas a montante da célula em operação, será construído um talude de ancoragem da manta PEAD, na borda de cada célula, que terá as seguintes finalidades:

- Drenar as águas pluviais de montante das células;
- Ancoragem da manta PEAD;
- Espera para emenda da manta PEAD quando da ampliação do aterro.
- O talude de ancoragem da manta PEAD será construído com solo local compactado, e terá seção trapezoidal com as seguintes dimensões:
- base maior = 1,5 metros;
- base menor = 0,5 metros;
- altura = 0,5 metros.

Os detalhes construtivos desta obra são apresentados no desenho 10.

### **3.4.9 Sistema de Drenagem dos Gases**

Para drenar os gases produzidos no interior das células do aterro sanitário, está previsto a construção de uma linha de drenos, em cada célula, com espaçamento de 15 em 15 metros entre um dreno e outro.

Eles serão construídos com tubo de concreto perfurado, envolto com pedra brita n.º 4 e tela. As especificações do dreno são as seguintes:

- Tubo de drenagem de concreto perfurado com DN = 0,30 m;
- Pedra brita N.º 4;
- Tela de arame galvanizado, fio 2,20, malha 3"x3", 14 DWG zincado.

O dreno de gás será construído em módulos de 2 metros de altura (altura da tela), com 1,2 metros de diâmetro. A medida que as cotas do aterro vai se elevando, cada módulo de dreno deverá ser "costurado" em outro módulo.

Quando o aterro atingir suas cotas máximas de projeto, deverá ser conectado ao dreno um queimador de gás. Este elemento de projeto deverá ser confeccionado em chapa de ferro de (1/8)", de acordo com detalhamento apresentado no desenho 11.

### **3.4.10 Operação do Aterro de Resíduos Sólidos**

Na operação das células do aterro de resíduos sólidos será utilizado um trator de esteiras tipo D4. A técnica de compactação adotada será a "de rampa". Com esta técnica, para atingir um grau de compactação satisfatório é necessário a passagem do trator de esteiras sobre os resíduos, de baixo para cima, pelo menos 5 vezes. A rampa de lixo terá inclinação máxima de 1(V):2(H), visando evitar o desgaste excessivo do trator.

Haverá cobertura do lixo toda vez que for atingida a cota de acabamento de projeto. Deverá ser executada com material local numa espessura de 0,15 cm. O fechamento do aterro se dará com a compactação do resíduo + argila compactada + solo orgânico + grama, com inclinação 1(V):2(H).

## **4 Estruturas Complementares**

### **4.1 Acessos**

Para que os trabalhos de operação do aterro se processem normalmente, serão construídos acessos circundando todo o perímetro da área, além dos acessos internos.

Todos os acessos terão 5 m de largura e serão cobertos com uma camada de brita ou cascalho (0,10 m), para que se possa operar normalmente inclusive em dias de chuva.

### **4.2 Cortina Vegetal**

Está previsto o plantio de uma cortina vegetal com 10 metros de largura em no perímetro da área, objetivando o isolamento visual do aterro. Para esse fim serão plantadas espécies nativas de crescimento rápido.

### **4.3 Isolamento da Área**

A área já se encontra totalmente cercada com tela de arame galvanizado, malha (76x76) mm, fio 14 BWG, com 2,0m de altura com moirões de 5 em 5 m.

### **4.4 Controle Tecnológico**

O controle tecnológico visa o levantamento de dados para a análise das características de qualidade de águas do lençol freático e do efluente do sistema de tratamento.

Atualmente existem 5 pontos de monitoramento, assim especificados:

- P1 = Piezômetro a montante, sem influência de resíduos;
- P2 = Piezômetro jusante, sob influência da célula em operação;
- P3 = Entrada do sistema de tratamento;
- P4 = Saída do sistema de tratamento;
- P5 = Açude;

Para monitorar a ampliação do aterro sanitário propõe-se os seguintes pontos:

- P6 = Piezômetro a montante das células da ampliação;
- P7 = Piezômetro a jusante das células da ampliação;
- P8 = Entrada do novo sistema de tratamento;
- P9 = Saída do novo sistema de tratamento.

**Quadro 4.1 - Controle Tecnológico - Plano de Monitoramento**  
**Parâmetros Laboratoriais Aterro de Resíduos Sólidos, Vacaria - RS**

Parâmetros	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>4</sub>	P <sub>5</sub>	P <sub>6</sub>	P <sub>7</sub>	P <sub>8</sub>	P <sub>9</sub>
pH	trimestral	trimestral	mensal	mensal	mensal	trimestral	trimestral	mensal	mensal
DBO <sub>5</sub>	trimestral	trimestral	mensal	mensal	mensal	trimestral	trimestral	mensal	mensal
DQO	trimestral	trimestral	mensal	mensal	mensal	trimestral	trimestral	mensal	mensal
Cloretos	trimestral	trimestral	mensal	mensal	mensal	trimestral	trimestral	mensal	mensal
Sulfatos	trimestral	trimestral	mensal	mensal	mensal	trimestral	trimestral	mensal	mensal
Nitrogênio Total	trimestral	trimestral	mensal	mensal	mensal	trimestral	trimestral	mensal	mensal
Coliformes Totais	trimestral	trimestral	mensal	mensal	mensal	trimestral	trimestral	mensal	mensal
Coliformes Fecais	trimestral	trimestral	mensal	mensal	mensal	trimestral	trimestral	mensal	mensal



## 5 Memorial Técnico

### 5.1 Cálculo da Vida Útil da Ampliação do Aterro

Para calcular a vida útil obtida com a ampliação do aterro de Vacaria foi necessário, primeiramente, estimar a produção de resíduos ao longo do tempo. O Censo de 2000 do IBGE apresenta uma população urbana de 59.392 habitantes, com uma taxa de crescimento populacional estimada em 1,36% ao ano. Projetando a população para o ano de 2007 teremos 62.391 habitantes, e uma quantidade de lixo gerada, no momento, é de 31.196 *kg/dia*, perfazendo uma produção por habitante de 0,5 *kg/dia*.

A evolução populacional e de geração de resíduos é apresentada no Quadro 5.1 a seguir.

Quadro 5.1 - Projeção da capacidade volumétrica necessária para disposição dos resíduos sólidos de Vacaria de 2007-2015:

Ano	Pop. [hab.]	Lixo Coletado		Terra m³/dia	Volume a ser aterrado		
		t/dia	m³/dia		m³/dia	m³/ano	acumul.
2007	62.391	31,20	36,70	3,67	40,37	14.735	14.735
2008	63.258	31,63	37,21	3,72	40,93	14.940	29.675
2009	64.138	32,07	37,73	3,77	41,50	15.148	44.823
2010	65.029	32,51	38,25	3,83	42,08	15.358	60.181
2011	65.933	32,97	38,78	3,88	42,66	15.572	75.753
2012	66.849	33,42	39,32	3,93	43,26	15.788	91.542
2013	67.779	33,89	39,87	3,99	43,86	16.008	107.549
2014	68.721	34,36	40,42	4,04	44,47	16.230	123.779
2015	69.676	34,84	40,99	4,10	45,08	16.456	140.235

Obs.: Taxa de crescimento populacional = 1,39 % ao ano; Produção per capta de lixo = 0,50 kg / hab / dia; Material de cobertura = 10%.

Obs.: Admite-se, para fins do cálculo da vida útil do aterro, que todo o lixo gerado está sendo disposto no aterro, desprezando-se a redução devido a coleta seletiva.

A ampliação do aterro sanitário terá, na sua configuração final, a seguinte disposição de células:

- **Célula I:** Capacidade total para destinar 9.122 m<sup>3</sup> de resíduos, e uma vida útil de 214 dias;
- **Célula II:** Capacidade total para destinar 19.300 m<sup>3</sup> de resíduos, e uma vida útil de 452 dias;
- **Célula III:** Capacidade total para destinar 29.700 m<sup>3</sup> de resíduos, e uma vida útil de 696 dias;
- **Célula IV:** Capacidade total para destinar 24.800 m<sup>3</sup> de resíduos, e uma vida útil de 581 dias;
- **Etapa 4:** Capacidade total para destinar 40.500 m<sup>3</sup> de resíduos, e uma vida útil de 949 dias;

A ampliação do aterro de resíduos sólidos de Vacaria contará com **uma capacidade volumétrica total de cerca de 123.422 m<sup>3</sup>**, e, conforme a estimativa de geração de resíduos, uma **vida útil total de 2.892 dias = 96,4 meses = 7,9 anos.**

## 5.2 Balanço Hídrico

O cálculo do balanço hídrico é apresentado no quadro 5.2 a seguir, e seus dados de precipitação pluviométrica, bem como evapotranspiração potencial, tem como fonte um série histórica entre os anos de 1961-1990, fornecida pelo Atlas Agroclimático do Rio Grande do Sul.

Quadro 5.2 - Balanço Hídrico

Parâmetro (mm)	Meses												
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
EP	109	87,2	79,1	70,8	60,7	56,3	63,5	71,1	80,8	94,1	99,6	116	988,1
P	132	119	98	102	104	144	123	129	148	132	76	104	1411
C'	0,18	0,18	0,18	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,18	0,18	////////
ES	23,8	21,4	17,6	22,4	22,9	31,7	27,1	28,4	32,6	29	13,7	18,7	289,3
I	108	97,6	80,4	79,6	81,1	112	95,9	101	115	103	62,3	85,3	1122
(I – EP)	-0,7	10,4	1,3	8,8	20,4	56	32,4	29,5	34,6	8,9	-37,3	-30,7	133,6
Σ NEG (I – EP)	-68,7	////////	////////	////////	////////	////////	////////	////////	////////	0	-37,3	-68	////////
AS	93	103	105	113	134	150	150	150	150	150	115	94	////////
Δ AS	-1	10,4	1,3	8,8	20,4	16,2	0	0	0	0	-35	-21	////////
ER	109	87,2	79,1	70,8	60,7	56,3	63,5	71,1	80,8	94,1	97,3	106	976,4
PER	0	0	0	0	0	39,8	32,4	29,5	34,6	8,86	0	0	145,3

Onde:

EP → Evapotranspiração Potencial (mm) → Fonte: Atlas Agroclimático do Rio Grande do Sul

P → Precipitação Pluviométrica (mm) → Fonte: Atlas Agroclimático do Rio Grande do Sul

C' → Coeficiente de Escoamento superficial → Calculado através de  $C' = \alpha \cdot C$ , onde  $\alpha$  e C são fornecidos

ES → Escoamento Superficial → Calculado através de  $ES = C' \cdot P$

I → Infiltração → calculado através de  $I = P - ES$

I – EP → Diferença entre as águas infiltradas e evaporadas

Σ NEG (I – EP) → Perda potencial de água acumulada

Σ AS → Armazenamento da água no solo → É função da capacidade da carga da camada de solo de cobertura

Δ AS → Troca de armazenamento de água no solo →  $\Delta AS = AS_n - AS_{n-1}$

Δ ER → Evapotranspiração real →  $ER = EP + [(I - EP) - \Delta AS]$

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

### 5.3 Sistema de Tratamento do Chorume

O sistema de tratamento seguiu a seguinte metodologia de cálculo:

#### 5.3.1 Vazão de Projeto

Para calcularmos a vazão de projeto, utilizaremos a média mensal de produção de percolado, visto que as lagoas têm dimensões suficientes para acumular chuvas de pico.

Do Quadro 5 Balanço Hídrico, PER = 145,30 mm/ano

$$Q = \frac{\text{PER} \times \text{Acont}}{31.104.000}$$

$$\text{PER} = 145,30 \text{ mm/ano}$$

$$\text{Acont} = 15.700 \text{ m}^2$$

$$Q = 0,072 \text{ l/s} = 6,24 \text{ m}^3/\text{dia}$$

#### 5.3.2 Filtro Anaeróbio de Fluxo Ascendente

O monitoramento sistemático de aterros localizados em várias regiões do estado do Rio Grande do Sul e Santa Catarina tem demonstrado que os filtros anaeróbios apresentam desempenho superior às lagoas anaeróbias para o tratamento de chorume, no que diz respeito a redução da matéria orgânica. Por esse motivo, optou-se pela implantação deste elemento na entrada do sistema.

A seguir, são apresentadas as condicionantes de projeto.

##### Filtro 1

- vazão:  $Q = 6,24 \text{ m}^3/\text{dia}$
- carga (DBO afluente) =  $8,0 \text{ kgDBO}_5/\text{m}^3$  (8000 mg/L)
- volume útil:  $V = 596 \text{ m}^3$
- carga orgânica:  $\text{CO} = 0,084 \text{ kgDBO}_5/\text{m}^3/\text{dia}$ 
  - para filtros de baixa taxa a bibliografia recomenda cargas orgânicas entre inferior a  $0,4 \text{ kgDBO}_5/\text{m}^3/\text{dia}$ .

- eficiência: uma vez que a carga orgânica está dentro da recomendada, estima-se uma eficiência de 30% na remoção da DBO<sub>5</sub>.
- **DBO efluente = 5.600 mg/L.**

### 5.3.3 Lagoas Facultativas

Para tratar os líquidos oriundos do Filtro Anaeróbio serão utilizadas três lagoas facultativas dispostas em série, com as seguintes dimensões e características:

- volume total (m<sup>3</sup>) = 219 m<sup>3</sup>
- comprimento = 27 m
- largura = 11 m
- profundidade total = 2,0 m
- profundidade até o nível d'água = 1,5 m
- área da lâmina d'água = 192 m<sup>2</sup>
- tempo de detenção =  $219/6,24 \Rightarrow t = 35$  dias

O método de cálculo para a remoção da DBO será a degradação de 1ª ordem:

$$\frac{Le}{Li} = \frac{1}{1 + k_1 t^*}$$

onde:

Le = DBO efluente

Li = DBO afluenta

t\* = tempo de detenção hidráulica

k<sub>1</sub> = constante de degradação de 1ª ordem = 0,08 dia<sup>-1</sup> a 20°C

O quadro a seguir resume o sistema de tratamento:

Quadro 5.3 – Remoção de matéria orgânica das Lagoas Facultativas

	Li (mg/L)	t* (dias)	Le (mg/L)
1ª Lagoa	<b>5600,0</b>	35	1473,7
2ª Lagoa	1473,7	35	387,8
3ª Lagoa	387,8	35	<b>102,0</b>

#### 5.3.4 Lagoa de Polimento

Estamos deixando de apresentar o memorial técnico sobre a eficiência da lagoa de polimento pelos seguintes aspectos:

- As lagoas de polimento são componentes de um sistema de tratamento que recebem baixas cargas orgânicas e sua principal função é o polimento do efluente, principalmente no decaimento bacteriológico.
- Como pode ser visto no item (5.3.3) na saída da segunda lagoa facultativa, o efluente já terá atingido, ainda que teoricamente, um valor abaixo do padrão de emissão preconizado.

#### 5.3.5 Eficiência do Sistema de Tratamento

$$C = (8.000 - 102,0) / 8.000 \Rightarrow C = 98,72 \%$$

## 6 Quantitativos e Estimativas de Custos

Este orçamento refere-se a custos de implantação, não abordando os custos operacionais do aterro sanitário.

Quadro 6.1 – Quantitativos e estimativa de custos

<b>ESPECIFICAÇÃO</b>	<b>Unidade</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Valor Unitário</b>	<b>Valor Total</b>
<b>1. IMPLANTAÇÃO DAS CÉLULAS</b>				
<b>1.1. CÉLULA I</b>				
<b>1.1.1. PESSOAL</b>				
- Engenheiro responsável	horas	100	25,00	2.500,00
- Topógrafo	horas	30	17,00	510,00
- Fiscal de obras	horas	200	12,00	2.400,00
<i>Sub-Total 1.1.1.</i>				<i>5.410,00</i>
<b>1.1.2. MÁQUINAS</b>				
- Caminhão basculante - 6 m <sup>3</sup>	horas	200	35,00	7.000,00
- Rolo compactador	horas	50	40,00	2.000,00
- Moto niveladora	horas	50	80,00	4.000,00
- Trator de esteira	horas	100	70,00	7.000,00
- Escavadeira hidraulica	horas	100	100,00	10.000,00
- Pá carregadeira	horas	200	50,00	10.000,00
<i>Sub-Total 1.1.2.</i>				<i>40.000,00</i>
<b>1.1.3. MATERIAIS E SERVIÇOS</b>				

- Solo argiloso para impermeabilização inferior	m <sup>3</sup>	934	5,00	4.670,00
- Saibro para proteção da manta	m <sup>3</sup>	560	6,00	3.360,00
- Manta PEDTA 2,00 mm de espessura instalada	m <sup>2</sup>	3.464	22,00	76.208,00
- Poço de inspeção e passagem 1 (instalado conf. projeto)	m	2	700,00	1.400,00
- Poço de inspeção e passagem 2 (instalado conf. projeto)	m	3	700,00	2.100,00
- Drenos de chorume (instalado conforme projeto)	m	50	45,00	2.250,00
- Dreno de gás (instalado conforme projeto)	m	35	120,00	4.200,00
- Queimador de gás (instalado conforme projeto)	un	07	450,00	3.150,00
- Tubo de esgoto PVC DN = 100 mm colocado	m	10	55,00	550,00
<i>Sub-Total 1.1.3.</i>				<b>97.888,00</b>
<b>TOTAL 1.1.</b>				<b>143.298,00</b>
<b>1.2. CÉLULA II</b>				
<b>1.2.1. PESSOAL</b>				
- Engenheiro responsável	horas	125	25,00	3.125,00
- Topógrafo	horas	38	17,00	646,00
- Fiscal de obras	horas	250	12,00	3.000,00
<i>Sub-Total 1.2.1.</i>				<b>6.771,00</b>
<b>1.2.2. MÁQUINAS</b>				
- Caminhão basculante - 6 m <sup>3</sup>	horas	250	35,00	8.750,00
- Rolo compactador	horas	63	40,00	2.520,00
- Moto niveladora	horas	63	80,00	5.040,00
- Trator de esteira	horas	125	70,00	8.750,00
- Escavadeira hidráulica	horas	125	100,00	12.500,00
- Pá carregadeira	horas	250	50,00	12.500,00
<i>Sub-Total 1.2.2.</i>				<b>50.060,00</b>
<b>1.2.3. MATERIAIS E SERVIÇOS</b>				
- Solo argiloso para impermeabilização inferior	m <sup>3</sup>	904	5,00	4.520,00
- Saibro para proteção da manta	m <sup>3</sup>	542	6,00	3.252,00



- Manta PEDA 2,00 mm de espessura instalada	m <sup>2</sup>	2.940	22,00	64.680,00
- Poço de inspeção e passagem 3 (instalado conf. projeto)	m	4	700,00	2.800,00
- Drenos de chorume (instalado conforme projeto)	m	45	45,00	2.025,00
- Dreno de gás (instalado conforme projeto)	m	80	120,00	9.600,00
- Queimador de gás (instalado conforme projeto)	un	07	450,00	3.150,00
- Tubo de esgoto PVC DN = 100 mm colocado	m	30	55,00	1.650,00
<i>Sub-Total 1.2.3.</i>				<b>91.677,00</b>
<b>TOTAL 1.2.</b>				<b>148.508,00</b>
<b>1.3. CÉLULA III</b>				
<b>1.3.1. PESSOAL</b>				
- Engenheiro responsável	horas	200	25,00	5.000,00
- Topógrafo	horas	60	17,00	1.020,00
- Fiscal de obras	horas	400	12,00	4.800,00
<i>Sub-Total 1.3.1.</i>				<b>10.820,00</b>
<b>1.3.2. MÁQUINAS</b>				
- Caminhão basculante - 6 m <sup>3</sup>	horas	350	35,00	12.250,00
- Rolo compactador	horas	95	40,00	3.800,00
- Moto niveladora	horas	95	80,00	7.600,00
- Trator de esteira	horas	150	70,00	10.500,00
- Escavadeira hidraulica	horas	150	100,00	15.000,00
- Pá carregadeira	horas	350	50,00	17.500,00
<i>Sub-Total 1.3.2.</i>				<b>66.650,00</b>
<b>1.3.3. MATERIAIS E SERVIÇOS</b>				
- Solo argiloso para impermeabilização inferior	m <sup>3</sup>	1.190	5,00	5.950,00
- Saibro para proteção da manta	m <sup>3</sup>	714	6,00	4.284,00
- Manta PEDA 2,00 mm de espessura instalada	m <sup>2</sup>	15.070	22,00	331.540,00
- Poço de inspeção e passagem 3 (instalado conf. projeto)	m	6	700,00	4.200,00
- Drenos de chorume (instalado conforme projeto)	m	46	45,00	2.070,00

- Dreno de gás (instalado conforme projeto)	m	40	120,00	4.800,00
- Queimador de gás (instalado conforme projeto)	un	6	450,00	2.700,00
- Tubo de esgoto PVC DN = 100 mm colocado	m	40	55,00	2.200,00
<b>Sub-Total 1.3.3.</b>				<b>357.744,00</b>
<b>TOTAL 1.3.</b>				<b>435.214,00</b>
<b>1.4. CÉLULA IV</b>				
<b>1.4.1. PESSOAL</b>				
- Engenheiro responsável	horas	150	25,00	3.750,00
- Topógrafo	horas	45	17,00	765,00
- Fiscal de obras	horas	250	12,00	3.000,00
<b>Sub-Total 1.4.1.</b>				<b>7.515,00</b>
<b>1.4.2. MÁQUINAS</b>				
- Caminhão basculante - 6 m <sup>3</sup>	horas	250	35,00	8.750,00
- Rolo compactador	horas	70	40,00	2.800,00
- Moto niveladora	horas	70	80,00	5.600,00
- Trator de esteira	horas	140	70,00	9.800,00
- Escavadeira hidraulica	horas	140	100,00	14.000,00
- Pá carregadeira	horas	250	50,00	12.500,00
<b>Sub-Total 1.4.2.</b>				<b>53.450,00</b>
<b>1.4.3. MATERIAIS E SERVIÇOS</b>				
- Solo argiloso para impermeabilização inferior	m <sup>3</sup>	930	5,00	4.650,00
- Saibro para proteção da manta	m <sup>3</sup>	560	6,00	3.360,00
- Manta PEDA 2,00 mm de espessura instalada	m <sup>2</sup>	3.700	22,00	81.400,00
- Poço de inspeção e passagem 3 (instalado conf. projeto)	m	6	700,00	4.200,00
- Drenos de chorume (instalado conforme projeto)	m	45	45,00	2.025,00
- Dreno de gás (instalado conforme projeto)	m	25	120,00	3.000,00
- Queimador de gás (instalado conforme projeto)	un	6	450,00	2.700,00
- Tubo de esgoto PVC DN = 100 mm colocado	m	60	55,00	3.300,00

Sub-Total 1.4.3.				104.635,00
<b>TOTAL 1.4.</b>				<b>165.600,00</b>
<b>1.5. ETAPA X</b>				
<b>1.5.1. PESSOAL</b>				
- Engenheiro responsável	horas	25	25,00	625,00
- Topógrafo	horas	15	17,00	255,00
- Fiscal de obras	horas	50	12,00	600,00
Sub-Total 1.5.1.				1.480,00
<b>1.5.2. MÁQUINAS</b>				
- Caminhão basculante - 6 m <sup>3</sup>	horas	80	35,00	2.800,00
- Trator de esteira	horas	20	70,00	1.400,00
- Escavadeira hidraulica	horas	20	100,00	2.000,00
- Pá carregadeira	horas	80	50,00	4.000,00
Sub-Total 1.5.2.				10.200,00
<b>1.5.3. MATERIAIS E SERVIÇOS</b>				
- Dreno de gás (instalado conforme projeto)	m	75	120,00	9.000,00
Sub-Total 1.5.3.				9.000,00
<b>TOTAL 1.5.</b>				<b>20.680,00</b>
<b>TOTAL 1.</b>				<b>913.300,00</b>
<b>2. SISTEMA DE TRATAMENTO</b>				
<b>2.1. PESSOAL</b>				
- Engenheiro responsável	horas	200	25,00	5.000,00
- Topógrafo	horas	100	17,00	1.700,00
- Fiscal de obras	horas	400	12,00	4.800,00
Sub-Total 2.1.				11.500,00
<b>2.2. MÁQUINAS</b>				
- Caminhão basculante - 6 m <sup>3</sup>	horas	400	35,00	14.000,00
- Rolo compactador	horas	70	40,00	2.800,00

- Moto niveladora	horas	70	80,00	5.600,00
- Escavadeira hidraulica	horas	150	100,00	15.000,00
- Retro escavadeira	horas	400	50,00	20.000,00
<i>Sub-Total 2.2.</i>				<i>57.400,00</i>
<b>2.3. MATERIAIS E SERVIÇOS</b>				
- Solo argiloso para impermeabilização	m <sup>3</sup>	960	5,00	4.800,00
- Manta PEDA 1,00 mm de espessura instalada	m <sup>2</sup>	1.250	19,00	23.750,00
- Brita N.º 3 para filtro	m <sup>3</sup>	372	23,00	8.556,00
- Tubo de esgoto PVC DN = 100 mm colocado	m	130	55,00	7.150,00
- Plantio de leiva	m <sup>2</sup>	2.000	5,00	10.000,00
<i>Sub-Total 2.3.</i>				<i>54.256,00</i>
<b>TOTAL 2.</b>				<b>123.156,00</b>
<b>3. OUTRAS OBRAS E INSTALAÇÕES</b>				
<b>3.1. CERCAMENTO DA ÁREA</b>				
- tela arame galvan. (fio 2,2) (malha 3"x3") c/2m altura - instalada	m <sup>2</sup>	620	20,00	12.400,00
<i>Sub-Total 3.1.</i>				<i>12.400,00</i>
<b>3.2. CORTINA VEGETAL</b>				
- plantio de espécies nativas	m <sup>2</sup>	3.100	3,00	9.300,00
<i>Sub-Total 3.2.</i>				<i>9.300,00</i>
<b>3.3. PIEZÔMETROS</b>				
- instalação de piezômetros	un	02	3.000,00	6.000,00
<i>Sub-Total 3.3.</i>				<i>6.000,00</i>
<b>TOTAL 3.</b>				<b>27.700,00</b>
<b>TOTAL DO EMPREENDIMENTO</b>				<b>1.064.156,00</b>

CUSTOS INICIAIS – INÍCIO DAS OPERAÇÕES (LO) = R\$ 294.154,00;  
VALOR UNITÁRIO DE IMPLANTAÇÃO = R\$ 11,27 / tonelada de resíduo;

## 7 Cronograma

Este cronograma refere-se as obras e instalações necessárias até a implantação da Célula I.

**Quadro 8 – Cronograma de Implantação**

Especificação	Meses					
	1º	2º	3º	4º	5º	6º
1. Construção dos acessos						
2. Construção da Célula I						
3. Construção do sistema de tratamento						
4. Instalação dos piezômetros						
5. Cortina Vegetal						

## **8 Referências Bibliográficas**

AEBA. **Saúde Ambiental**. Porto Alegre, 1990. pg. 179.

CETESB. **Drenagem Urbana - Manual de Projeto**. 1979, pg. 457.

**Resíduos Sólidos Industriais** (polígrafo). São Paulo, 1993.

**Curso Básico para Gerenciamento de Sistemas de Resíduos Sólidos**. São Paulo, 1982.

HADDAD, J. F. **Curso Latino Americano de Resíduos Domésticos e Industriais**. Rio de Janeiro, 1991.

LIMA, L. M. Q. **Tratamento de Resíduos Sólidos**. Caxias do Sul, 1991.

PAWLOSK, U. **Tratamento de Efluentes Insutriais**. Coletânea de Polígrafos. APEQ, 1981.

SILVA, S. A., MARA, D. D. **Tratamento biológico de Águas Residuárias - Lagoas de Estabilização**. ABES, 1979. pg. 139.

## **ANEXOS**

## **ANEXO I – ART**



## **ANEXO II - REGISTROS NO CREA E IBAMA**

### **ANEXO III – LAUDO DA COBERTURA VEGETAL**

## **ANEXO IV – PERFIS GEOLÓGICOS**

## **ANEXO V – DOCUMENTÁRIO FOTOGRÁFICO**

## **ANEXO VI – LICENÇA DE OPERAÇÃO**

**ANEXO VII – COMPROVANTE DE PAGAMENTO DOS CUSTOS DOS SERVIÇOS DE  
LICENCIAMENTO AMBIENTAL**

## **ANEXO VIII - DESENHOS**