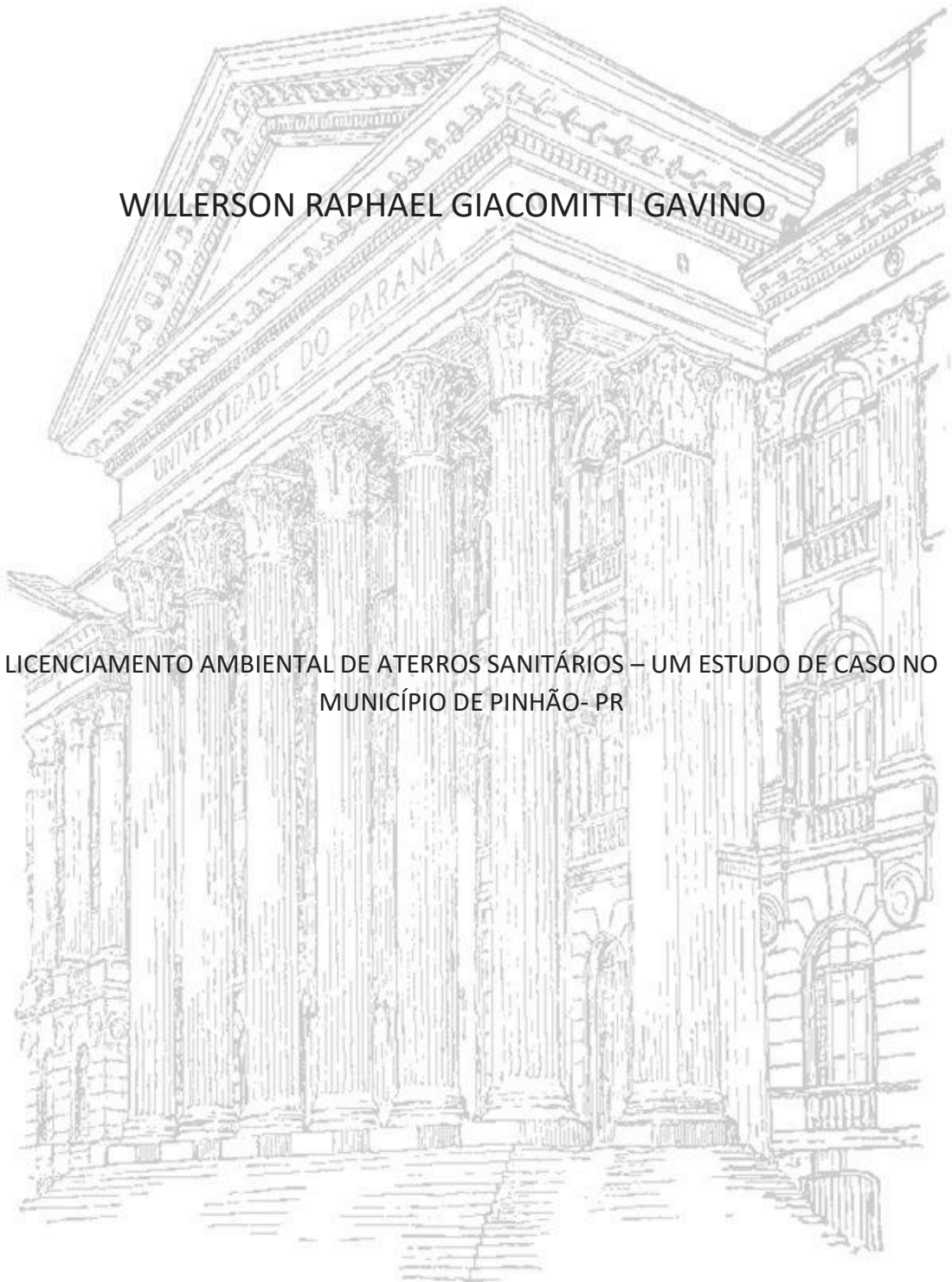


**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ - UFPR**

**WILLERSON RAPHAEL GIACOMITTI GAVINO**

**LICENCIAMENTO AMBIENTAL DE ATERROS SANITÁRIOS – UM ESTUDO DE CASO NO  
MUNICÍPIO DE PINHÃO- PR**



**CURITIBA**

**2018**

WILLERSON RAPHAEL GIACOMITTI GAVINO

LICENCIAMENTO AMBIENTAL DE ATERROS SANITÁRIOS – UM  
ESTUDO DE CASO NO MUNICÍPIO DE PINHÃO-PR

Trabalho apresentado como requisito parcial à obtenção do grau de MBA em Gestão Ambiental no curso de pós-graduação em Gestão Ambiental, Departamento de Economia Rural e Extensão, Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Dr. Eduardo Felga Gobbi

Coorientadora: Ms. Valéria de Cássia Macedo

Curitiba  
2018



## RESUMO

O referido trabalho propõe soluções técnicas para viabilizar a disponibilização de resíduos sólidos gerados no município. A alternativa proposta é a implementação de um Aterro Sanitário que será responsável por confinar os resíduos gerados no decorrer dos próximos 15 anos. O Aterro Sanitário é um método de tratamento e disposição final de resíduos sólidos que é embasado em princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos à menor área possível e reduzi-los ao menor volume permissível. Esta técnica de disposição final de resíduos consiste no aterramento diário de resíduos sólidos, cobrindo os mesmos ao final de cada jornada de trabalho com uma camada de terra. Durante o processo de confinamento, parte dos resíduos são biodegradados por microrganismos presentes. Este processo de biodegradação gera gases, os quais devem ser coletados e tratados (queimados). Nos dias em que ocorre precipitação, a água da chuva percola pelos resíduos e acaba se tornando contaminada, devendo ser coletados e tratados os líquidos percolados, mitigando seus efeitos adversos sobre o meio ambiente. O presente trabalho, portanto, busca identificar os principais passivos ambientais decorrentes da implantação de um aterro sanitário, tendo como objeto de análise um estudo de caso do processo de licenciamento de um aterro sanitário no município de Pinhão-PR. Foi proposto o método de aterramento em trincheiras para confinar os resíduos, o um sistema de Lagoas de Estabilização para o tratamento de lixiviados.

Palavras-chave: Aterro, resíduos, lixiviado, biodegradação.

## ABSTRACT

The referring study comes up with technical solutions to make viable the availability of generated solid waste into the city. The proposed alternative is the implantation of a Landfill that will be responsible for restricting the generated waste within 15 years. The Landfill is a treatment method and it is the final destination of solid wastes which is based on engineering principles to restrict the solid wastes to smallest possible area and to reduce them to the smallest permissible volume. This final destination technique consists in solid wastes daily landfill covering them with an earth layer at the end of each working day. During the confinement process, part of the wastes are biodegraded by microorganisms. This biodegradation process generates gases, which must be collected and treated (burned). In precipitation days, the rain water percolates through the wastes and it ends up contaminated, and the percolated liquid must be collected and treated, mitigating its adverse effects on the environment. The present study, therefore, aims to identify the main environmental passives arising from a Landfill implantation, with the aim of analysing a case study of a Landfill licensing in the City of Pinhão - PR. The method of landfill in trenches was proposed to confine the wastes, the Stabilization Lagoon for the leached treatment.

Key-words: Landfill, waste, leached, biodegradation.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	3
2. OBJETIVOS.....	6
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	7
3.1 Dados do município.....	7
3.2 Dados sobre a geração de resíduos no município.....	8
3.3 Dados sobre o terreno de implantação do aterro.....	9
3.4 Equações utilizadas no sistema de drenagem de lixiviado.....	10
3.5 Equações utilizadas no sistema de drenagem pluvial.....	10
3.6 Equações utilizadas no sistema de tratamento de lixiviado.....	12
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	14
4.1 Dados do município.....	14
4.2 Situação da gestão de resíduos no município.....	15
4.3 Dados sobre os resíduos gerados no município.....	15
4.4 Dados sobre o terreno de implantação do aterro.....	17
4.5 Medidas de controle dos passivos ambientais.....	20
4.5.1 Impermeabilização de fundo.....	20
4.5.2 Impermeabilização de cobertura.....	20
4.5.3 Manejo de lixiviados.....	20
4.5.4 Drenagem de gases.....	23
4.5.5 Drenagem pluvial.....	23
4.6 Acessos.....	24
4.7 Isolamento da área.....	25
4.8 Monitoramento ambiental.....	25
4.8.1 Monitoramento de águas subterrâneas.....	25
4.8.2 Monitoramento de lixiviado.....	25
4.9 Uso futuro da área.....	26
4.10 Relação de documentos e exigências do IAP.....	26
4.10.1 Critérios de implantação de um aterro sanitário.....	26
4.10.2 Relação de documentos para requisição da LP.....	27
4.10.3 Relação de documentos para requisição da LI.....	28
4.10.4 Relação de documentos para requisição da LO.....	29
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	30
6. REFERÊNCIAS.....	31

## 1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento das cidades traz consigo uma gama variada de impactos ambientais, dentre eles, se destaca a geração de resíduos sólidos urbanos, os quais demandam coleta, transporte, acondicionamento, tratamento e disposição final adequada, previstos em lei.

No Paraná a Lei nº 12.493/99 estabelece princípios, procedimentos, normas e critérios referentes à geração, bem como à destinação final adequada dos resíduos, e para se adequar à legislação nacional instituída pela Lei nº 12.305/10, o Estado do Paraná criou o Programa Estadual de Resíduos Sólidos, denominado Paraná Resíduos e instituído pela Lei 19.261/17, de modo a atender as diretrizes da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e estabelecer outras providências.

A Lei Estadual 12.493/99 em seu Art. 14 já previa a proibição de lançamento de resíduos in natura a céu aberto, e em 2010 a PNRS estabeleceu um prazo de 4 anos para adequação de todos os municípios do país. Visto que a maioria dos municípios do estado não se ajustaram às demandas da legislação, o Programa Paraná Resíduos fomentou a criação do Plano Estadual de Resíduos Sólidos (PERS-PR) que visa uma gestão integrada de todos os tipos de resíduos gerados no estado.

Atualmente, o procedimento mais simples e barato para confinar e tratar os resíduos sólidos urbanos (RSU) é o aterro sanitário. Muito difundido em países menos desenvolvidos, particularmente no Brasil, devido à sua grande disponibilidade de espaço.

De acordo com a NBR 8419/92, o aterro sanitário é um método viável, no qual baseando-se em princípios de engenharia e normas operacionais específicas, permite uma confinamento segura dos resíduos, no quesito controle da poluição (ABNT, 1992).

Apesar de o aterro sanitário propor uma solução segura para o tratamento dos resíduos, esta técnica gera subprodutos de relevante impacto ambiental, tais como o lixiviado e o biogás, os quais demandam drenagem, coleta, condução e tratamento adequados, de modo a mitigar, ou impedir danos ao solo, ar, águas subterrâneas e superficiais.

Os subprodutos formados no processo de confinamento dos resíduos sólidos urbanos em aterros sanitários podem causar inúmeros impactos ambientais. Os efluentes gasosos gerados durante o processo de biodegradação dos resíduos apresentam elevada capacidade degenerativa sobre o meio ambiente, principalmente no que se refere ao

aquecimento global, tendo em vista que os principais gases gerados ( $\text{CO}_2$  e  $\text{CH}_4$ ) são os principais contribuintes para o fenômeno.

Outro subproduto de importância ambiental é decorrente da percolação da água da chuva que integra a umidade natural dos resíduos e forma o lixiviado, um efluente altamente tóxico que demanda um tratamento adequado, visando diminuir seus efeitos deletérios sobre o meio ambiente.

O lixiviado, se disposto incorretamente sem tratamento, compromete a qualidade dos recursos hídricos, e, por conseguinte seus usos. Este efluente apresenta cor escura, odor desagradável, alta carga orgânica e inorgânica, além de composição química e microbiológica complexa (KJELDSEN et al, 2002).

Renou et al (2009) apontam que o lixiviado de aterro sanitário é um líquido de elevada carga orgânica, com presença de sais inorgânicos como cloretos, sulfetos, carbonatos, amônia, além de compostos halogenados e metais pesados.

As características físico-químicas do lixiviado estão diretamente ligadas às características do próprio local, sendo influenciadas pela natureza do aterro, tipo de resíduos, balanço hídrico, operação e idade do aterro (LEMA et al, 1988).

A idade do aterro apresenta aspectos bem específicos, Souza (2005) descreveu as fases de degradação ocorridas no aterro, cada uma com sua peculiaridade. Portanto, em cada fase, a geração de lixiviado terá suas características próprias. Lopez et al (2004) simplificam a classificação de um lixiviado em jovem e maduro, onde o chorume jovem apresenta uma alta concentração de DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio), ao passo que, no decorrer da maturação do aterro, essa DBO cai consideravelmente, porém a DQO (Demanda Química de Oxigênio) se mantém relativamente constante (KJELDSEN et al, 2002), tendo um aumento significativo da fração fúlvica com a idade do aterro (CHIAN, 1977).

O tratamento biológico, apesar de apresentar boa remoção de compostos biodegradáveis, apresenta uma deficiência no que diz respeito à remoção de compostos persistentes no meio, os quais apresentam uma resistência à degradação de forma biológica, a qual ocorre de forma muito lenta.

O tratamento biológico é indicado para aterros jovens, cuja fração orgânica do lixiviado é composta principalmente de ácidos graxos voláteis, estando presente ainda muita matéria orgânica putrescível, passível de degradação por microrganismos. Porém, com o aumento da idade do aterro, a concentração de compostos recalcitrantes também aumenta, diminuindo a efetividade do tratamento. Sendo necessária uma etapa adicional

de tratamento físico-químico (RAUTENBACH e MELLIS, 1994).

Tendo em vista que o município não dispõe de grandes quantidades de recursos e que há pressa na implantação do aterro, inicialmente será proposto apenas um tratamento biológico, e caso futuramente o mesmo venha a se tornar deficiente, poderá ser implementado um sistema de tratamento físico-químico.

O tratamento proposto por este trabalho, portanto, é um Sistema de Lagoas de Estabilização, o qual consiste em um conjunto de 3 lagoas, sendo a primeira aeróbia, a segunda facultativa e a terceira de maturação, e ao final do processo, o efluente tratado será recirculado na trincheira, objetivando evitar seu descarte no meio ambiente, e aproveitando das características microbiológicas do mesmo para corroborar com o processo de degradação dos resíduos.

O sistema de aterramento proposto será pelo método de trincheiras, as quais receberão os resíduos diariamente, e ao final de cada jornada de trabalho serão adicionados à massa de resíduos uma cobertura de terra, visando comedir problemas sanitários tais como proliferação de microvetores como moscas e larvas, e macrovetores de doenças como urubus e cachorros, além de refrear a ação do vento sobre os resíduos, evitando seu espalhamento.

## **2. OBJETIVOS**

Identificar todas as demandas de documentos e de dimensionamentos de sistemas necessários para licenciar o aterro sanitário.

### 2.1. Objetivos específicos

- a) Identificar todos os documentos necessários para obter a licença prévia, a licença de implantação e a licença de operação.
- b) Dimensionar os sistemas de drenagem de gases e de drenagem de águas da chuva e de drenagem de percolados.
- c) Dimensionar o sistema de tratamento de líquidos percolados.

### 3. MATERIAS E MÉTODOS

O presente trabalho visa identificar todos os pontos necessários para implantação de um aterro sanitário em acordo com as normas e legislações vigentes, para tanto, serão discriminados as etapas e processos de implantação, bem como sua funcionalidade na mitigação dos impactos causados pela obra e operação do aterro.

Tendo em vista que o trabalho abordará as etapas e processos que envolvem o licenciamento de um aterro sanitário, o mesmo pode ser categorizado com um estudo do tipo descritivo, sendo utilizado o método de Estudo de Caso como metodologia para aprofundar a descrição da realidade do município objeto de estudo.

#### 3.1. Dados do município:

Localização:

O município de Pinhão fica localizado na região centro-sul do Paraná, a uma latitude de 25°41'44'' sul e a uma longitude de 51°39'35'' oeste, estando a uma altitude de 1041 metros.

População:

Os dados para projeção da população estimada para o período de funcionamento do aterro sanitário, bem como os dados populacionais atuais foram fundamentados no censo realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (Censo 2010).

No ano de 2010 o censo realizado pelo instituto obteve um resultado demográfico de 30.208 pessoas, dentre as quais 50,7% vivem na zona urbana, e os outros 49,3% da população vivem na zona rural. Através da mesma plataforma, foi possível presumir o crescimento da população até o ano de 2018, cujo valor populacional estimado é de 32.645 pessoas. Tendo como base ambos os dados populacionais do censo, de 2010 e 2018, foi realizada uma interpolação linear a fim de prever a Taxa de Crescimento Populacional (TCP) para os anos subsequentes em que estará em operação o aterro sanitário.

Para o cálculo da projeção populacional referente aos anos em que o aterro estará em operação, será utilizada a Equação 1 a seguir.

$$Y_p = \frac{(P_{2018} \times 100 - 100)}{P_{2010}} \times (1/7) \quad (\text{Eq. 1})$$

Em que:

$Y_p$  = Taxa de Crescimento Populacional (TCP)

$P_{2010}$  = População no ano de 2010

$P_{2018}$  = Projeção da população pra o ano de 2018.

Clima:

O município de Pinhão apresenta um clima quente e temperado, sendo classificado como Cfb (clima temperado com verão ameno) de acordo com Koppen e Geiger. A pluviosidade é significativa durante todo ano, não sendo comum épocas de secas ou de chuvas extremas. Mesmo Julho sendo o mês mais seco ainda assim apresenta uma pluviosidade bem considerável. Outubro é o mês mais chuvoso, e apresenta uma diferença média de 82mm em relação ao mês mais seco. A temperatura média anual do município é de 16,4°C, e a pluviosidade média anual gira em torno de 1761mm.

### 3.2. Dados sobre os resíduos gerados no município:

Atualmente o município vem gerando uma média de 13 toneladas de resíduos por dia, dos quais 2,5 toneladas estão sendo reciclados em uma unidade inserida nas imediações do aterro. Neste montante estão incluídos os resíduos comerciais, domiciliares e os resíduos gerados na varrição da cidade e podas de árvores.

Os resíduos de serviço de saúde (0,2 ton/dia) são coletados quinzenalmente por empresa terceirizada e especializada. Os resíduos de construção civil (2,8 ton/dia) são armazenados em caçambas estacionárias, e também destinados por empresas especializadas. Os resíduos industriais e perigosos (0,3 ton/dia) também são de responsabilidade do gerador, sendo os mesmos destinados em aterros industriais.

Para os cálculos dos volumes diários, mensais e anuais de resíduos que chegará ao aterro será utilizada a Equação 2 a seguir.

$$V = \frac{Pat \times q}{g} \quad (\text{Eq. 2})$$

Em que:

V = Volume de resíduos (m<sup>3</sup>)

Pat = População atendida pelo sistema de coleta de lixo (hab.)

q = Taxa de geração de lixo per capta (kg/hab.)

g = Taxa de compactação (kg/m<sup>3</sup>)

O método de Aterro Sanitário consiste na aplicação de técnicas de compactação diária dos resíduos, seguida do aterramento dos mesmos com solo do próprio local, ou ainda solo importado de outra jazida. Portanto, além do cálculo do volume de resíduos é necessário também considerar o volume de solo que será empregado no aterramento, e

consequentemente ocupará um volume na trincheira também, sendo encontrado na literatura um volume mínimo de 10% do total de volume dos resíduos.

Para o cálculo do volume total requerido para a trincheira será utilizada a Equação 3 a seguir.

$$V_{\text{Total}} = V_{\text{Resíduos}} \times 1,1 \quad (\text{Eq. 3})$$

De modo a se obter um conhecimento maior acerca dos resíduos que chegam ao aterro, e desta forma programar melhor a gestão destes resíduos, foi realizado um estudo gravimétrico, visando uma análise quantitativa dos tipos e proporções dos materiais contidos no lixo que chega ao aterro. Este trabalho fez parte do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, e foi capaz de determinar a composição do lixo gerado no município de Pinhão-PR.

O resultado deste trabalho demonstra a viabilidade de expansão da coleta seletiva no município, e também o potencial de utilização da fração orgânica devido ao seu alto percentual. Para determinar a caracterização dos resíduos foram utilizadas amostras obtidas durante todo dia de operação no aterro.

Para uma adequada amostragem, foi utilizada a técnica de quarteamento, a qual consiste na homogeneização de uma massa de resíduos, coletada ao longo de um dia de operação, cuja totalidade é dividida em quatro partes, e uma destas é utilizada para caracterização. Para realização do estudo foram utilizados 4 bombonas de 200 litros de capacidade cada, e foi encontrado um peso específico médio dos resíduos de 168 kg/m<sup>3</sup>.

### 3.3. Dados sobre o terreno de implantação do aterro:

O terreno em que será implementado o aterro sanitário se encontra na Localidade do Faxinal dos Ribeiros, situada a 15 km da área urbana do município.

Foi realizado um levantamento geológico e geotécnico de modo compreender as características do solo do local em que será implantado o aterro sanitário. Este levantamento permite avaliar a capacidade de permeabilidade do solo, bem como sua tipologia, classificada de acordo a granulometria encontrada no estudo.

A análise do subsolo permite também identificar a estratigrafia e variações importantes das características físicas do solo, compreendendo fatores que condicionam o fluxo de subsuperfície. A caracterização geológica-geotécnica identifica potenciais riscos de vazamentos, além de analisar a qualidade do material que será utilizado para cobertura diária e final. A investigação geotécnica foi realizada com base em furos de

sondagem em acordo com a NBR 6484/01, possibilitando avaliar as variações texturais nos diferentes pontos analisados.

A sondagem à percussão foi realizada com equipamento de ensaio de penetração do tipo SPT (Standard Penetration Test), sendo perfurados 6 metros de profundidade, e em nenhum ponto foi encontrado água.

#### 3.4. Equações utilizadas no dimensionamento do sistema de drenagem de lixiviado

Para se dimensionar um sistema de drenagem destes líquidos, é necessário estimar a vazão de percolados gerados, sendo esta vazão dependente principalmente das características pluviométricas locais. Para determinação da vazão de lixiviados, foi utilizado o Método Suíço, amplamente utilizado na literatura devido sua simplicidade de requisição de dados pluviométricos, aliada a sua comprovada efetividade prognóstica, sendo apresentada na Equação 4 a seguir.

$$Q = \frac{P \times A \times k}{t} \quad (\text{Eq. 4})$$

Em que:

Q = Vazão de projeto (L/s)

P = Precipitação no mês mais chuvoso (mm)

A = Área (m<sup>2</sup>)

k = Coeficiente que depende do grau de compactação dos resíduos

t = Quantidade de segundos no mês mais chuvoso (s)

Para determinação da área da seção transversal do canal escavado para drenagem dos líquidos percolados será utilizada a Lei de Darcy, descrita na Equação 5 a seguir.

$$Q = K \times i \times A_{\text{dreno}} \quad (\text{Eq. 5})$$

Em que:

Q = Vazão a ser drenada (m<sup>3</sup>/s)

K = Condutividade hidráulica (m/s)

i = gradiente hidráulico (2%)

A<sub>dreno</sub> = Área da seção transversal do dreno (m<sup>2</sup>)

#### 3.5. Equações utilizadas no dimensionamento do sistema de drenagem pluvial

Para dimensionar um sistema de drenagem pluvial é necessário conhecer a vazão de pico, ou seja, a máxima vazão prevista para uma chuva de intensidade crítica e tempo de retorno assimilado ao tempo de operação do aterro. O cálculo desta intensidade é baseado na sub bacia em que o aterro está inserido, levando em consideração o tempo crítico, que para fins de cálculo, será o tempo de concentração, ou seja, o tempo que uma gota d'água demora para sair do ponto mais alto e chegar ao talvegue de

escoamento. Para determinação do tempo crítico foi utilizada a Fórmula de Califórnia Culverts Practice, amplamente encontrada na literatura, e discriminada na Equação 6 a seguir.

$$T_c = 57 \times (L^3/H)^{0,385} \quad (\text{Eq. 6})$$

Em que:

$T_c$  = Tempo crítico (min.)

$L$  = Comprimento máximo do talvegue (km)

$H$  = Diferença de altura entre o ponto mais alto e o ponto mais baixo das cotas (m)

Para determinação da intensidade de chuva crítica foi utilizada a Equação Geral de relação intensidade-duração-frequência (IDF), sendo obtidos os ajustes de distribuição através de um estudo publicado por Frendrich & Freitas (1986) para a região de Guarapuava-PR, município localizado a 50km de Pinhão-PR. A Fórmula contendo os coeficientes com as características da região pode ser observada na Equação 7 a seguir.

$$I_{\max} = \frac{1.039,68 \times T_r^{0,171}}{(T_c + 10)^{0,799}} \quad (\text{Eq. 7})$$

Sendo:

$T_r$  = Tempo de retorno, no caso tempo de vida útil do aterro (15 anos)

$T_c$  = Tempo crítico, calculado a partir da Eq. 6

Através desta intensidade máxima de chuva prevista, é possível calcular a vazão a ser drenada no aterro sanitário através do Método Racional, apresentado na Equação 8 a seguir.

$$Q = C \times I_{\max} \times A_{bh} \times 0,268 \quad (\text{Eq. 8})$$

Em que:

$Q$  = Vazão a ser drenada ( $m^3/s$ )

$C$  = Coeficiente de escoamento superficial

$I_{\max}$  = Intensidade de chuva crítica

$A_{bh}$  = Área da bacia de drenagem ( $km^2$ )

Para calcular a velocidade de escoamento no canal será utilizada a Fórmula de Chézy, descrita a seguir na Equação 9.

$$V = (1/n) \times R_h^{2/3} \times i^{1/2} \quad (\text{Eq. 9})$$

Em que:

$V$  = Velocidade de escoamento no canal ( $m/s$ )

$n$  = Coeficiente de rugosidade de Manning

$R_h$  = Raio hidráulico da seção do canal (m)

$i$  = Declividade do canal ( $m/m$ )

### 3.6. Equações utilizadas no dimensionamento do sistema de tratamento de lixiviado

Para determinação da vazão de projeto será utilizado também o Método Suíço.

#### **Lagoa Aerada**

Para determinação do volume requerido pelo sistema para que haja biodegradação de forma aeróbia, foi realizado o produto entre o Tempo de Detenção Hidráulica (TDH) e a vazão de projeto, como pode ser visto na Equação 10 a seguir.

$$V = TDH \times Q \quad (\text{Eq. 10})$$

E para calcular a área requerida foi dividido o volume encontrado pela altura estimada da lagoa, como pode ser visto na Equação 11 a seguir.

$$A = V/H \quad (\text{Eq. 11})$$

Tendo em vista que a lagoa aeróbia utilizará aeradores mecânicos para promover a aeração, será necessário estimar a eficiência do sistema para determinar a potência requerida. Para tanto, deve-se determinar a estimativa da DBO solúvel (DBOs) após o processo de tratamento na lagoa aeróbia, sendo utilizada a Equação 12 a seguir.

$$S = S_0 / (1 + kT) \quad (\text{Eq. 12})$$

Em que:

S = Concentração de DBOs após o tratamento (mg/L)

S<sub>0</sub> = Concentração de DBOs afluyente ao tratamento (mg/L)

k = Coeficiente de biodegradação (d<sup>-1</sup>)

T = tempo de detenção hidráulica na lagoa aeróbia (dias)

Para determinação da DBO particulada (DBOp) é estimada uma concentração de sólidos suspensos (C<sub>ss</sub>), sendo que na literatura, é encontrado análises em que é possível prever que para cada 1 mg de Sólidos Suspensos é encontrada uma concentração de 0,35 mg/L. A DBO Total (DBOt) portanto é determinada pela soma das concentrações de DBO solúvel e DBO particulada.

A eficiência de remoção de matéria orgânica pode ser então calculada, através da Equação 13 a seguir.

$$E = \frac{S_0 - S}{S_0} \quad (\text{Eq. 13})$$

Para o cálculo de requisito de oxigênio necessário para biodegradação foi utilizada a Equação 14 a seguir.

$$RO = Q \times (S_0 - S) \quad (\text{Eq. 14})$$

E estima-se que a energia requerida para a aeração (RO) seja de 1,8 kgO<sub>2</sub>/kW.hora, e estima-se também que a eficiência de transferência de oxigênio em

campo seja de 60% ( $EO_{\text{campo}}$ ). A potência requerida (Pot) do aerador, portanto, é a razão entre a energia requerida (RO) e a eficiência de transferência, como pode ser visto na Equação 15 a seguir.

$$\text{Pot} = \text{RO}/EO_{\text{campo}} \quad (\text{Eq. 15})$$

Para o cálculo da densidade de potência (Dp) foi dividida a potência requerida (Pot) pelo volume da lagoa (V), como pode ser visto na Equação 16 a seguir.

$$Dp = \text{Pot}/V \quad (\text{Eq. 16})$$

### **Lagoa Facultativa**

O cálculo da área requerida (A) é obtido através da razão entre a carga orgânica afluyente (L) pela taxa de aplicação superficial (Ls), como pode ser observado a seguir na Equação 17.

$$A = L/Ls \quad (\text{Eq. 17})$$

Para o cálculo do volume requerido na lagoa foi realizado o produto entre o TDH e a vazão afluyente, como visto a seguir.

$$V = \text{TDH} \times Q \quad (\text{Eq. 10})$$

Para determinação da altura da lagoa foi dividido o volume da lagoa pela área da lagoa.

### **Lagoa de Maturação**

As equações utilizadas na Lagoa de Maturação são as mesmas utilizadas nos cálculos da lagoa Facultativa.

## 4. RESULTADOS E DISCUÇÃO

### 4.1. Dados do município:

A interpolação resultou em um crescimento populacional de 1% ao ano, para a população total, urbana e rural. Todavia, apenas a parcela urbana do município é atendida, e segundo dados do Instituto Paranaense de Pesquisa e Desenvolvimento (IPARDES) a taxa de crescimento urbano média prevista para o município é de 1,1%. Como o sistema de coleta e disposição final de resíduos atende a parcela urbana da população, será considerado para fins de cálculo os valores de crescimento urbano.

O resultado das estimativas de crescimento demográfico na cidade, da parcela urbana atendida, do peso e volume de resíduos gerados diariamente, e do volume final acumulados anualmente nas trincheiras podem ser visualizados na Tabela 1 a seguir.

Tabela 1. Dados sobre o montante de resíduos gerados durante os 15 anos de operação

<i>Ano</i>	<b>População Total (hab.)</b>	<b>População Urbana (hab.)</b>	<b>Lixo (ton./dia)</b>	<b>Lixo (m<sup>3</sup>/dia)</b>	<b>Total (m<sup>3</sup>/dia)</b>	<b>Anual (m<sup>3</sup>/ano)</b>	<b>Total Acumulado (m<sup>3</sup>)</b>
2017	32.322	16.387	10,65	15,22	16,74	6109,52	6109,52
2018	32.645	16.568	10,77	15,38	16,92	6176,72	6176,72
2019	32.972	16.750	10,89	15,55	17,11	6244,67	12421,39
2020	33.301	16.934	11,01	15,72	17,30	6313,36	18734,75
2021	33.634	17.120	11,13	15,90	17,49	6382,81	25117,56
2022	33.971	17.309	11,25	16,07	17,68	6453,02	31570,58
2023	34.310	17.499	11,37	16,25	17,87	6524,00	38094,58
2024	34.654	17.691	11,50	16,43	18,07	6595,76	44690,34
2025	35.000	17.886	11,63	16,61	18,27	6668,32	51358,66
2026	35.350	18.083	11,75	16,79	18,47	6741,67	58100,33
2027	35.704	18.282	11,88	16,98	18,67	6815,83	64916,16
2028	36.061	18.483	12,01	17,16	18,88	6890,80	71806,96
2029	36.421	18.686	12,15	17,35	19,09	6966,60	78773,56
2030	36.785	18.892	12,28	17,54	19,30	7043,23	85816,79
2031	37.153	19.100	12,41	17,74	19,51	7120,71	92937,50
2032	37.525	19.310	12,55	17,93	19,72	7199,04	100136,54

Fonte: O autor, 2018.

A Tabela 1 mostra a taxa de geração de resíduos diária e seu progressivo aumento durante os anos, decorrente da taxa de crescimento populacional, resultando em um volume acumulado de resíduos que demandará o espaço necessário para o confinamento no aterro.

#### 4.2. Situação da gestão de resíduos no município:

Até pouco tempo atrás os resíduos coletados no município eram destinados a um lixão localizado na cidade, e devido a todos os transtornos ambientais que o mesmo oferece, o lixão foi embargado pelo órgão fiscalizador do estado, e atualmente está sendo implementado um plano de recuperação da área que foi degradada durante todos os anos de operação do lixão.

Após o fechamento do lixão, a cidade firmou contrato com uma empresa especializada em transporte e destinação final de resíduos, e atualmente vem pagando o valor de R\$216,00 reais por tonelada de resíduo que a empresa coleta e se responsabiliza por destinar. Este valor acaba sendo muito oneroso para o município, e parte daí a importância de implementação de um aterro sanitário na cidade.

#### 4.3. Dados sobre os resíduos gerados no município:

O estudo gravimétrico realizado constatou um peso específico médio dos resíduos de 168 kg/m<sup>3</sup>, e através do mesmo foi possível determinar uma concentração média das frações orgânicas, recicláveis, e de rejeitos geradas no município. As proporções de cada tipo de resíduo podem ser visualizadas no Gráfico 1 a seguir.

### Gravimetria dos resíduos

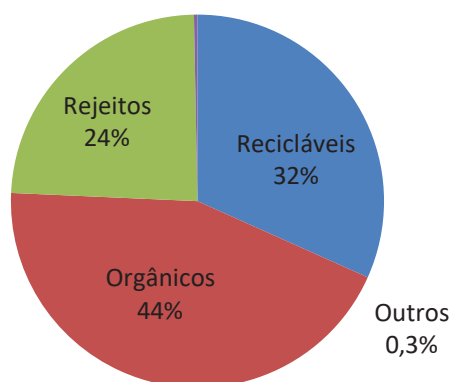


Gráfico 1. Proporção gravimétrica dos resíduos  
Fonte: O autor, 2018.

Observa-se que praticamente 1/3 dos resíduos que chegam tem potencial de reciclagem. A reciclagem destes materiais além de preservar o meio ambiente pela

dispensa de disposição final, garante também uma mitigação do uso de recursos naturais, pois estes são inseridos novamente na cadeia produtiva.

Os dados proporcionais dos materiais recicláveis estão discriminados no gráfico 2 a seguir.

## Materiais potencialmente recicláveis

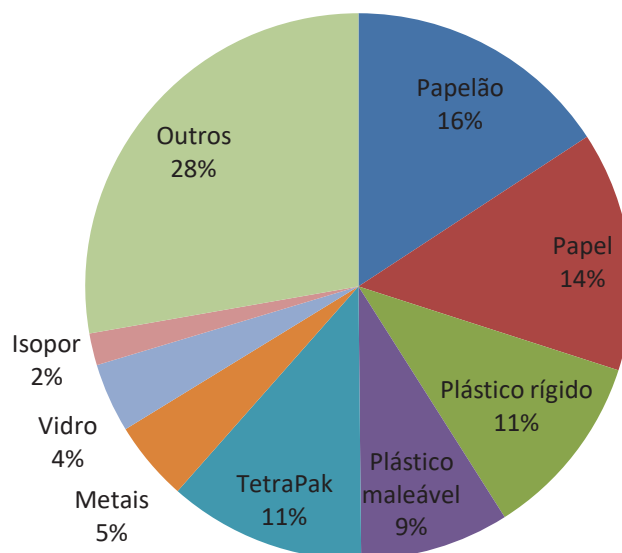


Gráfico 2. Proporção dos materiais presentes na parcela de resíduos com potencial reciclável  
Fonte: O autor, 2018.

Além das vantagens ambientais que a reciclagem oferece, os benefícios socioeconômicos são também de grande importância, pois a renda gerada através da venda destas matérias beneficia muitas famílias que vivem do processo de reciclagem.

Outro dado de grande relevância observado no estudo gravimétrico é a fração orgânica dos resíduos, totalizando 44% da massa de resíduos. Este grande volume de matéria orgânica reflete em uma gama de passivos ambientais, pois quando confinada dentro do aterro, esta matéria orgânica entra em processo de biodegradação, resultando em geração de gases, e de lixiviado com elevadíssima carga orgânica, que consequentemente, acarretará em uma maior concentração de DBO no efluente gerado. Esta matéria orgânica, se retirada do maciço de resíduos a ser aterrado, poderá se tornar um condicionante de solo, podendo ser utilizada na recuperação de áreas degradadas devido suas propriedades fertilizantes.

Vale ressaltar que o processo de segregação de resíduos é extremamente complicado, pois os resíduos orgânicos sujam e contaminam os resíduos recicláveis, comprometendo a qualidade dos mesmos.

Para se obter um resultado satisfatório e otimizado é necessária a plena participação pública, ou seja, que os habitantes do município se conscientizem e separem os resíduos nas suas próprias casas, facilitando e melhorando a produtividade de segregação dos resíduos. Para tanto, o município vem adotando algumas medidas para tornar isso realidade, através de políticas públicas.

Uma das medidas já implementadas no município é a conversão da taxa de lixo em créditos para compra de produtos na Feira do Produtor da cidade, para os habitantes cadastrados que separam o lixo em casa, incentivando a separação dos resíduos na fonte geradora.

#### 4.4. Dados sobre o terreno de implantação do aterro:

Através do estudo geológico, foi constatado que o solo presente na região do empreendimento é classificado com um Neosolo Litólico com presença de argila. Este tipo de solo é conceituado como solos rasos em estágio inicial de evolução, apresentando mais comumente apenas o Horizonte A sobre o Horizonte C, ou ainda, este sobre a Rocha de origem (Horizonte R).

Parte da área total do terreno será destinada às vias de entrada onde se encontrará uma balança de pesagem e uma construção contendo sanitários, cozinha e área de descanso, uma parte se destinará para a área de transbordo, onde os resíduos são despejados momentaneamente, outra parte será destinada para a implantação de um barracão que funcionará como uma usina de triagem e outro barracão funcionará como uma unidade de compostagem. Parte da área será destinada ao tráfego dos veículos, e parte será destinada para o sistema de tratamento de lixiviados. Da área restante disponível serão escavadas trincheiras as quais receberão os resíduos que serão aterrados. Foram adotadas 6 trincheiras, sendo que o somatório das áreas destas 6 trincheiras ocupará um espaço de 15.000 m<sup>2</sup>, cuja capacidade volumétrica para aterrar os resíduos será de 44.800 m<sup>3</sup>.

Se não houver aplicação das políticas públicas para reciclagem, e para compostagem dos resíduos orgânicos, o aterramento por trincheiras terá uma capacidade volumétrica capaz de suportar o fluxo montante de resíduos até início de 2025. No decorrer deste ano de 2025, ao passo em que o volume de resíduos que chega ao aterro

acumule o volume de 44.800m<sup>3</sup>, o aterro não mais terá condições de aterrar os resíduos em trincheiras.

Para tanto, o referido projeto objeto de estudo prevê duas situações, na pior das hipóteses, ou seja, na ocasião de não haver uma segregação e reaproveitamento os resíduos passíveis de reciclagem ou compostagem, a estimativa de geração de resíduos atingirá o volume de 100.000 m<sup>3</sup>, sendo aplicado o método de trincheiras para 45% deste montante, e sendo o restante (55%) aterrado pelo método de células.

Assumindo-se uma altura de resíduos de 4,5 metros para a composição das células, obtém-se uma demanda de área de 12.296 m<sup>2</sup> para aterrar os resíduos.

Sabe-se que o somatório das áreas das trincheiras acumula um valor de 15.000 m<sup>2</sup>, e que devido as margens de segurança de espaçamento entre as trincheiras, pode-se assumir que a área total disponibilizada para as trincheiras é de 16.000m<sup>2</sup>.

A razão, portanto, entre a área demandada para as células, sobre a área demandada para as trincheiras, resulta na porcentagem de uso da área.

$$12.296/16.000 = 0,768 = \sim 77\%$$

Portanto serão utilizados 77% da área das trincheiras para implantação das células de resíduos.

Serão adotadas 20 células de 25x25 metros, com cobertura diária de 10% em volume, e cobertura final de 60 cm de argila compactada juntamente com uma camada de solo orgânico para plantio de gramíneas, após o selamento da célula.

Depois de selada a célula e plantadas as espécies gramíneas, deverá ser implantado o sistema de drenagem de águas pluviais definitivo, escoando para fora da área de aterramento estas águas. Deverá ser implantado Colchão Reno em todas as células periféricas, de modo a evitar potenciais processos erosivos nos taludes.

Como as políticas de redução de resíduos fazem parte do Plano de Governo da atual administração municipal, e não é possível garantir que os demais Planos de Governo integrem este tipo de gestão de resíduos, o referido projeto prevê o recebimento dos 100.000 m<sup>3</sup> de resíduos para os próximos 15 anos de operação.

Todavia, juntamente com a implantação deste aterro, estão sendo incorporados no planejamento ambiental do município também uma unidade de triagem de resíduos, de modo a se retirar os materiais potencialmente recicláveis triando os mesmos do maciço de resíduos total, bem como uma unidade de compostagem, responsável por retirar do maciço de resíduos o máximo de matéria orgânica possível.

Tendo em vista o estudo gravimétrico realizado, foi constatado que 31,7% dos resíduos que chegam ao aterro são potencialmente recicláveis. Estimando que a unidade de triagem seja capaz de reciclar 70% destes resíduos potencialmente recicláveis, tem-se um equivalente sobre os resíduos totais de 22,2%.

No mesmo estudo foi averiguado que 44% dos materiais que compunham os resíduos era matéria orgânica. Pressupondo que a unidade de compostagem seja capaz de retirar 70% destes materiais com potencial de reutilização orgânica, tem-se um equivalente sobre os resíduos totais de 30,8%.

$$\text{Materiais Recicláveis (22,8\%)} + \text{Materiais Orgânicos (30,8\%)} = 53\%$$

Portanto, se a unidade de triagem e compostagem funcionar com uma eficiência de 70%, será capaz de evitar que 53% dos resíduos que chegam ao aterro venham a ser aterrados.

Se esta realidade se concretizar o aterro com as 6 trincheiras será capaz de suportar um recebimento de resíduos até o final de 2032, atingindo 15 anos de operação. Os volumes acumulados totais com a triagem e compostagem dos resíduos, em comparação ao volume acumulado total sem medidas de triagem e compostagem, pode ser observada no Gráfico 3 a seguir.

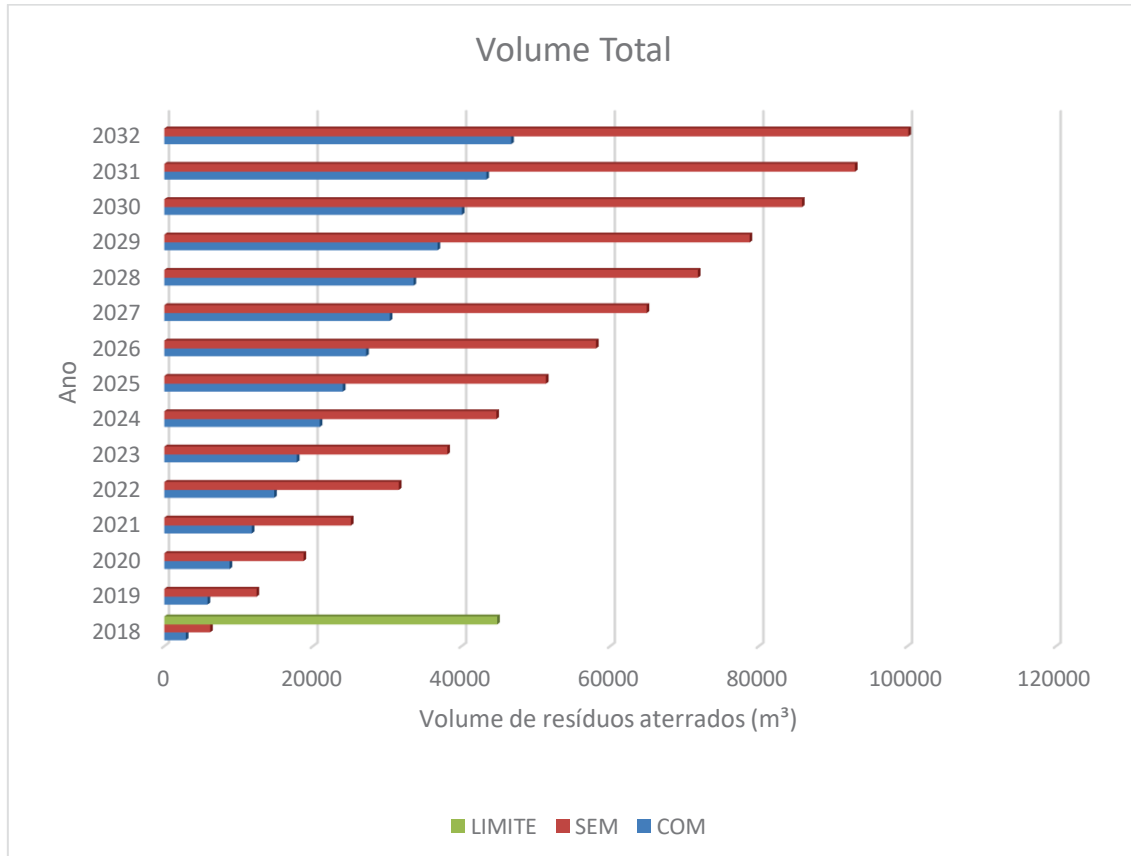


Gráfico 3. Comparativo entre os volumes de resíduos gerados com e sem triagem e compostagem

Visando garantir essa elevada eficiência de reaproveitamento de resíduos, o município firmou contrato com a cooperativa de recicladores, sendo estabelecido no contrato o valor de R\$216,00 por tonelada de resíduos que a cooperativa venha a reciclar. Este é o mesmo valor pago para a empresa especializada que vem prestando o serviço de coleta, transporte e destinação, até então, e deste modo mesmo os materiais com pouco valor econômico serão encaminhados para a reciclagem, e conjunto aos benefícios ambientais desta prática, está a injeção deste capital na economia local.

#### **4.5. Medidas de controle dos passivos ambientais**

##### **4.5.1. Impermeabilização de fundo:**

Devido as características do solo existente na área, será adotada em todas as trincheiras uma camada de 50cm de solo compactado, e sobre esta uma manta geossintética de polietileno de alta densidade (PEAD) com espessura de 2mm. De modo a exercer uma proteção mecânica sobre esta manta, será colocada sobre ela uma camada de 30cm de solo, impedindo potenciais perfurações causadas por resíduos pontiagudos.

Sobre esta camada será implantado um dreno longitudinal percorrendo todo o comprimento da trincheira, responsável pela drenagem dos líquidos percolados e disposição dos mesmos em um poço de armazenamento de lixiviados. Este sistema de impermeabilização permite uma segura garantia de que os líquidos percolados pelos resíduos não atinjam o lençol freático, sendo recolhidos, armazenados, e encaminhados para o sistema de tratamento de lixiviados.

##### **4.5.2. Impermeabilização de cobertura**

Ao final da vida útil de cada trincheira será colocada uma camada de 60cm de solo compactado, mitigando a infiltração da água da chuva e conseqüentemente, diminuindo a produção de lixiviados. Sobre esta camada será colocada também uma camada de solo orgânico para plantio de gramíneas, responsáveis pela absorção de parte da água da chuva, bem como evitar possíveis processos erosivos.

##### **4.5.3. Manejo de lixiviados**

Os lixiviados são líquidos de coloração escura e odor desagradável que são oriundos da percolação da água da chuva pelos resíduos aterrados. Ao percolar pelos resíduos a água da chuva adere características presentes nos resíduos, e tendo em vista a

elevada proporção de matéria orgânica observada no estudo gravimétrico dos resíduos, é possível afirmar que toda esta matéria orgânica será solubilizada na água da chuva, formando os líquidos lixiviados.

A carga orgânica deste tipo de efluente é originada da matéria orgânica dos resíduos aterrados, e esta, demanda uma elevada quantidade de oxigênio para sua biodegradação por microrganismos, condicionando o efluente a uma elevada concentração de DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio). Além destes compostos de fácil biodegradação, que é a matéria orgânica prontamente disponível para os microrganismos, ainda há presença de compostos orgânicos de difícil, ou demorada biodegradação, estes compostos recalcitrantes não são facilmente degradados, porém também exercem uma demanda por oxigênio, favorecendo uma elevada concentração de DQO (Demanda Química de Oxigênio).

Se um efluente com estas características (elevadas DBO e DQO) é dispensado em corpos d'água, a concentração de oxigênio na água tende a diminuir drasticamente, podendo chegar a uma concentração de 0 mg/L, condição esta chamada de anaerobiose. Em condições anaeróbicas, a biota do corpo d'água tende a morrer, por carência de oxigênio dissolvido na água.

Além destes inconvenientes causados pela presença de matéria orgânica, ainda estão presentes nos lixiviados outros compostos inorgânicos, metais pesados, sais dissolvidos como sulfatos e cloretos, e ainda nutrientes como nitrogênio e fósforo responsáveis pela eutrofização de corpos d'água quando em excesso.

Os lixiviados portanto são líquidos de extrema potencialidade de impactos sobre o meio ambiente, devendo portanto ser tratados de modo a mitigar seus efeitos deletérios sobre a natureza.

A drenagem destes líquidos nas trincheiras será realizada por um canal longitudinal de brita nº2, e dentro deste, um encanamento furado com 100mm de diâmetro, responsável pela coleta dos líquidos e disposição dos mesmo em um poço de armazenamento.

Quando conveniente, o chorume presente no poço deve ser encaminhado ao sistema de tratamento de efluente presente no próprio aterro. O método de tratamento proposto é um sistema de lagoas de estabilização, o qual consiste em uma sequência de três lagoas, a primeira uma lagoa aerada, seguida de uma lagoa facultativa, e por fim uma lagoa de maturação.

Ao passar por este sistema, os sólidos sedimentáveis, juntamente com outros compostos que são formados por complexação acabam sedimentando no fundo das lagoas, enquanto que a carga orgânica dissolvida na massa líquida acaba sendo degradada por microrganismos, e ao final deste processo, a matéria orgânica antes com capacidade de perturbação do meio ambiente, se encontrará estabilizada.

#### **Lagoa Aeróbia:**

Com base nos cálculos de projeto, será definida uma lagoa com dimensões de 10 m de largura por 25 m de comprimento, totalizando uma área superficial de 250 m<sup>2</sup>, e com uma altura de 2,5 m, o volume total chega a 625 m<sup>3</sup>.

#### **Lagoa Facultativa:**

Com base nos cálculos será definida uma lagoa com 13 m de largura por 15 m de comprimento, totalizando uma área superficial de 195 m<sup>2</sup>, e com uma altura de 1,7 m, o volume total final chega a 331,5 m<sup>3</sup>.

#### **Lagoa de Maturação:**

Com base nos cálculos será definida uma lagoa com 9m de largura por 13m de comprimento totalizando uma área superficial de 117m<sup>2</sup>, e com uma altura de 1,7m, o volume total chega a 198,9m<sup>3</sup>.

As lagoas aerada e facultativa irão promover uma remoção bem considerável da carga orgânica, e a lagoa de maturação além de uma remoção complementar desta carga orgânica irá promover também uma remoção de nitrogênio e fósforo. Pelo fato das lagoas de maturação permitirem uma elevada absorção de radiação solar em toda a massa líquida ocorre uma grande proliferação de microalgas, as quais além de assimilarem parte destes nutrientes no seu desenvolvimento, acabam consumindo parte do CO<sub>2</sub> da água e inserindo O<sub>2</sub> na mesma.

A inserção de O<sub>2</sub> na água promove um maior desenvolvimento de bactérias biodegradadoras aeróbias, e o consumo de CO<sub>2</sub> consome conseqüentemente ácido carbônico, tornando o pH da água mais básico. Em pH básico parte do fósforo precipita pela formação de complexos com outros componentes, enquanto que a amônia solubilizada/ionizada (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) presente na água se desloca para uma concentração de amônia livre (NH<sub>3</sub>) sendo volatilizada da massa líquida e liberada no ar.

#### 4.5.4. Drenagem de gases

Durante o processo de decomposição da matéria orgânica presente nos resíduos aterrados, ocorre a formação de gases, sendo estes, o produto formado após o processo de biodegradação.

Os microrganismos aeróbios utilizam o oxigênio no processo respiratório durante a biodegradação da matéria orgânica carbonácea, tendo como produtos  $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2\text{O}$ . Os microrganismos anaeróbios não utilizam oxigênio no seu processo respiratório, e apresentam um metabolismo mais lento, formando elementos após a biodegradação com diferentes propriedades. Nos processos anaeróbios são formados gases com odor desagradável como gás sulfídrico ( $\text{H}_2\text{S}$ ), bem como gases com potencial energético como o caso do metano ( $\text{CH}_4$ ), além também de  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ , entre outros compostos.

A produção de gases está diretamente ligada à quantidade de matéria orgânica aterrada, pois as cadeias carbônicas presentes na matéria orgânica é que se transformam em gases como  $\text{CO}_2$  e  $\text{CH}_4$  após a síntese pelos microrganismos.

Devido ao fato dos gases apresentarem características expansivas, sua drenagem é de extrema importância para evitar transtornos como rachaduras e desabamentos nos taludes. Além da questão estrutural, a presença de metano, em concentrações entre 5 – 15% já apresenta potencial de explosão, devido as características de inflamabilidade do metano.

A determinação da geração de gases apresenta grande dificuldade de mensuração devido as mais diversas variáveis que compõem o sistema. Todavia, A NBR 15.849 sugere um dreno de gases a cada 30 metros de diâmetro, e levando-se em consideração que o comprimento médio das trincheiras gira em torno de 100 metros, foi determinada a implantação de 2 tubos de drenagem para cada trincheira, tendo em média um raio de influência de 25 metros.

#### 4.5.5. Drenagem de águas pluviais

O sistema de drenagem superficial é um otimizador dos processos operativos no aterro, mitigando o volume de água que chega às trincheiras, e conseqüentemente diminuindo a quantidade de líquidos que lixiviam pelos resíduos e demandam tratamento.

Além disso, a adequada drenagem das águas na superfície impede a formação de poças d'águas que podem vir a causar transtornos na movimentação do maquinário, facilitando a operação de caminhões e tratores. Outra função da drenagem de águas da

chuva é evitar a formação de caminhos preferenciais da água, os quais podem causar processos erosivos.

Para tanto, o processo de drenagem é dividido em dois sistemas, o sistema de drenagem principal, o qual irá perdurar durante toda a vida do aterro, circundando a região em volta do aterro de modo a impedir que as águas da microbacia cheguem ao aterro, além de instalação de canaletas na superfície das trincheiras seladas, direcionando a água da chuva que incide sobre elas, para fora do aterro, interligando essas canaletas com as que circundam o aterro, e dispondo ambas em uma bacia de contenção localizada na região mais baixa da microbacia, e a partir desta, direcionada através de um encanamento para o córrego mais próximo para recarga da bacia. Estas canaletas serão constituídas de concreto simples em formato de meia cana e terão caráter definitivo.

O segundo sistema de drenagem é o sistema de drenagem provisório, o qual consiste em escavações no próprio solo, e estarão instalados no interior do aterro, durante o processo operativo, retirando de dentro do aterro as águas que ainda não foram contaminadas pelo contato com os resíduos.

Com base nos cálculos de projeto foi averiguado um Tempo Crítico ( $T_c$ ) de 4,12 minutos, e através deste foi estimada uma Intensidade de Chuva Crítica ( $I_{max}$ ) de 199 mm/hora culminando em uma vazão de pico de projeto de  $0,652 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Para drenar este montante líquido foi adotada a implantação de manilhas de concreto simples em formato de meia cana com diâmetro de 0,6 m. Com uma margem de segurança de altura da lâmina d'água de 50%, foi calculado um Raio Hidráulico de 0,15 m que acarreta em uma velocidade de escoamento de 4,85 m/s, velocidade esta abaixo de 5 m/s como recomendado por Castilhos (2002). A vazão então calculada com base na velocidade da água e no raio do canal resultou em uma estimativa de  $0,686 \text{ m}^3/\text{s}$ , acima portanto da vazão de pico.

#### 4.6. Acessos

O aterro apresenta um acesso de entrada, protegido por portão, e com um vigia responsável pela segurança do local que mora logo em frente à entrada. No interior do terreno o espaço é suficiente para o tráfego de veículos pesados, sendo todo o chão revestido com cascalhos.

A estrada de chão que vem da PR-170 até o aterro apresenta boas características de trafegabilidade, sendo também revestida com cascalhos. Logo na entrada do aterro já

existe uma estrutura para que os funcionários permaneçam no aterro por períodos prolongados, havendo banheiro com água potável, refeitório, e um ambiente de descanso, ambos devidamente licenciados pela vigilância sanitária.

#### 4.7. Isolamento da área

A área em que será implantado o aterro sanitário será devidamente isolada, com seus limites demarcados de modo a evitar a entrada de pessoas não autorizadas, animais, dentre outros inconvenientes. Para garantir este isolamento será utilizado cerca de arame farpado com 12 fios e altura de 1,80 metros em todo o perímetro do terreno.

Ao redor do aterro serão plantadas árvores de espécies nativas, esta proteção arbórea acaba impedindo o arraste de resíduos pelo vento, bem como inibe a ação dos ventos sobre o aterro, além de absorver parte dos odores gerados no aterro. Pode-se utilizar mais de uma espécie visando uma proteção tanto em questão de altura que se pretende atingir, com a utilização de árvores, somando-se com a utilização de arbustos, formando uma barreira vegetal também na parte mais baixa.

### **4.8. Monitoramento Ambiental**

#### 4.8.1. Monitoramento de água subterrâneas

Serão instalados no mínimo 4 poços de monitoramento, um à montante, e outros 3 não alinhados à jusante do fluxo de escoamento subsuperficial, em acordo com a NBR 15495-1 e NBR 15495-2. De acordo com a NBR 13.896, o monitoramento de águas subterrâneas deve ocorrer durante 20 anos após o fechamento do aterro sanitário. Caso seja constatado o término da geração de lixiviados, este período pode ser menor.

#### 4.8.2. Monitoramento do lixiviado

O lixiviado gerado no aterro deverá ser monitorado semestralmente durante todo o período de operação do aterro, e até 10 anos após seu fechamento. As amostras deverão ser coletadas nos pontos de captação de lixiviado, e após o seu tratamento no sistema de lagoas de estabilização, de modo a se analisar a eficiência do tratamento.

Devido à dificuldade em se analisar o grau de decomposição dos resíduos aterrados, a análise do lixiviado tem como função também analisar o estado de decomposição dos resíduos. De acordo com o pH, concentração de nitrogênio nas formas amoniacal, de nitrito e de nitrato, é possível determinar o estágio em que o aterro

se encontra, identificando as fases acidogênica, ou metanogênica de acordo com os resultados da caracterização das amostras obtidas do lixiviado.

#### 4.9. Uso futuro da área

O reaproveitamento da área para outros fins inclui diferentes usos, como, por exemplo, utilização do espaço como área de lazer para a comunidade, com a implementação de campos de futebol, parques, jardins, etc.

Como o terreno em que está localizado o aterro fica a 15 km de distância da cidade, a função que melhor se adapta a esta realidade, com pouca perspectiva de visitação pela população, é a de paisagismo, plantando árvores e melhorando o aspecto visual do local.

De acordo com a NBR 13.896/97 o plano de encerramento do aterro sanitário deve conter:

- O projeto de construção da camada final;
- A data aproximada para o início das atividades de encerramento;
- Uma estimativa dos tipos e da quantidade de resíduos que devem estar presentes no aterro quando encerrado;
- Usos programados para a área do aterro após o seu encerramento;
- Monitoramento ambiental e geotécnico após o término das operações;
- Atividades de manutenção da área.

#### **4.10. Relação de documentos e exigências do IAP**

O Instituto Ambiental do Paraná (IAP) é o órgão responsável pela liberação de licenças e fiscalização de aterros sanitários no estado do Paraná. Sendo exigidos alguns critérios para escolha da área de implantação.

##### 4.10.1. Critérios para implantação de um aterro sanitário:

- Estar localizado fora da área de influência direta do manancial de abastecimento público;
- Manter a área de disposição final a uma distância mínima de 200 m de rios, nascentes e demais corpos hídricos; em situações na qual forem previstas distâncias

maiores, de acordo com o Código Florestal ou demais legislações aplicáveis no que diz respeito às áreas de preservação permanente - APP, estas deverão ser atendidas;

- Estar localizado a uma distância mínima de 1500 m de núcleos populacionais, a partir do perímetro da área;

- Estar localizado a uma distância mínima de 300 m de residências isoladas, a partir do perímetro da área;

- Possuir sistema de impermeabilização, lateral e de fundo, com geomembrana ou sistemas de impermeabilização similares, não sendo autorizada disposição direta no solo;

- Realizar cobertura diária dos resíduos, com camadas de solo ou outro material apropriado, reutilizável ou não;

- Ser projetado para uma vida útil superior a 15 anos;

- Possuir sistema de monitoramento de águas subterrâneas a montante e a jusante da área do empreendimento, conforme normas técnicas vigentes.

#### 4.10.2. Relação de documentos para requisição da Licença Prévia:

- Cadastro de Usuário Ambiental – caso o requerente ainda não seja cadastrado no IAP apresentar fotocópia da Carteira de Identidade (RG) e do Cadastro de Pessoa Física (CPF), se pessoa física; ou Contrato Social ou Ato Constitutivo, se pessoa jurídica e demais documentos exigidos para o cadastro;

- Requerimento de Licenciamento Ambiental - RLA;

- Cadastro de Disposição Final de Resíduos - CTD;

- Prova de publicação de súmula do pedido de Licença Prévia em jornal de circulação regional e no Diário Oficial do Estado;

- Comprovante de recolhimento de Taxa de Licenciamento Ambiental ;

- Cópia do Contrato Social ou Ato Constitutivo e cópia do CNPJ;

- Apresentação de um croqui do polígono onde se pretende instalar o empreendimento com no mínimo 4 (quatro) pontos de coordenadas geográficas (UTM);

- Apresentação do projeto preliminar, elaborado por profissionais habilitado, acompanhado das respectivas ARTs, na forma de lei, contendo no Mínimo:

- a) Croqui de localização do empreendimento e caracterização da área de entorno (até 100 m do perímetro urbano do empreendimento) quanto a existência de outros estabelecimentos, corpos de água, áreas verdes, poços cacimba, poços tubulares profundos e atividades de risco ambiental;

b) Memorial descritivo contendo: informações sobre os resíduos a serem dispostos, caracterização do local destinado a aterro sanitário, concepção e justificativa do projeto, caracterização geológica e geotécnica, caracterização climatológica, caracterização e uso de água e solo, impermeabilização, sistema de drenagem superficial, sistema de tratamento do percolado.

- Descrição das medidas de controle ambiental;
- Anuência da Prefeitura sobre o uso do solo, conforme modelo;
- Relatório de Inspeção Ambiental;
- Comprovante de recolhimento de Taxa de Licenciamento Ambiental.

Para requisição da licença prévia o documento que irá avaliar a continuidade do procedimento é o projeto preliminar, o qual deve conter o croqui situando a área em que se planeja instalar o aterro sanitário bem como seus arredores com destaque para as comunidades e corpos hídricos mais próximos.

No projeto preliminar deve ser apresentado também o memorial descritivo, o qual tem o intuito de informar as devidas medidas mitigadoras dos impactos ambientais decorrentes da implantação e operação do aterro, esta descrição consiste em identificar os passivos ambientais e os métodos de controle ambiental propostos pelo projetista.

#### 4.10.3. Relação de documentos para requisição da Licença de Implantação:

- Requerimento de Licenciamento Ambiental - RLA;
- Cadastro de Disposição Final de Resíduos - CTD;
- Apresentação da cópia da Licença Prévia;
- Prova de publicação de súmula do pedido de Licença de Instalação em jornal de circulação regional e no Diário Oficial do Estado;
- Comprovante de recolhimento de Taxa de Licenciamento Ambiental;
- Cópia do Contrato Social ou Ato Constitutivo e cópia do CNPJ;
- Transição ou Matrícula, no cartório de Registro de Imóveis, expedida em no máximo 90 dias;
- Apresentação do projeto técnico.

Para requisição da licença de implantação o documento que fomentará o desenvolvimento do processo é o projeto técnico, o qual deve apresentar o memorial descritivo contendo as devidas informações a respeito dos acessos e do isolamento da

área do aterro, juntamente com o memorial técnico, cujo conteúdo é o resultado dos cálculos dos dimensionamentos dos sistemas de drenagem de águas pluviais, drenagem de gases, drenagem de lixiviados, e também do sistema de tratamento dos lixiviados. Neste projeto deve-se conter também o uso futuro da área após o encerramento das atividades no aterro, bem como seu monitoramento durante a operação e até 20 anos após o fechamento do aterro.

#### 4.10.4. Relação de documentos para requisição da Licença de Operação:

- Requerimento de Licenciamento Ambiental - RLA;
- Cadastro de Disposição Final de Resíduos - CTD;
- Apresentação da cópia da Licença de Instalação;
- Prova de publicação de súmula do pedido de Licença de Instalação em jornal de circulação regional e no Diário Oficial do Estado;
- Comprovante de recolhimento de Taxa de Licenciamento Ambiental
- Cópia do Contrato Social ou Ato Constitutivo e cópia do CNPJ.

Após a aprovação do projeto técnico pelo órgão ambiental, serão iniciadas as obras no aterro, e quando finalizadas as obras requeridas deve-se ser emitido o laudo de conclusão da obras devidamente assinado por um Engenheiro responsável, e para dar-se início à operação no aterro deve-se também ser emitida uma ART por um técnico ou engenheiro que será responsável pela operação no aterro.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi averiguado no Estudo de Caso a importância de implantação do aterro sanitário no município de Pinhão-PR. O estudo observou todos os passivos ambientais gerados no processo operativo do aterro, bem como as metodologias adotadas para mitigação destes impactos.

A recirculação do efluente tratado pelo sistema de lagoas garante a segurança dos recursos hídricos, visto que não serão despejados efluentes em corpos d'água, além deste método manter uma umidade na massa de resíduos, atrelada à presença microbiana que será responsável por colaborar com a biodegradação da matéria orgânica presente na trincheira.

Por se tratar de um aterro de pequeno porte, não há viabilidade de reaproveitamento energético do gás metano gerado, todavia, este gás será queimado em flares localizados no final do dreno, visando transformar o  $\text{CH}_4$  em  $\text{CO}_2$ , e desta forma diminuir 21 vezes a capacidade de deturpação do meio ambiente.

Foi averiguado no estudo também a viabilidade de implantação das unidades de triagem e compostagem, que além de diminuir o volume de resíduos a ser aterrado, e desta forma aumentar a vida útil do aterro, colabora com uma menor geração de passivos ambientais, pois ocorrerá uma menor produção de gases e uma menor concentração de DBO no lixiviado.

Os benefícios de uma gestão otimizada de resíduos também são refletidos nos ganhos sociais, tendo em vista a geração de empregos dos colaboradores que trabalham com a segregação, além dos benefícios econômicos obtidos através da venda dos materiais recicláveis.

## 6. REFERÊNCIAS

- CHIAN, E. **Stability of organic matter in landfill leachates**. Water Res. 11, 225–232. 1997.
- EHRIG, H.J. **Treatment of sanitary landfill leachate: biological treatment**. Waste Manage. Res. 2, 131–152. 1984.
- KJELDTSEN, P.; BARLAZ, M.A.; ROOKER, A.P.; BAUN, A.; LEDIN, A.; CHRISTENSEN, T.H. **Present and long-term composition of MSW landfill leachate: a review**. Crit. Rev. Environ. Sci. Technol. 32, 297–336. 2002.
- LEMA, J.M.; MENDEZ, R.; BLAZQUEZ, R. **Characteristics of landfill leachates and alternatives for their treatment: a review**. Water Air and Soil Pollution 40, 223–250. 1998.
- LOPEZ, A.; PAGANO, M.; VOLPE, A.; DI PINTO, A. C. **Fenton's pre-treatment of mature landfill leachate**. Chemosphere 54, 1005 – 1010, 2004.
- RAUTENBACH, R. and MELLIS, R. **Waste water treatment by a combination of bioreactor and nanofiltration**. Desalination 95, 171–188. 1994.
- RENOU, S.; POULAIN, S.; GIVAUDAN, J.G.; MOULIN, P. **Amelioration of ultrafiltration process by lime treatment: Case of landfill leachate**. Desalination 249, 72–82. 2009.
- SOUZA, G. **Monitoramento de parâmetros qualitativos e quantitativos de líquidos percolados de aterros sanitários: Estudo em piloto experimental**. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Santa Catarina - Florianópolis, 2005.