

**CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIVATES  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, EXTENSÃO E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AMBIENTE E  
DESENVOLVIMENTO**

**AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA  
NO ATERRO SANITÁRIO DE LAJEADO - RS**

**Simone Beatris Schneider**

**Lajeado, fevereiro de 2010.**

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIVATES  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, EXTENSÃO E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO

**AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA  
NO ATERRO SANITÁRIO DE LAJEADO - RS**

Simone Beatris Schneider

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Desenvolvimento, do Centro Universitário UNIVATES, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Mestre em Ambiente e Desenvolvimento.

Orientador: Prof. Dr. Odorico Konrad

Co-Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Eniz Conceição  
Oliveira

Lajeado, fevereiro de 2010.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao meu Orientador Professor Dr. Odorico Konrad pelo incentivo e confiança.

A minha Co-orientadora Professora Dr.<sup>a</sup> Eniz Conceição Oliveira , pela amizade e sabedoria dispensados a mim.

Aos bolsistas de iniciação científica pela dedicação na realização das análises junto ao laboratório.

Ao meu marido Marco Daniel, pela paciência, apoio e amor dispensados durante estes dois anos.

Ao meu filho Matheus, por iluminar os meus dias com seu sorriso.

A “diretoria”, minhas queridas amigas Bernadete, Edi, Giovana, Sandra e Alessandra, que nos momentos difíceis compartilharam comigo as angústias do dia a dia do mestrado.

A todas as pessoas que me apoiaram e me incentivaram contribuindo para que eu pudesse realizar este trabalho.

Obrigado!!!!

*“A vida, como a fizeres,  
estará, contigo em qualquer parte.”*

*Chico Xavier*

## RESUMO

Para os aterros sanitários o maior problema ambiental é a liberação do lixiviado, que é proveniente do chorume, líquido procedente da decomposição biológica dos resíduos e da precipitação pluviométrica que infiltra ao longo da célula que recebe os resíduos nos aterros sanitários. Há risco eminente de poluição ao meio ambiente devido à alta concentração de matéria orgânica presente no lixiviado. Apresentaram-se através da coleta de dados, informações altamente significativas no que se refere à avaliação da temperatura ambiente com a quantidade de efluente gerado levando em consideração situações em que não houve a interferência da precipitação pluviométrica, demonstrando-se que a temperatura ambiente deve ser estudada de forma mais detalhada e deve ser levada em consideração na hora da elaboração do projeto de um aterro sanitário. Os dados demonstram claramente que à medida que a temperatura diminui, há imediatamente um aumento na geração de efluente. Observou-se ainda, que precipitação pluviométrica influencia nas análises de DQO, observando-se que não houve diluição e sim quanto maior a incidência de chuvas, maiores os resultados apresentados e este comportamento também pode ser aplicado ao nitrogênio e ao fósforo.

**PALAVRAS-CHAVES:** Aterros sanitários. Lixiviado. Percolados. Resíduos sólidos urbanos.

## **ABSTRACT**

For landfills the major environmental problem is releasing leachate, which comes from the liquid by biological decomposition of residue and rainfall moving through the cell receiving residues in landfills. The environment is in high risk of being polluted due to the high rate of organic material in the leachate. By collecting data, we have provided very significant information about assessing room temperature with the rate of sludge taking into consideration cases where no rainfall interfered in it; thus showing that room temperature should be studied in a detailed way and should be taken into consideration when planning landfills. Data show clearly that the lower the temperature, the higher the rate of sludge. We have further noted that rainfall has effects on COD analyses, noting that there was no dilution, but the higher rate of rain, the most significant results, and this behaviour can also be applied to the nitrogen and phosphorus.

**KEYWORDS:** Landfills. Leachate. Percolation. Urban solid residues.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Antigo lixão de Lajeado - bairro Conventos	18
FIGURA 2 - Estação de tratamento de efluente do aterro sanitário de Lajeado RS (Fonte: SEMA)	28
FIGURA 3 - Decantador da estação de tratamento do chorume do aterro sanitário de Lajeado – RS, bairro Conventos (Fonte: SEMA)	29
FIGURA 4 - Vista da célula de disposição de resíduos sólidos urbanos do aterro sanitário de Lajeado - RS (Fonte: SEMA)	33
FIGURA 5 - Vista aérea do município de Lajeado - RS (Fonte: SEMA)	39
FIGURA 6 - Início da recuperação do antigo lixão de Lajeado - RS (Fonte: SEMA)	41
FIGURA 7 - Início da recuperação do antigo lixão de Lajeado - RS (Fonte: SEMA)	42
FIGURA 8 - Primeira lagoa de retenção de chorume (Fonte:SEMA)	42
FIGURA 9 - Novo pátio de descarga de resíduos sólidos urbanos de Lajeado - RS (Fonte:SEMA)	43
FIGURA 10 - Instalação da nova célula (Fonte:SEMA)	44
FIGURA 11 - Finalização da recuperação do antigo lixão (Fonte:SEMA)	45
FIGURA 12 - Pluviômetro instalado no aterro sanitário de Lajeado - RS	48
FIGURA 13 - Calha Parshall instalada no aterro sanitário de Lajeado - RS	49
FIGURA 14 - Sensor de conferência de dados	50
FIGURA 15 - Relação entre temperatura (°C) e vazão (m <sup>3</sup> )	52
FIGURA 16 - Relação entre temperatura (°C) e vazão (m <sup>3</sup> )	52
FIGURA 17 - DQO do efluente bruto versus Precipitação	53
FIGURA 18 - Nitrogênio versus Precipitação	54
FIGURA 19 - Fósforo no efluente bruto	54
FIGURA 20 - Sólidos totais no efluente bruto	55
FIGURA 21 - Sólidos sedimentáveis no efluente bruto	55
FIGURA 22 - Coliformes totais no efluente bruto	56
FIGURA 23 - <i>Escherichia coli</i> no efluente bruto	57

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Hierarquia de gestão e gerenciamento de resíduo (Santos e Schalch,2002).....	20
TABELA 2 - Características do resíduo sólido e sua importância no planejamento do sistema de tratamento de resíduo (Carvalho e Oliveira, 2002).....	25
TABELA 3 - Principais fatores que influenciam a geração de chorume (Meira, 2003).....	26
TABELA 4 - Composição do chorume.....	30
TABELA 5 - Fases da decomposição dos resíduos (Rita,2002).....	32
TABELA 6 - Parâmetros Analisados no chorume bruto.....	50

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
DQO	Demanda Química de Oxigênio
EUA	Estados Unidos da América
FEPAM	Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Rössler
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
SEMA	Secretaria do Meio Ambiente

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>12</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>15</b>
2.1	Objetivo geral	15
2.2	Objetivos específicos	15
<b>3</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b>	<b>16</b>
3.1	Meio ambiente e o desenvolvimento	16
3.2	Gestão dos resíduos sólidos urbanos	19
3.3	Classificação dos resíduos	20
3.4	Tratamento do chorume	26
3.5	Tratamento dos resíduos sólidos urbanos	33
3.5.1	Incineração	34
3.5.2	Aterro sanitário	34
3.5.3	Compostagem	35
3.5.4	Reciclagem	36
<b>4</b>	<b>DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DE LAJEADO - RS</b>	<b>38</b>
4.1	O município onde se encontra e a área de estudo	38
4.2	Solos	39
4.3	Aterro sanitário de Lajeado - RS	40
<b>5</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>47</b>
5.1	Pluviômetro	48
5.2	Medidor de vazão	48

<b>6</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b>	<b>51</b>
6.1	Influência da temperatura na geração de chorume	51
6.2	Demanda química de oxigênio	53
6.3	Nitrogênio	53
6.4	Fósforo	54
6.5	Sólidos totais e sólidos sedimentáveis	55
6.6	Coliformes totais e <i>Escherichia coli</i>	56
<b>7</b>	<b>CONCLUSÕES</b>	<b>58</b>
<b>8</b>	<b>SUGESTÕES PARA NOVOS TRABALHOS</b>	<b>61</b>
<b>9</b>	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>62</b>

# 1 INTRODUÇÃO

A vida humana possui uma característica muito intensa no que diz respeito à convivência diária com os resíduos. São lançados tantos materiais junto ao meio, devido à descontrolada atividade consumista do homem. Hoje, grandes e pequenas cidades destacam-se como fontes de produção de resíduos, uma vez que apresentam cada vez mais, grandes aglomerados urbanos e suas consequentes atividades urbanas.

Sendo assim, a destinação adequada assim como o tratamento ideal dos resíduos sólidos urbanos torna-se um grande desafio. Para Guimarães (1999), no Brasil temos cada vez menos áreas disponíveis para a disposição de resíduos, pois a urbanização cresce de forma acelerada e desordenada e à medida que isso acontece à geração de resíduos é cada vez maior e requer cuidados também mais específicos para a correta destinação.

Para Rocha (1997), cada um de nós produz em média 700 gramas de resíduos por dia, o que representa uma geração diária no Brasil de aproximadamente 130 mil toneladas, isto significa que a disposição final deste resíduo varia conforme a região onde é coletado, mas em média, segundo o IBGE

(2000), cerca de 71% são destinados a aterros controlados ou sanitários e 26% a lixões a céu aberto.

Entretanto, apenas esta destinação não pode ser considerada como tratamento final. Ainda resta a fração líquida, que resulta da decomposição dos resíduos e denomina-se percolato (chorume). Para Santos e Schalch (2002), o chorume aliado à precipitação pluviométrica é o principal fator preocupante que colabora com a degradação ambiental, tendo em vista o tratamento desse efluente se mostrar um grande problema para os aterros sanitários.

Para Santos e Schalch (2002), a globalização a nível mundial vem trazendo consigo uma grande epidemia de consumismo e com isso o desenvolvimento de uma crise ambiental em decorrência da poluição que se torna facilitada pela produção desenfreada.

Deve-se destacar dentro deste contexto a incidência cada vez maior de catadores em busca de seu alimento nos grandes lixões que estão espalhados pelo Brasil e pela América Latina.

Com isso começam a surgir os problemas de degradação ambiental pela má disposição dos resíduos, que segundo Branco (1991) estão sendo soterrados em aterros ou lançados ao solo e aos rios na forma de percolato e à atmosfera na forma de gases, fumaças e material particulado.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT (BRASIL, 2004), apresenta a seguinte classificação em função da origem do resíduo: residencial; comercial; industrial; serviços de saúde; especial; feiras e varrição; perigosos.

A decomposição dos resíduos sofre um processo rápido de degradação da matéria orgânica, formando o chorume, que pode ser originado da umidade natural do lixo, aumentando no período chuvoso, ainda pode ser oriundo da

água de constituição da matéria orgânica, que percola durante o processo de decomposição ou ainda das bactérias existentes nos resíduos, que formam enzimas que dissolvem a matéria orgânica e acabam formando um líquido escuro (SANTOS e SCHALCH, 2002).

O percolado forma-se pela solubilização na água, principalmente na água de chuva, dos componentes presentes nos resíduos, que fica em contato com o “lixo” por certo período e por gravidade acaba percolando através da porosidade existente, chegando à canalização de coleta do chorume que o destina para as lagoas de tratamento (SISINNO, 2000).

Já para Branco (1991), a preocupação maior está nas localidades onde há um alto índice pluviométrico, pois a quantidade de percolado torna-se significativa, trazendo uma alta possibilidade de contaminação do solo, dos recursos hídricos subterrâneos e também superficiais, gerando um grande impacto ambiental.

Foram estas considerações que objetivaram este estudo, tendo em vista, o aterro sanitário de Lajeado-RS estar localizado numa região de altos índices pluviométricos e necessitar descrever de forma detalhada como se comporta a produção de lixiviado em dias de grandes precipitações, levando em consideração sua carga orgânica e vazão diferenciada.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo geral

Avaliar a influência da precipitação pluviométrica no aterro sanitário de Lajeado - RS.

### 2.2 Objetivos específicos

- Realizar o controle da vazão do efluente bruto gerado no aterro sanitário de Lajeado/RS, relacionado com a temperatura do local;
- Acompanhar a influência da precipitação pluviométrica e sua interferência volumétrica;
- Monitorar os parâmetros de DQO, Sólidos sedimentáveis, Nitrogênio, Fósforo, Coliformes Totais, *Escherichea Coli*, Sólidos totais para avaliar a influência da precipitação pluviométrica nestes parâmetros.

## **3 REVISÃO DE LITERATURA**

### **3.1 Meio ambiente e desenvolvimento**

Com a busca desenfreada pelo desenvolvimento e a idéia de progresso aliada ao crescimento econômico e a industrialização, conseguiu-se agravar de forma significativa os problemas ambientais decorrentes da produção e do comércio. O desenvolvimento tornou-se uma arma para o meio ambiente (SANTOS, 2002).

A medida que o desenvolvimento urbano traz novos padrões de comportamento, aumenta significativamente o impacto ambiental sobre o meio. Assim:

A síntese possível para este final de século pode ser caracterizada pelo esgotamento de um estilo de desenvolvimento que se mostrou ecologicamente predatório no uso de recursos naturais, socialmente perverso, na geração de pobreza e de desigualdade, politicamente injusto, na concentração de poder; culturalmente alienado, em relação à natureza e, eticamente censurável, no respeito aos direitos humanos e aos das demais espécies (GUIMARÃES, 1999).

Para Leão (1994), atualmente, os resíduos sólidos urbanos estão ligados a três fatores específicos, dentre eles a redução, a reutilização e a reciclagem. Para Campbell (1993), dentre estes fatores estão às administrações públicas, que em alguns casos, costumam trabalhar com as soluções de menor custo, sendo que estas nem sempre são as de melhor qualidade.

Neste sentido, destaca-se novamente a importância das políticas públicas em algum projeto que inclua o cidadão, as instituições e demais agentes na busca pela sustentabilidade ambiental (GUIMARÃES, 1999).

Para Gaieski (1991), o chorume, que é proveniente da decomposição dos restos orgânicos dispostos num aterro é o grande vilão da degradação ambiental, estando os efeitos mais sérios para a saúde humana ligados aos metais pesados, que normalmente encontram-se neste efluente, e que, se não tratado de forma adequada coloca em risco a saúde do homem e ainda contamina principalmente os recursos hídricos superficiais e subterrâneos.

Para Branco (1991), o processo de urbanização no Brasil foi, comparativamente, muito mais rápido que o observado nos países europeus e nos EUA, tendo se consolidado em mais ou menos meio século, dependendo do conceito adotado para “urbano”. Ao esvaziamento relativo do campo, assistiu-se, de 1940 a 2000, a um transbordamento periférico de inúmeras cidades brasileiras, que absorveram o fluxo de migrantes vindos do campo.

No século XX ocorreu uma urbanização caótica no Brasil, que levou o país a possuir cidades com o dobro da população de algumas das maiores cidades do primeiro mundo, mas, dez vezes menos dotadas de serviços urbanos e de oportunidades de trabalho (BRANCO, 1991).

Branco (1991) observa que os resíduos da cidade são dispostos em vazadouros, soterrados em aterros ou lançados ao solo e aos rios na forma de

esgoto e na atmosfera, na forma de gases, fumaças e material particulado, conforme demonstra a Figura 1. O resíduo sólido, ou lixo, representa um aspecto dos rejeitos de uma comunidade, que gera, também, resíduos líquidos e gasosos. Os resíduos além de serem uma ameaça a saúde humana através do contato direto ou devido à proliferação de vetores transmissores de doenças, provocam a poluição visual e olfativa (mau odor) e, dependendo das condições geomorfológicas, pode ocorrer deslizamento de solo, desmoronamento da massa de resíduo, entre outros impactos negativos.

Deve-se destacar a atração que os depósitos a céu aberto exercem sobre os catadores. Estes sobrevivem comercializando o resíduo reciclável coletado nos lixões e trabalham sem as mínimas condições de higiene, constituindo um lamentável quadro de degradação social.



Figura 1 - Antigo lixão de Lajeado - bairro Conventos (Fonte: SEMA).

Destaca-se que, o responsável pelo gerenciamento deste resíduo é o produtor, que deve adotar práticas que impeçam a degradação do meio ambiente, sendo que, Lajeado possui uma média de 40 toneladas/dia de resíduos sólidos urbanos que são recolhidos todos os dias nas ruas de nossa cidade (SEMA, 2009).

### **3.2 Gestão de resíduo sólido urbano**

Para Santos e Schalch (2002), a gestão ambiental trabalha de forma ordenada as atividades humanas, para que estas originem o menor impacto possível sobre o meio. Esta organização vai desde a escolha das melhores técnicas até o cumprimento da legislação e a alocação correta de recursos humanos e financeiros.

A administração integrada de uma região ou ambiente, com critérios de equilíbrio, promovendo o desenvolvimento e o bem estar harmonioso dos seres humanos, através da melhoria da qualidade de vida e manutenção da disponibilidade dos recursos naturais, sem esgotar e/ou deteriorar os recursos renováveis e sem destruir os não-renováveis, podemos também denominar de gestão ambiental (STRAUSCH e ALBUQUERQUE, 2008).

Santos e Schalch (2002) colocam que após a Rio-92, oficializou-se a política de busca de minimização do resíduo sólido e buscou-se a utilização do conceito de gerenciamento integrado. Assim, o manejo sustentável de resíduo pressupõe a busca da minimização, seguida pela organização da coleta, transporte, tratamento e/ou destino final do que, de fato, não possa ser reutilizado ou reciclado.

Para Santos e Schalch (2002), são caracterizadas da seguinte forma as diretrizes prioritárias de políticas de resíduos: evitar ou, nos casos em que não for possível, diminuir a produção de resíduos; reutilizar ou, quando não for possível, reciclar resíduos; utilizar a energia contida nos resíduos; tornar inertes os resíduos antes da disposição final. A Tabela 1 mostra a hierarquia de gestão e gerenciamento de resíduos.

Tabela 1 - Hierarquia de gestão e gerenciamento de resíduo (Santos e Schalch, 2002).

<b>Ordem de importância</b>	<b>Ações</b>
6	Prevenir a geração de resíduos na fonte
5	Reduzir a geração de resíduos na fonte
4	Reciclar no processo
3	Reciclar e reutilizar em outros processos
2	Tratar os resíduos sólidos para minimizar os impactos
1	Dispor os resíduos de maneira responsável e segura

### **3.3 Classificação dos resíduos**

Para Lima (1995), lixo é o resultado da atividade humana ou ainda o que é gerado pela natureza como folhas, terra e areia espalhadas pelo vento. Ainda pode ser confundido com tudo aquilo que se joga fora, que não se tem mais utilidade.

A terminologia "resíduo sólido" passa a ser adotada neste trabalho em substituição ao termo "lixo", mais largamente utilizado na linguagem comum. Os resíduos sólidos urbanos a serem focalizados como objetos de estudo são aqueles, denominados inorgânicos pela sua composição química, especificamente: papel, metal, vidro, plásticos e suas subclassificações. Esta delimitação faz-se necessária uma vez que a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), na Norma 10.004/04, classifica como resíduo sólido:

“Resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso solu-

ções, técnica e economicamente, inviáveis em face à melhor tecnologia disponível (BRASIL, 2004).”

Os artigos 30 e 182 da Constituição Federal estabelecem a responsabilidade da administração municipal pela coleta, destino final, controle e fiscalização do resíduo sólido urbano, estabelecendo assim as diretrizes a serem seguidas.

A ABNT (BRASIL, 2004) apresenta a seguinte classificação em função da origem do resíduo:

- Residencial: também chamado lixo domiciliar ou doméstico, é constituído de restos de alimentação, invólucros diversos, varreduras, folhagens, ciscos e outros materiais descartados pela população diariamente;
- Comercial: é proveniente de diversos estabelecimentos comerciais, como escritórios, lojas, hotéis, restaurantes, supermercados, quitandas e outros. É formado, principalmente, por papéis, papelão, plásticos, caixas, restos de lavagem, etc;
- Industrial: proveniente de diferentes áreas do setor industrial e, portanto, de constituição muito variada;
- Serviços de Saúde: é constituído por resíduo proveniente das mais diferentes áreas dos estabelecimentos hospitalares: refeitório e cozinha, área de patogênicos, administração, limpeza e outros. Fazem parte, também, os resíduos provenientes de farmácias, clínicas, centros e postos de saúde;

- Especial: constituído por resíduo e material produzido esporadicamente como, folhagens de limpeza de jardins, restos de poda, animais mortos e entulhos;

- Feiras, Varrição e Outros: provenientes de varrição regular de ruas, conservação da limpeza de núcleos comerciais, limpeza de feiras, constituindo-se, principalmente, de papéis, cigarros, invólucros, restos de capinação, areia, ciscos e folhas e;

- Perigosos: resíduo que requer cuidado especial quanto a coleta, acondicionamento, transporte e destinação final, pois apresenta substancial periculosidade, real ou potencial, à saúde humana ou aos organismos vivos e se caracteriza pela letalidade e/ou persistência e/ou efeitos cumulativos adversos.

O resíduo sólido pode, ainda, ser classificado em função do seu local de produção (SANTOS, 2002). Aquele gerado em aglomerados humanos é denominado resíduo urbano. Já o resíduo formado fora das cidades, ou melhor, no campo, é classificado como resíduo rural.

Para Santos e Schalch (2002) pode-se ainda classificar os resíduos sólidos conforme a degradabilidade em:

- ✓ Facilmente degradáveis: restos de frutas e verduras, restos de vegetais;
- ✓ moderadamente degradáveis: papel, papelão e outros produtos celulósicos;
- ✓ dificilmente degradáveis: trapo, couro, borracha e madeira; e,
- ✓ não degradáveis: vidro, metal, plástico, pedras e terra.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) editou um conjunto de normas para padronização, a nível nacional, da classificação do resíduo. A classificação proposta na NBR 10.004:2004 (BRASIL, 2004), baseia-se, fundamentalmente, nas características do resíduo, em listagens dos reconhecimentos perigosos e em outras listagens de padrões de concentração de poluentes.

De acordo com a ABNT (BRASIL, 2004), o resíduo sólido é agrupado em:

a) Resíduo classe I, perigoso, caracteriza-se por ser aquele que, em função de suas propriedades físicas, químicas ou infecto-contagiosas, pode apresentar riscos à saúde pública e/ou ao ambiente, quando manuseado ou disposto de forma inadequada ou possuir, pelo menos, uma das seguintes propriedades: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade;

b) Resíduo classe II são os resíduos não considerados perigosos;

c) Resíduo classe II A, não inertes, porém podem ter características de combustibilidade e solubilidade em água. Esses são os resíduos sólidos urbanos característicos das residências;

d) Resíduo classe II B, inertes, ou seja, quaisquer resíduos, que quando amostrados de uma forma representativa, segundo a ABNT NBR 10007, e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou deionizada, à temperatura ambiente, conforme ABNT NBR 10006, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor.

A caracterização do resíduo compreende a determinação de características quantitativas e qualitativas do mesmo e pode envolver as seguintes análises

ses: umidade, material fixo, pH, nitrogênio, fósforo, potássio, hidrogênio, enxofre, matéria orgânica, sólidos voláteis, relação carbono-nitrogênio, peso específico e composição gravimétrica, entre outras, parâmetros estes predefinidos pela FEPAM e CONAMA.

As determinações a serem realizadas dependem dos objetivos do estudo e, para o caso de justificar a implantação de sistemas sofisticados de destinação final como aterros sanitários, incineradores, usinas de compostagem, entre outras, recomendam-se as análises anteriormente mencionadas (CARVALHO e OLIVEIRA, 2002).

Na sequência apresentam-se (Tabela 2), as características dos resíduos sólidos e suas influências sobre o planejamento de um sistema de gerenciamento de resíduo sólido ou sobre o projeto de determinadas unidades que compõem tal sistema.

Tabela 2 - Características do resíduo sólido e sua importância no planejamento do sistema de tratamento do resíduo (CARVALHO E OLIVEIRA, 2002).

<b>Características</b>	<b>Descrição</b>	<b>Importância</b>
Peso específico aparente	É o peso do resíduo solto em função do volume ocupado livremente, sem qualquer compactação, expresso em kg/m <sup>3</sup>	Fundamental para o correto dimensionamento de equipamentos e instalações para coleta, transporte, tratamento e destino.
Teor de Umidade	Indica quantidade de água presente no resíduo, medida em percentual de seu peso	Tem influência direta na velocidade de decomposição da matéria orgânica no processo de compostagem. Influencia diretamente o poder calorífico e o peso específico aparente do resíduo, concorrendo de forma indireta para o correto dimensionamento de usinas de compostagem. Influencia diretamente o cálculo da produção de chorume e o correto dimensionamento do sistema de coleta deste em aterro sanitário.
Compressividade	Grau de compactação ou a redução do volume que uma massa de resíduo pode sofrer quando compactada	Muito importante para o dimensionamento de unidades compactadoras tais como: veículos coletores, estações de transferência e caçambas estacionárias.
Poder calorífico	Indica a capacidade potencial de um material liberar determinada quantidade de calor quando submetido à queima	Influência o dimensionamento das instalações de todos os processos de tratamento térmico.
Composição química	Consiste na determinação de teores, tais como: cinzas, matéria orgânica, carbono, nitrogênio, potássio, cálcio, fósforo, resíduo mineral total, resíduo mineral solúvel e gorduras.	Ajuda a indicar a forma mais adequada de tratamento para os resíduos coletados.
Relação C/N	Indica o grau de decomposição da matéria orgânica do resíduo nos processos de tratamento/disposição final	Fundamental para estabelecer a qualidade do composto produzido
Características biológicas	São aquelas que determinam a população microbiana e a dos agentes patogênicos presentes no resíduo	Fundamentais na fabricação de inibidores de odor e de aceleradores e retardadores da decomposição da matéria orgânica presente no resíduo.
pH	Indica o teor de acidez ou alcalinidade do resíduo	Indica o grau de corrosividade do resíduo coletado, servindo para estabelecer o tipo de proteção contra a corrosão a ser usados nos aterros.

### 3.4 Tratamento do Chorume

Para Silva (2002), pode-se definir o chorume como um líquido escuro, onde a carga poluidora é extremamente impactante, devido a sua alta concentração de matéria orgânica e à presença de metais pesados.

Segundo Meira (2003), a decomposição dos resíduos depositados em aterros sanitários, sofre processo dinâmico comandado por organismos decompositores de matéria orgânica, sendo que o chorume pode ser oriundo das seguintes fontes, conforme demonstra a Tabela 3.

Tabela 3 – Principais fatores que influenciam a geração de chorume (MEIRA, 2003).

Fatores Climáticos e afins	Fatores relativos aos resíduos	Fatores relativos ao tipo de disposição
Regime de chuvas e precipitação pluviométrica anual	Composição	Permeabilidade do aterro
Escoamento superficial e Infiltração	Densidade	Idade do aterro
Evapotranspiração e temperatura	Teor de umidade inicial	Profundidade do aterro

O impacto produzido pelo chorume sobre o meio ambiente está diretamente relacionado com sua fase de decomposição. O chorume de aterro novo, quando recebe alta quantidade de águas pluviais é caracterizado por pH ácido, alta Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO<sub>5</sub>), alto valor de Demanda Química de Oxigênio (DQO) e diversos compostos potencialmente tóxicos (MEIRA, 2003).

Deve-se ressaltar que as características do chorume são extremamente variáveis dependendo de fatores que vão desde as condições ambientais locais, tempo de disposição, forma de operação do aterro e até características do próprio despejo.

O chorume pode conter altas concentrações de sólidos suspensos, metais pesados, compostos orgânicos originados da degradação de substâncias que facilmente são metabolizadas como carboidratos, proteínas e gorduras. Por apresentar substâncias altamente solúveis, o chorume pode contaminar as águas do subsolo nas proximidades do aterro. A presença do chorume em águas subterrâneas pode ter consequências extremamente sérias para o meio ambiente e para a saúde pública por apresentar compostos altamente tóxicos (MEIRA, 2003).

O descarte de inúmeros tipos de resíduos, inclusive os classificados como perigosos, em locais destinados para deposição de lixo doméstico tem sido uma prática que tem trazido sérios problemas ambientais:

- alterar a qualidade do ar em função das emissões de gases e poeiras;
- poluir as águas superficiais e do subsolo pelos líquidos percolados e pela migração de gases;
- agredir esteticamente o solo devido ao espalhamento do lixo;
- atrair diversos vetores causadores de enfermidades, como por exemplo, ratos, moscas e baratas.

Para Silva (2002) , o tratamento do chorume é uma medida de proteção ambiental, de manutenção da estabilidade do aterro e uma forma de garantir uma melhor qualidade de vida para a população local. As técnicas para tratamento de efluentes industriais estão sendo empregadas para o tratamento de chorume com a inclusão dos tradicionais processos biológicos, aeróbio e anaeróbio, como também uma variedade de processos de físico-químicos .

Entretanto, a capacidade de certos microorganismos para degradar substâncias orgânicas tóxicas é muito limitada. Além de estarem sujeitos a quaisquer variações de pH ou de cargas tóxicas, que podem paralisar o metabolismo, outras dificuldades também são comumente encontradas. Entre os

principais inconvenientes destacam-se, a dificuldade no controle da população de microorganismos e a necessidade de um tempo relativamente longo para que os efluentes atinjam padrões aceitáveis (SISSINO, 2000).

Discretas diferenças na estrutura de um composto poluente ou na composição do meio podem ser bastante significativas e prejudicam o funcionamento de um sistema biológico estabelecido, a seguir nas Figuras 2 e 3, detalhe da estação de tratamento de chorume do aterro sanitário de Lajeado-RS.



Figura 2 - Estação de tratamento de efluente do aterro sanitário de Lajeado - bairro Conventos (Fonte: SEMA).



Figura 3 – Decantador da estação de tratamento do chorume do aterro sanitário de Lajeado – bairro Conventos (Fonte: SEMA).

Estudos realizados com amostras de chorume provenientes de diferentes aterros sanitários demonstraram que todos possuem mudanças na sua composição, conforme demonstra a Tabela 4.

Tabela 4 - Composição do chorume (SISSINO,2002)

<b>PARÂMETROS</b>	<b>FAIXA</b>
pH	4,5 a 9
Sólidos totais	2000 – 60000 mL L <sup>-1</sup>
<b>Matéria orgânica (mg/L)</b>	
Carbono orgânico total	30 – 29.000mg/L
DBO <sub>5</sub>	20 – 57.000mg/L
DQO	140 – 152.000mg/L
DBO <sub>5</sub> /DQO	0,02 – 0,80mg/L
Nitrogênio orgânico	14 – 2500mg/L
<b>Macrocomponentes inorgânicos (mg/L)</b>	
Fósforo total	0,1 – 23mg/L
Cloretos	150 – 4500mg/L
Sulfatos	8 – 7750mg/L
HCO <sub>3</sub>	610 – 7320mg/L
Nitrogênio amoniacal	50 – 2200mg/L
Magnésio Total	30 – 15.000mg/L
Ferro Total	3 – 5500mg/L
Manganês Total	0,03 – 1400mg/L
<b>Elementos Inorgânicos</b>	
Cromo Total	0,02 – 1,5mg/L
Cobalto	0,005 – 1,5mg/L
Cobre	0,005 – 10mg/L
Chumbo	0,0001 – 5mg/L
Mercúrio	0,00005 – 0,16mg/L

Para Lima (1995), 60% do material orgânico que entra num aterro sanitário conseguem ser reutilizados como adubo, diminuindo a quantidade de resíduo que é colada na célula e acarretando a vantagem da menor geração de chorume e menor emissão de biogás.

A preocupação maior está nas localidades onde há um alto índice pluviométrico, pois a quantidade de percolado torna-se significativa, trazendo uma alta possibilidade de contaminação do solo, dos recursos hídricos subterrâneos e também superficiais, gerando um grande impacto ambiental. Mesmo apresentando-se diversos conceitos para definir o chorume, é prioritário identificar quais os componentes responsáveis pela sua composição e formação (RODRIGUES, 2007).

Para Rodrigues (2007), o chorume pode ser originário de três fontes:

- da umidade natural dos resíduos, aumentando no período das chuvas, pois a geração de chorume esta diretamente ligada precipitação pluviométrica;
- outro fator importante é a água de constituição da matéria orgânica, que escorre durante o processo de decomposição;
- das bactérias existentes nos resíduos, que expelem enzimas que degradam a matéria orgânica com a formação de líquido.

Ainda para Silva (2002), a composição físico-química do chorume é muito variável, apresentando vários fatores que estão relacionados com as condições do local, tempo de disposição, forma de operação e até características do próprio despejo.

Há cinco fases descrevendo a decomposição da matéria orgânica em um aterro sanitário, que estão representadas na Tabela 5.

Tabela 5 – Fases da Decomposição dos Resíduos (Rita, 2002).

Fase 1 – Ajuste Inicial	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Disposição dos resíduos e acúmulo de umidade;</li> <li>✓ Encerramento de cada célula e assentamento do terreno;</li> <li>✓ Início da estabilização.</li> </ul>
Fase 2 – Transição	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Formação do chorume;</li> <li>✓ Transição da fase aeróbia para a anaeróbia;</li> <li>✓ Receptor primário de elétrons passa de oxigênio para nitratos e sulfatos;</li> <li>✓ Redução do potencial redox no sentido de estabelecer condições redutoras;</li> <li>✓ Surgimento de produtos metabólicos intermediários, ácidos orgânicos voláteis (AOV) no chorume.</li> </ul>
Fase 3 – Acidificação	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ AOV's tornam-se predominantes com a contínua hidrólise e fermentação dos resíduos orgânicos;</li> <li>✓ Redução do pH, causando possível complexação de metais pesados;</li> <li>✓ Liberação e assimilação de nutrientes, como nitrogênio e fósforo;</li> <li>✓ Aparecimento de hidrogênio que vai controlar os metabólicos intermediários.</li> </ul>
Fase 4 - Metanogênese	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Consumo dos produtos intermediários para formação de metano e dióxido de carbono;</li> <li>✓ Estabilização do pH e concentração de AOV;</li> <li>✓ Potencial redox está no valor mínimo;</li> <li>✓ Consumo contínuo de nutrientes;</li> <li>✓ Complexação e precipitação de metais pesados;</li> <li>✓ Concentração de orgânicos no chorume decresce devido à conversão a biogás.</li> </ul>
Fase 5 - Maturação Final	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Relativa dormência da atividade biológica;</li> <li>✓ Nutrientes podem se tornar limitantes;</li> <li>✓ Redução ou mesmo cessação da produção de gás;</li> <li>✓ Aumento do potencial redox e reaparecimento do oxigênio e de espécies oxigenadas;</li> <li>✓ Conversão dos compostos orgânicos mais biorrecalcitrantes e produção de substâncias húmicas capazes de complexar e remobilizar metais pesados.</li> </ul>

Compostos poluentes podem apresentar diferenças na sua estrutura e composição do chorume gerado, o que pode trazer mudanças significativas que prejudicam o funcionamento da estação de tratamento de efluentes, atrapalhando todo o sistema biológico estabelecido, levando em consideração a grande quantidade de resíduos existentes em uma célula, conforme demonstra a Figura 4 abaixo.



Figura 4 - Vista da célula de resíduos sólidos urbanos do aterro sanitário de Lajeado - RS (Fonte: SEMA).

### **3.5 Tratamento dos resíduos sólidos urbanos**

Segundo Teixeira (1998), a incineração, pirólise, aterro sanitário, digestores anaeróbicos, reciclagem e compostagem tornaram-se fonte de recuperação energética através do tratamento do resíduo sólido, por uma destas formas de tratamento dos resíduos.

Ainda pode-se citar como principal fonte de aproveitamento energético a queima de biogás, gerado nos aterros sanitários, sendo que ainda é bastante inferior o número de municípios que possuem um sistema de tratamento adequado, sendo que este conjunto de ações para o tratamento dos resíduos, os tornam menos agressivos ao meio ambiente (TEIXEIRA, 1998) .

### **3.5.1 Incineração**

Oliveira (1992), coloca que a incineração é o processo de redução de peso e volume dos resíduos por meio da queima em altas temperaturas, normalmente acima de 900°C, sendo que todos os resíduos são transformados em materiais inertes, conseqüentemente, possuem diminuídos sua massa e volume.

Estudos mostram que a incineração de alguns componentes dos resíduos sólidos domésticos pode ser economicamente muito mais viável que a própria coleta seletiva e a reciclagem, mas em contrapartida o aumento de gases poderia contribuir para o aumento do efeito estufa, fazendo com que reciclagem sempre saia em vantagem (LEÃO e TAN, 1998).

### **3.5.2 Aterro Sanitário**

Pode-se dizer que aterro sanitário é uma forma de tratamento dos resíduos sólidos urbanos, mais especificamente é o tratamento da fração orgânica presente nos resíduos sólidos urbanos, sendo que os degrada completamente (TEIXEIRA, 1998).

Para Oliveira (1992), os aterros sanitários vêm minimizando os impactos ambientais e riscos à saúde pública, pois cada vez mais possuem equipamentos para minimizar estes riscos, entre eles podemos citar a impermeabilização com geomembrana, para evitar a contaminação do solo e das águas subterrâneas, escoamento de gases através de drenos específicos, com a finalidade de evitar qualquer tipo de explosão, cobertura com argila de cada leira para evitar

a proliferação de vetores e odor, além do próprio tratamento do chorume, através de estações de tratamento.

Os aterros contribuem de forma significativa nas emissões de metano, sendo que das emissões antrópicas, estes contribuem com cerca de 18%. Pode-se estimar que entre 22 a 45 t/ano são provenientes do metano dos aterros sanitários o que equivale a 13% das emissões globais, sendo que a estimativa é baseada somente em aterros com a coleta de gás, onde não há coleta este migra pelas camadas da célula e concentra-se na atmosfera (CHRISTENSEN et al., 1995).

O aproveitamento do biogás pode se dar conforme Teixeira (1998):

- encanado, para ser utilizado no fogão;
- mover gerador para produção de eletricidade;
- combustível veicular, após a purificação do biogás.

### **3.5.3 Compostagem**

Segundo Lima (1995), a prática da compostagem é realizada desde os tempos mais antigos, sendo que estes povos já sabiam que os resíduos orgânicos podiam voltar para o solo sob forma de fertilizante.

A compostagem pode ser considerada um processo de transformação anaeróbico e aeróbico, tendo em vista a presença ou não de oxigênio no processo. Para Leão (2003), quando tratamos de compostagem anaeróbica, pode-se dizer que os organismos que vivem em ambientes sem a presença de oxigênio é que realizam a degradação da matéria orgânica, sendo que esta ocorre

a baixas temperaturas e o odor exalado é extremamente forte, levando muito mais tempo para que a matéria orgânica possa estabilizar.

Ainda para Leão (1995), a compostagem mais utilizada para o tratamento dos resíduos orgânicos é a compostagem aeróbia, onde os microorganismos presentes vivem na presença de oxigênio, onde a temperatura de maturação chega a 70°C , proporcionando menos odor e um a decomposição da matéria orgânica de forma rápida e eficaz.

#### **3.5.4 Reciclagem**

Segundo Gebara (1985), pode-se dizer que a palavra reciclagem foi inserida no vocabulário do homem na década de 80, quando se constatou que fontes de recursos não renováveis estavam se esgotando, fazendo com que se iniciasse a pensar na economia destes recursos e em tecnologias mais limpas.

Para Neto (2007), o primeiro passo para que a reciclagem atinja seus objetivos, faz-se necessário deixarmos de enxergar os resíduos sólidos urbanos com algo inútil em sua totalidade. A reciclagem contribui de forma significativa para a melhoria da saúde pública, reciclando materiais que poderiam estar causando a proliferação de vetores e o pior, o acúmulo de pessoas catando de forma insalubre estes materiais.

A reciclagem traz os seguintes benefícios segundo Neto (2007):

- contribui para diminuir a poluição do solo, água e ar;
- melhora a limpeza da cidade e a qualidade de vida da população;
- prolonga a vida útil de aterros sanitários;
- melhora a produção de compostos orgânicos;
- gera empregos para a população;

- gera receita com a comercialização dos recicláveis;
- estimula a concorrência, uma vez que produtos gerados a partir dos reciclados são comercializados em paralelo às matérias-primas virgens;
- contribui para a valorização da limpeza pública e para formar uma consciência ecológica.

A grande solução para os resíduos sólidos é a qual prevê em seus objetivos a redução da quantidade de resíduos na fonte geradora, pois estes não podem ser evitados e o único meio é serem reciclados por reutilização ou recuperação, de tal modo que seja o mínimo possível e que tenha como destino final os aterros sanitários (STRAUSH e ALBUQUERQUE, 2008).

## 4 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DE LAJEADO-RS

### 4.1 O Município onde se encontra a área de estudo

Conforme o Diário Oficial do Estado de 27 de dezembro de 2002, o município de Lajeado encontra-se na encosta inferior do Nordeste, parte centro-leste do Estado do Rio Grande do Sul. Está inserido na região geográfica do Vale do Taquari, conforme divisão geográfica regionalizada pelo Decreto Estadual nº 40.3498, de 11 de outubro de 2000. Sua localização geográfica está entre as coordenadas de 29°24'06" e 29°29'52" de latitude sul e 51°55'06" e 52°06'42" de longitude oeste, abrangendo uma área total de 110,2 km<sup>2</sup>, dos quais 87,5% em periferia urbana .

Conforme a legislação anteriormente referida, Lajeado confronta-se ao norte com o município de Arroio do Meio e Marques de Souza, ao sul com Cruzeiro do Sul, e, a leste com Estrela, conforme demonstra a Figura 5. A altitude máxima atinge 145 metros, mas a altitude média é de apenas 34,065 metros.

Conforme RADAM BRASIL (1996), o município de Lajeado apresenta-se inserido na Região Geomorfológica Planalto das Araucárias (unidade de relevo da Serra Geral e unidade de relevo Patamares da Serra Geral). Nessa unidade ocorre, junto aos rios de maior ordem hierárquica, no caso do rio Taquari (importante afluente do Rio Jacuí) que faz o limite leste do município, e o

rio Forqueta, que faz limite norte ao município, a presença de terraços fluviais em partes de suas margens.



Figura 5 – Vista aérea do município de Lajeado, (Fonte: SEMA).

O Planalto das Araucárias e a Depressão Central Gaúcha compõem o Domínio Morfoestrutural das Bacias e Coberturas Sedimentares, abrangendo rochas da Bacia do Paraná, da fase efusiva. Essa área apresenta regiões geomorfológicas distintas, ou seja, áreas intensamente dissecadas, com nítido controle estrutural, compondo dissecção diferencial, entremeada por superfícies desnudas, retocadas e/ou degradadas. Há também áreas fracas ou medianamente dissecadas e densidade grosseira. O contato entre as depressões e a área planáltica é feito por escarpamentos em alguns trechos, enquanto em outros é simplesmente sem quebra de topografia, Radam Brasil (1996).

## 4.2 Solos

De acordo com a Lei Municipal 7.650/2006 que institui o Plano Diretor de Lajeado, realizaram-se ensaios da capacidade de absorção do solo na zona urbana de Lajeado e análises granulométricas com sedimentação, realizados respectivamente pelo Geólogo Evandro Klein e pelo Laboratório Central do DAER, concluindo-se que o solo de Lajeado é fortemente argiloso (mais de 70% de argila) com percentuais baixos de silte e areia, ocasionais grânulos e fragmentos de rochas (basalto, arenito) e raras concreções. Predominando a

cor marrom avermelhada escura, com variações para o amarelado, acinzentado ao preto e ocre.

Os solos apresentam graus variáveis de compactação, de friável a bastante compacto, em função do conteúdo de argila, grau de umidade presente, avanço dos processos pedogênicos e atividade atrópica. Ocorrem tipicamente nos bairros Florestal e Americano, com grandes extensões e algumas variações na parte baixa do bairro Montanha, Moinhos, Hidráulica, Carneiros, São Cristóvão, Campestre e Olarias.

Tem sua origem a partir da atuação de processos pedogênicos sobre as rochas basálticas que afloram nessa região e são tidos na literatura como "Tipo Estação", que seriam solos não hidromórficos, com Horizonte B textural, laterítico, bruno avermelhado e textura argilosa, tendo o basalto como substrato. Os ensaios físicos dos solos da zona urbana de Lajeado demonstram taxas variáveis de absorção, mas geralmente baixas com uma média de 22,5 litros/m<sup>2</sup>/dia (Fonte:SEMA).

#### **4.3 Aterro Sanitário de Lajeado**

Conforme relatos da Secretaria Municipal do Meio Ambiente, os resíduos de Lajeado, há poucos anos, eram depositados no bairro Carneiros, as margens do Taquari. O rio, nas cheias, se encarregava de levar o material embora.

Posteriormente, a Prefeitura adquiriu uma área no bairro Conventos, onde, também sem nenhum critério técnico, os resíduos eram simplesmente enterrados, sem projeto ou qualquer sistema de coleta e tratamento do chorume, dos gases produzidos e nem tão pouco havia preocupação com a contaminação do solo e das águas subterrâneas, e ainda, havia muitos catadores

que de forma insalubre buscavam seu sustento do material que era encontrado junto aos resíduos descarregados pelos caminhões (SEMA, 2009).

Segundo o relatório técnico (SEMA, 2009), neste período, em que a disposição era realizada de forma desordenada, o município não possuía nenhuma licença por parte do órgão ambiental, o que caracterizava este aterro como clandestino.

Tendo em vista este fato, a Prefeitura desenvolveu um projeto levantando todas as informações da área (caracterização geológica e da cobertura vegetal, levantamentos topográficos e altimétricos, volume de resíduos gerados, entre outros dados), tendo sido este projeto encaminhado à Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM), em fevereiro de 1995, para a obtenção da licença prévia, para a recuperação do local, que foi concedida pelo órgão, a Figura 6, demonstra o início da recuperação da área.



Figura 6 - Início da recuperação do antigo lixão de Lajeado - RS (Fonte: SEMA).

Em fevereiro de 1996, foi encaminhado o Projeto do Aterro Sanitário, sendo obtida a Licença de Instalação em maio de 1996. No decorrer deste

tempo, várias medidas foram adotadas conforme recomendava o projeto de recuperação da área degradada, com a implantação de drenos e canalização do chorume, conforme demonstra a Figura 7.



Figura 7 - Início da recuperação do antigo lixão de Lajeado – RS (Fonte: SEMA).

Houve também a implantação de uma lagoa de retenção do chorume contemplando a instalação de rede elétrica até a lagoa e a aquisição e instalação de um aerador para tratar o chorume, conforme demonstra a Figura 8.



Figura 8 - Primeira lagoa de retenção de chorume (Fonte: SEMA).

Para que todos os aspectos do licenciamento ambiental fossem cumpridos, ainda realizou-se instalação do pátio de descarga conforme demonstra a Figura 9.



Figura 9 - Novo pátio de descarga dos resíduos sólidos urbanos de Lajeado - RS (Fonte: SEMA).

Neste mesmo período houve o início da instalação da nova célula para acondicionamento de resíduos que é objeto de estudo deste trabalho, assim como todos os parâmetros técnicos e legais foram cumpridos para que os impactos ambientais fossem os menores possíveis. Para isso, conforme informações da Secretaria do Meio Ambiente (SEMA, 2009), trabalhou-se na implantação da nova célula para receber os resíduos, que foi totalmente impermeabilizada com geomembrana para evitar a contaminação do solo e lençol freático, assim como foram instalados drenos de captação de chorume em toda sua extensão e reformulação da estação de tratamento de efluentes, para receber a carga proveniente da nova célula, conforme demonstra a Figura 10.



Figura 10 - Instalação da nova célula (Fonte: SEMA).

Atualmente o aterro sanitário localiza-se a 10 km do centro urbanizado do município, onde o seu entorno, sob forma de Lei Municipal que institui o Plano Diretor, 250 metros ao seu entorno fora determinado como unidade territorial industrial, para evitar que loteamentos futuro fossem instalados muito próximos ao aterro, causando problemas para administração do mesmo (SEMA, 2009). Hoje, porém, os moradores do entorno cultivam estas áreas de terras com culturas diversas.

Nas imediações há a presença de sangas, banhados e córregos que devido à declividade do terreno escoam para o arroio Saraquá, distante aproximadamente 1 km. Estes recursos hídricos em muitos casos servem para dessecagem animal. Lajeado possui uma população de 67.513 habitantes, conforme o último censo do IBGE, que produz diariamente 42 toneladas de resíduos sólidos urbanos, sendo que destes 65% podem ser caracterizados como resíduos orgânicos e rejeitos e 35% podem ser enquadrados como papel, papelão, vidro, metal entre outros componentes (SEMA, 2009).

Todo o material recolhido na cidade tanto pelo caminhão da coleta de resíduos orgânicos, quanto pelo caminhão da coleta seletiva, passam pela central de triagem, onde o material é separado e enfardado pela cooperativa que trabalha no local. Esta triagem faz com que a vida útil da célula fique mais longa, pois diminui de forma considerável a quantidade de material que seria compactada dentro da célula.

Na área do aterro encontram-se duas células, uma já encerrada e recuperada, sendo que já foi totalmente coberta com argila na parte superior, os drenos de gases foram completamente instalados assim como os drenos de pluviais e o sistema de coleta e drenagem de chorume, conforme demonstra a Figura 11. Nesta célula não há mais geração de chorume.



Figura 11 - Finalização da recuperação do antigo lixão (Fonte: SEMA).

A célula 2, objeto de estudo deste trabalho está em plena operação, com área de 15.000 m<sup>2</sup> e vida útil prevista até 2011. A célula foi desenvolvida para atender todos os critérios técnicos e legais para minimizar qualquer tipo de impacto ambiental, sendo estes impermeabilização com geomenbrana, drenos de chorume e gases.

Para tratar o chorume gerado pela célula 2, o sistema é constituído por uma lagoa de estabilização, uma lagoa aerada e um decantador secundário, conforme verificação *in loco*.

## **5 METODOLOGIA**

Foram estas considerações que objetivaram este estudo, tendo em vista, o aterro sanitário de Lajeado-RS estar localizado numa região de altos índices pluviométricos e, necessitar descrever de forma detalhada como se comporta a produção de lixiviado em dias de grandes precipitações, levando em consideração sua carga orgânica e vazões diferenciadas.

Para o desenvolvimento deste trabalho foram levantados dados referentes ao volume de resíduos recebidos pelo aterro, volume de chorume gerado pela célula em funcionamento, com o objetivo de caracterizar a avaliação do índice pluviométrico sobre a composição físico-química e microbiológica do chorume produzido no aterro sanitário de Lajeado.

Para que as coletas de dados fossem consideradas adequadas e buscando o maior índice de aplicabilidade dos resultados instalaram-se os seguintes equipamentos: pluviômetro, medidor de vazão composto por uma calha Parshall e um sensor sônico.

## 5.1 Pluviômetro

Para coleta de dados da precipitação instalou-se o Pluviômetro Registrador S1610, que realiza a leitura das chuvas a partir de 10 mm, sendo um equipamento compacto. O equipamento foi instalado sobre uma pequena plataforma de metal, sobre um poste também de metal, conforme demonstra a Figura 12.



Figura 12 – Pluviômetro instalado no aterro sanitário de Lajeado – RS.

## 5.2 Medidor de Vazão

Instalou-se um medidor de vazão ITS-2000 que se refere a um indicador, totalizador e transmissor de vazão para canal aberto, composto por uma Calha Parshall e um leitor sônico que mede a distância através de um transdutor que envia ondas ultrassônicas até um alvo, que é a superfície do líquido. Cada disparo contém uma série de ondas que transitam pelo ar, refletindo sobre o alvo detectado, retornando sob forma de eco para o transdutor. A distância entre o alvo e o sensor é calculada pelo transmissor, levando-se em

conta o intervalo de tempo entre a transmissão e a recepção da sondas ultrassônicas. A temperatura ambiente também é lida neste aparelho.

O estudo iniciou-se em março de 2009 com a instalação da “Calha Parshall”, para medição de vazão, conforme demonstram as Figuras 13 e 14, sendo que até o momento da instalação do equipamento a vazão do chorume produzido pela célula em funcionamento, apenas era estimada, e após a instalação do equipamento as leituras trouxeram grandes informações para o sistema de gestão. Todas as amostras foram coletadas na entrada da calha parshall, por onde todo o chorume que provém da célula passa pelo medidor e segue para a lagoa de equalização.



Figura 13 - Calha Parshall instalada no aterro sanitário de Lajeado-RS.



Figura 14 - Sensor de conferência de dados.

O monitoramento da precipitação iniciou-se na segunda quinzena do mês de maio de 2009 e findou no mês de setembro de 2009, sendo que dentro deste período proporcionou-se a coleta de seis amostras com nível de precipitação acima dos 25 mm. Para este monitoramento realizou-se a análise dos seguintes parâmetros descritos na Tabela 6 para o chorume bruto.

Tabela 6 – Parâmetros Analisados no chorume bruto

Parâmetros	Unidade
DQO	mg L <sup>-1</sup>
Sólidos Sedimentáveis	mL L <sup>-1</sup>
Sólidos Totais (não filtráveis)	mg L <sup>-1</sup>
Nitrogênio Total	mg L <sup>-1</sup>
Fósforo	mg L <sup>-1</sup>
Coliformes Totais	NMP/100mL
<i>Escherechia Colli</i>	NMP/100mL

Cada parâmetro analisado neste trabalho seguiu a metodologia proposta pela FEPAM e por APHA/AWWA (2005). Todas as análises foram realizadas em triplicata e os resultados apresentados são as médias das medidas.

## **6 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

### **6.1 Influência da Temperatura na geração de chorume**

Tendo em vista o acompanhamento se dar no período de inverno e em consequência disto com maior índice pluviométrico, também se teve a oportunidade de observar a influência da temperatura na geração de percolato. À medida que a temperatura diminuiu, mesmo sem chuva, ocorreu uma produção mais significativa de percolato, o que demonstrou que não só a chuva é um fator determinante no tratamento de efluente de um aterro sanitário, mas também a temperatura influencia na quantidade de efluente gerado, conforme demonstram as Figuras 15 e 16. Relativo a primeira quinzena do mês do junho, salienta-se que as medidas de vazão deram-se quatro vezes ao dia de segunda-feira a quinta-feira, duas vezes nas sextas-feiras, salientando este ser o horário de funcionamento do aterro sanitário.

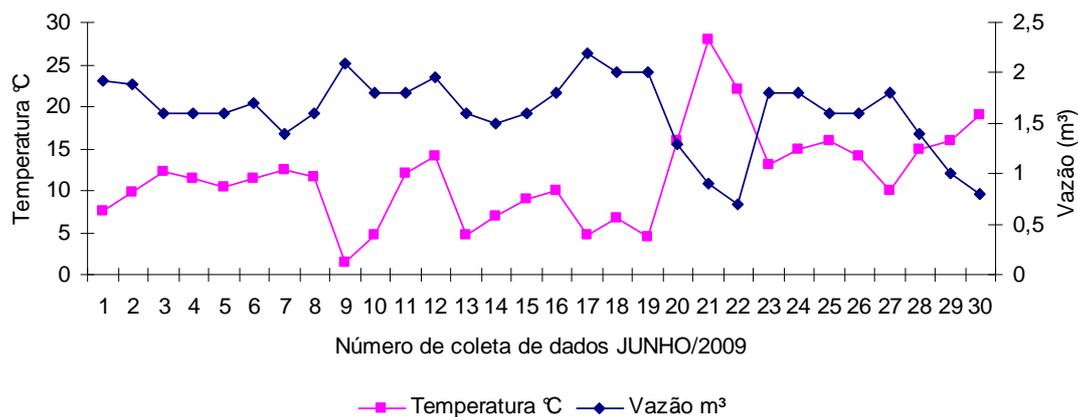


FIGURA 15 – RELAÇÃO ENTRE TEMPERATURA (°C) E VAZÃO (m³).

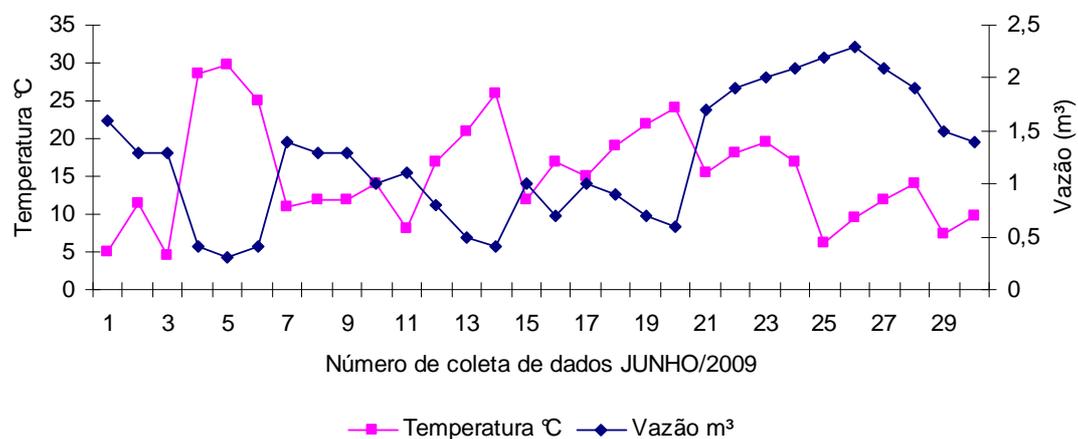


FIGURA 16 – RELAÇÃO ENTRE TEMPERATURA (°C) E VAZÃO (m³).

As figuras acima demonstram que o estudo da vazão é fundamental para a projeção de novas estações de tratamento de lixiviados, pois desde as épocas mais remotas até a atualidade, não se consegue prever com exatidão como irá se comportar as variações da vazão do lixiviado. Trabalha-se com balanço hídrico a curto prazo, no qual a influência da temperatura não é levada em consideração e como demonstra este estudo tem papel fundamental nos projetos de aterros sanitários. Este fator, temperatura ambiente, é apenas citado por (MONTEIRO e MANSUR, 2006).

## 6.2 Demanda química de oxigênio

Observou-se que inicialmente com uma precipitação de até 30 mm, não houve variação significativa para a DQO. Porém, observa-se um aumento significativo para a DQO quando a precipitação foi de 60 mm. Este fato evidencia o carreamento de mais matéria orgânica do aterro sanitário para o chorume, aumentando assim a DQO, conforme demonstra a Figura 17.

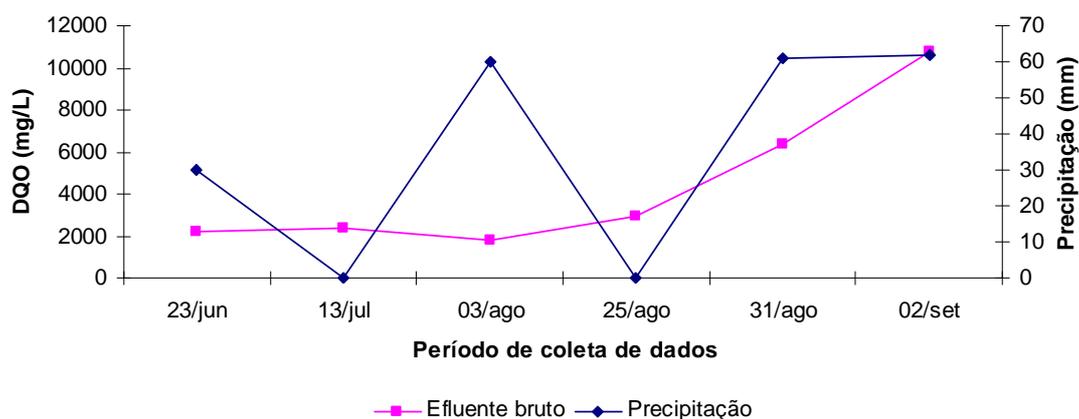


Figura 17 – DQO no Efluente bruto versus Precipitação

## 6.3. Nitrogênio Amoniacal

Para Fleck (2003), o nitrogênio é constituinte das proteínas, sendo que suas concentrações em lixiviados de aterros sanitários, está relacionado com a quantidade de matéria orgânica presentes nos resíduos. O mesmo autor, cita que o nitrogênio pode ser usado como um indicador de diluição dos lixiviados dos aterros sanitários, mas como podemos observar nos dias 13 de julho e 25 de agosto onde não houve precipitação pluviométrica o nitrogênio manteve índices altíssimos de concentração, demonstrando que não há diluição do componente a ponto de o mesmo atingir os limites aceitáveis pela legislação vigente, conforme demonstra a Figura 18.

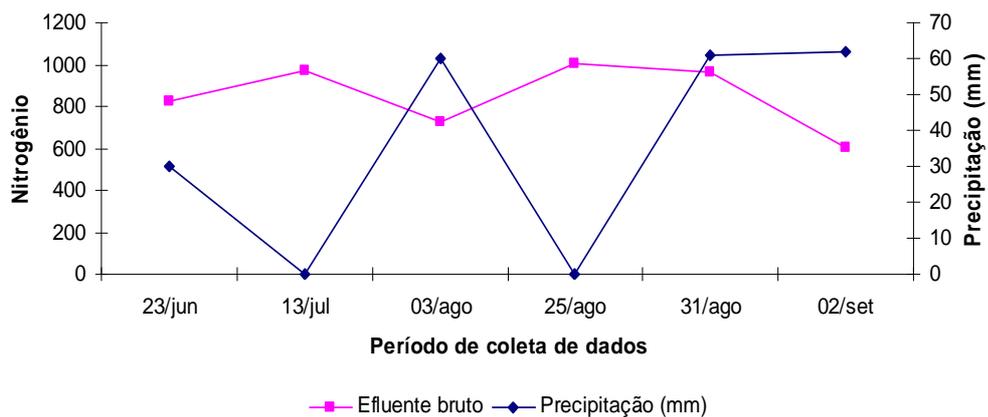


Figura 18 - Nitrogênio no efluente bruto versus Precipitação

#### 6.4 Fósforo

O fósforo demonstra-se praticamente constante levando em consideração os dias em que ocorreram precipitação e os dias em que não houve chuva (Figura 19).

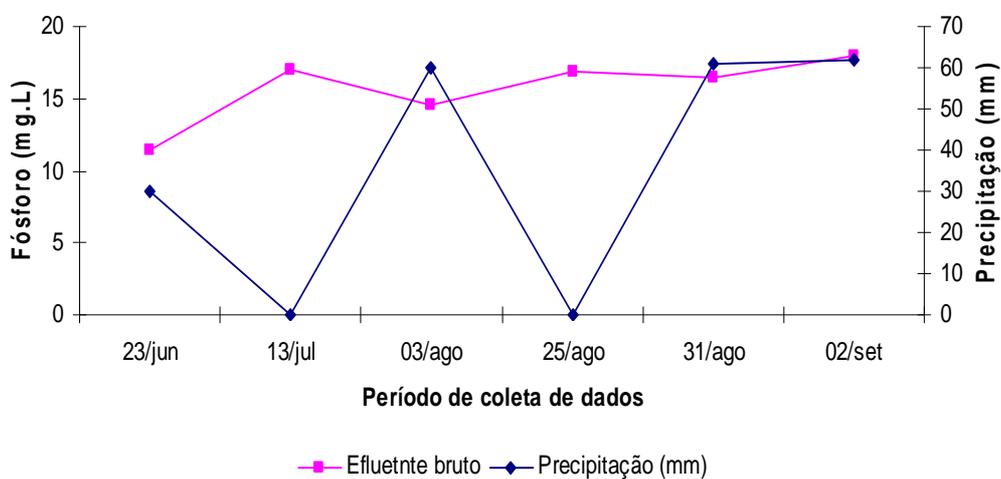


Figura 19 – Fósforo no Efluente Bruto versus Precipitação

## 6.5 Sólidos totais e sólidos sedimentáveis

Estes dois parâmetros mantiveram suas concentrações em altas concentração quando a precipitação excedeu os 50mm, conforme demonstram as Figuras 20 e 21.

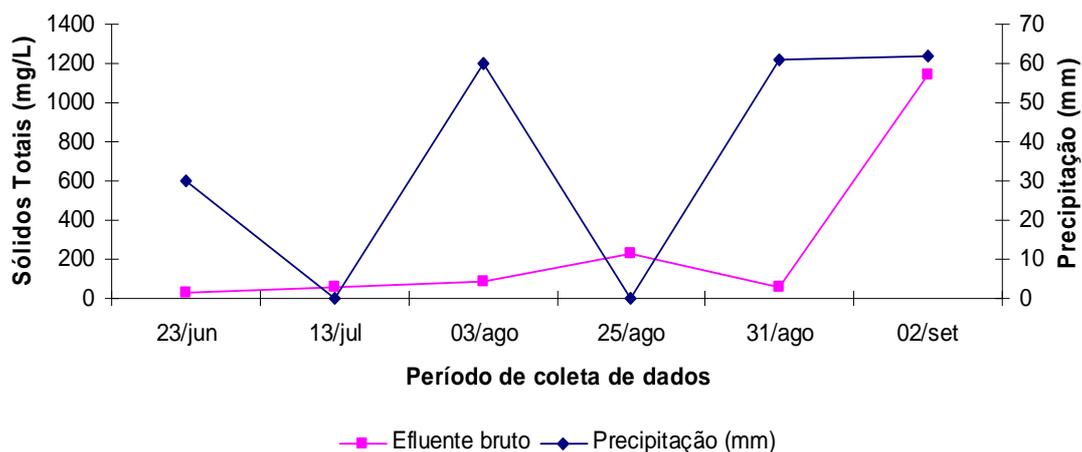


Figura 20 – Sólidos Totais no Efluente Bruto versus Precipitação

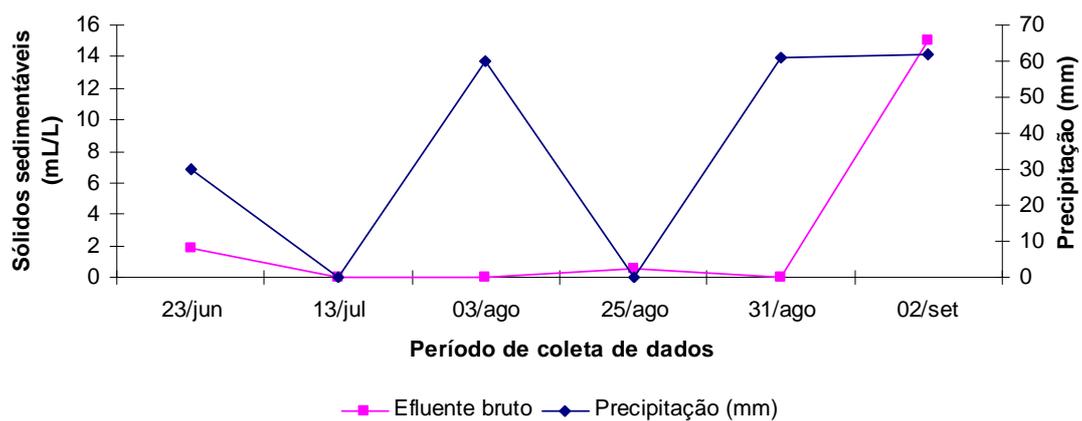


Figura 21 – Sólidos Sedimentáveis no Efluente Bruto versus Precipitação

## 6.6. Coliformes totais e *Escherichia coli*

Conforme Fleck, 2003, como indicadores de poluição fecal temos os coliformes, que são provenientes das fraldas descartáveis, papel higiênico, carcaças de animais mortos, entre outros. Alcântara (2007) acredita que estes microorganismos executam um papel fundamental na etapa de degradação da matéria orgânica que esta presente nos resíduos sólidos urbanos, sendo que, se desempenham papel importante na degradação não podem ser usados como indicadores de patogênicos no lixiviado.

Estes parâmetros não sofreram alterações com a influência da precipitação, mantiveram-se estáveis e sempre, salientando que com valores altíssimos de microorganismos e matéria orgânica (Figuras 22 e 23).

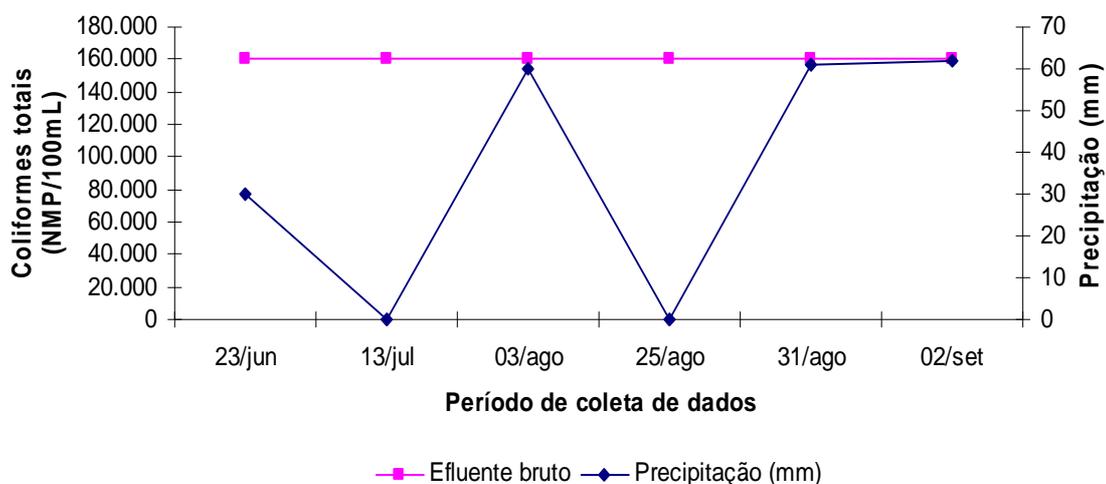


Figura 22 – Coliformes Totais no Efluente Bruto versus Precipitação

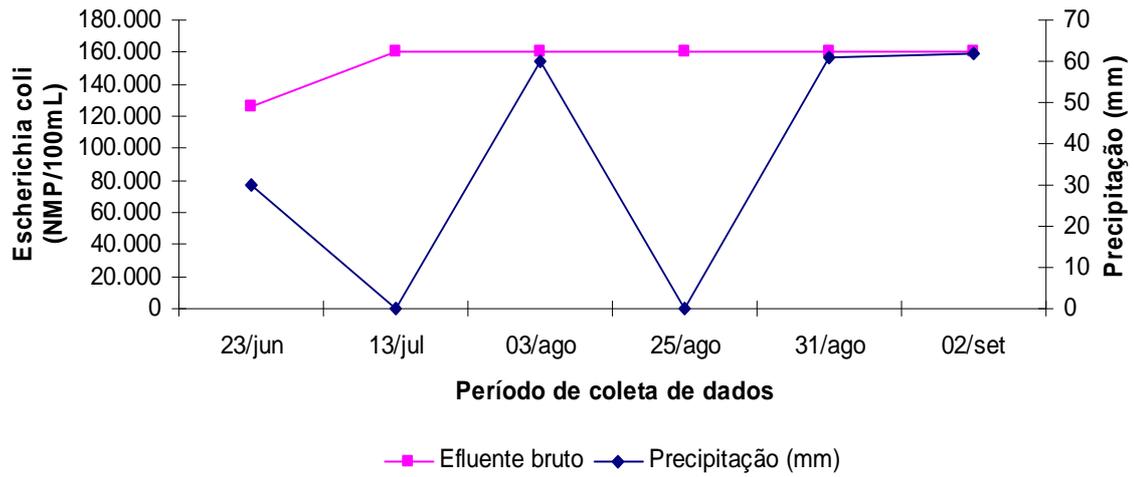


Figura 23 – *Escherichia Coli* no Efluente Bruto versus Precipitação

## 7 CONCLUSÕES

O chorume analisado neste trabalho possui grande quantidade de matéria orgânica e um número muito elevado de microorganismos, que podem causar sérios impactos ao meio, uma vez que o tratamento deste efluente pode falhar.

Ainda no caso deste aterro, evitar-se-ia a penetração das águas da precipitação pluviométrica na célula, se esta fosse segmentada em células menores e com cobertura, diminuindo significativamente a geração de lixiviado.

Este trabalho conseguiu determinar de forma significativa que não só a chuva é um fator determinante para a elaboração do projeto de um aterro sanitário, a temperatura ambiente também pode influenciar, aumentando expressivamente a quantidade de chorume gerado, à medida que a temperatura diminuiu, conforme demonstrado no gráfico 15 e 16.

Através dos dados apresentados neste trabalho, torna-se claro que a questão do tratamento do lixo, desde sua coleta até a disposição final na célula do aterro sanitário, traz consigo a forma de mantermos o meio ambiente saudável, cuidando para que os recursos ainda existentes não se acabem, contudo temos que preservá-los.

Ainda sugere-se à administração municipal que passe a implementar a compostagem, que trará, com certeza, um benefício muito grande com relação à vida útil da célula utilizada no aterro sanitário, já que a área do aterro possui espaço suficiente para realizar o processo.

Os aterros sanitários, conforme abordado neste trabalho, também produzem gases, em especial o gás metano. Em Lajeado ele não está sendo queimado, sendo que seria interessante colocar queimadores. Hoje, devido aos problemas que acompanham o lixo gerado nas cidades, traz junto com sua produção uma enorme preocupação com a questão da sua destinação e administração e, ainda, os danos que pode causar ao meio ambiente e à saúde das pessoas. Faz-se necessário que cada vez mais sejam buscadas novas alternativas para que os aterros sanitários, embora controlados, causem menos danos ao meio ambiente.

Soluções mágicas não existem, mas existem soluções satisfatórias do ponto de vista ambiental, onde cada um pode contribuir da melhor maneira, tentando criar ou adaptar soluções, partindo da sua própria realidade.

Todos têm o direito a um meio ambiente ecologicamente equilibrado e devem lutar por isso, defendendo um sistema e, por consequência, uma qualidade de vida melhor.

Foi realizado o controle de vazão do efluente bruto do aterro sanitário o que demonstrou claramente seu potencial poluidor, em especial nos períodos em que a precipitação mostrou-se abundante, e ainda, conseguiu-se observar de forma clara como os parâmetros de DQO, sólidos sedimentáveis, nitrogênio, fósforo, coliformes totais, *Escherichia coli*, sólidos totais, comportam-se em relação a precipitação o que poderá ser estudo com maior ênfase num próximo trabalho.

Com as análises realizadas tornou-se evidente algo que talvez estivesse passando despercebido pelos olhos dos cientistas, que é a influência das baixas temperaturas na geração de chorume, cabendo salientar que neste caso não houve a interferência da precipitação tornando os objetivos deste trabalho totalmente cumpridos.

## 8 SUGESTÕES PARA NOVOS TRABALHOS

Sugestões para novos trabalhos:

- ✓ Avaliar de forma detalhada a influência da temperatura ambiente na produção de chorume e suas principais causas;
- ✓ Desenvolver uma pequena célula coberta, retratando as condições normais de temperatura e precipitação pluviométrica para avaliar de forma efetiva a produção de lixiviado;
- ✓ Avaliar de que forma se comportam as camadas mais antigas de uma célula de um aterro sanitário e de que forma influenciam na geração de chorume;
- ✓ Desenvolver técnicas de compostagem com os resíduos que estejam dispostos na célula;
- ✓ Desenvolver uma metodologia para tratamento dos efluentes gerados tendo em vista cada aterro sanitário apresentar uma condição de funcionamento diferente e estar localizado em regiões de diferentes condições climáticas .

## 9 REFERÊNCIAS

ABRELPE. ***Panorama dos resíduos sólidos no Brasil***. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais: São Paulo, 2007.

ALCÂNTARA, P. B. ***Avaliação da influência da composição do resíduo sólido urbano no comportamento de aterros simulados***. Tese de Doutorado da Universidade Federal de Pernambuco, Recife. PE., 2007. 364p.

APHA. *Standard Methods for the Examinations of Water and Wastewater*. 21th Edition. American Public Health Associations, Washington, DC. 2005.

BRANCO, S. M. ***Ecologia na cidade***. São Paulo: Moderna, 1991. Coleção Desafios.

BRASIL. ***Norma Brasileira NBR 10.004 – Resíduos Sólidos***. Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2004.

BRASIL. ***Norma Brasileira NBR 10.006 – Resíduos Sólidos***. Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2004.

BRASIL. ***Norma Brasileira NBR 10.007 – Resíduos Sólidos***. Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2004.

CARVALHO, Anésio Rodrigues de; OLIVEIRA, Mariá Vendramini C. de. ***Princípios básicos do saneamento do meio ambiente***. 2. ed. São Paulo: SENAC, 2002.

CAMPBELL, D. J. V. **Environmental Management of Landfill Sites**. Journal IWEM. VOL.7, P 170-174, 1993.

CHRISTENSEN, T. H.; KJELDSEN, P. **Landfill Emissions and Environmental Impact**. CISA, 1995.

CHRISTENSEN, T. H.; BJERG, P. P. L.; JENSEN, D. L.; J. B.; CHRISTENSEN, A.; BAUM, A.; ALBRECHTSEN, H-J.; HERON G. **Biochemistry of landfill leachate plumes**. Applied Geochemistry. V.16, p. 659-718, 2001.

FEPAM. Departamento de Laboratórios. Divisão de Química. **Normas**. Porto Alegre: FEPAM, s.d.

FLECK. E. **Sistema integrado por filtrp anaeróbico, filtro biológico de baixa taxa e banhado construído aplicado ao tratamento de lixiviado de aterro sanitário**. Dissertação de Mestrado UFRGS. Porto Alegre, RS,2003.176p.

GAIESKI, A. A. **Curitiba: O Gerenciamento dos Resíduos Sólidos. Passado, Presente e Perspectivas**. Florianópolis,1991.Dissertação de Mestrado apresentada a UNIVERS de Santa Catarina.

GEBARA, D. **Estudo da Decomposição do Lixo em um Modelo de Célula de Aterro Sanitário**. São Carlos, 1985. Dissertação de mestrado apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo.

GOMES, T. L. **Avaliação Quali-Quantitativa do Percolado Gerado no Aterro Controlado de Santa Maria – RS**. Dissertação de Mestrado. UFSM. Santa Maria, 2005.

GUIMARÃES, R. **Agenda 21 e desenvolvimento sustentável**. São Paulo, ano 4, n. 11, 1999.

IBAM - Instituto Brasileiro de Administração Municipal. *Manual Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos*. Rio de Janeiro: 2001.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2000 (PNSB)*. <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb/pnsb.pdf> (acessado em 03/Nov./2009).

IPT– Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. *Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado*. 2ª ed. São Paulo, 2000.

LEÃO, M. L. G. **Resíduos Sólidos: Destinação Final**. São Paulo: Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, 1994.

LEÃO, A. L.; TAN, I. H. **Potencial of municipal solid waste (MSW) as a source of energy in São Paulo: its impact on CO<sub>2</sub> balance**. Biomass Bioenergy, 1998

LIMA, L. M. Q. **Lixo – Tratamento e Biorremediação**. 3ª Edição. São Paulo: Hemus, 1995.

MEIRA, J. C. R.; **Chorume do Aterro Sanitário de Goiânia: Tratamento por Floculação/Coagulação/Degradação Fotoquímica e Custos Operacionais**. Dissertação de Mestrado. UFSC, Florianópolis, 2003.

MONTEIRO, J. H. P.; MANSUR, G. L. **Manual de gestión integrada de residuos sólidos municipales em cidades da América Latina y el Caribe**. Rio de Janeiro. IBAM – Instituto Brasileiro de Administração Municipal, 2006. 264p.

NETO, J. T. P. **Gerenciamento do Lixo Urbano – Aspectos Técnicos e Operacionais**. Ed. UFV, 129p. , 2007.

NETO, J. **Geração de percolado em aterro sanitário no semi-árido nordestino: uma abordagem quantitativa**. Engenharia Sanitária e Ambiental, vol. 4, pp. 160–167, 1999.

OLIVEIRA, A. M. dos Santos; BRITO, S. N. A. **Geologia de Engenharia**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia (ABGE), 1998.

OLIVEIRA, W. E. **Resíduos sólidos e limpeza pública**. In; Philippi Jr A, organizador. **Saneamento do Meio**. São Paulo: Fundacentro, 1992.

OLIVEIRA, S. M. A. C; PASQUAL, A.; **Monitoramento do Lixiviado de Aterro Sanitário**. Anais: XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental. Porto Alegre, 2000.

OLIVEIRA, S. M. A. C., VON SPERLING, M. **Avaliação de 166 ETEs em operação no país, compreendendo diversas tecnologias. Parte 1: Análise de desempenho.** Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES), v. 10, n. 4, 2005a.

\_\_\_\_\_. *Avaliação de 166 ETEs em operação no país, compreendendo diversas tecnologias. Parte 2: influência de fatores de projeto e operação.* Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES), v. 10, n. 4, 2005b.

RADAM BRASIL, IBGE. **Levantamento de recursos naturais.** v. 33, 1996. Decreto Estadual nº 40.349 de 11 de outubro de 2000. Diário Oficial do Estado do Rio Grande do Sul, de 27 dez. 2002. p. 31.

REICHERT, G. A.; Cotrim, S .L. S.; RODIGHIERI, E. **Geração de Lixiviado em Aterro Sanitário Municipal.** Anais: XXVIII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental. Cancún, México, 2002.

RIO GRANDE DO SUL (Estado). *Resolução nº. 128. Dispõe sobre a fixação de Padrões de Emissão de Efluentes Líquidos para fontes de emissão que lancem seus efluentes em águas superficiais no Estado do Rio Grande do Sul.* Diário Oficial do Estado, Porto Alegre, RS, 24 de Nov. 2006.

RITA, F. **Desempenho de um Reator UASB em Escala Piloto para o Tratamento Anaeróbio de Líquidos Percolados de Resíduos Sólidos Urbanos.** Dissertação de Mestrado (Engenharia Química). Florianópolis-SC, 2002.

ROCHA, J. C. S. **Direito ambiental e meio ambiente do trabalho.** São Paulo: RTr. 1997.

RODRIGUES, F. S. F. **Aplicação da Ozonização e do Reativo de Fenton com pré-tratamento de chorume com os objetivos de redução da toxicidade e do impacto no processo biológico.** Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2005.

RODRIGUES, M. R. M.; **Tratabilidade do Lixiviado Efluente da Lagoa Facultativa no Aterro de Curitiba por Lodos Ativado.** Dissertação de Mestrado, UFPR, Curitiba, 2007.

SACHS, I., **Ecodesenvolvimento: crescer sem destruir.** São Paulo; Vértice, 1986. 207p.

STRAUCH, M. ALBUQUERQUE, P. P. **Resíduos: como lidar com os recursos naturais**. 220p. Editora Oikos Ltda, 220p. 2008.

SANTOS, C.; SCHALCH, V. **Estratégias para prevenção e minimização de resíduos sólidos**. São Paulo: USP, 2002.

SEMA – Secretaria do Meio Ambiente de Lajeado, Rio Grande do Sul.

SISINNO, C. L. S. **Resíduos sólidos, ambiente e saúde: uma visão multidisciplinar**. Rio de Janeiro: FIOCRUZ, 2000.

SILVA, A. C. **Tratamento de Percolado de Aterro Sanitário e Avaliação de Toxicidade**. Tese COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2002.

SCHNEIDER, S. B. **Gerenciamento e caracterização dos resíduos sólidos do município de Lajeado – RS**. Trabalho de conclusão do curso de Graduação em Química Industrial. Lajeado. 2005.

SILVA, A. C., **Tratamento do Percolado de Aterro Sanitário e Avaliação da Toxicidade**. Tese M. Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2002.

TEIXEIRA, E. N. **Resíduos sólidos: minimização e reaproveitamento energético**. São Paulo: Anais CETESB, 1998.

\_\_\_\_\_. *Princípios do tratamento biológico de águas residuárias – Lagoas de Estabilização*. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMG, Belo Horizonte, vol. 2, 2 ed. 2002b.

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)