

**FACULDADE PATOS DE MINAS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**CAROLINE RODRIGUES AMARAL
EDILSON JOSÉ CLEMENTE PEREIRA
GLAYDSON DE OLIVEIRA GODINHO
RAFAELA LIZANDRA PEREIRA**

**PROJETO DE ATERRO SANITÁRIO CONTROLADO
PARA O MUNICÍPIO DE TIROS - MG**

**PATOS DE MINAS
2019**

**CAROLINE RODRIGUES AMARAL
EDILSON JOSÉ CLEMENTE PEREIRA
GLAYDSON DE OLIVEIRA GODINHO
RAFAELA LIZANDRA PEREIRA**

**PROJETO DE ATERRO SANITÁRIO CONTROLADO
PARA O MUNICÍPIO DE TIROS - MG**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Faculdade Patos de Minas
como requisito para obtenção do grau de
Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof.º. Me. Willyder Leandro
Rocha Peres

**PATOS DE MINAS
2019**

FACULDADE PATOS DE MINAS
DEPARTAMENTO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA
Curso de Bacharelado em Engenharia Civil

**CAROLINE RODRIGUES AMARAL
EDILSON JOSÉ CLEMENTE PEREIRA
GLAYDSON DE OLIVEIRA GODINHO
RAFAELA LIZANDRA PEREIRA**

**PROJETO DE ATERRO SANITÁRIO CONTROLADO PARA O
MUNICÍPIO DE TIROS - MG**

Banca Examinadora do Curso de Bacharelado em Engenharia Civil, composta em
13 de novembro de 2019.
Trabalho de Conclusão de Curso aprovado, pela comissão examinadora constituída
pelos professores:

Orientador: Prof.º. Me. Willyder Leandro Rocha Peres
Faculdade Patos de Minas

Examinador: Prof.ª. Esp. Raquel Resende Rocha
Faculdade Patos de Minas

Examinador: Prof.º. Me. Gabriel José da Silva
Faculdade Patos de Minas

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus, nossa maior força. Ele nos faz comprovar que o impossível não existe, nos dando força e coragem para superar todos os obstáculos enfrentados durante esta jornada.

Aos nossos familiares, especialmente nossos pais, agradecemos pelo incentivo e motivação nas horas difíceis.

Ao nosso orientador, Willyder Leandro Rocha Peres, agradecemos todo o apoio, companheirismo, dedicação e confiança depositados à nós.

Aos nossos professores, mestres e avaliadores, o nosso muitíssimo obrigado, pelas horas de ensinamentos e dedicação na construção de nossa história acadêmica.

Enfim, a todos, que direta ou indiretamente participaram da nossa formação e que de certa forma continuarão presentes em nossa vida, seja ela profissional ou pessoal, deixamos o nosso muito obrigado.

RESUMO

Os resíduos sólidos, popularmente conhecidos como lixo, nada mais são do que todo rejeito gerado pelo ser humano e suas atividades. Em meio à produção desenfreada destes, a preocupação mundial se dá à sua correta destinação e disposição final. Elucidar a importância da coleta, tratamento e armazenamento dos resíduos sólidos se torna um grande desafio, onde reduzir a quantidade de rejeito produzido se torna a variável principal para a solução do problema. Observando a necessidade de melhoria na gestão dos resíduos sólidos urbanos, adequando-se à Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS) no quesito de obrigação do município em implantar um aterro sanitário, o presente estudo refere-se a um projeto de educação de uma comunidade, implantando o sistema 3 R's (reduzir, reutilizar e reciclar), juntamente com o dimensionamento de um aterro sanitário para o município de Tiros-MG. Com a implementação do programa 3R's, a população é reeducada, passando a reduzir a quantidade de lixo produzido, minimizando os materiais de descarte que poderão ter outra utilidade e ainda reaproveitar o que foi gerado. Tal programa é a peça chave para o desenvolvimento de uma melhoria na gestão dos resíduos sólidos urbanos. A PNRS, de integral responsabilidade do município, traça as diretrizes para que a população tenha um norteamento de como contribuir com a redução da geração de rejeitos, bem como no quesito de obrigação do município em implantar um aterro sanitário controlado, que é o local legalmente correto para disposição final de resíduos sólidos urbanos. O Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) estabelece as linhas diretivas junto à PNRS, a fim de que se tenha uma maior abrangência no que diz respeito ao projeto 3R's, direcionando o projeto à toda população, voltado principalmente às instituições educacionais. A comunidade terá consciência, desde a fase primária, de que começando em casa e partindo para a indústria e comércio, o lixo gerado tem grande peso na sociedade e no ecossistema, reduzindo a vida útil dos Aterros Sanitários Controlados. Assim, a problemática que gira em torno dos resíduos e sua disposição final, se inicia a resolver na fonte, ou seja, na população. Reduzindo a produção de resíduos e fazendo sua correta destinação, os recursos naturais são poupados, diminuindo a degradação do meio ambiente. A solução, portanto, está na mudança da cultura, com a reeducação ambiental sendo o mecanismo principal.

Palavras-chave: Reeducação, Reciclagem, Aterro Sanitário Controlado

ABSTRACT

Solid waste, popularly known as garbage, is nothing more than all the tailings generated by humans and their activities. In the midst of their unbridled production, the worldwide concern is given to its correct disposal and final disposition. Elucidating the importance of collecting, treating and storing solid waste becomes a major challenge, where reducing the amount of tailings produced becomes the main variable for solving the problem. Observing the need to improve the management of municipal solid waste, adapting to the National Solid Waste Policy (PNRS) in the area of obligation of the municipality to implement a landfill, the present study refers to a project of education of a community, implementing the 3 R's system (reduce, reuse and recycle), together with the sizing of a landfill for the municipality of Tiros–MG. With the implementation of the 3R's program, the population is reeducated, reducing the amount of garbage produced, minimizing the discard materials that may have another utility and still reuse what was generated. Such a program is the key piece for the development of an improvement in the management of municipal solid waste. The PNRS, with full responsibility of the municipality, outlines the guidelines for the population to have a guidement of how to contribute to the reduction of the generation of tailings, as well as in the area of obligation of the municipality to implement a controlled landfill, which is the legally correct place for final disposal of municipal solid waste. The Municipal Basic Sanitation Plan (PMSB) establishes the guidelines with the PNRS, so that there is a greater scope with regard to the 3R's project, directing the project to the entire population, aimed mainly at educational institutions. The community will be aware, from the primary stage, that starting at home and starting for industry and commerce, the waste generated has great weight in society and the ecosystem, reducing the life of controlled landfills. Thus, the problem that revolves around waste and its final disposition begins to resolve at source, that is, in the population. By reducing waste production and making their correct destination, natural resources are spared, reducing environmental degradation. The solution, therefore, is in the change of culture, with environmental reeducation being the main mechanism.

Keywords: Reeducation, Recycling, Controlled Sanitary Landfill

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Cooperativa de reciclagem.....	17
Figura 2	3 R's.....	20
Figura 3	Hortas em garrafas pet.....	21
Figura 4	Ciclo do reaproveitamento do resíduo.....	22
Figura 5	Lixão a céu aberto.....	27
Figura 6	Aterro controlado.....	28
Figura 7	Esquema de um Aterro sanitário.....	29
Figura 8	O aterro sanitário de Bremen, na Alemanha.....	32
Figura 9	Esquema de um colchão Reno.....	35
Figura 10	Área de implantação do Aterro Sanitário, Tiros-MG.....	39
Figura 11	Esquema da configuração da camada de fundo.....	43
Figura 12	Disposição da camada de solo protetor sobre PEAD.....	44
Figura 13	Esquema de drenagem tipo espinha de peixe.....	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Doenças relacionadas ao acúmulo e disposição dos RSU's.....	16
Tabela 2	Valores de K para aplicação no Método Suíço.....	33
Tabela 3	Coleta média de RSU realizada no mês de Abril de 2019.....	41
Tabela 4	Características dos patamares do aterro sanitário controlado.....	43
Tabela 5	Condutividade hidráulica.....	45

LISTA DE SIGLAS

3 R's	Reduzir, Reutilizar e Reciclar
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
Abrelpe	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
cm	Centímetros
cm/s	Centímetros por segundos
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
COPAM	Conselho Estadual de Políticas Ambientais
Hab.	Habitantes
IBAM	Instituto Brasileiro de Administração Municipal
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
IPTU	Imposto Predial e Territorial Urbano
Kg	Quilograma
Kg/dia	Quilograma por Dia
Kg/dia/hab	Quilograma por Dia por Habitante
l/s	Litros por Segundos
m	Metros
m ²	Metros Quadrados
m ³	Metros Cúbicos
m ³ /ano	Metros Cúbicos por ano
m ³ /dia	Metros Cúbicos por dia
m ³ /s	Metros cúbicos por segundo
MG	Minas Gerais
mm	Milímetros
mm/h	Milímetros por hora
NBR	Norma Brasileira
PEAD	Polietileno de Alta Densidade
PEVs	Postos de Entrega Voluntária
PMSB	Plano Municipal de Saneamento Básico
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
RSUs	Resíduos Sólidos Urbanos
s	Segundos
ton/m ³	Toneladas por Metros Cúbicos

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	Problemática	12
1.2	Objetivo geral	12
1.3	Objetivos específicos	12
1.4	Justificativa	13
2	RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS – RSU	14
2.1	Gestão e gerenciamento dos RSUs	14
2.2	Impactos na saúde pública	16
3	COLETA SELETIVA	17
3.1	Definição	17
3.2	Origem da coleta seletiva	17
3.3	Classificação dos resíduos	18
3.4	Formas de realizar a coleta seletiva	18
3.5	Benefícios e importância da coleta seletiva	19
3.6	Curiosidades	19
4	PROGRAMA 3 R's: REDUZIR, REUTILIZAR E RECICLAR	20
4.1	Finalidade	20
4.1.1	<i>Reduzir</i>	20
4.1.2	<i>Reutilizar</i>	21
4.1.3	<i>Reciclar</i>	21
4.2	Aplicação	22
4.3	Benefícios	23
5	DESTINAÇÃO E DISPOSIÇÃO FINAL DOS RSUs	24
5.1	Destinação dos RSUs	24
5.1.1	<i>Reciclagem</i>	24
5.1.2	<i>Compostagem</i>	25
5.1.3	<i>Incineração</i>	25
5.2	Disposição final	26
5.2.1	<i>Lixões a céu aberto</i>	26

5.2.2	<i>Aterros controlados</i>	28
5.2.3	<i>Aterros sanitários</i>	29
6	SISTEMA DE IMPERMEABILIZAÇÃO	31
6.1	Impermeabilização inferior	31
6.2	Impermeabilização superior	31
7	SISTEMAS DE DRENAGEM	33
7.1	Lixiviado	33
7.2	Pluvial	34
7.2.1	<i>Colchão Reno</i>	34
8	PROJETO DE IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA 3R's	36
8.1	Análise regional	36
8.2	Reeducação da população	36
8.3	Programa 3R's dentro da cidade	37
8.4	Incentivo à população	37
8.5	Multas	38
9	DIMENSIONAMENTO DO ATERRO SANITÁRIO	39
9.1	Características do local	39
9.1.1	<i>Localização</i>	39
9.1.2	<i>Características físicas da região</i>	40
9.1.3	<i>Clima da região</i>	40
9.2	Características dos RSUs coletados no município	40
9.3	Volume de RSU gerado	41
9.4	Características do aterro a ser dimensionado	42
9.5	Estimativa do volume de RSU a ser depositado no aterro sanitário ...	42
9.6	Estética do aterro sanitário controlado	43
9.7	Impermeabilização	43
9.8	Drenagem do lixiviado	44
9.9	Drenagem pluvial	46
9.10	Drenagem dos gases	47

10	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	48
	REFERÊNCIAS.....	49

1 INTRODUÇÃO

Este Trabalho de Conclusão de Curso trata do desenvolvimento de um projeto de implantação do sistema 3R's (reduzir-reciclar-reutilizar) e destinação final dos resíduos sólidos em um aterro sanitário controlado. Com a educação da população, a geração de resíduo sólido é reduzida, sendo ainda reciclado através da coleta seletiva e triagem na usina.

1.1 Problemática

Como integrar a população à um projeto sanitário? Como fazer a correta destinação do lixo produzido? Qual projeto de aterro sanitário deve ser seguido para o município, a fim de que comporte todo o volume de lixo produzido pelo mesmo?

1.2 Objetivo geral

Desenvolver um projeto sanitário a fim de que a população da cidade de Tiros seja educada em relação à quantidade de lixo gerada, bem como a correta destinação final desses resíduos. Dimensionar um aterro sanitário de acordo com as características do município.

1.3 Objetivos específicos

- Analisar as leis e normativas existentes que se aplicam a aterro sanitário;
- Elaborar o projeto de educação da população quanto à geração de resíduo sólido urbano (RSU);
- Classificar a cidade em estudo segundo a Deliberação Normativa 217/2017 do Conselho estadual de política ambiental (Copam);
- Dimensionar a capacidade necessária para que o aterro suporte a quantidade de RSU gerado em um prazo de 20 anos.

1.4 Justificativa

A quantidade de lixo produzida no município de Tiros, segundo o PMSB, em 2014 chegou a 1,31 Kg/hab./dia. Este número é alarmante e vem aumentando ano após ano, degradando não somente o meio ambiente, como também a qualidade de vida urbana e rural. (1)

Com a coleta seletiva os resíduos sólidos deixam de ser um fator preocupante e passam a gerar lucros para milhares de pessoas, além de poupar os recursos naturais, diminuindo a degradação do ecossistema. O lixo portanto, passa de problema à solução, com uma mudança na cultura através da educação ambiental.

A peça chave para tal mudança é a PNRS, que é de responsabilidade do município e que muitas vezes existe somente na teoria, não sendo executada e muito menos conhecida a sua existência pela população. A PNRS traça linhas diretivas para que o indivíduo tenha um norteamento de como contribuir com a redução da geração de resíduos, bem como a maneira correta de descarte destes.

O ser humano deve ter ciência de que partindo de casa, o lixo gerado poderá ter um importante valor, seja ele direto ou não.

2 RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS - RSU

Os RSUs nada mais são do que todo material proveniente das atividades humanas, sejam elas de origem doméstica, industrial, comercial, agrícola ou qualquer outro tipo. Podem, muitas vezes, ser reciclados e reutilizados. Devem ser dispostos de maneira adequada a fim de que não causem impactos ao meio ambiente e à população. (2)

A geração de RSU é um problema global, causado pelas mudanças nos padrões de consumo. Segundo o Geo Referência (2018), cada brasileiro, produz em média, 378 quilos de resíduos sólidos por ano. Com esta exorbitante quantidade daria para cobrir um campo e meio de futebol. (3)

O desenvolvimento industrial e os avanços tecnológicos provocaram alterações na quantidade e composição destes resíduos, exigindo das administrações públicas, melhorias e eficiência na prestação dos serviços de limpeza urbana e um melhor manejo destes resíduos, buscando soluções integradas. (4)

2.1 Gestão e gerenciamento dos RSU's

A Lei Federal nº 12.305/2010 instituiu a PNRS, que passou a regulamentar a destinação correta, ambientalmente segura e livre de contaminações, dos resíduos no Brasil. (5)

Na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos deve ser observada a seguinte ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. (5)

Com o intuito de proteger o meio ambiente e a saúde humana, a lei estabelece novos instrumentos de gestão, como a responsabilidade do gerador até o consumidor comum, estimulando a reciclagem e a compostagem e, proibindo o descarte de resíduos sólidos a céu aberto. (5)

Entretanto, para se fazer valer, é preciso que todos os governos estejam envolvidos, desde os municipais até os federais. Porém, muitos municípios não possuem nem sequer a coleta de resíduos. (4)

O Brasil apresenta um déficit de 10% em número de municípios que fazem a coleta de resíduos, principalmente na área rural. Apesar da porcentagem relativamente baixa, o agravante se dá ao fato da destinação tanto do material coletado quanto do não coletado. (4)

Pesquisas indicam que cerca de 58,3% do que é coletado é destinado a aterros sanitários, o restante é disposto em aterros controlados (lixões cobertos), lixões a céu aberto, terrenos baldios, rios e mares. Tal fato implica diretamente nas condições de vida da população e no ambiente, pois cada tipo de resíduo requer um modelo de gestão específico. (4)

Há muitas falhas no sistema de gerenciamento da coleta de resíduos e disposição, decorrente do comportamento da população e da negligência dos gestores. A grande quantidade de resíduos que tem sido depositada indevidamente em várias áreas tem causado impactos que diminuem a qualidade de vida, proliferação de doenças e impactos visual e ambiental. (6)

Diante desta grave situação recomenda-se um programa eficaz e imediato de fiscalização rigorosa do poder público municipal. Sendo dever do município implantar um plano de gerenciamento de resíduos e uma política pública envolvendo todos os segmentos da sociedade. (5)

O Plano Municipal de Gestão Integrada é uma das ferramentas que contribuem para a reestruturação da gestão de RSU, onde, baseado na PNRS estabelecerá métodos e normas a serem seguidos, passando pela geração, coleta e descarte do lixo. Com isso, os municípios terão acesso aos recursos da União que são destinados a empreendimentos e serviços relacionados à limpeza urbana e ao manejo de resíduos sólidos, podendo se beneficiar com incentivos ou financiamentos de entidades federais de crédito ou desenvolvimento para tal finalidade. (5)

Para acesso aos recursos federais a Lei 11.445/2007 prioriza municípios que implantarem a coleta seletiva com a participação de cooperativas ou outras formas de associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis. (7)

2.2 Impactos na saúde pública

A disposição inadequada dos RSUs pode apresentar diversos problemas relacionados à saúde. Além disso, causam também a contaminação do solo e do lençol freático, o que implica igualmente no desenvolvimento e proliferação de doenças. (6)

Segundo relatos, o armazenamento ou descarte inadequado dos materiais cria condições ideais para mais de 20 vetores que podem disseminar doenças prejudiciais à população, como mostra a tabela 1:

Tabela 1 - Doenças relacionadas ao acúmulo e disposição dos RSU's

<i>Vetor</i>	<i>Formas de Transmissão</i>	<i>Enfermidade</i>
Rato e Pulga	Mordida, urina, fezes e picada	Leptospirose, peste bubônica, tifo urino
Mosca	Asas, patas, corpo, fezes e saliva	Febre tifoide, cólera, amebíase, disenteria, giardíase, ascaridíase
Mosquito	Picada	Malária, febre amarela, dengue e leishmaniose
Barata	Asas, patas, corpo e fezes	Cólera, giardíase

Fonte: (6)

No Brasil, segundo Tavares e Tavares (2014), as doenças resultantes da falta ou inadequação de saneamento, especialmente em áreas pobres, têm agravado o quadro epidemiológico. O número de mortes por dia chega a 29 devido a doenças decorrentes da falta de saneamento básico. Situação esta que tende a se agravar com o desordenado aumento populacional, onde as favelas e periferias são as mais afetadas. (6)

3 COLETA SELETIVA

3.1 Definição

Coleta seletiva é a coleta de resíduos que foram separados de acordo com a sua composição e origem, sendo separados pelo responsável e depositados nos locais para predefinidos. (8)

3.2 Origem da coleta seletiva

A coleta seletiva já vem sendo realizada de maneira informal há bastante tempo no Brasil através dos catadores autônomos, foram eles que perceberam que o lixo tinha valor. Nos dias de hoje, em muitos municípios, já existem cooperativas de catadores que tem como finalidade receber os resíduos, separá-los e encaminhá-los às empresas responsáveis pela reciclagem. (9)

A figura 1 ilustra uma cooperativa de reciclagem no processo de separação de materiais.

Figura 1 - Cooperativa de reciclagem



Fonte: (10)

3.3 Classificação dos resíduos

De acordo com a Resolução nº 275, de 25 de abril de 2001) do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), fica definido o padrão de cores para os distintos tipos de resíduos, a ser utilizado na identificação de coletores, e também nas campanhas informativas sobre coleta seletiva:

- AZUL: papel/papelão;
- VERMELHO: plástico;
- VERDE: vidro;
- AMARELO: metal;
- PRETO: madeira;
- LARANJA: resíduos perigosos;
- BRANCO: resíduos ambulatoriais e de serviços de saúde;
- ROXO: resíduos radioativos;
- MARROM: resíduos orgânicos;
- CINZA: resíduo geral não reciclável ou misturado, ou contaminado não passível de separação. (11)

3.4 Formas de realizar a coleta seletiva

Os programas de coleta seletiva envolvem três modalidades diferentes de recolhimento dos materiais, que são:

- Porta a porta – Veículos passam nas residências recolhendo os resíduos que já foram separados pelos moradores em dias e horários diferentes da coleta normal de lixo. (9)
- PEV (Postos de Entrega Voluntária) – Utiliza contêineres colocados em lugares específicos das cidades onde é depositado voluntariamente pela pessoa os resíduos para reciclagem. (9)
- Postos de Troca – Faz a troca do material reciclado por algum bem material. (9)

Predomina no Brasil a coleta porta a porta, com destaque para o trabalho realizado pelas cooperativas e associações de catadores, enquanto a coleta através dos PEV's ainda é pouco utilizada. (9)

3.5 Benefícios e importância da coleta seletiva

A coleta seletiva é de grande importância para a população e o meio ambiente, trazendo diversos benefícios, os quais fazem muita diferença no cenário atual. Entre as principais vantagens estão: a diminuição da exploração dos recursos naturais, melhoria do aspecto visual de limpeza das cidades, maior vida útil de aterros sanitários, geração de emprego nas usinas de reciclagem, diminuição da poluição ambiental, entre outros. (9)

3.6 Curiosidade

Muitas pessoas não sabem que alguns materiais que achamos que fazem parte da lista de materiais que podem ser reciclados, na verdade não são. Temos como exemplo os papéis plastificados, papel-carbono, papel de fax, fita crepe, etiqueta adesiva, fita adesiva, clipes, tachinhas e grampos. (12)

Outros objetos que também ficam de fora da reciclagem são as pilhas, guardanapos, rolhas, papéis sanitários, acrílico, esponjas de aço, copos de papel, tomadas, esponjas de aço, espelhos, isopor, porcelana e espuma. (12)

4 PROGRAMA 3 R's: REDUZIR, REUTILIZAR E RECICLAR

4.1 Finalidade

Com o crescimento populacional e o consumismo, sempre em busca de rapidez e praticidade, a humanidade está se metendo em um dos maiores desafios já enfrentados: como se livrar do lixo por ela produzido.

Este problema estimulou a consciência de pessoas ligadas a empresas, governos e entidades que promovem a preservação do meio ambiente a desenvolverem um programa chamado 3 R's: Reduzir, Reutilizar e Reciclar, como esquematiza a figura 2. Este, por sua vez, tem a função básica de unir o poder público, a população e as empresas, a fim de que, juntos, desenvolvam suas atividades sem trazer maiores danos ao ambiente em que vivem. (13)



O programa enfatiza uma melhor e consciente utilização dos recursos naturais, bem como o descarte e disposição adequada dos resíduos urbanos.

4.1.1 Reduzir

Reduzir significa diminuir a quantidade de resíduos produzido. E uma das maneiras de reduzir é passar a consumir somente o que é preciso, sem comprar ou armazenar em grandes quantidades, o que conseqüentemente resulta na perda de produtos ou alimentos.

Deste modo, a quantidade de embalagens descartadas será diminuída, o que por conseguinte diminuirá o consumo de produtos industriais e proporcionalmente, a exploração dos recursos naturais. (13)

4.1.2 Reutilizar

Reutilizar é dar um novo destino aos resíduos que seriam destinados ao lixo. Podemos reutilizar vasilhames de plástico, as garrafas de vidro e pneus por exemplo. Uma maneira de reutilização do lixo orgânico seria transformá-lo em adubo, fazendo compostagem.

Tal feito, conseqüentemente acarretaria numa diminuição de embalagens de produtos que seriam utilizados no lugar da compostagem, além de incentivar a produção caseira de hortaliças, como mostra a figura 3, levando à população a ter uma alimentação mais saudável, com um menor consumo de industrializados. (15)

Figura 3 - Hortas em garrafas Pet



Fonte: (16)

O ato de reutilizar é um fator de suma importância.

4.1.3 Reciclar

Reciclar é transformar em outro produto, o que seria jogado fora através de um processo industrial, como esquematiza a figura 4, passando a utilizá-lo

novamente sem usar as reservas naturais. Sendo assim, a natureza estaria sendo preservada e a quantidade de resíduo sólido seria diminuída. (17)

Figura 4 - Ciclo do reaproveitamento do resíduo



Fonte: (17)

O ato de reciclar reflete sobre um processo complexo da cadeia produtiva, pois o programa 3 R's remete não só a controlar e armazenar o resíduo sólido, como também a exploração consciente dos recursos naturais.(17)

Reciclando, a exploração comercial de latas de alumínio, de recipientes plásticos, papel, metais e lixo tecnológico (computador e outros equipamentos eletrônicos) poderá ser incentivada. (17)

4.2 Aplicação

A aplicação deste programa se dá de forma gradativa e em parceria com o poder público, as indústrias, o comércio e a população. Inicia-se implantando nas escolas um programa de educação que consiste em ensinar as crianças e adolescentes como utilizar o programa 3 R's e como será aplicado em cada setor. (13)

O segundo passo é classificar quem são os responsáveis pela coleta do lixo que é produzido para que possa ser implantado o sistema de coleta seletiva. Posteriormente, se faz necessária a instalação de uma usina de triagem e reciclagem do lixo.(17)

Por fim, é preciso preparar um local para a deposição final da parte que realmente não será utilizada e deverá ser descartada de maneira a não contaminar o solo e o subsolo, não prejudicando à saúde do ecossistema e da comunidade. (17)

4.3 Benefícios

Com a redução do uso desenfreado de materiais, como os descartáveis por exemplo, a geração de lixo e conseqüentemente as áreas de deposição de rejeitos serão reduzidas, deixando, portanto, de aumentar a exploração dos recursos naturais. (17)

O aproveitamento dos subprodutos provenientes do lixo, oferecerá vagas em postos de trabalho para a população mais carente. Fornecerá ademais, energia produzida pelos gases provenientes da decomposição do lixo, podendo ser utilizada em instituições públicas, impactando diretamente na diminuição do déficit público.(17)

A triagem e o direcionamento para a reciclagem dos materiais descartáveis resulta consideravelmente no volume de resíduos produzidos que, atualmente, são destinados aos aterros sanitários. (17)

A grande vantagem do programa 3 R's é a sua rotação cíclica, uma coisa sempre leva a outra. A base do programa é realmente aproveitar, de todas as formas possíveis, todos os recursos a fim de que se tenha uma vida com mais qualidade em um ambiente mais favorável. (13)

5 DESTINAÇÃO E DISPOSIÇÃO FINAL DOS RSUs

O principal ponto quando se refere a resíduo sólido é a disposição final deste. Afinal, qual a destinação correta? Qual a disposição adequada deste material? (18)

Primeiramente, os termos destinação e deposição devem ser explorados de maneira que ambos não fiquem subentendidos. Respondendo a essas perguntas, Rodrigues (2015) diz que:

A única forma de se dar destino final adequado aos resíduos sólidos é através de aterros, sejam eles sanitários, controlados, com lixo triturado ou com lixo compactado. Todos os demais processos ditos como de destinação final (usinas de reciclagem, de compostagem e de incineração) são, na realidade, processos de tratamento ou beneficiamento do lixo, e não prescindem de um aterro para a disposição de seus rejeitos. (18)

5.1 Destinação dos RSU's

O processo de destinação dos resíduos sólidos começa na fonte geradora, sendo a separação dos materiais quanto à composição de suma importância para a correta destinação. (5)

Segundo Brasil (2010), a destinação de resíduos inclui a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético, dentre outras destinações admitidas pelos órgãos competentes. A legislação regulamenta que outro tipo de destinação seria a disposição final, desde que as normas específicas sejam observadas, a fim de que sejam evitados danos e riscos à saúde pública e ambiental. (5)

A seguir, serão apresentados os conceitos mais usuais de destinação de resíduos sólidos urbanos.

5.1.1 Reciclagem

A reciclagem compõem o programa 3 R's e nada mais é do que a transformação do material descartado em outro que possa ser utilizado. (19)

Essa forma de destinação, afirma o Instituto Brasileiro de Administração Municipal - IBAM, desperta o maior interesse da população, devido principalmente

ao forte apelo ambiental. Porém, para ser viabilizada é preciso incentivos, despertando o interesse populacional em colocar em prática a reciclagem e a buscar formas de mantê-la, sendo esta autossuficiente e não dependente de verbas municipais. (19)

5.1.2 Compostagem

Os materiais orgânicos são os protagonistas desse tipo de destinação. A compostagem é a decomposição destes materiais sem a adição de componentes, ou seja, naturalmente. (20)

Por se tratar de um processo de decomposição biológica, a compostagem pode ser realizada pela própria comunidade, em suas residências, ou pode ser implantada no município, como uma usina de compostagem. Em ambos os casos acontece uma combinação física e química, podendo ser aeróbia ou anaeróbia. (20)

Durante a putrefação física, invertebrados como lesmas e minhocas transformam os resíduos em pequenas partículas. Na química, os fungos e bactérias degradam as pequenas partículas provenientes da ação física em partículas ainda menores gerando água e dióxido de carbono. (20)

Quando submetidos à degradação físico-química aeróbia, ou seja, com a presença de oxigênio, a decomposição acontece em menor tempo. Entretanto, se submetida à putrefação anaeróbia, sem a presença de oxigênio, o processo é mais lento devido à baixa temperatura. (19)

O composto obtido ao final da compostagem, é um rico fertilizante, podendo ser utilizado tanto em hortas caseiras como na agricultura. Além disso, a compostagem reduz a quantidade de gás metano emitida pelos aterros sanitários, contribuindo diretamente com o ecossistema. (21)

5.1.3 Incineração

O processo de incineração consiste na queima dos resíduos sólidos, que passam por uma seleção e são levados ao incinerador. Neste, ocorre a queima do material em alta temperatura, podendo ser reduzido em mais de 70%. (22)

Muitas usinas de incineração utilizam este recurso para a obtenção de energia; o calor produzido pelo incinerador é convertido em vapor, que movimenta as turbinas produzindo eletricidade.

Os gases emitidos pelo processo de queima devem ser rigorosamente monitorados. As substâncias produzidas na queima do lixo são poluentes e até cancerígenas. Esta é a questão crítica, que torna a usina de incineração um assunto discutido por governantes e ambientalistas dividindo opiniões; se a adoção deste meio de destinação seria uma boa opção. (23)

Outro ponto que tem contribuído para a não utilização da incineração é a separação de materiais recicláveis como a madeira, o papel e o papelão pois estes materiais que dão energia para a queima. Para solucionar este problema, são utilizados combustíveis, o que aumenta o custo das usinas, deixando a prática da incineração inviável. (24)

No Brasil, a incineração é mais utilizada para resíduos industriais e hospitalares que possuem um alto grau de contaminação. (25)

5.2 Disposição final

De acordo com Brasil (2010) a disposição final dos resíduos sólidos nada mais é do que a distribuição ordenada destes em aterros, seguindo as diretrizes e normas específicas a fim de que se evite danos e riscos à saúde pública e ambiental. Esta é a última etapa do processo de gestão de resíduos sólidos. (5)

A seguir são apresentados os tipos de disposição final dos resíduos sólidos urbanos.

5.2.1 Lixões a céu aberto

Os lixões a céu aberto são os mais conhecidos e os mais praticados em todo o país. Consiste na deposição do lixo diretamente no solo, como ilustrado na figura 5, causando impacto ambiental, sendo nocivo à saúde do meio ambiente e da população. (26)

Figura 5 – Lixão a céu aberto



Fonte: (26)

O fato de os resíduos serem depositados diretamente no solo, sem que este seja impermeabilizado, faz com que o chorume, líquido proveniente da decomposição do lixo, altamente poluente, infiltre no solo contaminando o lençol freático. (27)

Além da presença de animais e do mal cheiro exalado, outro problema gerado pelos lixões a céu aberto é a emissão de gases contribuintes para o efeito estufa, como o gás metano. (27)

Dados publicados pela Associação brasileira de empresas de limpeza pública e resíduos especiais (Abrelpe) revelam que o Brasil gasta anualmente mais de R\$3,6 bilhões com prejuízos provenientes dos lixões, principalmente com o meio ambiente e com a saúde. (28)

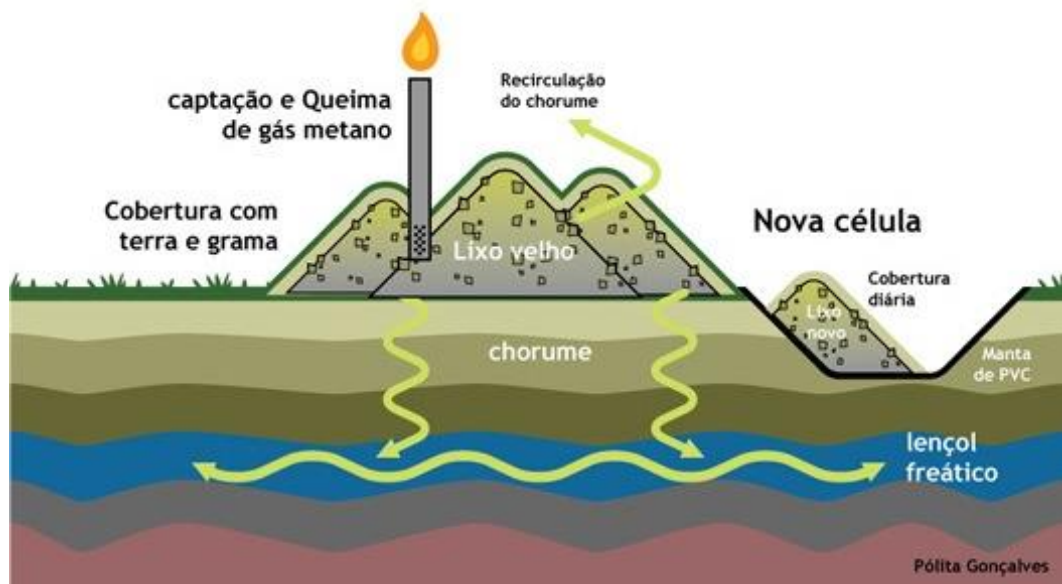
A PNRS estabeleceu um prazo de até 2014 para o fim dos lixões a céu aberto, porém, o prazo estabelecido foi adiado para 2021, pois mais de 60% dos municípios não conseguiram atender a lei, segundo Fabio Sasaki (2017). (27)

5.2.2 Aterros controlados

Os aterros controlados podem ser caracterizados como lixões cobertos por terra, pois a disposição dos RSUs é feita diretamente no solo sem impermeabilização. (29)

Segundo o Dinâmica Ambiental (2014) os aterros controlados (figura 6) são uma solução intermediária entre os lixões a céu aberto e os aterros sanitários, sendo, portanto, uma tentativa de transformar um lixão disfarçado em aterro sanitário. (30).

Figura 6 – Aterro Controlado



Fonte: (31)

O fato de cobrir o lixo com o solo, apesar de inibir o mal cheiro e diminuir a presença de animais no local, não indica que o ambiente não esteja sendo impactado. O chorume, assim como acontece nos lixões, infiltra no solo, contaminando o lençol freático. (32)

Em alguns aterros controlados é realizada a captação e a queima do gás metano proveniente da decomposição dos resíduos. Porém, a maioria não utiliza este recurso e opera em péssimas condições. (32)

5.2.3 Aterros sanitários

Os aterros sanitários são, no Brasil e no mundo, a forma ambientalmente correta e mais adequada de disposição final dos resíduos sólidos. Segundo o IBAM:

O aterro sanitário é um método para disposição final dos resíduos sólidos urbanos, sobre terreno natural, através do seu confinamento em camadas cobertas com material inerte, geralmente solo, segundo normas operacionais específicas, de modo a evitar danos ao meio ambiente, em particular à saúde e à segurança pública. (19)

Portanto, os aterros sanitários são uma obra de engenharia, que leva em consideração vários aspectos, desde a escolha do local de implantação até o processo de deposição do lixo. (19)

Conforme o Portal Resíduos Sólidos, a área de disposição dos resíduos deve ser demarcada com os limites laterais, bem como a altura projetada dos taludes e o avanço previsto na frente para as operações com o maquinário. (33)

Neste tipo de aterro, o solo que receberá a deposição dos resíduos é impermeabilizado. As águas pluviais e o chorume são drenados e tratados, não infiltrando no solo e, portanto, não contaminando o lençol freático. O gás metano é captado e queimado, não contribuindo com o efeito estufa, como esquematiza a figura 7. Além disso, na área limitante do aterro deve ser feito o plantio de árvores, de modo a reduzir a poluição visual e do ar. (34)

Figura 7 – Esquema de um Aterro Sanitário



Fonte: (35)

A grande vantagem deste tipo de solução é o menor impacto ambiental causado. Ademais, os gases captados podem ser fonte de energia e os gastos com a saúde pública gerados pelo setor reduzidos. (36)

6 SISTEMA DE IMPERMEABILIZAÇÃO

Os sistemas de impermeabilização e revestimento de aterros visam impedir a infiltração de poluentes no subsolo e no lençol freático durante e após o término de operação do aterro sanitário. Para isso, são necessárias uma camada de impermeabilização inferior, implantada na base do aterro, e outra superior, implantada com o fechamento do aterro. (41)

6.1 Impermeabilização inferior

Os sistemas de impermeabilização inferior ou de fundo tem como objetivo o barramento de lixiviados e gases provenientes da decomposição dos resíduos, minimizando ao máximo possível a infiltração destes no solo e em águas subterrâneas. Dentre as principais características que o sistema deve apresentar estão estanqueidade, durabilidade, resistência mecânica e resistência às intempéries físicas, químicas e biológicas. (41)

Dentre as técnicas utilizadas na execução destes sistemas estão a compactação do solo e a utilização de geossintéticos, conhecidos como geomembrana, ou a combinação de ambos, dependendo do porte do aterro e das características dos resíduos a serem dispostos no mesmo. (41)

A Norma Técnica – NBR - 13896/97 da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) prediz a necessidade de implantação de uma camada de impermeabilizante na base do aterro, quando no local de implantação deste, não houver um solo homogêneo, com coeficiente de permeabilidade inferior a 10^{-6} cm/s e uma zona não saturada com espessura superior a 3,0 m. Entretanto, alguns órgãos ambientais podem exigir que seja implantada uma camada de impermeabilização mesmo que o solo atenda ao requisitado acima.(45)

6.2 Impermeabilização superior

O sistema de impermeabilização superior ou cobertura final tem por objetivo barrar a água proveniente das chuvas, protegendo a superfície e diminuindo a saída

dos gases produzidos pela decomposição da matéria orgânica. Sua resistência química é menor do que a requerida no sistema de impermeabilização inferior. (45)

Este sistema deve ser construído de modo que resista à erosão, separe os resíduos dos vetores como animais e insetos, protegendo a saúde humana e todo o ecossistema e melhorando a estética do aterro. A figura 11 exemplifica um sistema de impermeabilização superior. (41)

Figura 8 – Aterro sanitário de Bremen, na Alemanha



Fonte: (47)

7 SISTEMAS DE DRENAGEM

7.1. Lixiviado

A decomposição dos resíduos sólidos dá origem ao lixiviado, popularmente conhecido como chorume. O líquido de coloração escura e cheiro forte, é uma mistura de compostos orgânicos, inorgânicos e líquidos proveniente de fontes externas, como drenagem superficial e pluvial, ou gerado na decomposição dos materiais. (48)

Para o dimensionamento do sistema de drenagem do lixiviado, deve-se calcular a vazão de lixiviado gerado utilizando o Método Empírico Suíço, seguindo a fórmula:

$$Q=(1/t).P.A.K$$

Em quê:

Q = vazão média de lixiviado (l/s);

P = precipitação média anual (mm);

A = área do aterro (m²);

t = número de segundos em um ano (s);

K = coeficiente que depende do grau de compactação dos RSUs (ver Tabela 4).

Tabela 2 – Valores de K para aplicação no Método Suíço

<i>Tipos de Aterro</i>	Peso Específico do Lixo	K
Aterros Fracamente Compactados	0,4 a 0,7 ton/m ³	0,25 a 0,50
Aterros Fortemente Compactados	Acima de 0,7 ton/m ³	0,15 a 0,25

Fonte: (48)

A área de seção transversal, segundo a lei de Darcy, é dada pela equação seguinte, desenvolvida para a avaliação do fluxo em meio poroso:

$$Q=K.i.A$$

Onde:

Q = vazão a ser drenada (m^3/s);

K = condutividade hidráulica (m/s);

i = gradiente hidráulico;

A = área da seção transversal do dreno (m^2)

7.2 Pluvial

O sistema de drenagem pluvial ou águas superficiais captará toda água proveniente da chuva ou qualquer outro meio que faça com que esta, caia sobre o patamar do aterro. O sistema tem por finalidade minimizar a entrada de água para o interior, reduzindo a geração de percolado e o escoamento superficial que pode ocasionar erosão nos taludes. (49)

Devido ao processo de deformação sofrido pelo aterro sanitário ao longo do tempo, o sistema de drenagem de águas pluviais utilizado deve ser escolhido de forma que seus dispositivos sejam flexíveis, resultando assim num adequado desempenho.(49)

Primeiramente será calculada a vazão de projeto, que é dada pelo método racional:

$$Q=C.i.A$$

Onde:

Q = vazão a ser drenada na seção considerada (m^3/s);

C = coeficiente de escoamento superficial;

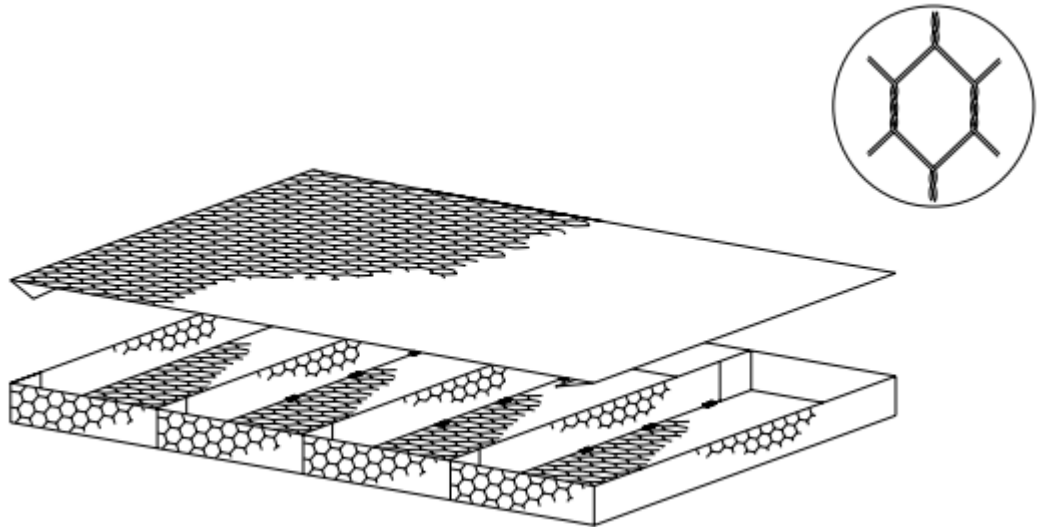
A = área da bacia contribuinte;

i = intensidade da chuva crítica

7.2.1 Colchão Reno

O colchão Reno são estruturas construídas em forma retangular constituídas de aço, possuindo grande área e pequena espessura. Quando preenchidos com seixos, possui ação drenante, sendo utilizado na construção e barragens, canais e outras obras devido à sua flexibilidade e forma geométrica (figura 9).(51)

Figura 9 – Esquema de um colchão Reno



Fonte: (51)

Para o dimensionamento do colchão Reno será utilizada a lei de Darcy citada anteriormente, reescrita da seguinte forma:

$$A=Q/(k.i)$$

$$2y=Q/(k.i)$$

$$Y=Q/(2.k.i)$$

8 PROJETO DE IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA 3R's

A política dos 3R's foi uma ação desenvolvida durante a Conferência da Terra, que aconteceu no Rio de Janeiro em 1992 e complementada no 5º Programa Europeu para o Ambiente e Desenvolvimento, em 1993. (37)

A política do 3R's, chegou para mostrar que é possível manter uma sociedade sustentável, desde que as empresas, fábricas, governos e toda a sociedade, se unam em prol de um mundo ambientalmente mais correto, visando a melhoria e preservação do planeta Terra para as gerações atuais e as do futuro. (38)

Esta política é aplicada para todos os tipos de resíduos, sólidos, líquidos, gasosos e efluentes.

8.1 Análise regional

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) de 2010, o município de Tiros localizado na Mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, possui aproximadamente 6.906 habitantes, apresenta um IDH (Índice de Desenvolvimento Humano do Município) igual a 0,683, que mostra indicadores como longevidade, renda e educação, e quanto mais próximo a 1, maior o consumo e descarte. (39)

8.2 Reeducação da população

A educação ambiental deve ser desenvolvida desde as crianças até os mais idosos. Por exemplo, nas instituições de ensino as crianças serão incentivadas a debater sobre o assunto, e um modo de fazer isso é colocando recipientes para a coleta seletiva. Pode-se também incentivar as crianças através de palestras, feiras escolares, oficinas de artesanato de reciclados, dentre outras maneiras.

8.3 Programa 3R's dentro da cidade

O principal meio de informação oferecida para a população deve ser pelos meios de comunicação local, rádio e internet, explicando o projeto 3R's e suas funcionalidades.

As pessoas podem reduzir a geração de resíduos em suas casas, fazendo tarefas simples, como o uso racional de água, energia e combustível.

A reutilização, no dia-a-dia, de água, materiais e alimentos, com ações simples como: reutilizar a água da máquina de lavar roupas para lavar as calçadas e limpar a casa, e as sobras de alimentos como adubo para a horta.

Como forma de reciclar uma das atividades desenvolvidas será a coleta dos reciclados uma vez por semana em todos os bairros, por uma frota de 02 veículos, durante a parte da manhã. Também serão instalados 10 PEV's em lugares estratégicos para fácil acesso da população para descarte dos reciclados. Posteriormente, todos os reciclados serão encaminhados à usina de triagem.

8.4 Incentivo à população

Para garantir o funcionamento do Programa, os órgãos responsáveis poderão dar um incentivo à população através de prêmios para quem aderir ao Programa 3R's, como descontos no IPTU (Imposto Predial e Territorial Urbano).

Deverá funcionar da seguinte maneira:

- Um ano tem aproximadamente 50 semanas, se dentre essas 50 semanas, o morador responsável tiver contribuído com pelo menos 30 semanas disponibilizando os recicláveis para coleta, o mesmo terá desconto de até 07% no seu IPTU.
- Quando o caminhão passar recolhendo os reciclados terá dois funcionários responsáveis pela fiscalização para fazer a contagem de quantas semanas as moradias disponibilizaram os recicláveis para a coleta.

Outra maneira de incentivo é trocar lixo reciclável por material escolar, que além de ajudar na preservação do meio ambiente também será um incentivo à

educação. Outro exemplo é a troca de pneus, que contribuiu para reduzir os casos de doenças como a dengue.

8.5 Multas

Não é permitido a aplicação de multas ou penalidades a quem não aderir ao Projeto dos 3R's, sendo permitida apenas a política de incentivo.

9 DIMENSIONAMENTO DO ATERRO SANITÁRIO

Para o desenvolvimento do projeto foi considerado que o município realizou os estudos necessários para a escolha do local de implantação do aterro sanitário. Sendo a área escolhida situada anexa ao local onde atualmente encontra-se o lixão, o qual terá suas atividades encerradas.

Será feita a recuperação ambiental da área. Um sistema de drenagem dos gases será instalado e após isto, será promovido o plantio de espécies nativas da região, que possuam raízes mais curtas, ou seja, uma vegetação arbustiva/rasteira.

9.1 Características do local

9.1.1 Localização

O aterro sanitário a ser instalado no município de Tiros/MG, fica distante de 7 Km do centro da cidade, na fazenda Bom Jardim, latitude $18^{\circ} 59'10''$ S e longitude $45^{\circ} 56'49''$ W, sob licença ambiental nº 01021/2016 e lei de adequação nº 12.305/10 (figura 8). (1)

Figura 10 – Área de implantação do aterro sanitário da cidade de Tiros-MG



Fonte: (40)

Segundo o PMSB de Tiros, a área reservada para o aterro ocupa 8,0 hectares, o acesso ao local se dá por meio de uma estrada vicinal, que apesar de não possuir pavimentação asfáltica se mantém em boas condições de tráfego. (1)

Os corpos d'água existentes mais próximos são o Córrego da Pindaíba e o Córrego dos Tiros, ambos localizados a mais de 300 metros de distância do local, conforme indicado pela Deliberação Normativa Copam 118/2008. (44)

A área do entorno do aterro é composta de fazendas, com atividades voltadas para a agricultura, principalmente o cultivo de grãos e cereais. (1)

9.1.2 Características físicas da região

O relevo da região é caracterizado por superfícies onduladas, contendo vales planos e áreas montanhosas, com altitude de 1.050 m em relação ao nível do mar. Possui vegetação típica do cerrado mineiro e geologia apresentando formações Cretáceas e Cenozoicas, fazendo parte do planalto do São Francisco, constituído por rochas sedimentares. (1)

9.1.3 Clima da região

Segundo Silva (2016), os fatores climatológicos interferem diretamente na quantidade de lixiviado gerado no aterro, como também no dimensionamento do sistema de drenagem e tratamento. (41)

Assim, conforme dados levantados pelo PMSB do município, as temperaturas variam entre 23°C e 30°C no verão e 16°C e 21°C no inverno, com clima predominantemente tropical. A precipitação média anual é de 1383mm, sendo os meses mais chuvosos de novembro a abril e o período de seca de maio a outubro. (1)

9.2 Características dos RSU's coletados no município

Os principais resíduos sólidos coletados têm origem domiciliar, comercial e de varrições de vias públicas e poda. Estes resíduos são classificados como Resíduos de Classe II – Não Inertes e Inertes, sendo não perigosos. (1)

O lixo gerado pela indústria é recolhido e separado pela própria empresa e posteriormente é vendido ou reciclado para particulares. Os resíduos de construção civil são coletados através de caçambas e despejados na fazenda Aroeira (latitude 19° 0.38' 58" S e longitude 45° 58' 37.03" W, correspondendo a 20 caçambas por mês. (1)

Resíduos como pneus são devolvidos para o fabricante, enquanto os recipientes de pesticidas utilizados nas lavouras são devolvidos nos postos de recebimento de embalagens vazias do sistema campo limpo. (1)

Quanto aos resíduos provenientes da área de saúde, a coleta ocorre quinzenalmente, por uma empresa terceirizada. Em média, são recolhidos 150 kg/mês desse tipo de rejeito, que são transportados para o município de Lavras-MG, onde passam por tratamento térmico. (1)

9.3 Volume de RSU gerado

Foi realizado um levantamento de dados sobre a coleta de resíduos urbanos, com a colaboração da empresa responsável pela coleta de lixo em Tiros, obtendo-se as seguintes informações (tabela 2).

Tabela 3 – Coleta média de RSU realizada no mês de Abril de 2019

<i>Dias em que foram realizadas as coletas</i>	<i>Quantidade de dias</i>	<i>RSU coletado por dia em Kg</i>	<i>Total de RSU coletado</i>
Segunda-feira	5	12.360,00	61.800,00
Terça-feira	5	2.400,00	12.000,00
Quarta-feira	4	6.540,00	26.160,00
Quinta-feira	4	2.400,00	9.600,00
Sexta-feira	4	6.540,00	26.160,00
Sábado	4	3.820,00	15.280,00

Fonte: Autores (2019)

Analisando os dados tem-se que o total de resíduos coletados no mês foi de 151.000,00 kg, para uma população urbana estimada de 4.815 habitantes, o volume coletado por habitante mês de 31,360 kg. Sendo a coleta per capita diária igual a 1,045 Kg.

9.4 Características do aterro a ser dimensionado

De acordo com a Deliberação normativa Copam 217/2017, caracterizando o município pelo potencial degradador em relação à quantidade de lixo produzida, o aterro de Tiros é classificado como sendo de pequeno porte. (42)

Segundo a resolução 404/2008 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, são considerados aterros sanitários de pequeno porte aqueles que possuam uma disposição de no máximo 20 toneladas de resíduos sólidos por dia. Considerando que o volume médio de resíduos coletados no município é de aproximadamente 13 toneladas, confirma-se o enquadramento como sendo de pequeno porte. (43)

A resolução CONAMA nº 404/2008 exige que para a implantação deste porte de aterro, a área utilizada garanta um tempo de vida útil superior a 15 anos. Sendo assim, consideraremos um tempo de vida útil de 20 anos para o dimensionamento do aterro. (43)

9.5 Estimativa do volume de RSU a ser depositado no aterro sanitário

Para o cálculo do volume de resíduos que será depositado no aterro sanitário foram considerados, além do tempo de vida útil de 20 anos, uma população de 6.836 habitantes, estimada segundo a taxa de crescimento anual de -0,122%, conforme o PMSB de Tiros. O volume produzido de RSU atualmente de 1,045 Kg/hab./dia, sendo que para cada 800 kg, temos 1 m³ de lixo (baseado em dados empíricos).

Como a taxa de habitantes decresce e sofre oscilação, após estudos e análises do PMSB do município, para uma maior segurança, foram adotados o mesmo volume de resíduos gerado ao longo do tempo de vida útil e o mesmo número de habitantes, obtendo-se um valor diário de 9 m³ de rejeitos a serem depositados no aterro.

Fazendo a relação deste volume obtido durante os 20 anos de vida útil do aterro obtém-se um volume total de 65.700 m³.

9.6 Estética do aterro sanitário controlado

Para comportar o volume de rejeitos produzido pela população tirense, o aterro possuirá dois patamares, seguindo as características expostas na tabela 3.

Tabela 4 – Características dos patamares do aterro sanitário controlado

<i>Patamar</i>	<i>Capacidade em porcentagem</i>	<i>Capacidade em m³</i>	<i>Comprimento/Largura /Altura</i>
1º	60	40.000	100x100x4
2º	40	25.700	80x80x4

Fonte: Autores (2019)

Assim, a largura de pista para tráfego de máquinas é de 20 metros, trabalhando com folga, a fim de que se tenha uma maior segurança e melhor qualidade no que se refere ao plantio de vegetação ao longo do talude.

9.7 Impermeabilização

O sistema de impermeabilização foi escolhido levando em consideração o tamanho do aterro, bem como o tempo de vida útil.

No sistema de impermeabilização de fundo será empregado uma camada de argila compactada de 60 cm, conforme a configuração ilustrada na figura 9, sendo esta, compactada em camadas de 20 em 20 cm. (41)

Figura 11 – Esquema da configuração da camada de fundo



Fonte: (41)

Após, será implantada uma geomembrana de PEAD (Polietileno de Alta Densidade) com 2 mm de espessura, devidamente justaposta sobre a argila compactada e ancorada nas bordas. Para a proteção desta, será colocada uma camada de 20 cm de solo sobre o PEAD, ilustrado na figura 10. (46)

Figura 12 – Disposição da camada de solo protetor sobre PEAD



Fonte: (46)

Antes da execução da impermeabilização inferior, deverá ser executada a regularização do terreno (terraplanagem e retirada de matéria-prima).

Após o fechamento do aterro sanitário, será implantada uma camada de 60 cm de argila devidamente compactada (camadas de 20 em 20 cm de espessura), seguida de uma camada vegetal. A revegetação é de fundamental importância, uma vez que diminuiu a quantidade de água infiltrada no aterro, protegendo-o contra a erosão. Porém, a vegetação utilizada deve ser resistente e não possuir raízes profundas. (41)

9.8 Drenagem do lixiviado

Para estimar a vazão, foram adotados os seguintes dados:

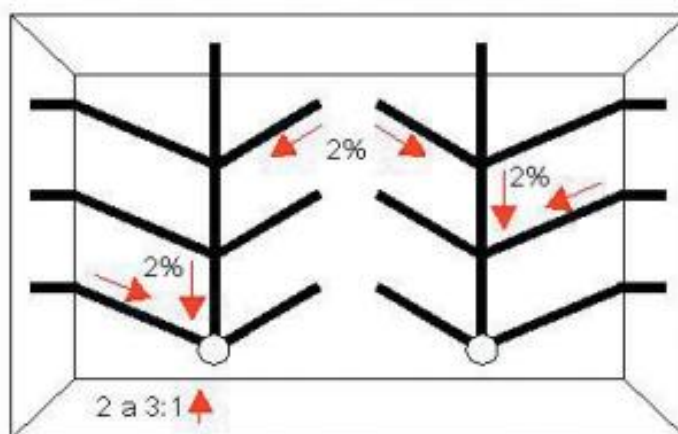
- Área do Aterro: $100 \times 100 + 4 \times 4 \times 100 = 11.600 \text{ m}^2$

- Precipitação anual: 123 mm X 12 meses = 1476 mm
- Coeficiente de segurança: 0,30

Assim, obtém-se uma vazão média de 0,163 l/s de percolado gerado pelo aterro sanitário.

Para a drenagem, será utilizado o sistema espinha de peixe (figura 12) onde o líquido flui por gravidade. Tal sistema será executado com a perfuração de valas preenchidas com brita nº 3 e com uma declividade de 2%.

Figura 13 – Esquema de drenagem tipo espinha de peixe



Fonte: (49)

Para a condutividade hidráulica, será considerado K equivalente a 0,45 segundo a tabela 5, relacionando o meio drenante utilizado citado anteriormente (brita nº3).

Tabela 5 – Condutividade hidráulica

Material ou Meio Drenante	Permeabilidade K (m/s)
Brita nº 5 (75-150 mm)	1,00
Brita nº 4 (50-75 mm)	0,80
Brita nº 3 (38-50 mm)	0,45
Brita nº 2 (25-38 mm)	0,25
Brita nº 1 (19-25 mm)	0,15
Brita 0 e pedrisco (9,5-19 mm)	0,50
Areia grossa (4,8-6,3 mm)	0,01 a 10 ⁻³

Fonte: (49)

Considerando a vazão do aterro igual a $0,163 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ e um gradiente hidráulico equivalente à declividade ($2\%=0,02$), a área da seção transversal será de $181,11 \text{ cm}^2$. Adotando uma seção quadrada, têm-se os lados da seção iguais a 14 cm.

Serão adotados 3 sistemas de drenagem, possuindo um dreno principal de dimensão $30 \times 30 \text{ cm}$ e 4 drenos secundários de $20 \times 20 \text{ cm}$, interligados com uma abertura de 45° . Estes valores foram determinados de forma a atender as exigências construtivas. (41)

O lixiviado drenado será captado e conduzido à estação de tratamento de esgoto (ETE) do município.

9.9 Drenagem pluvial

Assim, considerando que o patamar superior do aterro possui dimensões 80×80 , sua área de contribuição será de 6.400 m^2 . Para o coeficiente de escoamento superficial, será adotado o valor de 0,6 pois o sistema de drenagem pluvial será implantado juntamente com a camada de cobertura e considerar-se-á o solo argiloso, com declividade de 2%. (41)

Para a intensidade da chuva crítica, foi utilizado o valor de $i=269 \text{ mm/h}$, considerando que não há equações de chuva intensa disponível para a região. (50)

Após a determinação dos valores de coeficiente de escoamento superficial (C), intensidade da chuva crítica (i) e área contribuinte (A), a vazão de águas de chuva encontrada é de $0,29 \text{ m}^3/\text{s}$.

Considerando a vazão de $0,29 \text{ m}^3/\text{s}$, adotando o coeficiente de permeabilidade do colchão com o valor de 1 m/s e uma declividade do talude de 50%, resultando em um gradiente hidráulico de 0,5, a espessura y equivale a 29 cm.

Portanto, serão instalados colchões do tipo Reno na superfície do aterro, possuindo largura fixa de 2,00 m e espessura de 29 cm. Estes por sua vez, serão preenchidos com granulometria de 50 a 90% de partículas, o que corresponde a 85 mm e 95 mm respectivamente. A malha utilizada para o revestimento será do tipo 6x8 com diâmetro de 2,00 mm.

Na base dos colchões, serão aplicadas mantas PEAD a fim de que a água do sistema de drenagem não entre em contato como o solo do aterro. (41)

9.10 Drenagem dos gases

A drenagem dos gases provenientes da decomposição dos resíduos dispostos no aterro sanitário controlado requer a estimativa da quantidade gerada, porém, não existem modelos de cálculos comprovados para este devido fim. Portanto, o sistema de drenagem do gás será constituído de forma empírica, baseado nas diretrizes de normas e literatura sobre o assunto.

O sistema será constituído de 9 tubos circulares verticais de concreto, dispostos com espaçamento de no máximo 25 m. Os drenos terão diâmetro de 0,30 m, revestidos com pedras do tipo rachão. A altura final de cada dreno será de 50 centímetros acima da cota final prevista para o aterro no ponto indicado. Este sistema deverá ser ligado ao sistema de drenagem de lixiviado. (41)

10 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo apresentou os RSUs e os problemas causados pela geração e não destinação correta, ressaltando a importância da coleta seletiva, a implantação do sistema 3 R's e a consolidação do aterro sanitário controlado como ponto de disposição final dos resíduos sólidos. Foi apresentado um projeto de educação para a população, o "Projeto 3 R'S", realizado o dimensionamento do aterro sanitário, bem como dos sistemas de impermeabilização e drenagem com base em normas, deliberações e dados fornecidos pelo PMSB do município.

A problemática é o lixo gerado e a fonte do problema nada mais é do que a população. De nada adianta um aterro bem estruturado se o problema não for corrigido na fonte, por isso é fundamental a conscientização da população.

REFERÊNCIAS

- 1 Tiros. **Plano Municipal de Saneamento Básico de Tiros**. Tiros: Prefeitura Municipal, 2014.
- 2 ICLEI, Governos locais pela sustentabilidade. **Resíduos Sólidos: Conceitos e Tipos de Resíduos**. Disponível em: <http://www.iclei.org.br/residuos/site/?page_id=349>. Acesso em: 14 jun. 2019.
- 3 GEO REFERÊNCIA. **Brasil produz mais lixo, mas não avança em coleta seletiva**. 2018. Disponível em: <<http://portalgeoreferencia.com.br/noticias/2018/09/brasil-produz-mais-lixo-mas-nao-avanca-em-coleta->>>. Acesso em: 14 jun. 2019.
- 4 GOVERNO FEDERAL. Ministério do Meio Ambiente. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos**. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/estruturas/253/_publicacao/253_publicacao02022012041757.pdf>. Acesso em: 30 abr. 2019.
- 5 BRASIL. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Disponível em: <www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 02 jun. 2019.
- 6 TAVARES, Fernanda Gláucia Ramos; TAVARES, Heloany Suelen Picanço. **Resíduos sólidos domiciliares e seus impactos socioambientais na área urbana de Macapá-AP**. 2014. UNIFAP, Macapá.
- 7 BRASIL. **Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007**. Disponível em: <www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm>. Acesso em: 26 maio 2019.
- 8 BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Coleta Seletiva**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/catadores-de-materiais-reciclaveis/reciclagem-e-reaproveitamento.html>>. Acesso em: 29 abr. 2019.
- 9 SUÇUARANA, M. S. **Coleta seletiva**. Disponível em: <<https://www.infoescola.com/ecologia/coleta-seletiva/>>. Acesso em: 02 maio 2019.
- 10 VERDE, P. **Saiba como funciona uma cooperativa de reciclagem**. 2014. Disponível em: <<https://www.pensamentoverde.com.br/reciclagem/saiba-funciona-cooperativa-reciclagem/>>. Acesso em: 05 jun. 2019.
- 11 BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE-CONAMA. **Resolução CONAMA nº 275, de 25 de abril de 2001**. Disponível em: <www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=273>. Acesso em: 29 abr. 2019.

12 TERA. **Separação do lixo: 8 coisas que você provavelmente não sabe.** 2016. Disponível em: <<https://www.teraambiental.com.br/blog-da-tera-ambiental/separacao-do-lixo-8-coisas-que-voce-provavelmente-nao-sabe>>. Acesso em: 05 jun. 2019.

13 LAYRARGUES, Philippe Pomier. **O cinismo da reciclagem: o significado ideológico da reciclagem da lata de alumínio e suas implicações para a educação ambiental 1.** Disponível em: <https://lieas.fe.ufrj.br/download/artigos/ARTIGO-CICLISMO_RECICLAGEM-2016.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2019.

14 CORREIO NAGO. **Sustentabilidade e os 3 R's.** Disponível em: <<https://correionago.com.br/portal/sustentabilidade-e-os-3-r-2/>>. Acesso em: 16 jun. 2019.

15 FONTELE, Bené. **Revista Brasileira de Educação Ambiental.** 2007. Rede brasileira de educação ambiental, Brasília.

16 UNKNOWN. **Tipos de Hortas.** Disponível em: <<http://hortlifemh.blogspot.com/2013/06/tipos-de-hortas.html>>. Acesso em: 16 jun. 2019.

17 NASCIMENTO, Izabela Rios do. **Recolhimento de embalagens pela indústria através de um programa de educação ambiental.** Estudo de caso. 2010. VI Congresso Nacional de Excelência em Gestão. Disponível em: <http://www.inovarse.org/sites/default/files/T10_0239_1108_3.pdf>. Acesso em: 16 jun. 2019.

18 RODRIGUES, Daniela Carolina. **Proposição de um plano de gerenciamento de resíduos sólidos para o centro integrado de operação e manutenção da Casan (CIOM).** Trabalho de Conclusão de Curso. 2015. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. Disponível em: <<http://gestaoderesiduos.ufsc.br/files/2016/04/TCC-2015-2-Daniela-Carolina-Rodrigues.pdf>>. Acesso em: 03 jun. 2019.

19 IBAM (Org.). **Manual Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos.** 2001. Disponível em: <<http://www.resol.com.br/cartilha4/manual.pdf>>. Acesso em: 01 jun. 2019.

20 RECICLOTECA. **Orgânicos: definição, composto e como fazer a compostagem.** Disponível em: <<http://www.recicloteca.org.br/material-reciclavel/organicos/>>. Acesso em: 03 jun. 2019.

21 CAMPOS, Karina. **O que é compostagem e como fazê-la em casa.** 2018. Disponível em: <<https://revistagloborural.globo.com/Noticias/Sustentabilidade/noticia/2018/02/o-que-e-compostagem-e-como-faze-la-em-casa.html>>. Acesso em: 01 jun. 2019.

22 PORTAL SÃO FRANCISCO (Comp.). **Incineração do Lixo.** Disponível em: <<https://www.portalsaofrancisco.com.br/meio-ambiente/incineracao-do-lixo>>. Acesso em: 02 jun. 2019.

23 CORSINI, Rodnei. **Equipamentos Públicos: Usina para incineração de resíduos sólidos.** 2013. Disponível em: <<http://infraestruturaurbana17.pini.com.br/solucoes-tecnicas/28/3-geracao-de-energia-por-incineracao-de-lixo-saiba-291153-1.aspx>>. Acesso em: 01 jun. 2019.

24 MACHADO, Gleysson B. **Usina de queima de lixo – Incineradores ou Usinas Verdes.** 2013. Disponível em: <<https://portalresiduossolidos.com/usina-de-queima-de-lixo-incineradores-ou-usinas-verdes/>>. Acesso em: 02 jun. 2019.

25 AMBIENTAL. **Formas de Tratamento e Destinação dos Resíduos Sólidos.** Disponível em: <<https://www.ambiental.sc/saiba-mais/formas-de-tratamento-e-destinacao-dos-residuos-solidos/>>. Acesso em: 01 jun. 2019.

26 SENADO FEDERAL. **Lixões a céu aberto voltam a ser discutidos no Senado**
Fonte: Agência Senado. Disponível em: <<https://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2016/07/29/lixoes-a-ceu-aberto-voltam-a-ser-discutidos-no-senado>>. Acesso em: 13 set. 2019.

27 SASAKI, Fábio. **O problema dos lixões no Brasil.** 2017. Disponível em: <<https://guiadoestudante.abril.com.br/blog/atualidades-vestibular/o-problema-dos-lixoes-no-brasil/>>. Acesso em: 01 jun. 2019

28 ABRELPE. **Roteiro para encerramento de lixões.** Disponível em: <<http://abrelpe.org.br/roteiro-para-encerramento-de-lixoes/>>. Acesso em: 02 jun. 2019.

29 PORTAL RESÍDUOS SÓLIDOS (Org.). **Disposição Final Ambientalmente Adequada de Rejeitos.** 2013. Disponível em: <<https://portalresiduossolidos.com/disposicao-final-ambientalmente-adequada-de-rejeitos/>>. Acesso em: 02 jun. 2019.

30 DINÂMICA AMBIENTAL. **Saiba como funciona um aterro controlado.** 2014. Disponível em: <<https://www.dinamicambiental.com.br/blog/sem-categoria/saiba-funciona-aterro-controlado/>>. Acesso em: 02 jun. 2019.

31 VIASOLO. **Aterro controlado.** Disponível em: <<http://www2.viasolo.com.br/?sustentabilidade=educacao-ambiental/valorizacao-de-residuos/aterro-controlado>>. Acesso em: 03 jun. 2019.

32 GIMENES, Erick; HISING, Ederson. **Aterros sanitários, aterros controlados e lixões: entenda o destino do lixo no Paraná.** 2017. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/biogas/2017/08/01/aterros-sanitarios-aterros-controlados-e-lixoes-entenda-o>>. Acesso em: 03 jun. 2019.

33 PORTAL RESÍDUOS SÓLIDOS (Org.). **Como funciona um Aterro Sanitário.** 2017. Disponível em: <<https://portalresiduossolidos.com/como-funciona-um-aterro-sanitario/>>. Acesso em: 03 jun. 2019.

- 34 UNESP. **Formas de disposição de resíduos:** aterro sanitário. Disponível em: <<https://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/residuos/res13.html>>. Acesso em: 03 jun. 2019.
- 35 FERRAZ, João de Souza. **Aterros Sanitários.** 2015. Disponível em: <<http://emefjoaodesouzaferraz.blogspot.com/2015/11/aterros-sanitarios.html>>. Acesso em: 03 jun. 2019.
- 36 TODA MATÉRIA. **Aterro Sanitário.** Disponível em: <<https://www.todamateria.com.br/aterro-sanitario/>>. Acesso em: 03 jun. 2019.
- 37 MUNDO EDUCAÇÃO. **Política dos 3R's.** Disponível em: <<https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/geografia/politica-dos-3rs.htm>>. Acesso em: 16 ago. 2019.
- 38 VIEIRA, Lia. **A política dos 3RS.** Disponível em: <<https://www.estudokids.com.br/politica-dos-3rs/>>. Acesso em: 14 ago. 2019.
- 39 IBGE. **Tiros.** Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/tiros/panorama>>. Acesso em: 19 ago. 2019.
- 40 GOOGLE MAPS [Área de Implantação do Aterro Sanitário da cidade de Tiros]. Disponível em: <<https://www.google.com/maps/@-18.98514,-45.94979,2744m/data=!3m1!1e3>>. Acesso em: 13 set. 2019.
- 41 SILVA, Karine Trajano da. **Projeto de um aterro sanitário de pequeno porte.** Monografia. 2016. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10015922.pdf>>. Acesso em: 01 set. 2019.
- 42 BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. **Resolução CONAMA nº 404, de 11 de novembro de 2008.** Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=8931>>. Acesso em: 08 set. 2019.
- 43 MINAS GERAIS. Conselho estadual de política ambiental – COPAM. **Deliberação Normativa Copam nº 217, de 06 de dezembro de 2017.** Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=45558>>. Acesso em: 08 set. 2019.
- 44 MINAS GERAIS. Conselho estadual de política ambiental – COPAM. **. Deliberação Normativa COPAM nº118, 27 de junho de 2008.** Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=7976>>. Acesso em: 13 set. 2019.
- 45 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13896:** Aterros de resíduos não perigosos - Critérios para projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, 1997.

46 SOLUÇÕES INDUSTRIAIS. **Impermeabilização de aterro sanitário**. Disponível em:

<https://www.solucoesindustriais.com.br/empresa/instalacoes_e_equipamento_industrial/tecnoplas/produtos/servicos/impermeabilizacao-de-aterro-sanitario>. Acesso em: 22 set. 2019

47 PORTAL RESÍDUOS SÓLIDOS (Org.). **O Aterro Sanitário de Bremen**. Disponível em:

<https://portalresiduossolidos.com/page/42/?p=%3C%3Fphp%20the_ID%28%29%3B%20%3F%3E&fb_comment_id=1866961183327057_1872625139427328>. Acesso em: 22 set. 2019.

48 UFSM (Org.). **Estimativa da geração de lixiviados em aterros sanitários**. Disponível em: <<http://jararaca.ufsm.br/websites/ces/download/A12.pdf>>. Acesso em: 23 set. 2019.

49 CANTANHADE, Álvaro L.G.; LANGE, Liséte C.; TEIXEIRA, Eglé Novaes. **Resíduos sólidos: projeto, operação e monitoramento de aterros sanitários**. 2008. Guia do profissional em treinamento. Nível 2, Belo Horizonte.

50 CLIMATEMPO. **Climatologia: Tiros MG**. Disponível em: <<https://www.climatempo.com.br/climatologia/4071/tiros-mg>>. Acesso em: 20 out. 2019.

51 MACCAFERRI. **Revestimento de canais e cursos d'água**. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/cls/catalogos/maccaferri/revestimento_de_canais_e_cursos_de_agua.pdf>. Acesso em: 25 nov. 2019.

DECLARAÇÃO DE AUTORIZAÇÃO

Autoriza-se a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada à fonte.

Faculdade Patos de Minas – Patos de Minas, 13 de novembro de 2019.

Caroline Rodrigues Amaral

Edilson José Clemente Pereira

Glaysdon de Oliveira Godinho

Rafaela Lizandra Pereira

Willyder Leandro Rocha Peres