

UNIVERSIDADE DO SAGRADO CORAÇÃO

PEDRO GUSTAVO DE SOUZA RODRIGUES

**Estudo sobre a metodologia operacional em um
aterro sanitário e suas tecnologias de proteção
ambiental**

BAURU
2014

PEDRO GUSTAVO DE SOUZA RODRIGUES

**Estudo sobre a metodologia operacional em um
aterro sanitário e suas tecnologias de proteção
ambiental**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Centro de Ciências
Exatas e Sociais como parte dos
requisitos para obtenção do título de
bacharel em Química sob orientação do
Prof. Dr. Marcelo Telascrêa.

BAURU
2014

Rodrigues, Pedro Gustavo de Souza.

R6962e

Estudo sobre a metodologia operacional em um aterro sanitário e suas tecnologias de proteção ambiental / Pedro Gustavo de Souza Rodrigues -- 2014.

67f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Telascrêa.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química) – Universidade do Sagrado Coração – Bauru – SP.

1. Aterro sanitário. 2. Resíduos sólidos.
3. Impermeabilização do solo. I. Telascrêa, Marcelo. II. Título.

PEDRO GUSTAVO DE SOUZA RODRIGUES

Estudo sobre a metodologia operacional em um aterro sanitário e suas tecnologias de proteção ambiental

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro de Ciências Exatas e Sociais Aplicadas da Universidade do Sagrado Coração como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Química sob a orientação do Prof. Dr. Marcelo Telascrêa.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Marcelo Telascrêa
Universidade do Sagrado Coração

Profa. Me. Bárbara de Oliveira Tessarolli
Universidade do Sagrado Coração

Profa. Dra. Ana Paula Cerino Coutinho
Universidade do Sagrado Coração

Bauru, 25 de Junho de 2014.

AGRADECIMENTOS

À Deus que permitiu que tudo isso acontecesse, ao longo de minha vida, e não somente nestes anos como universitário, mas que em todos os momentos é o maior mestre que alguém pode conhecer.

A Universidade pela oportunidade de fazer o curso.

Agradeço a todos os professores por me proporcionarem o conhecimento não apenas racional, mas a manifestação do caráter e afetividade da educação no processo de formação profissional, por tanto que se dedicaram a mim, não somente por terem me ensinado, mas por terem me feito aprender. A palavra mestre, nunca fará justiça aos professores dedicados aos quais sem nominar terão os meus eternos agradecimentos.

Ao meu orientador e professor o Prof. Dr. Marcelo Telascrêa pela oportunidade e apoio na elaboração deste trabalho. A coordenadora e professora do curso de bacharel em química pelo apoio ao desenvolvimento deste trabalho à Prof^a.Ma. Bárbara de Oliveira Tessarolli.

A todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.

Meus agradecimentos aos amigos, companheiros de trabalhos e irmãos na amizade, dos quais não citarei nomes para não cometer a injustiça de esquecer alguém, os quais fizeram parte da minha formação e que vão continuar presentes em minha vida com certeza.

E por último às pessoas mais importantes sem as quais nada disso teria se tornado realidade, agradeço a minha família pelo amor, incentivo e apoio incondicional. Agradeço a minha mãe Eser, heroína que me deu apoio e incentivo nas horas difíceis, de desânimo e cansaço, ao meu pai que apesar de todas as dificuldades que passou me fortaleceu e que para mim foi muito importante, à minha irmã Evelyn por ter me dado dicas sobre como realizar este trabalho, e mais uma vez a Deus por ter colocado em minha vida um “irmãozinho” e a este irmão chamado Marcelo eu também agradeço, pois mesmo sem ele saber me proporcionou vários momentos de alegria.

“Nunca ande pelo caminho traçado, pois
ele conduz somente até onde os outros já
foram”
(ALEXANDER GRAHAM BELL, 1847-
1922)

RESUMO

Com o avanço da economia brasileira é notável o aumento na geração de resíduos oriundos das várias atividades humanas, e com isso surge um grande desafio, o de realizar corretamente o descarte dos mesmos, a disposição ambientalmente correta de resíduos sólidos urbanos é um problema que atinge as três esferas (Federal, Estadual e Municipal) do governo. Hoje em dia, a maior parte do descarte de resíduos é realizada em “lixões” a céu aberto que acabam por atrair vetores de doenças, catadores de recicláveis entre outros. Uma solução prática, econômica e correta é o aterro sanitário, que segue normas ambientais de órgãos competentes por sua fiscalização. Este trabalho tem por objetivo demonstrar a diferença entre Aterro Sanitário Adequado e lixão, destacando a impermeabilização do solo realizada por aterros sanitários. Para isso foram realizadas pesquisas em internet, livros e *in loco*. Concluiu-se que o sistema de gerenciamento de resíduos sólidos – Aterro Sanitário se mostrou eficiente em relação a precauções ambientais, mostrando assim, a importância de um sistema de impermeabilização de base para Aterros corretamente aplicado e executado protegendo o solo e águas subterrâneas e superficiais. Este estudo foi motivado devido à importância do assunto para a sociedade e a conscientização que todos devem ter sobre as causas de não se ter um aterro sanitário e os benefícios que ele traz para a cidade, meio ambiente e para o homem.

Palavras chave: Aterro sanitário. Resíduos sólidos. Impermeabilização do solo.

ABSTRACT

With the advance of the Brazilian economy it's notable the rise in generation of wastes from many human activities and with that comes a big challenge, to properly carry out the disposal thereof, the environmentally friendly disposal of urban solid wastes it's a problem that reaches three spheres (Federal, State and Municipal) of the government. Nowadays most part of wastes disposal is carried out in "dumps" to open skies that attract diseases vectors, pickers of recyclable among others. A correct, economic and practical solution is the sanitary landfill which follows environmental standards of competent departments by its fiscalization. This work has the objective to demonstrate the difference between a sanitary landfill and a dump. For this was realized research on internet, books and in loco. We conclude that the management system of solid wastes - Sanitary landfills show an efficient relation with environmental precautions, thus showing, the importance of a base impermeabilization system for landfills properly implemented and enforced protecting the soil and the superficial and underground waters. This study was motivated due the importance of the issue for society and to awareness that everyone should have on the causes of not having a sanitary landfill and the benefits it brings to the city, the environment and to the humans.

Keywords: Sanitary Landfill. Solid Waste. Soil Impermeabilization.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Geração de Resíduos Industriais no Brasil.....	19
Figura 2 - Índice de enquadramento dos Aterros Sanitários de acordo com a CETESB.....	20
Figura 3 - Balança rodoviária instalada na entrada do Aterro para pesagem de caminhões.	28
Figura 4 - Caminhão sendo pesado para efetuar a disposição final de resíduos.	28
Figura 5 - Portaria (entrada e saída de caminhões).....	29
Figura 6 - Laboratório para análises físico-químicas de resíduos industriais.	30
Figura 7 - Caminhão com resíduo industrial passando por análise no laboratório. ...	30
Figura 8 - Caminhão com resíduo industrial passando por análise no laboratório. ...	31
Figura 9 - Esquema geral de funcionamento do Aterro Sanitário CGR-Piratinga...	33
Figura 10 - O resíduo é descarregado no pé do talude anterior, sempre no ponto de menor cota (mais baixo) seguindo no sentido ascendente do terreno.....	35
Figura 11 - Resíduo sendo espalhado e compactado em direção ao talude da disposição anterior, esse processo se dá sempre que se atingir cerca de 20 a 30 cm de resíduos.....	35
Figura 12 - Continuação da compactação para a formação da rampa com inclinação de 1V:3H aproximadamente.	35
Figura 13 - Cobertura dos resíduos com camada de solo. Pode ser no fim de uma célula, ou cobertura diária por encerramento de recebimento de lixo ou de expediente.	36
Figura 14 - Disposição final de Resíduos Sólidos Urbanos no Aterro Sanitário.....	36
Figura 15 - Compactação dos resíduos dispostos no Aterro Sanitário.	37
Figura 16 - Esquema de preparação do solo para recebimento dos resíduos.	39
Figura 17 - Instalação da Geomembrana GCL (Geocomposto - à direita) e instalação da Geomembrana de PEAD (Polietileno de Alta Densidade – à esquerda) sobre o solo regularizado e compactado.....	40
Figura 18 - Rolo de Manta PEAD (Polietileno de Alta Densidade).	44
Figura 19 - Manta de PEAD sobre o solo.	44
Figura 20 - Manta impermeabilizante fixada no talude lateral do Aterro Sanitário.....	45
Figura 21 - Aplicação da proteção mecânica para a Manta de PEAD.	45

Figura 22 - Camada de terra compactada aplicada sobre a Manta de PEAD para execução da proteção mecânica.....	46
Figura 23 - Dados referentes à manta GCL-A utilizada no Aterro Sanitário.	48
Figura 24 - Sistema de Drenagem de Líquidos Percolados e Gases sobre impermeabilização de fundo.	52
Figura 25 - Tubos de PEAD perfurados utilizados no sistema de drenagem horizontal e vertical de efluentes de Líquidos Percolados e Gases.	52
Figura 26 - Execução do dreno tipo “Colchão Drenante” sobre a base impermeabilizada.	53
Figura 27 - Tanques de armazenamento de líquidos percolados (Chorume).	54
Figura 28 - Vazão de chorume no tanque de armazenamento.	55
Figura 29 - Canaletas de proteção de bermas e taludes.	55
Figura 30 - Dispositivo de descida de águas pluviais.....	56
Figura 31 - Estrutura de Gabião localizada no final do dispositivo de descida.	56
Figura 32 - Cobertura diária dos resíduos.	57
Figura 33 - Cobertura diária dos resíduos.	58
Figura 34 - Poço de monitoramento de Águas Subterrâneas.	59
Figura 35 - Monitoramento geotécnico executado pela equipe de topografia no Aterro Sanitário CGR Piratininga.	60
Figura 36 - Cotidiano em um lixão.....	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dados referente à manta GCL-A utilizada no Aterro Sanitário.	40
Tabela 2 - Dados referentes à manta GCL-B utilizada no Aterro Sanitário.	41
Tabela 3 - Dados referentes à manta PEAD utilizada no Aterro Sanitário.....	43
Tabela 4 - Dados referentes à manta PEAD-C utilizada no Aterro Sanitário.	46
Tabela 5 - Composição média do percolado de aterro sanitário no Brasil.....	50

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	ASPECTOS GERAIS	11
1.2	ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS PARA DISPOSIÇÃO/ TRATAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS	12
1.3	ATERRO SANITÁRIO	13
1.4	DESCRIÇÃO SUMÁRIA DOS COMPONENTES PRESENTES EM UM ATERRO SANITÁRIO	14
1.4.1	Unidade de disposição final de resíduos sólidos – aterro sanitário	14
1.4.2	Sistema de impermeabilização de base	14
1.4.3	Sistema de drenagem de efluentes líquidos percolados	15
1.4.4	Tratamento de líquidos percolados	15
1.4.5	Sistema de drenagem de gases	15
1.4.6	Sistema de drenagem de águas pluviais	16
1.4.7	Caracterização dos resíduos sólidos	16
1.5	RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS – RSU	17
1.5.1	Geração e coleta de RSU e coleta de resíduos de construção e demolição... ..	17
1.5.2	Coleta seletiva	18
1.5.3	Destinação final de resíduos sólidos urbanos – RSU	18
1.5.4	Dispêndios municipais com resíduos sólidos urbanos	18
1.5.5	Concessão de serviços relacionados à gestão de resíduos sólidos urbanos (RSU)	18
1.6	RESÍDUOS SÓLIDOS INDUSTRIAIS – RSI	19
1.6.1	Inventários estaduais e visão da geração brasileira de resíduos sólidos industriais	19
1.6.2	Situação dos resíduos sólidos no estado de São Paulo	20
2.1	OBJETIVO GERAL	22
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	22
3	METODOLOGIA	23
4	DESENVOLVIMENTO	24
4.1	ESTUDO DE CASO	24
4.1.1	Aterro sanitário – Centro de Gerenciamento de Resíduos Piratininga (CGR Piratininga)	24
4.1.2	Localização do empreendimento	24
4.1.3	Hidrografia	24
4.1.4	Justificativa do empreendimento	24
4.1.5	Unidades do centro de gerenciamento de resíduos – CGR-Piratininga	26
4.1.5.1	Sistema de disposição final de resíduos sólidos	26
4.1.5.2	Resíduos sólidos a serem admitidos no aterro sanitário	27
4.1.5.3	Controle de admissão dos resíduos sólidos no aterro	27
4.1.5.4	Concepção geométrica e espacial do aterro sanitário	32
4.1.5.5	Metodologia operacional do aterro sanitário	33

4.1.5.6	Sistema de proteção ambiental do aterro sanitário	38
4.1.5.7	Sistema de impermeabilização de base	39
4.1.5.8	Sistema de drenagem de efluentes líquidos percolados.....	50
4.1.5.10	Canaletas de proteção de bermas e taludes	55
4.1.5.11	Dispositivo de descida	56
4.1.5.12	Sistema de cobertura diária dos resíduos – operacional e definitiva.....	57
4.1.5.13	Sistema de monitoramento da qualidade das águas subterrâneas	58
4.1.5.14	Sistema de monitoramento geotécnico	59
5	LIXAO	61
6	CONCLUSÃO	62
	REFERÊNCIAS.....	64

1 INTRODUÇÃO

1.1 ASPECTOS GERAIS

De acordo com Silva (2011), dentre os serviços necessários para se alcançar um alto padrão em saneamento básico, que fornece saúde e bem estar à população, está a limpeza pública, especificando nesse caso, a coleta e disposição final de resíduos sólidos.

Com o alto nível do crescimento populacional sem devido planejamento, é praticamente inevitável a geração de resíduos, quer para suprir o comércio e economia ou simplesmente às necessidades vitais da população. O descarte incorreto de resíduos sólidos ainda é um problema no cenário brasileiro, e em várias cidades é possível observar a disposição dos mesmos em terrenos a céu aberto (os chamados “lixões”), que não contam com nenhum tipo de recurso para proteção ambiental, ocasionando assim a contaminação do solo, de recursos hídricos, atração de catadores e demais pessoas carentes, vetores de doenças e animais, além do mau cheiro e um visual perturbador do ambiente. (SILVA, 2011, grifo nosso).

O descarte desse tipo de resíduo em “lixões” ou aterros controlados de prefeituras municipais não é mais permitido pela Lei Federal nº 12.305/10 que instituiu A Política Nacional de Resíduos Sólidos. (BRASIL, 2010).

Devido aos avanços sociais, econômicos e tecnológicos que o mundo sofre no decorrer do tempo, as organizações se vêem obrigadas a buscar novas ferramentas e estratégias para auxiliar no constante aperfeiçoamento de seus processos, visando com isso uma diminuição na geração de resíduos e sua destinação final ambientalmente correta. (BRITO, 2013).

Para tentar solucionar a problemática do descarte correto de resíduos no cenário brasileiro, pode-se citar aterros sanitários como a melhor opção para tal finalidade, pois contam com todo um estudo de engenharia envolvido em seu desenvolvimento teórico, implantação e funcionamento. Os aterros são ambientalmente corretos e podem receber todos os tipos de resíduos (industriais, comerciais, construção civil, atividades de saúde desde que prévia e corretamente esterilizados e lixos urbanos), pois seguem normas rígidas de órgãos ambientais fiscalizadores em relação ao correto descarte e disposição final dos resíduos recebidos, incluindo sua sistemática de operação da qual o difere de “lixões” e

aterros controlados, voltada para a preocupação com o meio ambiente, onde este tipo de empreendimento trabalha com impermeabilização do solo, canalização e destinação correta de líquidos percolados e gases provenientes da decomposição dos resíduos, além de ser uma técnica simples e econômica. (ADISAN ENGENHARIA E PROJETOS, 2009).

Sendo assim, a pesquisa tomou como base o processo de operação de funcionamento de uma empresa que implantou um centro de Gerenciamento de Resíduos Sólidos Classe II – Aterro Sanitário, no município de Piratininga/ SP, destacando sua metodologia para impermeabilização do solo. O empreendimento atende a macro região de Bauru/SP, pois esta não dispunha de nenhum espaço para destinação correta de resíduos sólidos.

A impermeabilização do solo para um aterro sanitário é de suma importância, pois ocorre a geração de resíduos conhecidos nas seguintes formas: chorume, lixiviado ou líquido percolado (este contém uma gama de contaminantes) (COUTO;BRAGA; LANGE, 2013). Metais pesados, tais como arsênio, níquel, cobre, zinco, cádmio, chumbo, mercúrio e cromo, inviabilizam os recursos hídricos para uso doméstico e ou comercial se contaminado. (CAVALLET; CARVALHO; FORTES NETO, 2013). Outro elemento bastante abundante no líquido percolado é o nitrogênio, e este deve ser controlado, pois em grandes concentrações pode causar transtornos como a mortandade da vida aquática onde o líquido percolado for descartado. (ZILZ; SILVA; PINHEIRO, 2014).

1.2 ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS PARA DISPOSIÇÃO/ TRATAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Para que se tenha eficiência na tecnologia adotada, deve-se ressaltar que esta deve ser integrada a um sistema de gestão e gerenciamento de resíduos sólidos. Proteção ao meio ambiente, segurança das pessoas, saúde, sistema operacional, administrativo, implantação, impactos ambientais entre outros itens devem ser levados em consideração para se montar uma boa política de funcionamento do sistema de gestão adotado (ADISAN ENGENHARIA E PROJETOS, 2009).

As tecnologias disponíveis na atualidade para a gestão de resíduos sólidos são: reciclagem, compostagem e incineração, porém todas essas tecnologias devem

trabalhar juntamente com um sistema de disposição final de resíduos sólidos, que nesse caso é o aterro sanitário. Esse último pode ser adotado como método de tratamento disposição final de resíduos sem que as tecnologias anteriores sejam adotadas.

1.3 ATERRO SANITÁRIO

De acordo com Adisan Engenharia e Projetos (2009) aterro sanitário é uma tecnologia para o tratamento e disposição final de resíduos sólidos. Esse sistema pode ser definido como uma obra que utiliza tecnologias e ferramentas de engenharia para que ocorra a maior disposição de resíduos sólidos em um menor espaço possível de terreno, causando o menor impacto possível sobre os recursos naturais e a saúde pública.

O aterro sanitário difere-se de um “lixão” a céu aberto devido ao cuidado com o meio ambiente e as técnicas dos variados ramos da engenharia envolvidas em seu projeto de concepção, instalação e a operação.

Nos lixões ocorre um procedimento operacional totalmente contrário ao aterro sanitário. Os resíduos são depositados no solo sem nenhum critério ou cuidados ambientais. O sistema de disposição de resíduos denominado de lixão não dispõe de sistemas de drenagem de gases e líquidos percolados, comumente chamados de “chorume” e também não contam com a cobertura diária dos resíduos ali depositados. Isso faz com ocorra a liberação de gases odoríferos na atmosfera e a contaminação de águas subterrâneas e superficiais pelo chorume. Outro agravante são os catadores de recicláveis que circulam por meio ao lixo sem nenhuma proteção para a saúde em busca de materiais recicláveis e muitas vezes ajudam a poluir mais o ambiente queimando pneus, fios, cabos entre outros resíduos. A falta de matéria orgânica também é um problema, pois devido a isso, o número de insetos e pequenos animais vetores de doença são muito grandes.

O aterro sanitário conta com técnicas específicas de proteção ambiental, e desde que bem projetado e operado ele controla esses impactos ambientais descritos nos sistemas de “lixão”, destacam-se os seguintes sistemas de proteção ambiental de um aterro sanitário: sistema de impermeabilização de base e laterais; sistema de drenagem de líquidos percolados; sistema de drenagem de gases;

sistema de drenagem de águas pluviais, sistema de armazenamento / tratamento de líquidos percolados, a compactação dos resíduos e sua cobertura diária com solo.

As características e aspectos da região como condições topográficas, geologia, hidrogeologia, geomorfologia, uso e ocupação do solo, entre outros que sofrerão direta ou indiretamente intervenção influenciam diretamente nas tecnologias a serem adotadas para a proteção ambiental do empreendimento, no caso, Aterro Sanitário (ADISAN ENGENHARIA E PROJETOS, 2009).

Países desenvolvidos estão adotando essa técnica de codisposição de resíduos urbanos e industriais.

Devido aos vários fatos citados justifica-se o Aterro Sanitário ser adotado como tecnologia de disposição final de resíduos sólidos.

1.4 DESCRIÇÃO SUMÁRIA DOS COMPONENTES PRESENTES EM UM ATERRO SANITÁRIO

1.4.1 Unidade de disposição final de resíduos sólidos – aterro sanitário

Segundo Adisan Engenharia e Projetos (2009) aterro sanitário é uma tecnologia de disposição de resíduos sólidos, o qual deve possuir uma instalação e operação a fim de proteger os recursos naturais evitando a degradação do solo, água e ar. Fazem parte obrigatoriamente do aterro os seguintes itens de proteção ambiental: sistema de impermeabilização de base e laterais, sistema de drenagem de efluentes líquidos percolados; sistema de drenagem de gases; sistema de drenagem de águas pluviais; sistema de armazenamento / tratamento de líquidos percolados e a compactação dos resíduos e sua cobertura diária com solo.

1.4.2 Sistema de impermeabilização de base

O solo recebe um preparo para que seja realizada a aplicação de uma geomembrana de Polietileno de Alta Densidade (PEAD) impermeabilizante.

É retirada uma camada de solo efetuando-se sua limpeza superficial, posteriormente é aterrado e compactado por máquinas denominadas de Rolos Compactadores, feito isso a, geomembrana é aplicada sobre o solo (ADISAN ENGENHARIA E PROJETOS, 2009).

Visando a sua proteção mecânica, uma camada de solo é depositada sobre a manta impermeabilizante e compactada. A proteção serve de embasamento para as etapas seguintes as quais são: sistemas de drenagens para efluentes de líquidos percolados e gases, tratamento de líquidos percolados e sistema de drenagem de águas pluviais.

1.4.3 Sistema de drenagem de efluentes líquidos percolados

Na base do aterro sanitário de acordo com Adisan Engenharia e Projetos (2009) sobre o sistema de impermeabilização (geomembrana) é instalado um sistema de drenagem para a coleta de líquidos percolados gerados a partir da massa de resíduos sólidos. Este mecanismo acompanha a evolução do aterro, ou seja, nas bases das camadas consecutivas do alteamento.

Frontalmente a base do aterro é responsável pela maior parte da drenagem dos líquidos percolados, pelos processos de gravidade e capilaridade, devido a isso, é instalado um dreno do tipo “colchão drenante”, que serve para interceptar todos os possíveis líquidos gerados na massa de resíduos sólidos.

Com isso, esse sistema garante a captação de todos os líquidos percolados sem permitir sua escoação para outras áreas, esse líquido segue para um tanque reservatório.

1.4.4 Tratamento de líquidos percolados

O líquido percolado pode ser tratado dentro do próprio aterro sanitário ou encaminhado a estações de tratamentos de efluentes externas ao empreendimento.

1.4.5 Sistema de drenagem de gases

A parte orgânica presente no maciço de resíduos é responsável por gerar Biogás quando decomposta. Para garantir que não se tenha problemas em relação à estabilidade geotécnica do aterro e a volatilização de gases odoríficos, é instalado sobre o sistema de impermeabilização e em conjunto com o sistema de drenagem de líquidos percolados, o sistema de drenagem de gás, usando-se o próprio sistema de drenagem de líquidos percolados para se fazer a parte horizontal do sistema,

porém em espaçamentos determinados são concebidos drenos na posição vertical, cada dreno é prolongado a medida que as camadas do aterro vão aumentando (sofrendo alteamento).

1.4.6 Sistema de drenagem de águas pluviais

São sistemas com o objetivo de captar e redirecionar para as drenagens naturais as águas de origens pluviais. Costuma-se usar elementos como canaletas, e gabiões para tal finalidade, este último elemento serve para “filtrar” a água contendo possíveis impurezas como areia, plásticos entre outros (ADISAN ENGENHARIA E PROJETOS, 2009).

1.4.7 Caracterização dos resíduos sólidos

Os resíduos sólidos têm como referência para a sua caracterização a norma NBR 10004/04 “Resíduos Sólidos – Classificação” da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) - que estabelece:

A classificação de resíduos sólidos envolve a identificação do processo ou atividade que lhes deu origem, de seus constituintes e características, e a comparação destes constituintes com listagens de resíduos e substâncias cujo impacto à saúde e ao meio ambiente é conhecido. (ABNT, 2004).

Os resíduos denominados de sobras ou rejeitos oriundos de atividade industrial, doméstica, comercial, agrícola, de serviços de limpeza e varrição (ato de varrer propriamente dito) que se apresentam no estado sólido ou semi-sólido são definidos como Resíduo Sólido.

Incluem-se na definição anterior lodos e determinados líquidos advindos de sistemas de tratamentos de efluentes líquidos, ou gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, que os tornam poluentes ou com características inviáveis de serem descartados na rede pública de esgoto ou em corpos de água, exigindo assim, uma adequada disposição final utilizando da melhor tecnologia disponível.

Os resíduos de acordo com a norma NBR 10004/04 são divididos em duas categorias: Classe I (perigosos) e Classe II (não-perigosos), esta última subdivide-se em: Classe II A (inertes) e Classe II B (não-inertes) (ABNT, 2004).

Classificam-se como resíduos Classe I aqueles que em função de suas propriedades físicas, química ou biológicas (infecto-contagiosas) apresentarem periculosidade ou trazerem riscos à saúde pública ou ao meio ambiente. Reatividade, toxicidade, inflamabilidade, corrosividade e patogenicidade são os aspectos principais que caracterizam a periculosidade dos resíduos. Estão incluídos nos resíduos de Classe I os rejeitos obtidos nos variados segmentos industriais, como: setor têxtil, petroquímico, químico, farmacêutico, dentre outros, não excluindo os resíduos de grande potencial patogênico vindos dos serviços de saúde pública ou privada. Classificam-se como resíduos Classe II B (não-perigosos e inertes), os que não apresentarem em sua massa, concentrações de compostos e ou substâncias que conferem toxicidade ao meio ambiente. Não poderá apresentar qualquer substância tóxica e concentrações superiores aos padrões de potabilidade da água, exceto aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor em um extrato lixiviado desse tipo de resíduo. Resíduos originados de qualquer ramo da construção civil, seja, construção, reforma ou demolição são comumente discriminados como inertes. Classificam-se como resíduos Classe II A (não-perigosos e não-inertes) os que não se enquadram nas descrições anteriores de Resíduo Classe I e Resíduo Classe II B, de acordo com a norma citada. No contexto de Resíduo Classe II A inclui-se os oriundos dos serviços de limpeza pública (conservação de logradouros, varrição e podas) devido principalmente pela matéria orgânica biodegradável presente nos mesmos (ABNT, 2004).

1.5 RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS – RSU

1.5.1 Geração e coleta de RSU e coleta de resíduos de construção e demolição

No ano 2000, segundo a Política Nacional de Saneamento Básico (PNSB) foram coletados no Brasil, cerca de 175.000 toneladas/dia de resíduos sólidos urbanos, passando esse número em 2007 para 140.911 toneladas/dia. A redução na quantidade coletada não quer dizer que o número de geração de RSU também

tenha diminuído, verificou-se que por volta de 10 milhões de toneladas de RSU não são coletadas tendo um destino inadequado com certeza.

Os Resíduos de Construção e Demolição (RCD) também somam valores bem expressivos a essas toneladas, em decorrência das mudanças que as cidades brasileiras vêm sofrendo com construções e reformas.

1.5.2 Coleta seletiva

No Brasil 65% dos municípios contam com algum tipo de coleta seletiva de resíduos, seja pelo valor “socioeconômico” ou pela preservação ambiental. A coleta é realizada por cooperativas de catadores ou simplesmente por catadores informais.

1.5.3 Destinação final de resíduos sólidos urbanos – RSU

Apenas 39% dos municípios brasileiros contam com um sistema de destino e tratamento adequados aos resíduos sólidos urbanos. Com exceção das regiões norte, nordeste e centro oeste, as demais já possuem na maioria dos municípios aterros controlados, o que indica certa preocupação com o problema e uma facilidade cultural em separá-los (ADISAN ENGENHARIA E PROJETOS, 2009).

1.5.4 Dispêndios municipais com resíduos sólidos urbanos

Segundo Adisan Engenharia e Projetos (2009) o dispêndio médio dos municípios com a coleta porta a porta dos resíduos sólidos urbanos é calculado com base em uma família típica de quatro pessoas e varia entre R\$ 8,36 a R\$ 15,00, o valor do serviço é inferior a qualquer outro serviço público, porém o gerenciamento final dos resíduos possui um custo elevado para as prefeituras que acabam concedendo a empresas privadas esse tipo de serviço.

1.5.5 Concessão de serviços relacionados à gestão de resíduos sólidos urbanos (RSU)

A iniciativa privada vem atuando através de investimentos bilionários (da ordem de R\$ 3 bilhões) na gestão de resíduos sólidos urbanos, predominando

contratos que vão desde a coleta dentro da cidade até a destinação final desses resíduos em aterros sanitários.

Para os municípios, principalmente os pequenos, esse investimento acaba sendo alto demais para o orçamento da prefeitura, sendo assim está se tornando comum a contratação de serviços públicos relacionados aos resíduos sólidos urbanos sob a concessão a iniciativa privada, onde todo o investimento e demais recursos necessários são de responsabilidade do prestador de serviços (ADISAN ENGENHARIA E PROJETOS, 2009).

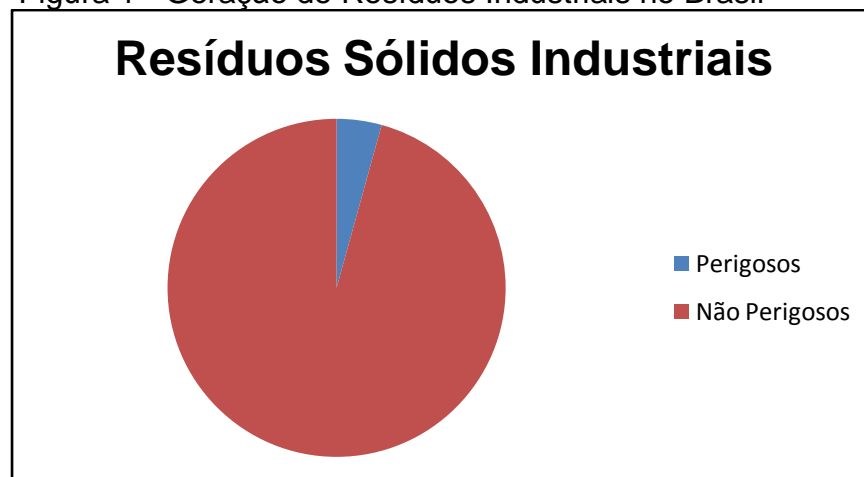
Com a obtenção da concessão deste serviço pela iniciativa privada, empresas administradoras de aterros sanitários passam a lucrar valores milionários mensalmente com o gerenciamento de resíduos, pois para descartarem em aterros privados, empresas e prefeituras desembolsam quantias que variam entre R\$ 65,00 a R\$ 160,00 em média por tonelada de resíduos, o valor se difere de acordo com o tipo de resíduo.

1.6 RESÍDUOS SÓLIDOS INDUSTRIAIS – RSI

1.6.1 Inventários estaduais e visão da geração brasileira de resíduos sólidos industriais

A geração de resíduos sólidos industriais no país divide-se em duas classes: perigosos e não perigosos, estando em uma porcentagem de 4% e 96% respectivamente, como ilustrado na Figura 1.

Figura 1 - Geração de Resíduos Industriais no Brasil



Fonte: Adisan Engenharia e Projetos (2009, p. 3-11).

Juntamente com os benefícios socioeconômicos que o crescimento industrial no Brasil tem fornecido aos Estados e Municípios vêm o problema da geração de resíduos sólidos industriais que apesar de representarem uma pequena porcentagem dentro da massa de resíduos gerados exigem um tratamento, destinação e transporte especiais.

1.6.2 Situação dos resíduos sólidos no estado de São Paulo

De acordo com o “Inventário de Resíduos Sólidos do Estado de São Paulo – 2012” (SÃO PAULO, 2012), 82% dos resíduos sólidos urbanos gerados no Estado de São Paulo estão recebendo um destino adequado.

A Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) classifica os aterros no Estado de São Paulo em inadequados, controlados e adequados. Para isso ela utiliza a metodologia de inspeção em todas as instalações de tratamento ou disposição de resíduos sólidos dentro do Estado, coletando informações padronizadas em um questionário, referentes as características locais, estruturais e operacionais. Denomina-se de Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos, o IQR- Valas –Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos em Valas e o IQC – Índice de Qualidade de Usinas de Compostagem, cujas pontuações variam de 0 a 10, para o item pesquisado pela CETESB conforme ilustrado na Figura 2.

Figura 2 - Índice de enquadramento dos Aterros Sanitários de acordo com a CETESB.

IQR/IQR – VALAS/IQC	ENQUADRAMENTO
0,0 a 6,0	Condições Inadequadas (I)
6,1 a 8,0	Condições Controladas (C)
8,1 a 10,0	Condições Adequadas (A)

Fonte: Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) - Inventário Estadual de Resíduos Sólidos, 2009, p. 5.

Em relação a 2008, os dados apontados em 2011 para a destinação adequada de RSU apresentou uma melhora significativa.

Segundo dados da CETESB disponibilizados no Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Domiciliares/2012, que avaliou os aterros de todos os municípios paulistas, registrou-se em 2012 um total de 590 (91,6%) municípios em condições adequadas de destinação final de resíduos sólidos urbanos contra 54 (8,4%) em condições inadequadas. O inventário informa que 422 cidades depositam seus

resíduos domiciliares em aterros considerados adequados, o que corresponde a 66,4% do total, 200 cidades depositam em aterros controlados (31%) e 23 municípios depositam em aterros inadequados (3,6%).

Este trabalho pretende descrever o funcionamento de um aterro sanitário apontando suas tecnologias para a proteção ambiental, diferenciar um aterro sanitário de um “lixão a céu aberto” e caracterizar os tipos de resíduos sólidos.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Demonstrar a importância dos aterros sanitários de classe II, relacionando-os com as questões ambientais de acordo com um projeto implementado na cidade de Piratininga/SP.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Mostrar a diferença entre aterro sanitário e aterro a céu aberto (lixão);
- Diferenciar e classificar os diferentes tipos de resíduos sólidos;
- Discutir o sistema de impermeabilização do solo feito na operação de um aterro sanitário Classe II.

3 METODOLOGIA

Para o seu desenvolvimento, optou-se pelo método de pesquisa qualitativa com base na elaboração de estudo de caso em um Aterro Sanitário localizado no município de Piratininga/SP.

Os instrumentos de coleta de dados utilizados foram conversas informais com funcionários do estabelecimento, análise de documentos e observação *in loco*.

O presente trabalho utilizou como base de pesquisa o documento de Estudo de Impacto Ambiental (EIA), volume I, elaborado por ADISAN ENGENHARIA E PROJETOS em 2009.

4 DESENVOLVIMENTO¹

4.1 ESTUDO DE CASO

4.1.1 Aterro sanitário – Centro de Gerenciamento de Resíduos Piratininga (CGR Piratininga)

4.1.2 Localização do empreendimento

Com acesso pela Rodovia Eng. João Baptista Cabral Rennó, SP-225, Km 256. O Aterro Sanitário CGR-Piratininga localiza-se no município de Piratininga pertencente à região Oeste do Estado de São Paulo e conta com um total de 75,71 ha (alqueires) de área.

4.1.3 Hidrografia

A gleba pertencente ao empreendimento fica sob os domínios da Unidade de Gerenciamento Recursos Hídricos do Médio Paranapanema. Fazendo divisa com o córrego São Miguel na porção Oeste e outro córrego sem nome da porção Leste em caráter regional.

4.1.4 Justificativa do empreendimento

Um estudo em 2007 apontado pela Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE) pode-se verificar que das 170.000 toneladas geradas de resíduos sólidos urbanos, pouco mais de 140.000 toneladas são coletadas e que 60% tem destino inadequado.

A região Administrativa de Bauru conta com uma economia muito variada passando pela agropecuária, comércio e indústrias. A região ainda é favorecida por um entroncamento rodo-hidro-ferroviário estratégico, além de ser o maior da América Latina, ponto este que ajuda em muito o desenvolvimento econômico da região, porém todo esse “mercado econômico” contribui para a geração de resíduos

¹ O Desenvolvimento teve como principal base de pesquisa Adisan Engenharia e Projetos (2009) e conversas *in loco* com funcionários da unidade CGR-Piratininga.

sólidos, os quais não contam com uma destinação adequada para seu tratamento ou gerenciamento.

Com um alto valor indicativo de crescimento populacional, atividades industriais e prestações de serviços nas últimas décadas na Região Administrativa de Bauru, houve também um crescimento em relação à geração de resíduos. Porém um fato que não é único desta região administrativa do estado é que seu desenvolvimento vem ocorrendo de forma não planejada ambientalmente, ocasionando fortes impactos em alguns recursos naturais tanto relativos a disponibilidade quanto a qualidade. Essa falta de planejamento pode em longo prazo ocasionar problemas sérios para a população local em relação a qualidade de vida.

Ressaltando também que a Política Nacional de Resíduos Sólidos instituída pelo Governo Federal determina que até 2014 todos os municípios deverão realizar a disposição de seus resíduos em aterros sanitários.

Portanto devido aos fatos apresentados pode-se concluir a importância do Aterro Sanitário CGR-Piratininga para a Região Administrativa de Bauru. O empreendimento tem caráter de utilidade pública, pois presta um serviço público essencial à sociedade. O empreendimento atenderá além da Região de Bauru, outras Regiões Administrativas do Estado de São Paulo e até mesmo fora dele, principalmente em caráter de resíduos industriais.

O gerenciamento adequado de resíduos sólidos gerados pelo setor público ou privado tanto urbano quanto industrial é um fator crítico para o desenvolvimento da Região. Nesse sentido o Aterro Sanitário do CGR-Piratininga está contribuindo e contribuirá ainda mais com pontos positivos em questões de qualidade ambiental de toda a Região de Bauru, garantindo uma disposição final adequada de resíduos gerados pelos municípios abrangidos pela região.

O empreendimento garante diretamente uma qualidade de vida melhor para a população da região onde está operando, pois ocasiona uma melhoria ambiental eliminando riscos aos recursos naturais como as águas superficiais e subterrâneas, ar, solo e a preservação da saúde pública.

4.1.5 Unidades do centro de gerenciamento de resíduos – CGR- Piratininga

4.1.5.1 Sistema de disposição final de resíduos sólidos

Embasado em conceitos básicos de engenharia, normas técnicas e operacionais específicas o Aterro Sanitário tem por objetivo a disposição final de Resíduos Sólidos compactando-os sem causar danos ao meio ambiente e a saúde pública.

O Aterro Sanitário é um aprimoramento de uma das técnicas mais antigas utilizadas pelo homem para descarte de seus resíduos, que é o aterramento. Modernamente, é uma obra de engenharia que tem como objetivo acomodar no solo resíduo no menor espaço prático possível, causando o menor dano possível ao meio ambiente ou à saúde pública (SÃO PAULO, [2014?]).

O Aterro CGR-Piratininga conta com duas etapas independentes para disposição de resíduos denominadas de Aterro Sanitário-1(AS-1) e Aterro Sanitário-2 (AS-2), iniciando suas operações na área correspondente à AS-1

Aterro Sanitário é e será provido de todos os elementos de proteção ambiental nas duas etapas citadas, dentre os quais:

- Sistema de impermeabilização de base (no fundo da escavação) e das laterais (taludes internos da escavação) da área de disposição final dos resíduos sólidos;
- Sistema de cobertura diária dos resíduos (cobertura operacional) e cobertura definitiva (no encerramento de células e camadas de resíduos);
- Sistema de coleta e drenagem de efluentes líquidos percolados (chorume);
- Sistema de armazenamento (temporário) de efluentes líquidos percolados (para posterior tratamento externo);
- Sistema de drenagem de gases;
- Unidade de queima centralizada dos gases coletados;
- Sistema de drenagem sub-superficial (sob sistema de impermeabilização);
- Sistema de drenagem superficial para águas pluviais;
- Sistema de monitoramento geotécnico; e
- Poços para monitoramento das águas subterrâneas.

Estes sistemas citados a cima visam garantir um desempenho operacional adequado, como em outros empreendimentos desse grupo (ESTRE AMBIENTAL S/A), fato comprovado pela CETESB no Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Domiciliares, O empreendimento em questão (CGR – Piratininga) está apto a receber 1000 toneladas/dia de resíduos não-perigosos e não-inertes, Classe II A, segundo norma NBR 10004/04 “Resíduos Sólidos – Classificação” da ABNT.

4.1.5.2 Resíduos sólidos a serem admitidos no aterro sanitário

O empreendimento em questão (CGR – Piratininga) está apto a receber 1000 toneladas/dia de resíduos não-perigosos e não-inertes, Classe II A, segundo norma NBR 10004/04 “Resíduos Sólidos – Classificação” da ABNT.

Estes podem ser provenientes dos setores público ou privado, como pelos serviços municipais de coleta regular (resíduos domiciliares e comerciais), varrição de logradouros públicos, resíduos produzidos por grandes estabelecimentos comerciais e resíduos não-perigosos gerados em indústrias.

4.1.5.3 Controle de admissão dos resíduos sólidos no aterro

O controle de resíduos é realizado inicialmente pela pesagem dos caminhões em uma balança rodoviária instalada logo na entrada do aterro sanitário conforme ilustrado nas Figuras 3 e 4, após a portaria (ver Figura 5) onde é verificada a procedência dos resíduos e anotados dados como: veículo, placa, motorista e horário, procedimento realizado na entrada e na saída quando os caminhões já estão descarregados, a pesagem tem a função de levantar dados quantitativos em relação ao recebimento de resíduos.

Figura 3 - Balança rodoviária instalada na entrada do Aterro para pesagem de caminhões.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Figura 4 - Caminhão sendo pesado para efetuar a disposição final de resíduos.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Figura 5 - Portaria (entrada e saída de caminhões).



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Os resíduos de origem domiciliar, tais como varrição de logradouros públicos e resíduos comerciais não-perigosos, passam por uma inspeção visual após checagem da empresa coletora. Caso haja incompatibilidade com as características gerais de resíduos domiciliares, o mesmo é submetido a uma avaliação mais criteriosa através de análises laboratoriais (físico-químicas), enquanto o material é separado e deixado em um local sozinho, sendo constatadas irregularidades os responsáveis pelo resíduo são comunicados imediatamente e o mesmo não é aterrado.

No caso de resíduos industriais não-perigosos o processo se diferencia um pouco do processo de recebimento de resíduos domiciliares. Estes resíduos têm que parar obrigatoriamente no laboratório (ilustrado na Figura 6) localizado dentro do próprio CGR-Piratininga antes que seja efetuada a pesagem do caminhão conforme ilustrado nas Figuras 7 e 8. Verifica-se o CADRI (Certificado de Aprovação para Disposição de Resíduos Industriais) emitido pela CETESB. Algumas medidas de segurança são adotadas pelo técnico do laboratório como: checagem da empresa coletora (transportadora) e da empresa geradora do resíduo, uma inspeção visual da carga é realizada a fim de verificar a compatibilidade e as características dos

resíduos e eventuais parâmetros que poderão ser estabelecidos pelos órgãos competentes.

Figura 6 - Laboratório para análises físico-químicas de resíduos industriais.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Figura 7 - Caminhão com resíduo industrial passando por análise no laboratório.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Figura 8 - Caminhão com resíduo industrial passando por análise no laboratório.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Feito isso, amostras são coletadas para que sejam realizados ensaios expeditos enquanto o motorista aguarda o resultado para a liberação ou não da entrada do resíduo no aterro, ressaltando-se que o resíduo somente da entrada no aterro oficialmente após a pesagem do caminhão na balança. Os ensaios expeditos visam avaliar padrões como: reatividade em água, reatividade em ácido clorídrico, reatividade em hidróxido de sódio, pH, aspecto físico, cor, odor e líquidos livres, estes ensaios dando alguma não conformidade fica proibida a descarga do resíduo. Em certos casos amostras são enviadas a laboratórios externos ao estabelecimento para contra prova para verificar a classificação de acordo com a norma NBR 10004/04 – “Resíduos Sólidos – Classificação” (ABNT).

Lembrando que a pesagem de resíduos serve para um controle quantitativo dos resíduos recebidos, possibilitando levantamentos estatísticos relacionados à procedência, tipo de resíduo, quantidade entre outros aspectos como acompanhamento de evolução da vida útil do aterro.

4.1.5.4 Concepção geométrica e espacial do aterro sanitário

Com o objetivo de não comprometer a qualidade ambiental da gleba onde foi inserido o Aterro Sanitário, sua geometria espacial foi definida de maneira onde se buscou a melhor forma de ocupação do espaço físico disponível.

Atividades de terraplenagem foram necessárias devido as condições topográficas do terreno, tais motivos foram:

- A base irregular e com declives não permitiria a disposição de resíduos sem corte no terreno natural para que ocorresse uma estabilidade no maciço, o que poderia provocar deslizamento da massa de resíduos.
- As condições naturais do terreno não permitiriam a aplicação de materiais sintéticos voltados para a impermeabilização do solo, ocasionando sua perda de função.
- Prévias escavações servem para ajudar no aproveitamento de solo disponível para a disposição de resíduos aumentando assim a capacidade de recebimento de resíduos.
- O procedimento operacional do Aterro exige a cobertura diária dos resíduos e sem as escavações (corte no terreno) isso não seria possível, tendo que buscar solo em jazidas externas a área de intervenção ou até mesmo ao empreendimento.

De acordo com as observações a cima de cotas topográficas e cortes do terreno, a área destinada à disposição dos resíduos sólidos deverá possuir uma extensão total da ordem de 30,514 ha.

Com o intuito de minimizar a superfície de solo escavado exposta a condições naturais adversas, somente é escavada e preparada para receber resíduos a área que estiver em uso para a disposição final dos resíduos. A escavação é em função do desenvolvimento do maciço, suprimindo a necessidade para a cobertura dos resíduos até que se termine de utilizar toda a área prevista em projeto.

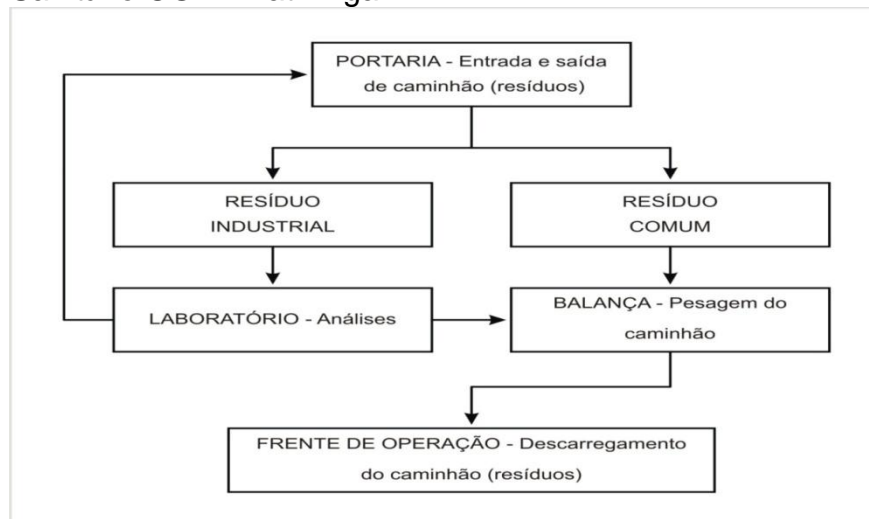
O solo escavado além de servir para cobertura diária dos resíduos também tem utilização para a adequação de via interna de acesso e a execução de dique de disparo e execução do sistema de impermeabilização de base.

Pode-se prever uma vida útil do aterro em cerca de 25 anos, adotando-se como base que o mesmo irá: receber 1000 toneladas/dia de resíduos e a compactação dos mesmos obterá uma densidade de 1,0 tonelada/m³.

4.1.5.5 Metodologia operacional do aterro sanitário

A metodologia operacional do aterro sanitário CGR - Piratininga segue o padrão de funcionamento conforme descrito na Figura 9.

Figura 9 - Esquema geral de funcionamento do Aterro Sanitário CGR-Piratininga.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

O caminhão contendo resíduos sólidos chega ao aterro sanitário parando na portaria, onde é realizada uma pré-inspeção pelo guarda verificando se o mesmo traz resíduo comum e liberando-o diretamente para a balança onde é realizada a pesagem para posterior descarte dos resíduos na frente de operação ou se está trazendo resíduo industrial direcionando-o para o laboratório. No laboratório é realizada uma inspeção mais criteriosa através de coletas de amostras e análises físico-químicas, o resultado estando dentro do padrão o caminhão é liberado para a balança para que se efetue sua pesagem e posterior descarte dos resíduos, caso de não conformidade no resultado da análise o resíduo é rejeitado e o caminhão direcionado para a portaria voltando para seu local de origem.

Para a implantação e operação do Aterro Sanitário podem-se citar os seguintes equipamentos:

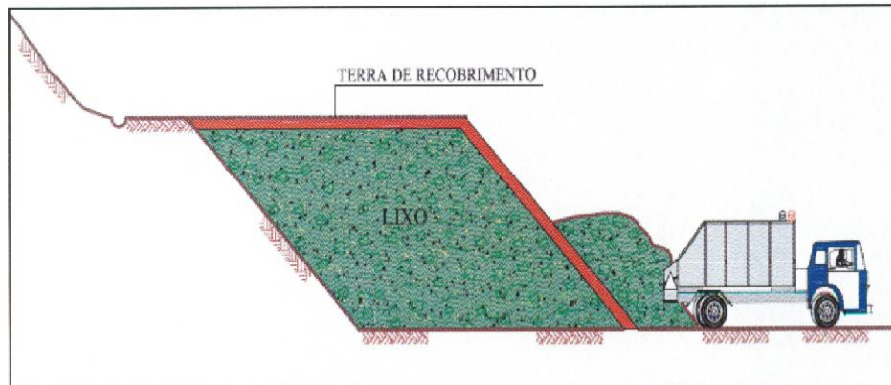
- 2 Escavadeiras hidráulicas
- 1 Retroescavadeira
- 6 Caminhões basculantes
- 3 Tratores sobre esteiras equipadas com lâminas de 150 HP – D6
- 1 Trator pá-carregadeira sobre rodas
- 1 Motoniveladora (na implantação do aterro)
- 1 Caminhão pipa
- 1 Caminhão comboio
- 2 Rolos compactadores

A base posterior do aterro, denominada de frente de trabalho, depois de devidamente preparada e com sistemas de proteção ambiental implantados começa a receber os resíduos trazidos diariamente pelos caminhões transportadores. Com o auxílio de um trator esteira os resíduos são compactos no sentido ascendente contra o talude (barranco) do descarregamento anterior formando sempre uma rampa com inclinação de 1V:3H (1 metro na vertical [V] por 3 metros na horizontal [H]). Uma nova célula é iniciada sempre que uma camada de 5 m altura ou uma célula completa forem concluídas, esta nova célula se inicia no talude frontal da célula anterior, esse processo se repete até que a camada seja concluída ou encerrada por definitivo.

O trator esteira executa entre 3 a 5 movimentos de ida e volta sobre a massa de resíduos para que se tenha uma compactação adequada. Cobre-se ao final de cada dia o maciço de resíduos depositados com uma camada de aproximadamente 0,20 cm de solo.

As figuras a seguir (Figura 10, 11, 12, 13, 14 e 15) demonstram o processo operacional em uma célula do Aterro Sanitário.

Figura 10 - O resíduo é descarregado no pé do talude anterior, sempre no ponto de menor cota (mais baixo) seguindo no sentido ascendente do terreno.



Fonte: Adisan engenharia e projetos, 2009, p. 6-14.

Figura 11 - Resíduo sendo espalhado e compactado em direção ao talude da disposição anterior, esse processo se dá sempre que se atingir cerca de 20 a 30 cm de resíduos.



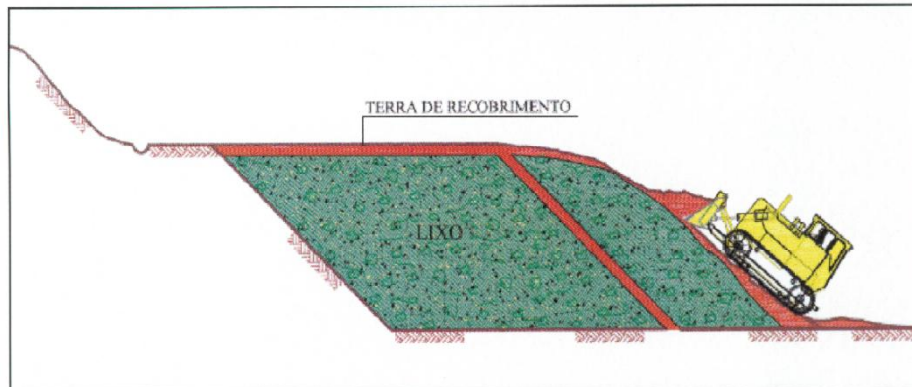
Fonte: Adisan engenharia e projetos, 2009, p. 6-14.

Figura 12 - Continuação da compactação para a formação da rampa com inclinação de 1V:3H aproximadamente.



Fonte: Adisan engenharia e projetos, 2009, p. 6-15.

Figura 13 - Cobertura dos resíduos com camada de solo. Pode ser no fim de uma célula, ou cobertura diária por encerramento de recebimento de lixo ou de expediente.



Fonte: Adisan engenharia e projetos, 2009, p. 6-15.

Figura 14 - Disposição final de Resíduos Sólidos Urbanos no Aterro Sanitário.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Figura 15 - Compactação dos resíduos dispostos no Aterro Sanitário.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Quando se termina por definitivo uma camada esta recebe um recobrimento de solo compactado de 1,0 m de espessura, constituindo assim a cobertura definitiva do aterro. Processo aplicado também no acabamento de taludes para executarem o plantio de gramíneas.

Como já foi dito, o solo utilizado na cobertura dos resíduos é proveniente da própria gleba, oriundo das operações de corte e regularização do terreno.

Esse manejo tem por objetivo não deixar solo escavado acumulado em um local exclusivo para essa finalidade, aumentando-se assim área útil para disposição de resíduos. Caso aconteça de uma cota de solo escavado não ser utilizada no dia, a mesma recebe cobertura com lona e uma proteção com declividades para o escoamento de águas pluviais e é estocada de forma temporária na frente de operação.

A escavação do solo é executada conforme a necessidade para a disposição de resíduos no aterro concomitantemente com a operação de cobertura dos resíduos, sendo assim retirada a quantidade de solo necessária apenas para suprir tais atividades no momento.

Conforme ocorre o avanço dos resíduos na frente de disposição, os sistemas de drenos de gases e líquidos percolados também são prolongados. Já o sistema de drenagem superficial definitivo e os taludes externos das camadas somente são executados após o encerramento da mesma.

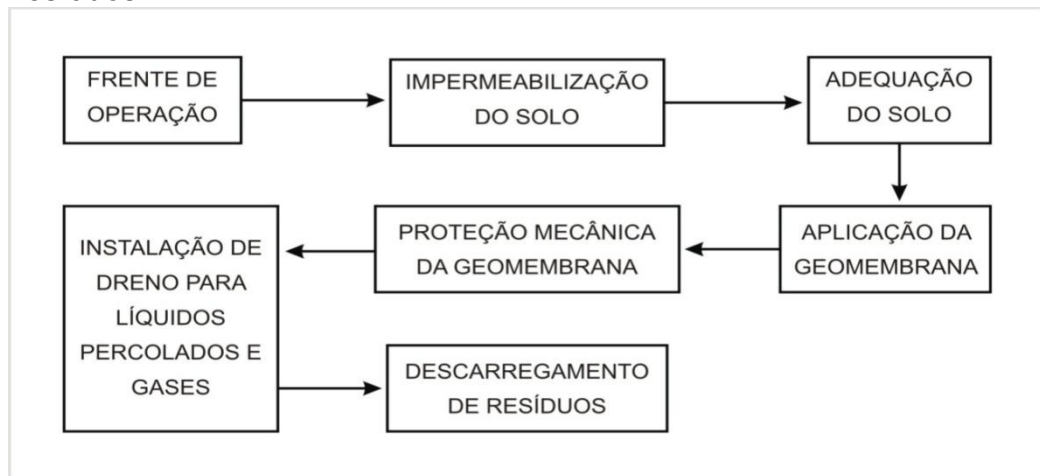
Os seguintes funcionários distribuídos em setores gerencial, administrativo, operacional e manutenção são necessários para um adequado funcionamento do aterro sanitário.

- 1 Engenheiro Responsável
- 1 Encarregado geral de operação
- 1 Técnico Administrativo
- 1 Auxiliar Administrativo
- 3 Operadores de balança
- 1 Topógrafo
- 1 Auxiliar de Topografia
- 5 Operadores de Máquinas
- 6 Motoristas
- 3 Vigias
- 1 Mecânico
- 1 Almoxarife
- 1 Sinalizador
- 1 Apontador
- 7 Serventes para serviços gerais

4.1.5.6 Sistema de proteção ambiental do aterro sanitário

O solo pertencente à frente de operação (cota de solo destinada a disposição final de resíduos) recebe um tratamento antes do início de disposição dos resíduos conforme ilustrado na Figura 16.

Figura 16 - Esquema de preparação do solo para recebimento dos resíduos.



Fonte: Elaborada pelo Autor.

A figura 16 ilustra o fluxograma de impermeabilização do solo. A impermeabilização ocorre na frente de operação do aterro, local este destinado a disposição final dos resíduos. Para isso é executada a adequação do solo onde são retirados todos os tipos de materiais que possam causar danos a manta impermeabilizante tais como: material vegetal, galhos e etc e sua posterior compactação, estando pronta esta etapa executa-se a aplicação da manta (geomembrana) e sobre a mesma executa-se uma camada de proteção mecânica composta por uma camada de 50 centímetros de solo compactado. Sobre a proteção mecânica da geomembrana aplica-se os sistemas de drenagem para líquidos percolados (chorume) e gases estando assim a frente de operação apta a receber resíduos para disposição final.

4.1.5.7 Sistema de impermeabilização de base

A impermeabilização aplicada no aterro se constitui de um “liner” sintético (geomembrana) e uma camada de solo compactado.

Com o auxílio de equipamentos de terraplenagem foi realizada a retirada de uma camada de solo superficial com cerca de 0,20 m após as operações de corte do terreno natural para que se regularize o terreno.

A retirada de solo superficial age como uma limpeza do terreno, como o intuito de retirar galhos, rochas e outros detritos que possam comprometer a regularidade do terreno. Feito esta a limpeza, o solo recebe uma compactação e sobre essa base compactada é executada uma camada de solo de 0,50 m.

Com o auxílio de um rolo pé-de-carneiro com vibração compactou-se essa camada até que se obteve um GC (grau de compactação – Proctor Normal) em torno de 98%.

O solo presente no aterro é considerado ruim pela CETESB, devido a esse fator ela exigiu um método de impermeabilização onde é feito o uso de duas geomembranas diferentes. Primeiramente sobre o solo compactado se aplica a primeira geomembrana denominada de Manta GCL (Geocomposto) e sobre ela aplica-se a segunda geomembrana denominada de Manta de PEAD (Polietileno de Alta Densidade) conforme ilustrado na figura 17.

Figura 17 - Instalação da Geomembrana GCL (Geocomposto - à direita) e instalação da Geomembrana de PEAD (Polietileno de Alta Densidade – à esquerda) sobre o solo regularizado e compactado.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

A Manta GCL utilizada no aterro sanitário CGR - Piratininga possui as seguintes características descritas na tabela 1 e 2.

Tabela 1 - Dados referente à manta GCL-A utilizada no Aterro Sanitário.
(Continua)

Especificações Técnicas					
Propriedades	Norma	Unidade	FL3600R	FL4100R	FL5000R
GeocompostoBentonítico - GCL					
Massa de Bentonita por	ASTM D 5993	g/m ²	3600	4100	5000

unidade de área						
Espessura	EM 964-1	mm	6,5	7,0	8,0	
Resistência à Tração Faixa Larga - SL	ASTM D 4632	kN/m		12,2		
Alongamento da Ruptura	ASTM D 4632	%		35		
Resistência de Adesão	ASTM D 6496	N/m		340		
Coeficiente de Permeabilidade	ASTM D 5887	m/s		3×10^{-11}		

Tabela 1 - Dados referente à manta GCL-A utilizada no Aterro Sanitário.
(Conclusão)

Especificações Técnicas					
Propriedades	Norma	Unidade	FL3600R	FL4100R	FL5000R
Camada de Bentonita					
Índice de Inchamento	ASTM D 5890	ml/2g		24	
Perda de Fluido	ASTM D 5891	ml		<18	
Geotêxtil Tecido					
Teor de Umidade	ASTM D 4643	%		12	
Gramatura	ASTM D 5261	g/m ²		120	
Matéria-prima				100% Polipropileno	
Geotêxtil Não Tecido					
Gramatura	ASTM D 5261	g/m ²		350	
Matéria-prima				100% Polipropileno	

Fonte: OberGeossintéticos.

Tabela 2 - Dados referentes à manta GCL-B utilizada no Aterro Sanitário.
(Continua)

Propriedades	Unidade	Norma	W 40 3.6	W 40 5.0
Físicas				

Massa/Área do geotêxtil tecido	g/m ²	UNE EN ISO 9864	100	100
Massa/Área do geotêxtil não-tecido	g/m ²	UNE EN ISO 9864	200	200
Quantidade de montmorilonita	%	XRD ¹	>80	>80
Índice de dilatação da Bentonita	ml/2g	ASTM 5890	>24	>24
Absorção de água	%	ASTM E 946	>600	>600

Tabela 2 - Dados referentes à manta GCL-B utilizada no Aterro Sanitário.
(Conclusão)

Propriedades Físicas	Unidade	Norma	W 40 3.6	W 40 5.0
Perda de fluído da Bentonita	ml	ASTM D 5891	<18	<18
Massa/Área do GCL	g/m ²	UNE EN 14196	3900	5300
Massa/Área da Bentonita ²	g/m ²	UNE EN 14196	3600	5000
Espessura	mm	UNE EN ISO 9863-1	6	6,5
Resistência à tração ³	KN/m	UNE EN ISO 10319	10	10
CBR ⁴	N	UNE EN ISO 12236	2000	2000
Resistência à pelagem do GCL ⁵	N/cm	ASTM D 6496	6,1	6,1
Resistência ao cisalhamento interno hidratado do GCL ⁶	KPa	ASTM D 5887	24	24
Permeabilidade K	m/s	ASTM D 5887	5x10 ⁻¹¹	5x10 ⁻¹¹

Fonte: Maccaferri America Latina.

Observações: (1) XRD – Difração de Raio-X, (2) Massa/Área de bentonita relatada a um conteúdo de 0% de umidade, (3) Média com 20% de tolerância correspondente à um intervalo de confiança de 95%, (4) Média com 10% de tolerância correspondente à um intervalo de confiança de 95%, (5) Todos os testes de resistência à pelagem foram realizados usando a ASTM D 6496. Sob solicitação, os resultados de pelagem podem ser relatados conforme a ASTM D 4632 modificada usando garras de 4 polegadas, (6) O valor de pico medido a uma fadiga normal de 200 psf (KPa) para uma amostra hidratada de 48 horas. Materiais específicos do local, produto de GCL, e as condições de teste devem ser usadas para verificar a resistência interna e do encontro do projeto proposto.

A manta GCL é um composto reforçado formado por uma camada de bentonita sódica confinada entre dois geotêxteis, sendo um tecido e o outro não tecido, agulhado entre si. A bentonita tem como principal característica aumentar seu volume em até 20 vezes quando em contato com água ou outro líquido formando um gel impermeabilizante.

A Manta de PEAD utilizada no Aterro Sanitário CGR - Piratininga deve conter as seguintes características básicas conforme mostra a tabela 3.

Tabela 3 - Dados referentes à manta PEAD utilizada no Aterro Sanitário.

PARÂMETRO	VALOR
Espessura	2 mm
Densidade	0,95 g/cm ³
Tensão de	17 N/mm ²
Escoamento	
Elongação no	32 N/mm ²
Escoamento	
Elongação na	8% mínimo
Ruptura	
Módulo de	700% mínimo
Elasticidade	
Temperatura de fragilização	420 N/mm ²
Estabilidade	-75° C
Dimensional	
Resistência tenso fissuramento	1500 horas
Resistência ao puncionamento	530 N
Resistência a rasgo	300 N

Fonte: Adisan engenharia e projetos, p. 6-18.

Essa manta impermeabilizante como é conhecida a Geomembrana é vendida em rolo com 50 m de comprimento e 5,8 m de largura (conforme ilustrado na Figura

18), realiza-se soldas em suas emendas durante o processo de aplicação da mesma.

Figura 18 - Rolo de Manta PEAD (Polietileno de Alta Densidade).



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Para sua correta fixação no terreno, a geomembrana é ancorada nos taludes internos da área de disposição de resíduos (conforme ilustrado na Figura 19 e na Figura 20), ou no dique de contenção ou de disparo de alteamento.

Figura 19 - Manta de PEAD sobre o solo.



Fonte: LIMA. F.R.S. Localização de Aterro Sanitários utilizando lógica nebulosa – Caso Petrópolis. 2005. Tese de pós-graduação (Mestre em Ciências em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro

Figura 20 - Manta impermeabilizante fixada no talude lateral do Aterro Sanitário.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

É necessário que haja uma proteção mecânica a geomembrana para que a mesma não rasgue devido ao fluxo de caminhões e as operações de equipamentos sobre ela, para isso é executado uma camada de solo compactado com espessura de 0,50 m conforme ilustrado nas Figuras 21 e 22.

Figura 21 - Aplicação da proteção mecânica para a Manta de PEAD.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Figura 22 - Camada de terra compactada aplicada sobre a Manta de PEAD para execução da proteção mecânica.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Um sistema de drenagem de líquidos percolados e gases foi instalado sobre o sistema de impermeabilização de base, ou seja, sobre a geomembrana, superfície a qual onde ocorre o descarregamento de resíduos.

Cria uma barreira impermeável, protegendo o solo de possíveis infiltrações de líquidos e pode ser utilizada em obras de proteção do meio ambiente, contenção de água e revestimento impermeabilizante. A manta de PEAD utilizada no aterro sanitário CGR - Piratininga possui as características apresentadas na tabela 4.

Tabela 4 - Dados referentes à manta PEAD-C utilizada no Aterro Sanitário.

Código	Peso (kg)	Espessura (mm)	Largura (m)	Comprimento (m)	Cor
1324	304	0,50	5,9	100	Preta
1308	470	0,80*	5,9	100	Preta
1309	581	1,00*	5,9	100	Preta
1992	589	1,50	5,9	50	Preta
1311	495	2,00	5,0	50	Preta
2106	617	2,50	5,0	50	Preta

Fonte: Roma Geossintéticos

Observações: (1) Unidade de medida: m², (2) Modo de Produção: Produzida pelo processo “blowfilm” (extrusão por matriz circular) em forma de bobinas, (3) Matéria Prima: Polietileno de alta densidade (PEAD). *As geomembranas de espessura 0,80 e 1,00 mm também são produzidas em Polietileno

Linear de Baixa Densidade (PELBD), sua vantagem é a flexibilidade, ou seja, sua capacidade de assumir deformações e acomodar-se a superfícies mais irregulares, (4) Embalagem: Sem embalagem – enrolado e preso somente por uma cinta de arquear, (5) Acabamento: Não possui acabamento, (6) Identificação do produto no estoque: as bobinas são identificadas com uma etiqueta no meio.

A geomembrana ou manta de PEAD utilizada no CGR-Piratininga apresenta sua utilização, instalação e nomes mais comuns disponibilizados no mercado conforme demonstra a Figura 23.

Figura 23 - Dados referentes à manta GCL-A utilizada no Aterro Sanitário.

Utilização do produto por espessura	<p>0,50 mm: Caixas D'água elevadas ou enterradas, Reservatórios de água de pequeno porte.</p> <p>0,80 mm: Reservatórios de água, base de biodigestores, tanques e silos de armazenamento, canais de adução e irrigação, lagoas para piscicultura, esporte e lazer.</p> <p>0,80 mm Linear: Cobertura de biodigestores, estufas e aterros sanitários.</p> <p>1,00 mm: reservatórios de água, cobertura de aterros sanitários, lagoas de efluentes, canais de adução e irrigação, revestimento de túneis</p> <p>1,00 mm Linear: Cobertura de biodigestores e estufas.</p> <p>1,50 mm: aterros sanitários, lagoas de contenção e de Tratamento de Resíduos Industriais, lagoas de efluentes; Remediação de Áreas contaminadas.</p> <p>2,00 e 2,50 mm: Aterros Sanitários, aterros classe I, lagoas de contenção e de Tratamento de Resíduos industriais, lagoas de efluentes, pilhas de rejeitos de mineração.</p>
Instalação do produto	A Geomembrana é aplicada sobre a superfície que será protegida.
Nomes conhecidos no mercado	Geomembrana / manta para impermeabilização em obras de proteção ambiental.

Fonte: Roma Geossintéticos.

O método de impermeabilização descrito acima aplicado aos Aterros Sanitários se mostrou eficiente. Em análises realizadas em águas superficiais, águas subterrâneas e solo constatou-se que os valores obtidos quando comparados com parâmetros estabelecidos por normas técnicas se enquadravam como não

contaminados. Os resultados obtidos são comparados com os Padrões de Potabilidade regulamentados pela Portaria nº 2914/MS, de 12 de dezembro de 2011. Alguns estudos ainda mostram dados sendo comparados com a Portaria nº 518/MS de 25 de março de 2004, porém esta última não é válida e foi substituída pela Portaria já citada acima de nº 2914/MS.

Foram realizados testes de sólidos totais solúveis (S.T.S), Nitrogênio (N) total, pH, fósforo (P), bactérias do grupo Coliforme que surgem quando há contaminação por matéria orgânica e metais pesados, tais como: Bário, Cádmiu, Chumbo, Cloreto, Cobre, Cromo, Ferro, Manganês, Mercúrio, Níquel, Prata, Selênio etc.–

De acordo com Santos 2008, as amostras de águas superficiais e subterrâneas utilizadas nas análises laboratoriais foram coletadas em frascos de um litro e para coleta bacteriológica utilizou-se frascos de 250 ml devidamente esterilizados. As amostras foram mantidas a 4°C buscando a preservação das mesmas, as análises laboratoriais foram realizadas no Departamento de Engenharia Sanitária e Departamento de Química da Universidade Federal de Mato Grosso.

O método de Espectrofotometria de Absorção Atômica (EAA) foi utilizado para analisar os metais presentes nas amostras de águas (Santos 2008) e através de uma extração por meio de digestão amostras de águas também foram submetidas a análises através do método de Espectrometria de Emissão Óptica com plasma indutivamente acoplado com configuração axial (ICP-OES) (CAVALLET, CARVALHO, NETO, 2013). Para a verificação de sólidos totais suspensos (STS), concentrações de nitrogênio (N) total, fósforo (P), pH e coliformes (análise bacteriológica) se utilizou o método de cartelas com diluição de 103, por ser água bruta, colilert foi o nutriente utilizado, tais análises foram realizadas no Laboratório de Pesquisas Ambientais (LPA) do Unileste MG (PEREIRA; ALMEIDA; MARTINS-JUNIOR, 2007).

Houve casos em que alguns dos elementos acima averiguados ultrapassaram os limites estabelecidos pela Portaria nº 2914/MS ou pelo órgão ambiental CETESB, porém comprovou-se que o fato não ocorreu por ineficiência do método impermeabilizante empregado nos Aterros e sim pelas características geológicas formadoras dos terrenos, onde rochas vieram a se decompor liberando minérios no solo ou diretamente no leitos de águas subterrâneas e superficiais, pode se citar águas marinhas como interferentes em análises de Potabilidade de Água para aterros localizados em regiões marinhas.

4.1.5.8 Sistema de drenagem de efluentes líquidos percolados

Composto por inúmeros microorganismos, compostos coloidais ou em solução, substâncias orgânicas e inorgânicas, com mau cheiro, cor escura e elevada DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio), assim é definido segundo a ABNT o líquido proveniente da decomposição dos resíduos sólidos dispostos no Aterro, chamado tecnicamente de líquido percolado, popularmente conhecido como Chorume.

Devido a vários fatores tais como: método operacional de um aterro, composição dos resíduos depositados, condições climáticas da região onde o aterro se encontra, fica praticamente impossível caracterizar de forma única o chorume para que seja válido em todos os Aterros de Resíduos Sólidos.

Resíduos depositados recentemente apresentaram características diferenciadas dos resíduos depositados anteriormente, isso influencia na decomposição, pois os aterrados antes irão se decompor primeiramente e assim sucessivamente. Chorume de aterros que já operam a algum tempo são certamente diferentes de chorumes de Aterros que entraram em operação recentemente.

O quadro a seguir (tabela 5) apresenta algumas faixas de valores dos constituintes do chorume, lembrando que esses apresentam variações ao longo do tempo. Para a captação desse efluente, sobre a base de disposição de resíduos foi implantado um sistema de drenagem específico. Ressaltando que alguns fatores influenciam no volume de chorume gerado como precipitação pluviométrica, evapotranspiração, declividades, tipo de cobertura superficial e da capacidade de reter água pluvial que a cobertura possui.

Tabela 5 - Composição média do percolado de aterro sanitário no Brasil.
(Continua)

Parâmetro	Faixa
pH	4,5 – 9
Condutividade específica ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	2500 – 35000
Sólidos totais (mg L^{-1})	2000 – 60000
Matéria orgânica (mg L^{-1})	
Carbono Orgânico Total	30 – 29000
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO_5)	20 – 57000

Tabela 5 - Composição média do percolado de aterro sanitário no Brasil.
(Conclusão)

Parâmetro	Faixa
Demanda Química de Oxigênio (DQO)	140 – 152000
Nitrogênio Orgânico	14 – 2500
Macrocomponentes inorgânicos (mg L ⁻¹)	
Fósforo total	0,1 – 23
Cloretos	150 – 4500
Sulfatos	8 – 7750
HCO ₃ ⁻	610 – 7320
Sódio	70 – 7700
Potássio	50 – 3700
Nitrogênio amoniacal	50 – 2200
Cálcio	10 – 7200
Magnésio	30 – 15000
Ferro	3 – 5500
Manganês	0,03 – 1400
Elementos traços inorgânicos (µg L ⁻¹)	
Arsênico	0,01 – 1
Cádmio	0,0001 – 0,4
Cromo	0,02 – 1,5
Cobalto	0,005 – 1,5
Cobre	0,005 – 10
Chumbo	0,001 – 5
Mercúrio	0,00005 – 0,16
Níquel	0,015 – 13
Zinco	0,03 – 1000

Fonte: Adisan engenharia e projetos, 2009, 6-22.

Com uma declividade adequada, o sistema de drenos foi instalado na base do Aterro, local este onde se concentra a maior parte dos drenos, utilizado para tal fim o método de dreno “espinha de peixe” onde os mesmos são distribuídos em malhas constituídas por coletores principais e secundários, os dois se interligam em ângulos de 45°. Rachão e Brita n°4 constituem os drenos, conforme ilustrado na Figura 24.

Figura 24 - Sistema de Drenagem de Líquidos Percolados e Gases sobre impermeabilização de fundo.



Fonte: TOZZETO. C. M. Modelagem matemática de aterros sanitários com a simulação hidrológica da geração de lixiviado - Estudo de caso do Aterro Sanitário de Curitiba.

Um tubo de PEAD (Polietileno de Alta Densidade) (ver Figura 25) perfurado foi utilizado para o dreno principal, pois, facilita o escoamento do chorume coletado. Os drenos possuem declividade de 1% no sentido do centro para o dique de disparo.

Figura 25 - Tubos de PEAD perfurados utilizados no sistema de drenagem horizontal e vertical de efluentes de Líquidos Percolados e Gases.



Fonte: Elaborado pelo Autor

Constituído de brita nº4 e um tubo de PEAD perfurado um dreno do tipo colchão drenante foi feito ao pé do talude interno do dique de disparo e ao entorno

da área de disposição de resíduos de forma que se liga aos drenos executados na base em estilo “espinha de peixe”. Este colchão drenante tem por objetivo coletar eventuais líquidos percolados gerados nessa parte do Aterro.

As demais camadas de células receberam o mesmo esquema de drenos (espinha de peixe) interligando-se com a drenagem de base por meio de drenos verticais de gases.

A fim de garantir uma maior eficiência na captação do chorume será instalado um dreno do tipo colchão drenante (de acordo com a Figura 26) que acompanhará toda a parte frontal do alteamento dos resíduos impedindo a percolação desses resíduos através dos taludes externos ao alteamento dos resíduos, ressaltando que este dreno será instalado sob a berma de cada camada.

Figura 26 - Execução do dreno tipo “Colchão Drenante” sobre a base impermeabilizada.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

O aterro conta com um sistema específico de armazenamento de líquidos percolados, local este para onde são direcionados os líquidos percolados coletados pelo sistema de drenagem desse tipo de efluente. Dessa forma não ocorre o descarte do mesmo em corpos d'água superficial.

São compostos por dois reservatórios de concreto armado, devidamente impermeabilizados internamente, possuem uma capacidade de 250 m³ cada um localiza-se na parte mais baixa da gleba.

4.1.5.9 Sistema de armazenamento de efluentes líquidos percolados

O aterro não dispõe de um sistema de tratamento de efluente de líquido percolado, portanto todo o conteúdo coletado e armazenado é enviado para estação de Tratamento de Efluentes externa ao empreendimento. As figuras a seguir (Figura 27 e 28) mostram o tanque de armazenamento de líquidos percolados do CGR - Piratininga.

Figura 27 - Tanques de armazenamento de líquidos percolados (Chorume).



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Figura 28 - Vazão de chorume no tanque de armazenamento.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

4.1.5.10 Canaletas de proteção de bermas e taludes

Localizadas ao entorno dos taludes que se formam, essas canaletas tem o objetivo de captar águas pluviais precipitadas nas bermas e taludes, são construídas com concreto conforme ilustrado na Figura 29.

Figura 29 - Canaletas de proteção de bermas e taludes.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

4.1.5.11 Dispositivo de descida

Tem por objetivo direcionar o fluxo das águas pluviais coletadas pelas canaletas de bermas e taludes para a base da primeira camada conforme ilustrado na Figura 30. Sua parte estrutural é composta por canaletas escavadas nos taludes e revestidas por estrutura de gabião (conforme ilustrado na Figura 31), esta última estrutura também se encontra no final desses dispositivos de descida.

Figura 30 - Dispositivo de descida de águas pluviais.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Figura 31 - Estrutura de Gabião localizada no final do dispositivo de descida.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

4.1.5.12 Sistema de cobertura diária dos resíduos – operacional e definitiva

Ao fim de cada dia de serviço os resíduos já dispostos e devidamente compactados recebem uma camada de solo de 0,20 m para que seja efetuada a sua cobertura.

A cobertura definitiva ocorre quando se encerra uma camada. Para isso é executada uma camada de solo compactado de 1,0 m de espessura sobre os resíduos, e, sobre essa superfície acabada efetua-se o plantio de gramíneas, estas por sua vez, servem para minimizar emissões gasosas que possam ocorrer, infiltrações de águas pluviais que podem ocasionar erosões, selando a superfície.

As figuras a seguir (Figura 32 e 33) mostram o procedimento de cobertura diária dos resíduos.

Figura 32 - Cobertura diária dos resíduos.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Figura 33 - Cobertura diária dos resíduos.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

4.1.5.13 Sistema de monitoramento da qualidade das águas subterrâneas

De acordo com a Norma NBR 13896/1997 “Aterros de resíduos não perigosos – critérios para projeto, implantação e operação” da ABNT poços de monitoramento foram instalados em pontos estratégicos para eventuais coletas de amostras de águas subterrâneas (conforme ilustrado na Figura 34) que são submetidas a análises laboratoriais.

Figura 34 - Poço de monitoramento de Águas Subterrâneas.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

4.1.5.14 Sistema de monitoramento geotécnico

O monitoramento do Aterro Sanitário é importante, pois ao longo do tempo as camadas podem vir a sofrerem deformações provocadas devido a fatores como: compressibilidade, heterogeneidade e decomposição dos resíduos aterrados.

Por mais eficiente que tenha sido o sistema de drenagem de efluentes de líquidos percolados, águas pluviais e gases, sistema operacional como: compactação do solo, compactação dos resíduos dispostos, sistema de coberturas dos resíduos, essas deformações certamente ocorrerão.

Devido aos fatos citados ressalta-se a importância de se manter o monitoramento.

O fenômeno de deformação pode ser facilmente controlado através de trabalhos topográficos (conforme ilustrado na Figura 35), que tem por objetivo efetuar leituras de marcos superficiais e piezômetros, distribuídos pelas camadas e bermas, abrangendo todo o maciço de resíduos.

Uma vez identificada uma deformação ou sua evolução, providencias para manter a estabilidade do Aterro Sanitário são ou serão tomadas.

Figura 35 - Monitoramento geotécnico executado pela equipe de topografia no Aterro Sanitário CGR Piratininga.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

5 LIXAO

Lixão é uma forma inadequada de disposição final de resíduos sólidos, que se caracteriza pela simples descarga do lixo sobre o solo, sem medidas de proteção ao meio ambiente ou à saúde pública. O mesmo que descarga de resíduos a céu aberto.

Institucionalizados ou clandestinos, esses locais recebem volumes diários de lixo que são amontoados um por cima do outro. População civil e, em alguns casos, a própria prefeitura, são responsáveis por jogar o lixo coletado no local.

Diversos problemas tornam o lixão à solução menos indicada quando o assunto é o descarte do lixo. Por não ter nenhum tipo de proteção, esses locais se tornam vulneráveis à poluição causada pela decomposição do lixo, tanto no solo, quanto nos lençóis freáticos e no ar.

No lixão (ou vazadouro, como também pode ser denominado) não existe nenhum controle quanto aos tipos de resíduos depositados e quanto ao local de disposição dos mesmos. Nesses casos, resíduos domiciliares e comerciais de baixa periculosidade são depositados juntamente com os industriais e hospitalares, de alto poder poluidor. Ocorrem outros problemas associados, como por exemplo, a presença de animais (inclusive a criação de porcos), a presença de catadores (que na maioria dos casos residem no local), além de riscos de incêndios causados pelos gases gerados pela decomposição dos resíduos e de escorregamentos, quando da formação de pilhas muito íngremes, sem critérios técnicos.

A Figura 36 ilustra a situação cotidiana em um lixão.

Figura 36 - Cotidiano em um lixão.



Fonte: G.S Fagundes, 2010.

6 CONCLUSÃO

O presente estudo possibilitou observar os principais métodos operacionais e de segurança ambiental em um aterro sanitário de resíduos classe II, diferenciar os tipos de resíduos sólidos e diferenciar aterro sanitário de lixão.

O referencial teórico nos permitiu verificar os principais conceitos sobre resíduos sólidos urbanos e industriais, aterros sanitários e “lixões” os métodos de proteção ambiental, propiciando assim, maior embasamento para a condução do estudo de caso.

A metodologia adotada possibilitou que informações importantes fossem coletadas na empresa, por meio de conversa informal com o engenheiro responsável pela unidade, com o topógrafo e demais funcionários. Documentos relacionados à implantação do aterro sanitário CGR - Piratininga foram analisados e a observação do ambiente de trabalho foi importante para confirmar o resultado das conversas e das informações lidas.

As atividades tais como: recebimento, pesagem, disposição, espalhamento, compactação e recobrimento dos resíduos sólidos, drenagem de líquidos e gases, impermeabilização do solo, execução do monitoramento geotécnico e ambiental citadas neste estudo mostram a eficiência dos métodos empregados apontando para condições adequadas de funcionamento.

Outro fato a se destacar é que de acordo com a literatura o método de impermeabilização descrito acima aplicado aos aterros sanitários se mostrou eficiente. Em análises realizadas em águas superficiais, águas subterrâneas e solo constatou-se que os valores obtidos quando comparados com parâmetros estabelecidos por normas técnicas se enquadravam como não contaminados. Os resultados obtidos foram comparados com os padrões de potabilidade regulamentados pela Portaria nº 2914/MS, de 12 de dezembro de 2011.

Ficou evidenciado a diferença entre aterro sanitário e “lixão” onde o primeiro é uma obra de engenharia voltada para disposição final de resíduos sólidos com vistas à proteção ambiental enquanto o segundo também serve de descarte final para resíduos porém sem nenhum tipo de proteção técnica para o meio ambiente ocasionando sua contaminação.

O presente trabalho alcançou seu objetivo demonstrando através de pesquisas bibliográficas e observações em campo de trabalho que a tecnologia de

sistema de disposição final de resíduos sólidos – aterro sanitário é eficiente em gerenciamento ambientalmente correto de resíduos sólidos.

REFERÊNCIAS

ADISAN ENGENHARIA E PROJETOS. 2009. **Estudo de Impacto Ambiental – EIA** – CGR Piratininga – Centro de Gerenciamento de Resíduos, v. 1.

Anais... Fortaleza, 2007. p. 1-3. Disponível em: <<http://www.seb-ecologia.org.br/viiiiceb/pdf/1884.pdf>>. Acesso em 10 maio 2014 às 13h30min.

SÃO PAULO (Estado). Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Aterro sanitário**. São Paulo, [2014?]. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/mudancas-climaticas/biogas/Aterro%20Sanit%C3%A1rio/21-Aterro%20Sanit%C3%A1rio>>. Acesso em 12 maio 2014.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Casa Civil - Sub Chefia para Assuntos Jurídicos**. Brasília, DF, 2 ago. 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em 10 mar. 2014.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. (1997) NBR 13896: **Aterros de resíduos não perigosos** – Critérios para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 1997.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2004) NBR 10004: **Resíduos sólidos** –Classificação. Rio de Janeiro, 2004.

BRASIL. Portaria nº 518/GM, de 25 março de 2004. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 25 mar. 2004. Disponível em: <<http://dtr2001.saude.gov.br/sas/PORTARIAS/Port2004/GM/GM-518.htm>>. Acesso em 01 maio 2014.

BRASIL. Portaria nº 2914/GM, de 12 dezembro de 2011. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 12 dez. 2011.

BRITO, Mayara Gabriela de. **Um estudo sobre segurança e saúde no trabalho em usinas de processamento de cana de açúcar**. 2013. 48 f. Trabalho de conclusão de curso(Graduação em Engenharia Química) – Universidade do Sagrado Coração, Bauru, 2013.

CAVALLET, L. E. CARVALHO, S. G. FORTES NETO, P. Metais pesados no rejeito e na água em área de descarte de resíduos sólidos urbanos. **Revista Ambiente e Água**, v. 8, n. 3, p. 230-238, 2013.

Colegiado de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2011. Disponível em:

<<http://civil.uefs.br/DOCUMENTOS/NORMA%20LA%C3%8DS%20DA%20SILVA%20E%20SILVA.pdf>>. Acesso em 19 mar 2014 às 10h40min.

COUTO, M.L.C. Braga, F. S. Lange, L. C. Tratamento de lixiviado por infiltração rápida como alternativa para cidades de pequeno porte. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 18, n. 3, p. 223-234, 2013.

FACHIN, S. J. S. Ensaio geoeletricos 2D no antigo lixão de Ribeirão Preto – SP: Avaliação de parâmetros de aquisição e monitoramento ambiental do problema. In: **Revista Brasileira de Geofísica**, 26., 2008. Resumos de Teses e Dissertações, 2008, p. 573.

FERREIRA, J. G. **Avaliação de parâmetros ambientais em aterros sanitários: Estudo de caso**. 2006. 92 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade de Taubaté, Taubaté, 2006.

FAGUNDES, G. S. **Influência do antigo lixão do Roger , João Pessoa , nas águas subterrâneas locais**. 2010. 115 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia urbana e ambiental) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2010.

GEOSINTÉTICOS geocomposto. Obergeo, [2014?].
Disponível em: http://www.obergeo.com.br/esp_fortliner.htm
Acesso em 10 maio 2014.

GEOMEMBRANA EM PEAD geossintéticos. Roma, [2014?].
Disponível em: http://www.roma.ind.br/produtos_detalhe.php?idproduto=1.
Acesso em: 10 maio 2014.

LAKATOS, E.M.; MARCONI, M.A. **Técnicas de Pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2002.

LIMA, F. R. N **Localização de aterros sanitários utilizando lógica nebulosa: Caso Petrópolis**. 2005. 98f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

MACLINE geocompostobentonítico. Maccaferri, 2010.
Disponível em:
<http://www.maccaferri.com.br/media/om_www/brazil/downloads/Novos/MacLine_GCL.pdf>.
Acesso em: 10 maio 2014.

MAGALHÃES, Déborah Neide de. **Elementos para o diagnóstico e gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos do município de Dores de Campos – MG**. 2008. 60 f. Trabalho de conclusão de curso (Especialista em Análise Ambiental) – Colegiado do Curso de Especialização em Análise Ambiental da Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Engenharia da UFJF, Juiz de Fora, 2008. Disponível em:
<<http://www.ufjf.br/analiseambiental/files/2009/11/D%C3%A9borah-Neide-de-Magalh%C3%A3es.pdf>>. Acesso em 19 mar 2014 às 22h10min.

MATTEI, G. ESCOSTEGUY, P. A. V. Composição gravimétrica de resíduos sólidos aterrados. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 12, n. 3, p. 247-251, 2007.

PEREIRA, G. C. ALMEIDA, G. W. MARTINS-JUNIOR, D. **Monitoramento da qualidade da água subterrânea sob o aterro sanitário da central de resíduos do Vale do Aço – MG**. In: Congresso de Ecologia do Brasil, 8., 2007, Caxambu.

ROCHA, L. C. R. HORBE, A. M. C. Contaminação provocada por um depósito de lixo no aquífero Alter do Chão em Manaus – AM. **ACTA Amazonica**, v. 36(3), [s.n], p. 307-312, 2006.

SANTOS, A. A. **Qualidade das águas superficiais e subterrâneas na área de influência do aterro sanitário de Cuiabá – MT**. 2008. 111 f. Dissertação (Mestrado em Física e Meio Ambiente) – Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, 2008.

SÃO PAULO (Estado). Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Inventário estadual de resíduos sólidos urbanos**. São Paulo, 2009. 177 p.

SÃO PAULO (Estado). Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Inventário estadual de resíduos sólidos urbanos**. São Paulo, 2012. 110 p. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/solo/publicacoes-e-relatorios/1-publicacoes/-relatorios>>. Acesso em 08 maio 2014.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. **Cadernos de educação ambiental: Resíduos sólidos**. São Paulo, 2010. 76 p. Disponível em: <<http://www.ambiente.sp.gov.br/wp-content/uploads/publicacoes/sma/6-ResiduosSolidos.pdf>>. Acesso em 10 maio 2014.

SILVA, Norma Laís da Silva e. **Aterro sanitário para resíduos sólidos urbanos – RSU: Matriz para seleção da área de implantação**. 2011. 57 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) - Departamento de Tecnologia

SILVESTRE, G. D. FILHO, G. D. S. **Apresentação e monitoramento das atividades operacionais no aterro sanitário de João Pessoa – ASMJP**. In: Simpósio Iberoamericano de Ingeniería de Resíduos. 3., Seminário da Região Nordeste sobre Resíduos Sólidos. 2. Disponível em: <<http://www.redisa.uji.es/artSim2010/Outro%20Tema/Apresenta%C3%A7%C3%A3o%20e%20monitoramento%20das%20atividades%20operacionais%20no%20aterro%20sanit%C3%A1rio%20metropolitano%20de%20Jo%C3%A3o%20Pessoa.pdf>>. Acesso em 12 maio 2014 às 09h25min.

TOZETTO, C. M. **Modelagem matemática de aterros sanitários com a simulação hidrológica da geração de lixiviado: Estudo de caso do aterro sanitário de Curitiba**. 2008. 154 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) – Setor de Tecnologia – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

UNIVERSIDADE SAGRADO CORAÇÃO – **Guia para normalização de trabalhos acadêmicos**. 2 ed. Bauru, SP: [s.n], 2012. 100f.

ZILZ, L. SILVA, J. D. PINHEIRO, A. Eficiência do melão como fonte de carbono na remoção de nitrito em lixiviados de aterros sanitários. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 19, n. 1, p. 97-104, 2014.

FORMAS DE DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS lixão. RC.Unesp, [2014?].

Disponível em: <http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/residuos/res12.html>.
Acesso em 01jun 2014.

RESÍDUOS SÓLIDOS lixão. Viva Terra, [2014?]. Disponível em:

http://www.vivaterra.org.br/vivaterra_lixao.htm.
Acesso em 01 jun 2014.