



# **CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS**

*Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 1.162, de 13/10/16, D.O.U nº 198, de 14/10/2016*  
ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL

Ramon Oliveira

ATERRO SANITÁRIO, SEU MONITORAMENTO VISANDO MINIMIZAR IMPACTOS  
AMBIENTAIS.

Palmas - TO

2018

Ramon Oliveira

ATERRO SANITÁRIO, SEU MONITORAMENTO VISANDO MINIMIZAR IMPACTOS  
AMBIENTAIS.

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II elaborado e  
apresentado como requisito parcial para obtenção do  
título de bacharel em Engenharia Civil pelo Centro  
Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. Dr. José Geraldo Delvaux Silva.

Palmas – TO

2018

Ramon Oliveira

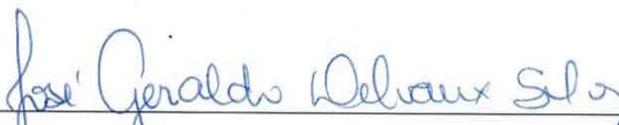
ATERRO SANITÁRIO, SEU MONITORAMENTO VISANDO MINIMIZAR IMPACTOS  
AMBIENTAIS.

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II elaborado e  
apresentado como requisito parcial para obtenção do  
título de bacharel em Engenharia Civil pelo Centro  
Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. Dr. José Geraldo Delvaux Silva.

Aprovado em: 18/05/2018

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. José Geraldo Delvaux Silva

Orientador

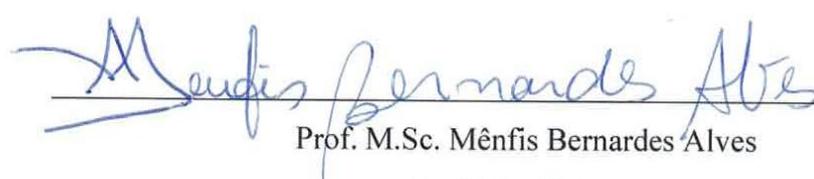
Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP



---

Prof. M.Sc. Carlos Spartacus da Silva Oliveira

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP



---

Prof. M.Sc. Mênfis Bernardes Alves

Avaliador Externo

Palmas – TO

2018

## RESUMO

OLIVEIRA, Ramon. **Aterro Sanitário, seu monitoramento visando minimizar impactos ambientais**. 2018. 51 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas/TO, 2018.

O presente trabalho discute o monitoramento e a necessidade de um aterro sanitário para disposição final dos resíduos sólidos gerados no município de Palmas/TO. Tendo em vista que cada etapa construtiva e operacional deve ser planejada e tratada adequadamente. Portanto, este trabalho tem como objetivo analisar neste aterro, o seu monitoramento, seu processo construtivo e relatórios que mensurem parâmetros físicos, químicos e biológicos e por fim identificar possíveis impactos ambientais devido à sua implantação. Perante o exposto utilizou-se, inicialmente a pesquisa bibliográfica levantando informações e estudos sobre cada etapa do monitoramento referido no tema. Sucessivamente, foi realizada a pesquisa de campo, por meio de visitas para captar mais profundamente sobre seu funcionamento, bem como a coleta de dados de seu monitoramento. A implantação e operação do aterro atende de maneira satisfatória as determinações ambientais exigidas desde a entrada dos resíduos, despejo nas células, recobrimento, eliminação dos gases até o tratamento do chorume gerado. Já os parâmetros físicos, químicos e biológicos analisados na lagoa tiveram praticamente todos os resultados aceitáveis com exceção do parâmetro Coliformes termotolerantes revelando a indicação de poluição fecal, porém não influenciando na sobrevivência dos animais ali presentes.

Palavras chave: Aterro Sanitário. Monitoramento. Parâmetros.

## ABSTRACT

OLIVEIRA, Ramon. **Landfill, its monitoring to minimize environmental impacts**. 2018. 51 f. Course Completion Work (Undergraduate) - Civil Engineering Course, Luterano University of Palmas, Palmas / TO, 2018.

The present work discusses the monitoring and the necessity of a sanitary landfill for final disposal of the solid residues generated in the municipality of Palmas / TO. Considering that each constructive and operational step must be planned and properly handled. Therefore, this work aims to analyze in this landfill, its monitoring, its construction process and reports that measure physical, chemical and biological parameters and finally identify possible environmental impacts due to its implementation. In view of the above, the bibliographic research was initially used to collect information and studies on each stage of monitoring referred to in the topic. Subsequently, the field research was carried out, through visits to capture more deeply about its operation, as well as the collection of data from its monitoring. The implementation and operation of the landfill satisfactorily meets the environmental determinations required from the entrance of the waste, dump in the cells, recoating, elimination of the gases until the treatment of the manure generated. However, the physical, chemical and biological parameters analyzed in the pond had practically all the acceptable results except for the parameter Thermotolerant coliform revealing the indication of fecal pollution, but not influencing the survival of the animals present there.

Key words: Landfill. Monitoring. Parameters.

**LISTA DE ILUSTRAÇÕES**

Figura 01 - Procedimento de controle de um aterro.....	18
Figura 02 - Localização do Aterro Sanitário de Palmas-TO.....	29
Figura 03 – Balança de controle de pesagem do aterro.....	32
Figura 04 – Impermeabilização da célula.....	33
Figura 05 – Camada de cascalho sobre a manta impermeabilizante.....	33
Figura 06 – Implantação de tubos de drenagem de gás.....	34
Figura 07 – Interligação dos tubos de gás.....	34
Figura 08 – Drenagem do gás no topo da célula.....	35
Figura 09 – Recobrimento dos resíduos com cascalho.....	36
Figura 10 – Recobrimento dos resíduos com cascalho.....	36
Figura 11 – Lagoas para tratamento do chorume.....	37
Figura 12 – Patos nadando na terceira lagoa.....	37
Figura 13 – Poço de Monitoramento P.01 – Montante.....	38
Figura 14 – Poço de Monitoramento P.04 – Jusante.....	38
Figura 15 – Gabarito de Monitoramento.....	39
Figura 16 – Lagoa da Jusante do Aterro.....	40
Figura 17 – Presença de Peixes na Lagoa.....	40

**LISTA DE QUADROS**

Quadro 01 – Direcionamento de Pesquisa.....	30
Quadro 02 – Parâmetros Máximos Permitidos.....	41
Quadro 03 – Resultados alcançados a partir das coletas.....	42

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de DP

DBO - demanda bioquímica de oxigênio

IQA – Índice de qualidade da água

NBR – Norma Brasileira

NMP – Número Mais Provável

NTU – Nephelometric Turbidity Unit

OD – Oxigênio dissolvido

PEAD – Polietileno de Alta Densidade

pH – Potencial hidrogeniônico

RIMA – Relatório de impacto ambiental

RSU – Resíduos sólidos urbanos

VMP – Parâmetros Máximos Permitidos

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>10</b>
1.1 PROBLEMA DE PESQUISA .....	11
1.2 HIPÓTESES .....	11
1.3 OBJETIVOS .....	11
<b>1.3.1 Objetivo Geral.....</b>	<b>11</b>
<b>1.3.2 Objetivos Específicos .....</b>	<b>11</b>
1.4 JUSTIFICATIVA .....	12
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>13</b>
2.1 ATERRO SANITÁRIO.....	13
2.2 RESÍDUOS SÓLIDOS.....	14
2.3 TRANSPORTE DE RESÍDUOS.....	16
2.4 IMPACTOS AMBIENTAIS .....	16
2.5 GESTÃO E CONTROLE DE ATERRO SANITÁRIO.....	17
2.5.1 CHORUME, LÍQUIDOS PERCOLADOS OU LIXIVIADOS .....	19
2.5.2 CONTROLE DE EMISSÃO DE BIOGÁS.....	21
2.5.3 CONTROLE DE DRENAGEM DE ÁGUA PLUVIAL.....	22
2.5.4 PROTEÇÃO EM TALUDES .....	22
2.5.5 VERIFICAÇÃO DA QUALIDADE DO SOLO.....	23
2.5.6 MONITORAMENTO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS .....	24
2.5.7 QUALIDADE DAS ÁGUAS .....	24
2.5.8 MONITORAMENTO GEOTÉCNICO .....	25
2.5.9 MONITORAMENTO DURANTE A OPERAÇÃO .....	26
2.5.10 MONITORAMENTO POSTERIOR AO ENCERRAMENTO .....	27
<b>3 METODOLOGIA.....</b>	<b>28</b>
3.1 MECANISMO DE ESTUDO.....	28
3.2 LOCAL E PERÍODO DE REALIZAÇÃO DA PESQUISA .....	28
3.3 VERIFICAÇÃO DE APRESENTAÇÃO DOS DADOS.....	30
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>31</b>
4.1 IMPLANTAÇÃO E CONTROLE DO SISTEMA DO ATERRO SANITÁRIO DE PALMAS .....	31
4.2 SISTEMA DE IMPERMEABILIZAÇÃO .....	32
4.3 SISTEMA DE CAPTAÇÃO E DRENAGEM DE GASES .....	33
4.4 SISTEMA DE DISPOSIÇÃO FINAL .....	35

4.5 SISTEMA DE DRENAGEM E TRATAMENTO DE CHORUME.....	36
4.6 SISTEMA DE MONITORAMENTO DO ATERRO .....	38
4.7 DADOS E PARÂMETROS ACEITÁVEIS.....	40
4.8 AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS.....	41
4.8.1 PARÂMETROS QUÍMICOS.....	42
4.8.1.1 DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO (DBO) .....	42
4.8.1.2 OXIGÊNIO DISSOLVIDO (OD) .....	43
4.8.1.3 FÓSFORO TOTAL .....	43
4.8.1.4 NITROGÊNIO TOTAL .....	43
4.8.1.5 POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (PH) .....	43
4.8.1.6 SÓLIDOS DISSOLVIDOS TOTAIS .....	44
4.8.2 PARÂMETROS FÍSICOS .....	44
4.8.2.1 TEMPERATURA.....	44
4.8.2.2 TURBIDEZ .....	44
4.8.3 PARÂMETROS BIOLÓGICOS .....	45
4.8.3.1 COLIFORMES TERMOTOLERANTES .....	45
<b>5 CONCLUSÃO.....</b>	<b>46</b>
<b>6 REFERÊNCIAS.....</b>	<b>47</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O aterro sanitário é certamente uma necessidade, porém deve-se pensar também em alternativas que possam comportar ao menos uma parte de todo o resíduo que é destinado a ele. Já que a quantidade de lixo cresce continuamente, novas soluções são exploradas para aliviar este volume. Contudo, antes de conduzir os resíduos sólidos ao aterro sanitário, devemos nos questionar se estes são passíveis de tratamento, reciclagem e reutilização o que minimiza sua geração, tendo em vista uma maior vida útil dos aterros e tornando estes empreendimentos sustentáveis ao longo dos anos.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) interpreta da seguinte forma os aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos: "Técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos ou riscos à saúde pública e à segurança, minimizando os impactos ambientais, método este que utiliza os princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos ao menor volume permissível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho ou à intervalos menores se for necessário."

É o aterro sanitário o destino final de todo o descarte humano, sejam eles comerciais, domésticos, industriais ou até mesmo dejetos sólidos separados do esgoto. Além disto, deve-se destacar que cada etapa de um aterro deve ser bem planejada e executada, de modo que seu monitoramento seja eficaz na prevenção e na tomada de decisão para sua melhoria, bem como uma boa seleção de área para sua implantação. Com a finalidade de não comprometer seriamente a fauna e flora daquela região, ou até mesmo tornar elevado os custos de operação, pelo fato de não ter ocorrências de jazidas em sua proximidade, sendo elas uma das principais fontes de cobertura e impermeabilização.

O Aterro Sanitário de Palmas foi considerado uma referência nacional, criado em 21 de novembro de 2001 ele é um dos poucos projetos da região Norte cuja legislação vigente e suas determinações ambientais são atendidas de forma satisfatória, sendo ele também construído com um alto conceito de modernidade e novas tecnologias.

Diferente de várias cidades do país onde o lixo é simplesmente descartado a céu aberto, dando origem ao "lixão", os resíduos produzidos e recolhidos em Palmas são divididos em classes e todo ele separado em doméstico, comercial, industrial etc., recebendo o devido tratamento que as normas ambientais exigem.

## 1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

Os aterros sanitários são caracterizados como empreendimentos que geram grandes impactos ambientais. Sendo assim, a disposição de resíduos sólidos urbanos sem o controle e monitoramento apropriado pode gerar uma perturbação significativa no ecossistema e no meio social da população, especialmente em relação à contaminação do homem, do solo, do ar e também dos recursos hídricos.

Assim sendo, surge um questionamento: Quais são os monitoramentos a serem realizados, e quais seriam os procedimentos adotados para que assim sendo minimizado a ocorrência destas perturbações?

## 1.2 HIPÓTESES

O acompanhamento e o controle tecnológico do comportamento geotécnico e do funcionamento ambiental do aterro permitem o reconhecimento em tempo hábil, de variações no padrão de comportamento previsto e também as medidas tanto corretivas quanto preventivas de utilização.

## 1.3 OBJETIVOS

### 1.3.1 Objetivo Geral

Analisar o monitoramento de aterros sanitários que visem garantir e antecipar condições de segurança, evitando riscos em potencial ao meio ambiente.

### 1.3.2 Objetivos Específicos

Analisar o processo construtivo do aterro sanitário de Palmas-TO;

Analisar os relatórios diversos, que mensurem parâmetros físicos, químicos e biológicos de possíveis contaminações;

Identificar possíveis impactos ambientais decorrentes da implantação do aterro sanitário;

#### 1.4 JUSTIFICATIVA

Como um grande benefício para as cidades, os aterros são uma forma excelente de se depositar o lixo produzido, que se feito de maneira segura e adequada resultam no descarte de vários problemas.

O monitoramento dos aterros sanitários é uma importante medida preventiva a ser executada, que objetiva neutralizar ou amenizar agentes altamente prejudiciais ao homem e ao ecossistema.

Perante estas considerações este estudo aqui proposto irá mostrar a importância de um bom gerenciamento dos resíduos sólidos que resultam em benefícios ao município, outro fator importante sobre o estudo está em enriquecer pesquisadores ou estudantes caso futuramente necessitem de tais informações sobre o assunto.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 ATERRO SANITÁRIO

O aterro sanitário é um método de disposição final de resíduos sólidos sobre o solo, que obedecendo a critérios e normas operacionais de engenharia, tem se um armazenamento adequado em camadas compactadas por níveis e cobertas com material de jazida, de forma que se ocupe uma menor área possível. O que torna mais fácil o controle tecnológico de poluição ambiental.

De acordo com Fonseca (1999), a objetividade de um aterro sanitário é garantir a higiene e preservar tanto a saúde pública quanto o meio ambiente com a devida disposição dos resíduos de uma forma segura e controlada. Servindo também para restaurar áreas destruídas, como pontos onde eram feitos extração de materiais, tais como: agregados tipo brita, areia, argila, rochas, escavações entre outras. Mas para concretizar estes objetivos mencionados é preciso estudos apropriados que garantem uma boa proteção da área utilizada.

Dentre as opções de descarte final do lixo, o aterro sanitário continua sendo o que causa menor impacto, por se tratar de um método projetado exclusivamente para impedir a penetração do chorume no subsolo, líquida bastante poluente gerado a partir do lixo. Para que este impedimento ocorra, o local onde estes resíduos são aterrados deve possuir uma base bem impermeabilizada e conter elementos para drenagem tanto do chorume quanto dos gases que também são gerados.

De acordo com Laureano (2007), o aterro deve ser recoberto diariamente com material de cascalho/terra para evitar as ações de vetores externos. Por ser controlada, a circulação de catadores de lixo não é permitida, ressalvo quando houver algum centro de destinação de lixo, que não é recomendado em municípios onde não há nenhuma coleta seletiva.

Conforme Bidone (1999), o aterro sanitário é de fato um controle baseado em critérios de engenharias e normas operacionais específicas que devem ser seguidas à risca, desta forma garante proteção e diminuição da poluição ao meio ambiente. A consequência disso é uma maior qualidade em relação ao bem-estar da população.

A Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM, 2005) diz que o aterro sanitário por ser um procedimento simples, tem certa exigência e cuidados especiais, assim é deve ser considerado procedimentos bem específicos que partem desde a escolha do local onde ele será instalado até toda a sua operação e monitoramento necessário. Pois ainda de acordo com a

FEAM, o aterro deve possuir uma vida útil superior a 10 anos e seu controle e monitoramento de ocorrer por pelo menos 10 anos posterior ao seu encerramento.

Conforme FERREIRA (1990), a grande escassez dos dirigentes públicos em utilizar de seus recursos para colocar em prática este tipo de sistema está relacionada ao significado que damos, no nosso meio social, ao provido, ao aproveitado, ao descartável, cujo a serventia e valor não justifica gastarmos dinheiro com lixo.

Garbossa (2010), destaca que o aterro sanitário atualmente é considerado a melhor maneira de tratar os resíduos sólidos urbanos, desde que seja realizado e permaneça constantemente dentro das normas e legislações vigentes para seu funcionamento operacional, que busca por meio da cobertura dos resíduos com material de cascalho, prevenir doenças que podem ser causadas devido à exposição do lixo à céu aberto, também previne contra aglomeração de animais transmissores de doenças, irradiação de odores.

## 2.2 RESÍDUOS SÓLIDOS

Segundo Zanta (2006), os resíduos sólidos além de bem diversificados tem também certo grau de complexidade devido às suas propriedades biológicas, físicas e químicas que variam conforme a maneira em que são gerados. Alguns fatores que afetam estas propriedades sejam em relação à qualidade ou à quantidade gerada são fatores sociais, educacionais, culturais, econômicos, tecnológicos. A forma como os resíduos são destinados, manejados e tratados de cada um destes fatores pode em alguns casos potencializar os riscos ao meio ambiente e à saúde populacional.

Conforme a NBR – 10004 (2004), o conceito de resíduos sólidos e semissólidos evidencia a diversidade e complexidade de cada material, onde se classificam de acordo com sua periculosidade como sendo:

- Resíduos Classe I – Perigosos: Que de acordo com suas características físicas ou químicas, apresentam risco à saúde pública ou ao ecossistema se for manejado de forma incorreta.
- Resíduos Classe II – Não perigosos: Esta classe é descrita por alguns resíduos oriundos de restaurante, papel e papelão, sucatas de metais ferrosos e não ferrosos, resíduos de borrachas, madeiras, materiais têxteis, resíduos de minerais não metálicos, entre outros vários resíduos que não são considerados perigosos.
- Resíduos Classe II A – Não inertes: Caracterizam-se nesta classe resíduos que apresentam propriedades como a combustibilidade, solubilidade em água ou

biodegradabilidade, além destas propriedades, possuem também natureza semelhante às do lixo doméstico.

- – Resíduos Classe II B – Inertes: Os resíduos considerados nesta classe possuem uma degradação mais lenta e grande maioria não pode ser reciclável. Alguns tipos destes resíduos são as pedras, entulhos gerados a partir de demolições, areias de escavações etc.

Zanta (2003), diz que as várias atividades humanas desenvolvidas todos os dias são denominadas de (RSU) resíduos sólidos urbanos, sendo eles de vários tipos, industriais, comerciais, residenciais, de atividades de construção civil e agrícola. Entre os inúmeros RSU gerados, os de origem domiciliar ou similares como os de comércio são muitas vezes encaminhados e dispostos nos aterros de responsabilidade da gestão do município.

Para que isto ocorra de modo que minimize impactos ambientais possíveis, é necessário o conhecimento das características destes resíduos e a classificação dos mesmos, para se definir um gerenciamento adequado sem que haja também prejuízo à saúde populacional devido à emissão de gases e chorume, líquido associado à decomposição da fração orgânica dos RSU. Visando isso a norma classifica os resíduos de acordo com a gravidade à saúde em geral e ao ecossistema o nível de periculosidade destes resíduos, que depende de suas características químicas, físicas e infectocontagiosas como é o caso de lixo hospitalar. Desta forma, são classificados como perigosos resíduos que constam em suas características seguintes componentes: agentes corrosivos, toxicidade, reatividade e inflamáveis.

Segundo Cunha (2002), o volume de resíduos sólidos gerados diariamente vem crescendo bastante e inúmeros fatores contribuem para isto, como a renda per capita da população, o estilo de vida, épocas do ano em que o movimento ocupacional é multiplicado como em férias ou até mesmo finais de semana, e métodos inovados de acondicionamento de mercadorias com uso de embalagens não retornáveis. Este volume é produzido de tal escala que os meios naturais de diluição, degradação e absorção não conseguem ter a capacidade de assimilar naturalmente.

Se na disposição final do RSU constar um plano de gerenciamento integrado e for adequado, a consequência será um impacto positivo, já que proporciona destinação correta aos resíduos da população. Porém, quando acontece dessa destinação ser de forma inadequada, os inúmeros impactos negativos que são gerados podem ser muitas vezes irreversíveis, e isso também está incluso os aterros sanitários.

A produção de resíduos conforme Ribeiro (2009) está presente em praticamente todas as atividades humanas, possuindo apenas variações nos resíduos em termos de volume e seus compostos, que são variáveis em função dos métodos produtivos e práticas de consumo, mas

as consequências mais preocupantes são os efeitos que podem ocorrer na saúde do homem e sobre o meio ambiente.

Ainda sobre Ribeiro (2009), a terminologia Resíduos Sólidos ou comumente é chamado lixo, palavra oriunda do termo latim *lix*, possui o significado de lixívia ou cinza, já a denominação sólido, *residuu* no latim possui o significado de o que resta de determinadas substâncias, e por fim, a palavra sólido, foi acrescentada apenas para diferenciar dos líquidos e gases.

### 2.3 TRANSPORTE DE RESÍDUOS

PHILIPPI Jr.et. al. (2005) destaca que o transporte destes resíduos é uma etapa de suma importância, normalmente em grandes cidades e capitais para tal transporte é necessário um bom investimento, pois geralmente são utilizados caminhões compactadores. Seu uso é benéfico, pois evita espalhamento de resíduos pelas ruas ao longo da coleta.

No artigo da política nacional fala sobre a contratação de serviços de coleta e de transporte, e diz que não isenta as pessoas tanto físicas quanto jurídicas da responsabilidade por danos que vierem a provocar pelo gerenciamento inadequado (BRASIL – Lei Federal nº 12.305, 2010).

### 2.4 IMPACTOS AMBIENTAIS

Segundo Zanta (2006), o crescimento exponencial da geração de resíduos sólidos e seu vasto volume ocupacional conforme o aumento da urbanização acaba diminuindo a possibilidade de assimilação destes resíduos pelo meio ambiente, sem que tenha algum tipo de alteração, em muitas das vezes com grande significado no meio físico seja na qualidade do solo, ar ou água. Esta poluição em potencial pode atingir vários níveis de contaminação, afetando diretamente a fauna, flora e a vida humana. Os impactos negativos que são gerados fisicamente como poluição visual alterando a forma da paisagem, a concentração de substâncias químicas e odores devido à decomposição dos resíduos, e ainda materiais em partículas que são facilmente dispersos pela ação do vento ou sendo liberada junto com os gases tóxicos gerados quando há queima destes resíduos. Mais um grande problema que ocorre nas áreas urbanas é o descarte dos resíduos em locais inapropriados, que geram risco de deslizamento, entupimento de drenagens entre outros. Além disso, há aqueles impactos como poluição química ou

contaminações oriundas de substâncias perigosas carregadas pela penetração de lixiviado no solo atingindo até mesmo o lençol freático.

Ainda sobre Zanta (2006), o lixiviado pode conter além de produtos intermediários da decomposição anaeróbia dos resíduos, também componentes orgânicos dissolvidos ou solúveis como ácido orgânico volátil, substâncias químicas, e até mesmo metais que possuem uma liga mais densa como o zinco, mercúrio, cádmio ou solvente clorado, presente no descarte de agrotóxicos e inseticidas.

Conforme Fellenberg (1980), no meio pluvial os níveis orgânicos constantes no lixiviado resultam na diminuição da concentração de oxigênio, gerando a falência dos seres vivos. Na cadeia alimentar substâncias como o nitrogênio e fósforo são alguns nutrientes que podem causar eutrofização e toxinas. Há vários casos em que os resíduos sólidos urbanos são despejados diretamente em leitos de rios, causando sua obstrução e poluição. Já nas águas do subsolo sua contaminação é mais por percolação de lixiviado que pode ser lenta ou rápida dependendo da profundidade em que este lençol se encontra, da capacidade de purificação do solo ali presente e também da capacidade de absorção do mesmo, pois o tipo de solo é bastante influente na velocidade de escoamento quando há infiltração de água, desta forma depósitos de resíduos sólidos são capazes de comprometer os lençóis freáticos mesmo em alta profundidade depois de certo tempo.

Os resíduos sólidos constituem uma fonte de alimento, água e abrigo para inúmeros vetores veiculadores de agentes etiológicos de reservatórios naturais aos hospedeiros suscetíveis. Dentre os vetores atraídos pelos resíduos sólidos destacam-se os insetos e roedores. Doenças como a dengue transmitida pelo mosquito *Aedes Aegypti*, que prolifera em ambientes descartados que armazenam água, intoxicações alimentares causadas por micro-organismos como salmonellas, transportados por vetores mecânicos como a mosca doméstica, ou casos leptospirose e de peste bubônica transmitidas pela urina de ratos e parasitas como a pulga são exemplos de doenças relacionadas aos vetores atraídos pelos resíduos sólidos (ZANTA et al., 2006).

## 2.5 GESTÃO E CONTROLE DE ATERRO SANITÁRIO

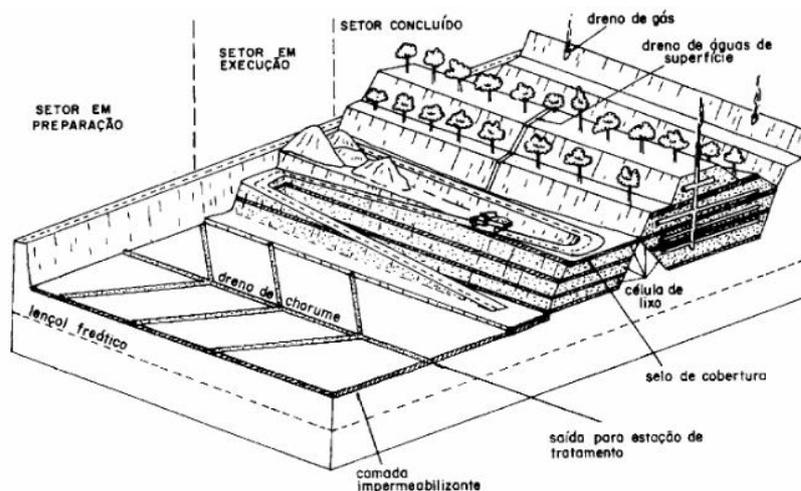
Conforme Lima (2001), o monitoramento ou controle ambiental compõe-se fundamentalmente a captação e coleta de amostras de líquidos em determinados pontos para a prática de ensaios nos poços de monitoramento e reservatórios. Há também ensaios físico-químicos para a água superficial, medição de vazão presente, controle de qualidade do ar,

limitação de micro e macro vetores dentre outros. É também a partir de sondagens de Sistemas de Processamento de Transações (SPT), que as células são monitoradas com coleta de chorume com intuito de analisar parâmetros físicos, químicos e bacteriológicos.

Todos os aterros sanitários principalmente os das grandes metrópoles brasileiras são monitorados de forma regular de acompanhamento, e mesmo assim ainda há diferenças em seus procedimentos adotados. Não há normas específicas para fazer os monitoramentos mecânico e ambiental. Às vezes para que haja algum tipo de ação fiscalizadora somente através de denúncias das populações atingidas (CEPOLLINA M, 2004).

De acordo com Castilho Júnior (2003), uma das finalidades do aterro sanitário seria o acompanhamento em relação ao desempenho do sistema de controle ambiental, o que garante uma certa integridade e segurança do sistema como um todo. Assim, esta movimentação de atividades de monitoramento como de biogás, monitoramento de águas superficiais, do subsolo, estabilidades da massa dos resíduos e atuantes líquidos deverão ser realizadas enquanto o aterro estiver em seu devido funcionamento ou até que seus níveis padrões de comportamento atinjam o aceitável definido pelo órgão de controle ambiental. Abaixo na Figura 01 está alguns dos procedimentos de controle que um aterro sanitário deve seguir.

Figura 01 – Procedimento de controle de um aterro.



Fonte: IPT, 2000

De acordo com FERREIRA (1999), o carecimento por formas e procedimentos adequados de tratamento e disposição final de resíduos é reveladora de uma irresponsabilidade que se tem resultados negativos, não só no meio ambiente como também na saúde humana, consistindo no lançamento sem distinção dos resíduos.

Conforme PEREIRA (2016), a evolução da gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos tem sido considerável, sendo eles, parte importante de um processo que compões um conjunto de ações, dentre elas a organização, propiciando habilidades estratégicas que poderão fomentar o avanço da sustentabilidade.

### 2.5.1 CHORUME, LÍQUIDOS PERCOLADOS OU LIXIVIADOS

Silva (2005) classifica o chorume como um agente oriundo da água da chuva sobre resíduos sólidos. Assim este líquido formado pode se tornar um poluente e atingir algum recurso hídrico que por ventura esteja abastecendo a população de diversas maneiras.

Já o autor Cetesb (1997) fala que o chorume é denominado a partir da formação de um líquido originado da decomposição da matéria orgânica presente nos resíduos sólidos, ficando com um odor desagradável e com uma tonalidade cor bem escura, tornando-se característico, além do mais, se torna um agente poluidor em potencial.

Segundo a NBR 8419 (ABNT, 1992) faz a definição de chorume da seguinte maneira: sendo os líquidos formados através da decomposição dos resíduos sólidos, de características de cores escuras, odor fétido e uma alta elevação de Demanda Bioquímica de Oxigênio, que se constitui de substâncias inorgânicas, composta de solução, em estado coloidal e diversas espécies de micro-organismo.

O chorume por ser um agente de fácil percolação se torna o principal poluente de lixos que afeta as águas da superfície de mananciais e subterrâneas. Então para que não ocorra uma contaminação no solo na fase de decomposição desses resíduos, os aterros sanitários devem ser projetados tomando o devido cuidado na fase de impermeabilização do solo, e principalmente no sistema de drenagem destes líquidos, que deverão ter uma eficácia satisfatória às normas de controle. (MONTEIRO, et al, 2001).

Os mananciais de água, passíveis de recebimento do chorume apresentam modificação de coloração, depreciação de oxigênio dissolvido e contagem de patogênicos, levando a impactos no meio aquático com quebra do ciclo vital das espécies (TORRES et al., 1997).

Ainda sobre Torres (1997) o lixiviado possui altas concentrações de compostos orgânicos como demanda química de oxigênio, bioquímica, carbono orgânico totais e ácidos graxos voláteis, assim como substâncias inorgânicas em quantidades consideráveis, e apresenta ainda variações de pH, sólidos totais em alto valor, sólidos dissolvidos e de nitrogênio na forma de amônia, entre outros. Além disto, o chorume às vezes pode conter metais em níveis elevados e outros compostos presentes em águas residuais de indústrias, sendo que sua formação sofre

alteração de um aterro para outro, em função das características dos resíduos sólidos presentes e da qualidade.

A NBR 10005 (ABNT, 2004) define lixiviação como o processo para a determinação da capacidade de transferência de substâncias orgânica e inorgânica presentes no resíduo sólido, por meio de dissolução no meio extrator.

Lixiviado se define como um líquido de coloração escura e característica de forte odor, sua formação é feita através da dissolução ou suspensão de materiais, sendo orgânico ou inorgânico, é originado da extração física ou de processo de fermentação dos resíduos, carregados através das águas pluviais. Os lixiviados podem ser formados através de três fontes: uma delas é a umidade natural dos resíduos sólidos, outra é a água de constituição da sobra dos materiais na sua fase de decomposição, e a outra é o líquido proveniente de materiais orgânicos. (LEMA, J. M, 1988)

Conforme Rocca (1993), o procedimento de implantação de um sistema de tratamento destes líquidos percolados deve ser feito com a coleta e remoção, sendo necessário possuir um conhecimento sobre aterro em que este sistema será implantado, a fim de saber o volume lixiviado que ele gera, e esse volume total é estudado em cima da precipitação da área do aterro, sua declividade e o solo aplicado em sua cobertura, dentre alguns outros processos necessários.

No Brasil, os tratamentos mais comuns a serem executados são os tratamentos biológicos, tais como, lagoas com função de estabilização, filtros biológicos, logos ativos. ((BIDONE et al., 1997).

No aterro sanitário a canalização do chorume é um sistema de drenagem de grande importância em relação ao seu funcionamento, pois é através desta drenagem direcionada que o líquido oriundo da decomposição de resíduos vai para um sistema de tratamento ou alguma outra alternativa de disposição, este processo também serve para aliviar o acúmulo de chorume no revestimento do aterro sanitário.

Koerner e Soong (2000) ressalta que os sistemas de drenagem do chorume em aterro sanitário têm uma grande importância quanto ao seu funcionamento, onde sua função é direcionar o líquido resultante da decomposição dos resíduos sólidos para um sistema de tratamento ou qualquer outra que seja alternativa de disposição, fazendo com que diminua o acúmulo desde chorume sobre o revestimento.

## 2.5.2 CONTROLE DE EMISSÃO DE BIOGÁS

Segundo Castilhos et al. (2003), a maneira em que se degradam os resíduos sólidos são um fenômeno denominado essencialmente pela junção de mecanismos físico-químicos e biológicos, que acelerados juntamente com a água presente nos resíduos, pela umidade já presente nos mesmos ou pelas precipitações.

Segundo a USEPA (1991) o biogás produzido pode ser desempenhado a partir da vaporização, reações químicas de alguns elementos ali presentes e matérias biológicas em decomposição. Esta vaporização é o resultado da mudança de estado líquido para o gasoso que acontece até o momento em que são atingidas concentrações de gases do aterro sanitário. Já a matéria biológica em decomposição se dá quando os compostos orgânicos ali presentes sejam eles em grande escala ou não, começam a se decompor por bactérias, ocasionando compostos voláteis. E sobre as reações químicas, eles ocorrem com o resultado da junção entre resíduo e os gases reativos que são gerados no aterro.

Para Cetesb (1997), o controle deste biogás é um fator extremamente importante para a redução da instabilidade do aterro, tornando-o mais seguro, além de diminuir a movimentação do mesmo para outras áreas, podendo ocorrer infiltrações nos sistemas de esgotos da cidade, diminuindo a percolação do odor para os indivíduos que habitam nas suas proximidades.

De acordo com a NBR 8419 (ABNT, 1992), o metano em composições variáveis juntamente com o dióxido de carbono que ao misturados com gases produzidos a partir de ações biológicas presentes na massa orgânica em situação anaeróbicas são denominados biogás. A norma também diz que o aterro precisa conter um sistema de controle e direcionamento deste gás, podendo ele ser feito em junção com o mesmo sistema responsável pela drenagem do líquido lixiviado, assim sendo este mesmo processo de drenagem objetiva retirar o gás gerado no interior do aterro sanitário com o objetivo de evitar possíveis explosões, combustão interna e também comprometer sua estabilização.

Conforme Tocchetto (2005), a geração de gases deve-se à decomposição anaeróbica da matéria orgânica contida nos resíduos sólidos recolhidos, com produção de metano (CH<sub>4</sub>) e gás carbônico (CO<sub>2</sub>) ou devido a junção de resíduos incompatíveis que provocam reações químicas de modo que gerem gases tóxicos. Para a dispersão e eliminação destes gases das células do aterro, são feitos sistemas com uma rede de tubulações perfuradas envolvidas com uma camada de brita condicionadas numa tela metálica. A tubulação perfurada atravessa verticalmente todo o corpo de resíduos, a partir de uma distância de 60 cm do nível da impermeabilização inferior

até a extremidade do aterro. A quantidade destes drenos de gás depende do volume de resíduos depositados no aterro e do percentual de matéria orgânica contido nele.

### 2.5.3 CONTROLE DE DRENAGEM DE ÁGUA PLUVIAL

De acordo com Lima (1995) a drenagem das águas superficiais que atingem o aterro sanitário tem como função de preservar o controle no sistema de disposição de resíduos sólidos. Esta água proveniente das chuvas dependendo do seu volume de escoamento pode vir a gerar erosões no aterro isto sem contar o aumento do volume de lixiviados. Para garantir que a drenagem seja eficaz, os drenos precisam ser compatíveis com a topografia do local onde o aterro está instalado, assim evita-se danos ou a boa execução das atividades ali desenvolvidas.

Teixeira (2000), menciona inúmeros elementos eficazes na composição de um projeto de aterro sanitário que visa proteger o meio ambiente, um destes elementos é o controle da drenagem de águas pluviais. Um método adequado para o desvio ou captação da água, de modo que não venha a afetar o bom andamento do sistema de disposição de resíduos ali presentes, e também não afete o volume do lixiviado.

A drenagem é um sistema formado por um conjunto de elementos estruturais que possuem função de captação de águas de origem pluvial e destinação adequada. Assim sendo, é essencial discorrer sobre suas várias soluções e adotar uma para cada tipo de drenagem de acordo com a necessidade, para que desta forma, se aplique um tipo de drenagem que impeça a percolação da água no sistema de disposição do aterro sanitário. (NBR 15849/2010)

Para Garbossa (2010), a parte estrutural de um aterro sanitário também deve se precaver com a drenagem das águas da chuva, por meio de captadores pluviais, de modo que se evite o escoamento deste volume de água para o interior do aterro. O contato desta água pluvial com os resíduos deve ser impedido pois tal acontecimento pode contribuir para o aumento no volume do chorume gerado. Devendo o volume de chorume ser escoado por meio de canais drenantes levemente inclinados, de modo que facilite o a percolação do líquido viscoso até uma piscina, ou lagoa anaeróbica, como é chamado.

### 2.5.4 PROTEÇÃO EM TALUDES

É recomendado que se fizesse a plantação de vegetação em determinadas estruturas de engenharia que trabalhem com solo, pois tais elementos técnicos podem fornecer condições

benéficas principalmente quando se trata de funções de estabilidade do solo, onde quanto melhor o desenvolvimento desta vegetação, melhor o nível desta estabilidade. SUBIC (1995).

Ainda sobre Subic (1995) o aterro sanitário tende a se deparar com processos erosivos em seus taludes, seja qual for o tipo de solo correspondente, na sua inclinação, permeabilidade e abertura de estradas e rodovias, as normas técnicas recomendam que seja feita uma cobertura vegetal de forma que garanta o combate ao desmoronamento do mesmo ou erosão, para esta cobertura vegetal as mais comuns a serem utilizadas são as do tipo gramíneas.

Segundo Pereira (2006) para se ter uma boa relação custo benefício na hora de revestir o talude com vegetação, deve-se escolher bem quais espécies serão plantadas sobre eles, a quantidade de sementes necessárias ou mudas se tornam elementos fundamentais na escolha da vegetação, pois é preciso que se tenha um bom conhecimento técnico sobre assunto para assim evitar prejuízos na escolha das espécies.

Lemes (2001) também ressalta que a vegetação quando implantada sobre o talude, exerce sua principal característica que é a proteção, pois ajuda a reduzir a desagregação das parcelas do solo, diminui também o choque da água da chuva, ajuda a reduzir a velocidade do escoamento superficial, além disso também reduz a ação dos raios solares sobre o solo.

#### 2.5.5 VERIFICAÇÃO DA QUALIDADE DO SOLO

Para que não ocorram infiltrações de materiais contaminantes no solo, na fase de implantação do aterro sanitário, é necessário que se faça a impermeabilização do local obedecendo todas as normas pertinentes. Esta impermeabilização pode ser realizada com materiais sintéticos de alta durabilidade ou através de solos argilosos compactados (NAHAS, 2004).

O solo no local onde o aterro sanitário está implantado pode poluir através dos lixiviados gerados a partir de resíduos sólidos, modificações em suas características físicas e químicas devido à grande quantidade elevada de substâncias nos resíduos (LIMA, 2004).

Deste modo para qualificação dos solos são coletadas amostras para ensaios e tais ensaios são executados de acordo com as normas técnicas estabelecidas que vão desde o limite de liquidez, teor de umidade até a análise granulométrica dentre vários outros tipos.

### 2.5.6 MONITORAMENTO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

A NBR 13896 (ABNT, 1997) diz que no aterro sanitário seus poços de monitoramento devem ser verificados e coletados amostras para análise, no mínimo quatro vezes durante o período de um ano, isto em cada um de seus poços devendo ocorrer no período em que o aterro estiver em plena atividade, que seria a temporada em que ele está produzindo gases, chorume e lixiviados.

Ainda sobre a NBR 13896 (ABNT, 1997), o aterro deve ser operado de tal maneira que as qualidades das águas subterrâneas sejam mantidas em perfeito estado, garantindo a continuidade do uso para abastecimento público, assim ressalta que as qualidades das águas contidas no lençol freático devem atender aos padrões estabelecidos na legislação vigente do município.

Com o intuito de detectar a presença de influentes no sistema de disposição de resíduos na qualidade das águas subterrâneas. Assim, conforme a NBR 13895 (ABNT, 1997), para a execução deste monitoramento são feitos poços possuindo ao menos um ponto no montante da instalação com finalidade de monitorar e avaliar a qualidade e integridade original da água do subsolo e também manter uma certa distância afins de evitar contaminação caso venha ocorrer uma eventual erosão. E em sua jusante as suas instalações serão de no mínimo três poços, não necessariamente sendo alinhados, mas com intuito de avaliar perturbações na qualidade original das águas ali contidas.

### 2.5.7 QUALIDADE DAS ÁGUAS

Mesmo com a bacia hidrográfica sendo preservada nas suas circunstâncias naturais, a qualidade das águas sobre algum tipo de dano, seja pelo escoamento superficial ou pela própria infiltração no solo, como consequência da precipitação atmosférica. Esta qualidade está ligada diretamente às suas condições naturais e do seu uso e sua ocupação no solo da bacia. O homem, com sua ação de maneira concentrada, como na disposição de seus descartes domésticos ou industriais, de maneira totalmente dispersa, ajuda na introdução de compostos na água, afetando diretamente na sua qualidade (VON SPERLING, 2005)

Desde modo, a qualidade e propriedade da água está inteiramente ligada ao seu uso. Sendo fundamental apontar suas finalidades de utilização em um corpo hídrico, tais como o abastecimento humano na utilização doméstica, no uso industrial, em plantações com sistemas de irrigação, com animais para sua sobrevivência, pesca, lazer, entre outros. Sendo assim,

estabelecer parâmetros e critérios de qualidade desta água. Pois com o uso proeminente de produtos químicos os habitantes dos grandes centros urbanos, indústrias e áreas de desenvolvimento agrícola já sofrem com a falta de água de qualidade para consumo. A ausência desta água de boa qualidade firma um fator restritivo ao desenvolvimento, ocasionando problemas sérios à saúde pública, à economia e ao ecossistema. (REBOUÇAS, 2002).

O Índice da Qualidade da Água (IQA) manifesta de maneira objetiva e clara as características e informações físicas e químicas quando se estuda a qualidade das águas, sendo um dos vários benefícios do IQA a sua facilidade de interpretação do público não técnico. Porém uma de suas desvantagens seria sua perda das informações das variáveis individuais e da interação entre elas (ANA, 2005 conforme CETESB, 2003).

#### 2.5.8 MONITORAMENTO GEOTÉCNICO

O assunto envolvendo o monitoramento geotécnico dos aterros sanitários tem sido pesquisado, talvez não com a dimensão necessária, principalmente a falta de conhecimento das inúmeras propriedades de comportamento do maciço geomecânico dos resíduos sólidos confinados.

Eid et al. (2000), Stark (2000) diz que alguns dos deslizamentos que ocorrem nos aterros sanitários tem sido concedido à carência da verificação do comportamento da massa disposta e das variáveis que por ventura interferem no processo.

Segundo Simões et al. (2003), as atividades da sociedade na geração de resíduos sólidos urbanos devem ser necessariamente dispostas de maneira adequada sob os aspectos ambientais, técnicos e econômicos, todo este volume produzido pela sociedade tem gerado uma evolução significativa no estudo do comportamento de tais materiais. Atualmente o comportamento geomecânico dos aterros sanitários tem recebido uma maior atenção, especialmente quando se refere à estabilidade de todo o maciço confinado.

Ainda sobre Simões et al. (2003), os aterros sanitários devem possuir um monitoramento geotécnico previsto quando da preparação do plano de monitoramento ambiental, isto logo na fase inicial do projeto, necessitando prever uma sistemática que permita fazer uma avaliação contínua e sistêmica das condições de comportamento e estabilidade do maciço, tanto em relação à deslocamento de massa quanto em recalques, também avaliando a variação das pressões geradas internamente por líquidos e gases.

De acordo com Cepollina et al. (2004), no Brasil são realizados monitoramentos geotécnicos somente em aterros sanitários considerados de grande porte, porém ainda sim, são verificados uma variação de procedimentos e variados meios de monitoramentos entre eles, não só em relação à instrumentos instalados para avaliação, mas também em relação a frequência de monitoramento, além que não há critérios nem normas conhecidas.

#### 2.5.9 MONITORAMENTO DURANTE A OPERAÇÃO

Simões et al. (2003) relata que dentre as várias atividades durante o período de monitoramento de um aterro sanitário, merecem destaque:

- A realização de furos no interior do maciço para fins de realizar ensaios e/ou instalação de equipamentos ou instrumentos;
- Amostragem de sólidos contidos em camadas profundas
- Compreensão de resultados, considerando a complexidade da reação e a heterogeneidade dos resíduos;
- A adaptação necessária ao desenvolvimento de novos instrumentos e ferramentas geotécnicas adequadas aos aterros sanitários;
- O meio agressivo, que necessita a utilização de materiais capazes de lidar com as condições ríspidas encontradas no interior dos maciços.

E ainda sim com todas estas dificuldades, o devido monitoramento operacional deve ser alcançado, principalmente nos aspectos pertinentes ao manejo da densidade dos resíduos aterrados.

Segundo Oliveira (2002) no trabalho conclusivo realizado sobre resíduos sólidos urbanos e sua estabilidade de taludes de maciços descreve que a determinação da disposição gravimétrica de resíduos confinados tende a não ser uniforme e sim pontual, devido à disposição localizada de material contendo por exemplo, resíduos específicos como, apenas plástico. Para haver uma firmeza mais consistente no resultado da análise, é necessário que seja um volume maior de determinações em uma extensão mais englobada para estes estudos estatísticos.

Deste modo, um sistema de controle pessoal e operacional bem estruturado poderá de fato contribuir em muito com uma ordenação mais homogênea e adequada dos materiais dispostos no aterro sanitário e resíduos confinados nos maciços.

#### 2.5.10 MONITORAMENTO POSTERIOR AO ENCERRAMENTO

De acordo com Jorge (2004), as atividades básicas de manutenção e conservação de um aterro sanitário encerrado, seja caracterizado corretivo ou preventivo, compreende essencialmente em limpeza, recomposição, implantação, e desobstrução dos dispositivos drenantes instalados, a revitalização de trechos que estão sofrendo de processos erosivos, recuperação dos taludes do maciço, a correção do brotamento de líquidos e a conservação e recuperação da cobertura vegetal inicialmente implantadas na superfície do aterro. Estas atividades, apropriadamente orientadas pelos relatórios, observações e resultados do monitoramento durante sua vida útil evitam que processos de degradação imprevistos aconteçam, prevenindo incidentes em grande escala.

### 3 METODOLOGIA

A elaboração desse trabalho se deu com a utilização de vários recursos de estudos bibliográficos específicos sobre o assunto, tais como: monografias, dissertações, teses e artigos, assim como visitas técnicas no aterro sanitário de Palmas.

#### 3.1 MECANISMO DE ESTUDO

A princípio foi procedida uma revisão bibliográfica sobre o tema. Após este levantamento de estudo as visitas “in loco” foram realizadas com o objetivo de captar mais profundamente sobre o funcionamento e a importância do monitoramento do aterro sanitário e seus destaques principais de operação.

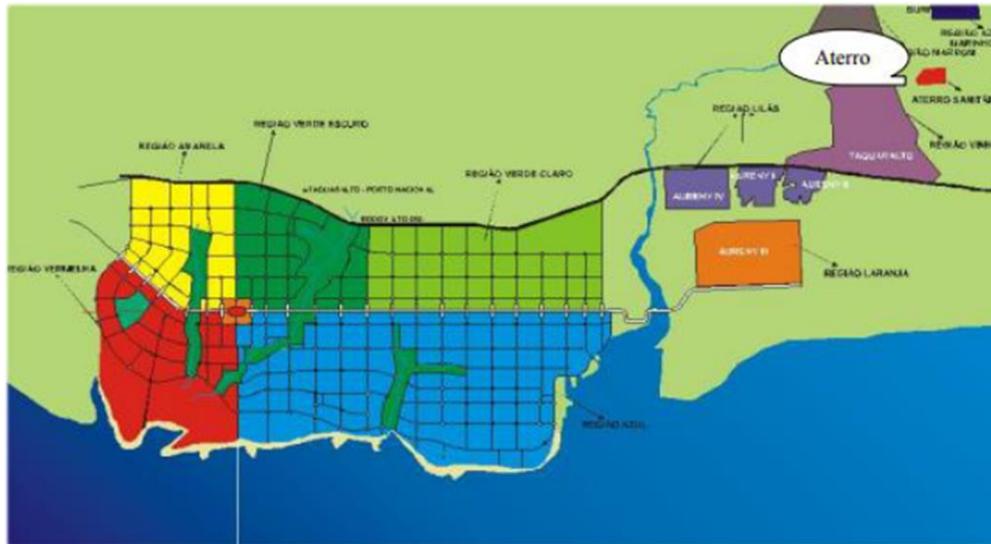
O presente trabalho apresenta o funcionamento do controle dos parâmetros físicos e químicos presentes no aterro.

#### 3.2 LOCAL E PERÍODO DE REALIZAÇÃO DA PESQUISA

Este trabalho apresentado possui duas etapas que consiste no levantamento bibliográfico realizado e levantamento de informações fundamentadas a partir das visitas técnicas com início em outubro de 2017 se prolongando até março de 2018.

O local de estudos bem como as visitas foi o Aterro Sanitário de Palmas-TO, que possui aproximadamente 93,94 hectares onde o mesmo já está com cerca de 40 hectares já ocupados. Sua localização fica a aproximadamente 25 (vinte e cinco) quilômetros do centro da cidade conforme, Figura 02.

Figura 02 – Localização do Aterro Sanitário de Palmas-TO.



Fonte: Google Earth

No Quadro 1 abaixo, é apresentado o direcionamento da pesquisa de campo.

**Quadro 01** – Direcionamento de Pesquisa

<b>Visão Geral do Projeto</b>
<p><b>Objetivo:</b> Analisar o sistema de disposição do aterro sanitário de Palmas-TO, e seu monitoramento de modo que evite possíveis contaminações.</p> <p><b>Tópicos do estudo de caso:</b> Aterro Sanitário, Resíduos Sólidos, Impactos Ambientais, Chorume, líquidos percolados ou Lixiviados, Palmas.</p> <p><b>Leituras importantes:</b> Gestão de Resíduos Sólidos, Orientações técnicas para a operação de aterros sanitários, Avaliação dos Impactos Ambientais.</p>
<b>Procedimentos de Campo</b>
<p><b>Identificação das credenciais:</b> Apresentação como estudante do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).</p> <p><b>Local de Acesso:</b> Visita ao Aterro Sanitário de Palmas-TO.</p> <p><b>Fonte de Dados:</b> Primárias (Bibliográfica e documental) e secundárias (Aterro Sanitário de Palmas-TO).</p>
<b>Questões de estudo nos casos:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Levantamento bibliográfico a respeito do tema</li> <li>• Levantamento de informações com o responsável técnico do Aterro de Palmas, Engenheiro Civil Dr. João Marques.</li> </ul>

### 3.3 VERIFICAÇÃO DE APRESENTAÇÃO DOS DADOS

As informações que estão contidas neste trabalho são para mostrar a importância do desenvolvimento da disposição correta dos resíduos sólidos gerados pela cidade de Palmas, e também, para abrir portas para outras gestões do estado que não possuem um destino final controlado para seus resíduos produzidos. Assim, foram realizadas visitas ao aterro sanitário de Palmas e também questionamentos ao responsável técnico e servidor o engenheiro Dr. João Marques, bem como pesquisas bibliográficas ligadas ao tema.

Nas visitas realizadas no aterro, foram levantadas quais seriam os elementos e sistemas que contribuem para minimizar os impactos ambientais e controles tecnológicos utilizados para evitar problemas diretamente ligados à saúde pública, seja na água, solo ou até mesmo no ar.

Para o monitoramento do aterro sanitário foi acompanhado relatórios emitidos para a verificação de possíveis agentes impactantes, seja: químico, físico ou biológico.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Nesta fase do trabalho de conclusão de curso, foram ressaltados os resultados buscados e obtidos por meio de levantamentos bibliográficos, levantamentos através de visitas técnicas e também entrevistas com os responsáveis pelo bom funcionamento do aterro sanitário em questão.

### **4.1 IMPLANTAÇÃO E CONTROLE DO SISTEMA DO ATERRO SANITÁRIO DE PALMAS**

Conforme citado anteriormente, possuindo área aproximada de 94 hectares o aterro sanitário de Palmas chega a receber por dia cerca de 250 toneladas de lixo, tendo um funcionamento de 24 horas diárias exceto aos domingos. Considerando a maneira como o aterro é operado sua vida útil pode ter uma estimativa de aproximadamente 35 a 40 anos. Esta vida útil poderia se estender por mais tempo caso a cidade de Palmas houvesse uma atividade de grande volume na área de reciclagem de materiais, além de garantia mais renda e empregos à população. (Marques J. – Consulta Pessoal, 2018).

Criado no ano de 2001 este projeto é um dos poucos da região Norte do estado sendo o seu sistema aprovado e de acordo com as determinações ambientais exigidas nas leis vigentes. Possuindo o que há de mais moderno em relação a tecnologias atuais praticadas neste tipo de instalação, o aterro de Palmas é considerado modelo nacional.

Este tipo de implantação é ideal para evitar que os resíduos gerados sejam descartados em locais indevidos, assim evitando a criação de vetores portadores de doenças, contaminações do solo e lençóis freáticos. Antes de serem despejados no aterro, todo o resíduo é pesado na entrada, deste modo é garantido um controle da quantidade despejada no interior das células e assim mensurar um volume diário e mensal, a pesagem é feita em uma balança conforme mostra a Figura 03.

Figura 03 – Balança de controle de pesagem do aterro.



Fonte: Autor

#### 4.2 SISTEMA DE IMPERMEABILIZAÇÃO

A próxima etapa do aterro seguida da pesagem se dá com o despejo dos resíduos levados por caminhões até as trincheiras que são construídas com cerca de 2,50 metros de profundidade, onde são escavadas e revestidas com manta de PEAD (Polietileno de Alta Densidade) que possui uma vida útil de 100 anos. Esta manta tem uma função importante de não deixar que o chorume contamine o solo.

Na sua construção, a implantação da manta impermeabilizante deve ser cuidadosamente executada de modo que não apareça falhas, assim diminuindo o risco de contaminação do solo, mostrado na Figura 04.

Figura 04 – Impermeabilização da célula



Fonte: Dr. João Marques

Os cuidados com as falhas na manta impermeabilizantes também devem ser considerados após toda a sua implantação, para isto é feita uma camada de cascalho, conforme Figura 05 para garantir que os resíduos despejados ali, não perfurem ou danifiquem o material.

Figura 05 – Camada de cascalho sobre a manta impermeabilizante



Fonte: Dr. João Marques

#### 4.3 SISTEMA DE CAPTAÇÃO E DRENAGEM DE GASES

Feito posteriormente a impermeabilização de toda a célula, o sistema de captação e drenagem de gases é indispensável para garantir e manter a segurança e continuidade do aterro sanitário, na Figura 06 mostra os colaboradores montando o tubo de saída do gás, com o auxílio de uma máquina Pá carregadeira eles jogam pedras de mão para preencher a parte externa do

tubo de concreto perfurado. Estes tubos verticais devem conter diâmetro de 1,20 m e uma proteção de uma tela preenchida conforme mostra abaixo. Estes tubos também são interligados para facilitar a captação e eliminação dos gases, conforme Figura 07.

Figura 06 – Implantação de tubos de drenagem de gás



Fonte: Autor

Figura 07 – Interligação dos tubos de gás



Fonte: Dr. João Marques

Vale ressaltar que a cada camada de célula coberta, há uma implementação dos tubos de drenagem de gás. A Figura 08 a seguir é de um tubo no topo de uma célula já finalizada com cerca de 22 metros da base.

Figura 08 – Drenagem do gás no topo da célula



Fonte: Autor

#### 4.4 SISTEMA DE DISPOSIÇÃO FINAL

Feito o depósito do lixo, o mesmo é espalhado e recoberto por uma camada de cascalho, conforme mostra a Figura 09 abaixo. Todo o material ainda recebe uma compactação obedecendo uma espessura de aproximadamente 15 cm. Este material utilizado para cobertura é provido de serviços excedentes de escavações e cortes em obras ou até mesmo da própria escavação das trincheiras, cobertura esta que tem o objetivo de limitar e impedir a aspensão de odores, aparecimento de animais causadores de doenças e também a ação do vento no espalhamento deste material. O espalhamento do cascalho e outro remanejo se dá com a utilização equipamentos como trator de esteiras, caminhões basculantes e pás carregadeiras também ilustradas na Figura 09 abaixo. A figura 10 também mostra parte desta etapa, onde para prevenir aglomeração de vetores transmissores de doença, o lixo depositado espalhado imediatamente é recoberto.

Figura 09 – Recobrimento dos resíduos com cascalho



Fonte: Autor

Figura 10 – Recobrimento dos resíduos com cascalho



Fonte: Dr. João Marques

#### 4.5 SISTEMA DE DRENAGEM E TRATAMENTO DE CHORUME

Após o devido descarte nas células do aterro, recoberto por cascalho e compactado, se inicia a etapa da captação do chorume oriundo da decomposição da matéria orgânica ali presente. Este chorume é um resultado altamente tóxico que também possui um sistema de tratamento. Este sistema de coleta de chorume está integrado ao sistema de coleta de gases, já que é permitido fazer este tipo de trabalho em conjunto. O líquido é captado e levado até as lagoas anaeróbicas para seu devido tratamento.

É um processo demorado que consiste em passar por 3 fases, sendo então 3 lagoas para tratamento onde a primeira é anaeróbica e as outras duas opcionais. Então, após a remoção de suas cargas orgânicas através das ações das bactérias e do tempo em que é depositado nas

lagoas, o líquido adquire condições ideais para que seja lançado em um corpo receptor sem que haja contaminação, e dar-se início ao processo natural de autodepuração.

Este sistema de tratamento das lagoas está demonstrado na Figura 11, abaixo. A partir da terceira lagoa já é possível notar visualmente que ocorreu o tratamento, pois nota-se a presença de animais como patos, tartarugas e iguanas, fazendo uso da água, conforme mostra a Figura 12.

Figura 11 – Lagoas para tratamento do chorume



Fonte: Autor

Figura 12 – Patos nadando na terceira lagoa

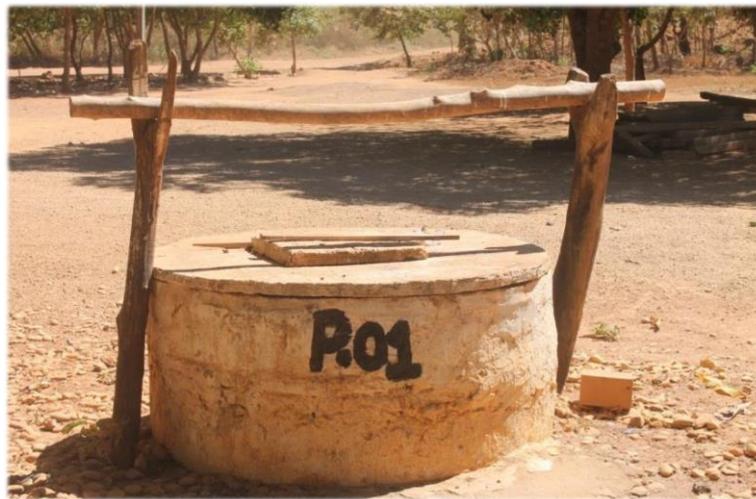


Fonte: Autor

#### 4.6 SISTEMA DE MONITORAMENTO DO ATERRO

O aterro sanitário de Palmas possui quatro poços de monitoramento de água, nomeados de P.01 até P.04. O poço chamado de P.01 encontra-se à montante do aterro, conforme Figura 13, já na área e jusante do aterro encontram-se os poços P.02 e P.03. O quarto poço denominado P.04 de acordo com a Figura 14, é situado fora da área do aterro, de modo que se tenha parâmetros externos a fins de uma melhor análise das águas subterrâneas nos arredores da estrutura.

Figura 13 – Poço de Monitoramento P.01 – Montante



Fonte: Dr. João Marques

Figura 14 – Poço de Monitoramento P.04 – Jusante



Fonte: Dr. João Marques

Além dos poços para verificação a qualidade da água, o aterro sanitário possui uma estação total para o monitoramento geotécnico. Este monitoramento é feito através dos gabaritos instalados nas células inativas que medirão a estabilidade do maciço e dos taludes, conforme Figuras 15. Estas células após ter suas atividades encerradas, é exigido que seja monitorado seu comportamento devido ao grande volume de material ali confinado.

Figura 15 – Gabarito de Monitoramento



Fonte: Autor

Outro monitoramento em funcionamento é o biológico, na pequena lagoa feita a partir de uma nascente situada na jusante do aterro, conforme mostra nas Figuras 16 e 17, é possível verificar a presença de vidas, como o criatório de peixes que também são consumidos pelos colaboradores do aterro. Esta criação e consumo comprova a pureza da água do lençol freático daquela área e também indica uma boa qualidade sem que há nenhuma contaminação.

Figura 16 – Lagoa da Jusante do Aterro



Fonte: Autor

Figura 17 – Presença de Peixes na Lagoa



Fonte: Autor

#### 4.7 DADOS E PARÂMETROS ACEITÁVEIS

De acordo com o CONAMA 430 de 2011 o resultado do monitoramento do aterro sanitário deve estar de acordo com os parâmetros máximos permitidos (VMP), conforme Quadro 02.

Quadro 02 – Parâmetros Máximos Permitidos

Parâmetros	Unidade	VMP Classe 1	VMP Classe 2	VMP Classe 3
DBO	mg/L	≤ 3	≤ 5	≤ 10
OD	mg/L	≥ 6	≥ 5	≥ 4
Fósforo Total	mg/L	≤ 0,020	≤ 0,030	≤ 0,05
Nitrogênio Total	mg/L	≤ 1,27	≤ 1,27	≥ 1,27
pH	-	6 – 9	6 – 9	6 – 9
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	500	500	500
Temperatura	°C	-	-	-
Turbidez	NTU	≤ 40	≤ 100	≥ 100
Coliformes termotolerantes	NMP/100 (mL)	≤ 200	≤ 1000	≤ 2500

Classe 1 - águas destinadas:

- Ao abastecimento doméstico após tratamento simplificado;
- À proteção das comunidades aquáticas;
- À recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho);
- À irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película.
- À criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana.

Classe 2 – águas destinadas:

- Ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional;
- À proteção das comunidades aquáticas;
- À recreação de contato primário (esqui aquático, natação e mergulho);
- À irrigação de hortaliças e plantas frutíferas;
- À criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana.

Classe 3 – águas destinadas:

- Ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional;
- À irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;
- À dessedentação de animais.

#### 4.8 AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS

Logo abaixo no Quadro 03, está apresentada o resultado de avaliação da lagoa de localizada à jusante do aterro sanitário de Palmas –TO. A partir de seu resultado médio foi comparada com a Valor Máximo Permitido de Classe 2.

Quadro 03 – Resultados alcançados a partir das coletas

<b>Parâmetros</b>	<b>Unidade</b>	<b>VMP Classe 2</b>	<b>Resultado</b>
DBO	mg/L	$\leq 5$	7
OD	mg/L	$\geq 5$	6,42
Fósforo Total	mg/L	$\leq 0,030$	0,016
Nitrogênio Total	mg/L	$\leq 1,27$	0,4
pH	-	6 – 9	6,23
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	500	18,3
Temperatura	°C	-	26
Turbidez	NTU	$\leq 100$	6,32
Coliformes termotolerantes	NMP/100 (mL)	$\leq 1000$	1553,1

#### 4.8.1 Parâmetros Químicos

##### 4.8.1.1 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

Conforme o limite máximo permitido de até 5 mg/L pela Resolução CONAMA 430/2011, nesta análise foi constatado uma incerteza de 2 mg/L pois o valor de DBO obtido como resultado chega a 7 mg/L.

A elevação dos valores de DBO são geralmente provocados devido à grande quantidade de matérias orgânicas lançados, especialmente esgoto doméstico. Os níveis altos deste parâmetro podem causar uma diminuição dos valores de oxigênio dissolvidos na água, o resultado desta diminuição chega a provocar a eliminação de organismos aquáticos e afetar diretamente os peixes.

Neste estudo o resultado superou em 40% do limite permitido, porém como este excedente é incerto, não podemos afirmar esse resultado como concreto. Uma vez que a presença de vida aquática na lagoa situada à jusante é um indicativo de que este nível de DBO está dentro do limite permitido.

#### 4.8.1.2 Oxigênio dissolvido (OD)

O oxigênio dissolvido é de suma importância para a preservação da vida no meio aquoso. Esse mesmo parâmetro denota a capacidade em que as bactérias têm de absorver matéria orgânica, a partir do resultado da amostra que foi de 6,42 mg/L, apontando estar acima do limite mínimo de 5 mg/L, podemos chegar à conclusão de que há muitos organismos consumindo o teor orgânico, ou seja, este parâmetro indica que o ambiente está favorável à vida aquática. Quando a concentração de oxigênio dissolvidos que apresenta um nível abaixo de 5 mg/L são comumente águas poluídas.

#### 4.8.1.3 Fósforo total

O fósforo e o nitrogênio são nutrientes indispensáveis para os processos biológicos, pois quando estão em um alto nível de concentração podem gerar o fenômeno chamado eutrofização, que nada mais é do que o excesso destes nutrientes, tendo como resultado final o aumento abundante de algas na água. Neste parâmetro foram encontrados resultados de 0,016 mg/L de fósforo total na lagoa, tendo como limite aceitável o valor de até 0,020 mg/L o que indica normalidade.

#### 4.8.1.4 Nitrogênio total

A Resolução CONAMA 430/2011 estabelece que para águas doces de classes 1 e 2, quando o nitrogênio for motivo para restrição da eutrofização, nas exigências estabelecidas pelo órgão ambiental competente, o valor de nitrogênio total após sua oxidação não deverá transcender o limite de 1,27 mg/L para ambientes lênticos. O resultado obtido na lagoa do aterro foi de 0,4 mg/L, logo manteve-se abaixo do limite estabelecido pela Resolução.

#### 4.8.1.5 Potencial Hidrogeniônico (pH)

O resultado detectado de 6,23 está dentro dos padrões estipulados pela Resolução CONAMA 430/2011 que estabelece valores entre 6,0 e 9,0 quando se trata de água doce, pois elevações fora do comum no pH podem ampliar o efeito de substâncias químicas, tais como metais pesados considerados tóxicos para organismos que necessitam no meio aquoso para viver, este aumento do pH também afeta diretamente o metabolismo de inúmeras espécies.

#### 4.8.1.6 Sólidos dissolvidos totais

Um volume bem concentrado destes sólidos e de turbidez podem causar danos aos à vida aquática, reduzindo a fotossíntese da vegetação submersa e das algas suspendendo a reprodução de peixes. Além disto, os sólidos podem se acumular no leito dos rios, acabando com organismos responsáveis pelo alimento ou também danificar o ciclo de desova dos peixes.

Este material também causa a retenção de resíduos orgânicos e bactérias, estimulando a decomposição anaeróbia, gerando altos teores de sais minerais, principalmente o cloreto e sulfato. No resultado dos sólidos totais obtidos na lagoa do aterro, foram encontrados apenas 18,3 mg/L, um nível bem abaixo do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 430/2011 que é de 500 mg/L não gerando preocupação com relação ao sulfato e cloreto que são associados à corrosão em sistemas de distribuição.

#### 4.8.2 Parâmetros Físicos

##### 4.8.2.1 Temperatura

No momento da análise a temperatura local foi de 26° C. A Resolução do CONAMA não impõe um valor máximo permitido, porém, a temperatura é uma das condições importantes que favorecem a proliferação de micro-organismos, pois suas variações aumentam as taxas de reações biológicas e químicas, podendo também reduzir a dissolução dos gases, gerando mau cheiro.

##### 4.8.2.2 Turbidez

O acréscimo do nível de turbidez resulta numa quantidade elevada de produtos químicos sejam utilizados nas estações de tratamento de águas, acarretando em maiores custos para este tratamento. Além de que, o alto nível de turbidez que é causada por partículas sólidas em suspensão, como argila e matéria orgânica, formando coloides e interferindo na propagação da luz pela água também atinge a preservação das espécies aquáticas.

A amostra coletada na lagoa do aterro cujo o valor chega a 6,32 NTU é de número satisfatório comparada ao limite de turbidez de 100 NTU apontado pela Resolução CONAMA 430/2011.

### 4.8.3 Parâmetros Biológicos

#### 4.8.3.1 Coliformes termotolerantes

Para esta avaliação a cada 100 mL de amostra a Resolução CONAMA 430/2011 estabelece que se tenha níveis abaixo de 1000 NMP como indicador de contaminação fecal. Nas amostras contidas no aterro de Palmas-TO os resultados apontaram média de 1553,1 NMP para cada 100 mL, ou seja, bem acima do permitido.

A existência destas bactérias coliformes termotolerantes indica claramente que há uma contaminação fecal originada de fezes humanas e/ou animais de sangue quente, especialmente nos despejos de dejetos domésticos produzidos. O grande volume desses coliformes auxilia na proliferação de doenças cuja a sua veiculação seja hídrica tais como febre tifoide, cólera, disenteria.

## 5 CONCLUSÃO

Foram retratados os aspectos básicos que devem ser trabalhados em um aterro sanitário que são a ordenação do monitoramento operacional, geotécnico e ambiental. Certamente, todo este monitoramento sofrerá variação em função do seu porte e tipo de aterro sanitário, o que resulta numa avaliação caso a caso.

Neste presente trabalho também foram ressaltadas algumas posturas relacionadas ao programa de monitoramento que vem sendo aplicado no aterro sanitário de Palmas Tocantins, desde 2001, sendo verificado constantemente por seus colaboradores. E através da realização destes estudos bem como visitas realizadas ao local, destacou-se a importância de um aterro sanitário em pleno funcionamento respeitado as normas impostas por órgãos ambientais para a saúde populacional da região e o meio ambiente onde o mesmo está inserido. Além disso, as visitas foram essenciais para demonstrar e ilustrar como o empreendimento funciona para atender o município de Palmas-TO, comprovando como é realizado cada etapa da disposição final dos resíduos sólidos que são recolhidos diariamente.

Quanto à análise dos parâmetros físicos, químicos e biológicos da lagoa presente na jusante do aterro sanitário de Palmas-TO, foram observados que os valores alcançados a partir de coletas de amostragem tiveram todos um resultado satisfatório dentro do limite estabelecido pela CONAMA 430/2011, com exceção do parâmetro Coliformes termotolerantes que chegou à mais de 50% do valor máximo permitido, revelando a indicação de poluição fecal, ou seja, proveniente de fezes de animais e/ou humanos, sobretudo, no despejo doméstico gerado.

## 6 REFERÊNCIAS

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. **Panorama da qualidade das águas no Brasil**. Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos. Brasília, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8419 – **Apresentação de Projetos de Aterros Sanitários de Resíduos Sólidos Urbanos**. Rio de Janeiro 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10004. **Classificação de resíduos sólidos**, Rio de Janeiro 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10005– **Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólido**. Rio de Janeiro 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13896 – **Aterros de Resíduos não Perigosos – Critérios para Projeto, Implantação e Operação – Procedimento**. Rio de Janeiro, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15849 – **Resíduos sólidos urbanos: aterros sanitários de pequeno porte – diretrizes para localização, projeto, implantação, operação e encerramento**. Rio de Janeiro 2010.

BIDONE, F. R. A.; LLI, J. P. ;COTRIM, S. L. S. **Tratamento de Lixiviado de Aterro Sanitário Através de Filtros Percoladores**. In: DÉCIMO NONO CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 9., 1997, Foz de Iguaçu. Paraná: Foz do Iguaçu, 1997.

CASTILHOS JÚNIOR, A. B.; LANGE, L. C.; GOMES, L. P.; PESSIN, N. **Resíduos sólidos urbanos: Aterro sustentável para municípios de pequeno porte**. Rio de Janeiro: ABES/RiMa, 294 p., 2003.

CEPOLLINA, M.; KAIMOTO, L. S. A.; MOTIDOME, M. J. ; LEITE, E. F. 2004. **Monitoramento em Aterros Sanitários durante a Operação: Desempenho Mecânico e Ambiental**. RESID'2004 – Seminário sobre Resíduos Sólidos. Anais... ABGE : São Paulo, SP, 2004.

COMPANHIA ESTADUAL DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Aterro em valas**. São Paulo: CETESB. 1997. (Apostilas Ambientais).

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 430. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357**. Brasília: CONAMA, 2011.

CONSONI, J.A.; SILVA, C. I.; FILHO, G. A. **Manual de gerenciamento integrado**: 2000.

CUNHA, V.; CAIXETA FILHO, J. V. Gerenciamento da Coleta de Resíduos Sólidos Urbanos: Estruturação e Aplicação de Modelo Não-Linear de Programação por Metas. **Gestão & Produção**, vol. 9 (2). 2002.

EID, H.T, STARK, T.D., EVANS, W.D., SHERRY, P.E. **Municipal solid waste slope failure. II Stability Analyses. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering.** 2000, vol. 126 (5), pp.408 – 419.

FELLENBERG, G. **Introdução aos problemas de poluição ambiental.** São Paulo: EDUSP, 1980.

FERREIRA, J. A. **Resíduos Sólidos nas Comunidades,** CREA-RJ, Rio de Janeiro, 11p, 1999.

FONSECA, E. **Iniciação ao Estudo dos Resíduos Sólidos e da Limpeza Urbana,** João Pessoa, PB, 130 p, 1999.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. **Orientações técnicas para a operação de aterros sanitários.** Belo Horizonte: FEAM, 2005. 32 p.

GARBOSSA, L. H., Pospissil. **Gestão de Resíduos: sólidos, líquidos e atmosféricos/** Luís Hamilton Pospissil Garbossa. Centro Universitário Leonardo da Vinci – Indaial: Grupo UNIASSELVI, 2010, 148 p.

GUEDES, V. P. (2007). **Estudo do Fluxo de Gases Através do Solo de Cobertura de Aterro de Resíduos Sólidos Urbanos.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Programa de Engenharia Civil. Rio de Janeiro, 2007.

IPT. Lixo Municipal: **Manual de Gerenciamento Integrado.** Instituto de Pesquisa Tecnológica do Estado de São Paulo S.A. Compromisso Empresarial para Reciclagem - CEMPRE, Publicação IPT 2622, 2 ed., 370p, São Paulo, 2000.

JORGE, F. N. **Monitoramento em aterros sanitários nas fases de encerramento e de recuperação: desempenhos mecânico e ambiental.** RESID'2004 – Seminário sobre Resíduos Sólidos. Anais... ABGE : São Paulo, SP, 2004.

LAUREANO, A.T. **Estudos geofísicos no aterro sanitário de Cuiabá, MT.** Cuiabá, 2007, 149p.

LEMES, M. R. T. **Revisão dos efeitos da vegetação em taludes** (Dissertação). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

LIMA, J. D. **Gestão de Resíduos Sólidos.** João Pessoa: ABES, 2001. 267p,

LIMA, L. M. Q. **Lixo: Tratamento e Biorremediação.** 3. ed. São Paulo: Hemus, 1995. 265p.

LEMA, J. M., MENDEZ, R., BLAZQUEZ, R. (1988). **Characteristic of landfill leachates and alternatives for their treatment: a review.** *Water, Air and Soil Pollution*, 40 (3-4). P.223-250.

MONTEIRO, J. H. P. **Manual Gerenciamento Integrado dos Resíduos Sólidos,** SEDU-Secretaria Especial do Desenvolvimento Urbano da Presidência da República, 2001.

NAHAS, C. M. **Aterros sanitários - Técnicas construtivas e Métodos operacionais.** Seminário sobre resíduos sólidos- RESID 2004. Anais.ABGE. São Paulo, 2004.

OLIVEIRA, D.A F. (2002) **Estabilidade de Taludes de Maciços de Resíduos Sólidos Urbanos.** Dissertação de Mestrado. GDM-095A/02, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental. Universidade de Brasília, Brasília, DF, 155p.

PEREIRA, A. R. **Como selecionar plantas para áreas degradadas e Controle de erosão.** Minas Gerais, 2006.

PEREIRA, A. S. **Gestão de resíduos sólidos urbanos em Nossa Senhora da Glória: desafios à sustentabilidade socioambiental /** Alessandra Santana Pereira; orientador José Daltro Filho. – São Cristóvão, 2016. 191 f. Dissertação (mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal de Sergipe, 2016.

PHILIPPI JR, Arlindo. et al. **Saneamento, saúde e ambiente.** Barueri, São Paulo: Manole, 2005.

REBOUÇAS, A. da C. (Org.). Águas doces no mundo e no Brasil. In: REBOUÇAS, A. da C. et al. **Águas doces no mundo e no Brasil.** 2 ed. São Paulo: Escritus, 2002.

RIBEIRO, A. L. **Sistemas, indicadores e desenvolvimento sustentável.** 2000.

ROCCA, A. C. et al. **Resíduos sólidos industriais.** São Paulo: Cetesb, 1993.

SIMÕES, G.F., Catapreta, C.A.A., Galvão, T.C.B., Batista, H.P. **Monitoramento geotécnico de aterros sanitários** – A experiência da Central de Tratamento de Resíduos Sólidos da BR 040 em Belo Horizonte – MG. In: 5º REGEO'2003. Porta Alegre, 2003.

SUBIC, M. **Bioengineering of steep slopes.** In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON THE INTERACTION OF VEGETATION WITH NATURAL AND FORMED SLOPES, 1994, Oxford. Proceedings... London: Thomas Telford, 1995.

TEIXEIRA, E. N. **Resíduos sólidos: minimização e reaproveitamento energético.** In: Seminário Nacional sobre reuso/reciclagem de resíduos sólidos industriais. Anais. São Paulo: SEMA, 2000.

TOCCHETTO, M. R. L. **Gerenciamento de resíduos sólidos industriais.** Departamento de Química - Universidade Federal de Santa Maria, Curso de Química Industrial. 2005.

TORRES, P., BARBA, L.E., RIASCOS, J., VIDAL, J.C. **Tratabilidade biológica de chorume produzido em aterro não controlado.** Eng. Sanit. e Amb., v.2, 1997.

UNITED STATES ENVIRONMENT PROTECTION AGENCY (USEPA). **Air Emissions from Municipal Solid Waste Landfills – Background Information for Proposed Standards and Guidelines.** Emission Standards Division. 1991.

VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. Vol. 1, 3 ed. Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – DESA: Editora UFMG, Belo Horizonte, 2005.

ZANTA, V. M.; MARINHO, M. J. M. R.; LANGE, L. C.; PESSIN, N. **Resíduos sólidos urbanos: aterro sustentável para municípios de pequeno porte**. In: CASTILHOS JUNIOR, A.B. (Coord.). Rio de Janeiro: ABES, 2003.

ZANTA, V. M.; MARINHO, M. J. M. R.; LANGE, L. C.; PESSIN, N. **Gerenciamento de resíduos sólidos urbanos com ênfase na proteção de corpo d'água: prevenção, geração e tratamento de lixiviados de aterros sanitários**. In: CASTILHOS JUNIOR, A.B. (Coord.). Rio de Janeiro: ABES, 2006.