

CHAMAMENTO PÚBLICO PMI  
Nº014/2019

SECRETARIA MUNICIPAL DE MEIO  
AMBIENTE  
DE BRAGANÇA PAULISTA – SP

ESTUDOS DE VIABILIDADE TÉCNICA,  
AMBIENTAL, ECONÔMICO-FINANCEIRA E  
JURÍDICA, PARA GESTÃO INTEGRADA DOS  
RESÍDUOS SÓLIDOS PRODUZIDOS PELA  
POPULAÇÃO BRAGANTINA.

**CADERNO II – PROJETO DE IMPLANTAÇÃO**

Bragança Paulista – SP, 17 de Julho de 2020.

## ÍNDICE

<b>1. LOCALIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO</b>	<b>4</b>
1.1. O MUNICÍPIO	4
<b>2. PANORAMA LEGAL</b>	<b>4</b>
<b>3. O HISTÓRICO DA GASEIFICAÇÃO</b>	<b>6</b>
<b>4. A TECNOLOGIA DE GASEIFICAÇÃO DO EMPREENDIMENTO</b>	<b>7</b>
<b>5. DESCRIÇÃO DO PROCESSO PARA APROVEITAMENTO ENERGÉTICO</b>	<b>7</b>
5.1. PREPARAÇÃO DO COMBUSTÍVEL	7
5.2. GASEIFICAÇÃO	9
<b>6. CONCEPÇÃO DO PROJETO</b>	<b>13</b>
6.1. LAYOUT DO EMPREENDIMENTO	13
6.2. 1ª ETAPA – PRODUÇÃO DE CDR	14
6.3. 2ª ETAPA – GASEIFICAÇÃO	16
6.4. 3ª ETAPA – PRODUÇÃO DE VAPOR	17
6.5. 4ª ETAPA – GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA	19
6.6. 5ª ETAPA - BIOGÁS	20
6.7. FLUXOGRAMA DE PROCESSO	21
6.8. BALANÇO DE MASSA DO EMPREENDIMENTO	22
<b>7. CAPTAÇÃO E EVAPORAÇÃO DO CHORUME</b>	<b>23</b>
<b>8. CRONOGRAMA DE IMPLANTAÇÃO</b>	<b>23</b>
<b>9. ANÁLISE DE REGULARIDADE DO ÓRGÃO AMBIENTAL</b>	<b>24</b>
<b>10. DESCRIÇÃO DO PROCESSO PARA ATERRO SANITÁRIO</b>	<b>24</b>
10.1. CONCEITO	24
10.2. NORMAS TÉCNICAS	24
10.3. ESCOLHAS DAS ÁREAS	25
10.4. ELEMENTOS DO PROJETO	28
10.5. CONFORMAÇÃO GEOMÉTRICA DO MACIÇO DE RESÍDUOS	29
10.6. CONFINAMENTO GEOTÉCNICO	30
10.7. CAMADA DE IMPERMEABILIZAÇÃO	30
10.8. IMPERMEABILIZAÇÃO DA COBERTURA	31
10.9. SISTEMA DE DRENAGEM SUPERFICIAL	31
10.10. ESTIMATIVA DO VOLUME A SER DRENADO	32
10.11. TEMPO DE CONCENTRAÇÃO	34
10.12. INTENSIDADE DA CHUVA	35
10.13. CÁLCULOS	35
10.14. SISTEMA DE DRENAGEM DOS PERCOLADOS	36
10.15. SISTEMA DE DRENAGEM PROFUNDO – LENÇOL FREÁTICO	38
10.16. SISTEMA DE DRENAGEM DOS GASES	39
10.17. DRENOS VERTICAIS	40
10.18. DRENOS HORIZONTAIS	40
10.19. RESERVATÓRIOS DE ARMAZENAMENTO DE PERCOLADOS	41
10.20. SISTEMA DE TRATAMENTO DOS PERCOLADOS	41
10.21. PROTEÇÃO DOS TALUDES	42
10.22. IMPLANTAÇÃO DO PROJETO	42
10.23. PREPARO DO TERRENO E COVAS	42
10.24. PLANTIO E TRATOS CULTURAIS	43
10.25. CRONOGRAMA DE ATIVIDADES	43
10.26. MONITORAMENTO DAS ÁGUAS	44
10.27. MONITORAMENTO GEOTÉCNICO	48

<b>10.28. USO FUTURO DA ÁREA</b>	<b>48</b>
<b>11. TERMO DE ENCERRAMENTO</b>	<b>48</b>

#### FIGURAS

<b>Figura 1: LOCALIZAÇÃO DO MUNICÍPIO</b>	<b>4</b>
<b>Figura 2: CROQUI – PROCESSO DE VALORIZAÇÃO DO R.S.D.</b>	<b>9</b>
<b>Figura 3: PLANTA – PROCESSO DE VALORIZAÇÃO DO R.S.D</b>	<b>9</b>
<b>Figura 4: PROCESSO DE GASEIFICAÇÃO</b>	<b>10</b>
<b>Figura 5: 1º GASEIFICADOR DO BRASIL</b>	<b>12</b>
<b>Figura 6: LAYOUT DO EMPREENDIMENTO</b>	<b>14</b>
<b>Figura 7: CALDEIRA DE RECUPERAÇÃO</b>	<b>18</b>
<b>Figura 8: LAYOUT DA TURBINA E GERADOR</b>	<b>20</b>
<b>Figura 9: FLUXOGRAMA DE PROCESSO</b>	<b>21</b>
<b>Figura 10: BALANÇO DE MASSA</b>	<b>22</b>

#### TABELAS

<b>Tabela 1: DADOS DA CALDEIRA</b>	<b>19</b>
<b>Tabela 2: CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO DA TURBINA</b>	<b>20</b>
<b>Tabela 3: CRONOGRAMA DE IMPLEMENTAÇÃO</b>	<b>23</b>
<b>Tabela 4: INFORMAÇÕES INICIAIS</b>	<b>26</b>
<b>Tabela 5: TRIAGEM PRELIMINAR</b>	<b>26</b>
<b>Tabela 6. OBJETIVOS, CRITÉRIOS E PARÂMETROS</b>	<b>27</b>
<b>Tabela 7: CRITÉRIOS PARA A ESCOLHA DA ÁREA DO ATERRO SANITÁRIO</b>	<b>28</b>
<b>Tabela 8: VALORES ESCOAMENTO SUPERFICIAL</b>	<b>34</b>
<b>Tabela 9: VAZÕES DE ENCHENTES</b>	<b>36</b>
<b>Tabela 10: CRONOGRAMA</b>	<b>44</b>

<b>TERMO DE ABERTURA: CADERNO II – PROJETO DE IMPLANTAÇÃO</b>		
Preparado por	Carlos Egli	Versão 02_20
Aprovado por	Alessandro Perencin	17.07.2020

## 1. LOCALIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

O site de execução do empreendimento estará localizado no município de Bragança Paulista – SP, com capacidade para o recebimento de 180 toneladas por dia de resíduos domiciliares e industriais não perigosos (classe II).

### 1.1. O MUNICÍPIO

O Município de Bragança Paulista possui uma área de 513 km<sup>2</sup>, localiza-se a uma latitude 22°57'07" Sul e a uma longitude 46°32'31" Oeste, estando a uma altitude de 817 metros. Sua população estimada em 2018 era de 166 753 habitantes.

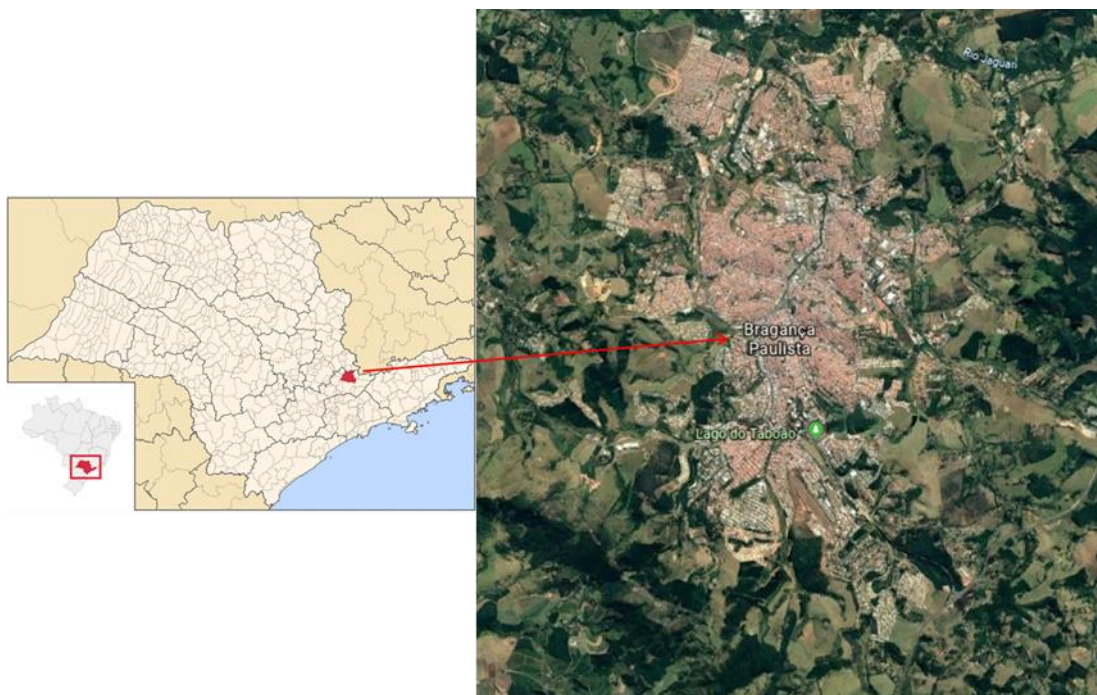


Figura 1 – Localização do Município de Bragança Paulista em São Paulo

## 2. PANORÂMA LEGAL

De acordo com a NBR 10004: 2004, os resíduos sólidos podem ser definidos como:

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

água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível. ”

Os Resíduos Sólidos Domiciliares (RSD) englobam principalmente os seguintes tipos de resíduos: resíduos domiciliares; resíduos de limpeza urbana (varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana); e resíduo comercial. De acordo com a NBR 10.004 os RSD podem ser classificados como Classe II-A, ou seja, resíduo não perigoso e não inerte, portanto, apesar de não ser perigo a princípio o resíduo deve ser destinado e disposto adequadamente para se evitar riscos à saúde e ao meio ambiente devido ao seu caráter não inerte.

No Brasil, de acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei 12.305 de agosto de 2010, as definições para destinação e disposição finais ambientalmente adequadas são:

“VII - destinação final ambientalmente adequada: destinação de resíduos que inclui a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes do SISNAMA, do SNVS e do Suasa, entre elas a disposição final, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos;

VIII – disposição final ambientalmente adequada: distribuição ordenada de rejeitos em aterros, observando normas operacionais específicas, de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos; (Brasil, 2012)”.

Portanto, a disposição final de RSD deve ser realizada em aterros sanitários, porém sabe-se que na realidade a maior parte dos RSD é disposta em aterros controlados ou lixões, ou seja, de forma inadequada.

A disposição inadequada de RSD pode gerar diversos riscos à saúde do homem e ao meio ambiente, através da proliferação de vetores e da contaminação de água, solo e ar, devido à produção de chorume e gases de decomposição, principalmente anaeróbia.

Sabe-se que com o desenvolvimento e crescimento econômico de um país o consumo cresce e, conseqüentemente, a quantidade de resíduos produzidos aumenta, de tal forma que há a exigência de um gerenciamento eficiente de resíduos para que possam ser reaproveitados ou dispostos da melhor maneira, mantendo a integridade do homem e do meio ambiente.

Alta prioridade também é dada à recuperação de matérias primas e energia dos resíduos, visto que grande parte do RSD se apresenta de forma bastante heterogênea sendo composta por diversos tipos de resíduo, de fácil e difícil degradação, e de difícil segregação para posterior reciclagem. Portanto, a sua utilização para fins energéticos é favorecida, pois a segregação não é necessária podendo esta ser feita apenas para metais e vidro. Porém tais prioridades nem sempre podem ser satisfeitas devido aos elevados rifados custos das tecnologias apropriadas e disponíveis.

### **3. O HISTÓRICO DA GASEIFICAÇÃO**

A gaseificação é uma tecnologia que tem sido amplamente aplicada por mais de 50 anos na produção de combustíveis e produtos químicos. As tendências atuais na fabricação de produtos químicos e nas indústrias de petróleo indicam crescimento no uso da gaseificação para a produção de gás de síntese, devido, principalmente, à produção de um gás consistente e de alta qualidade e a possibilidade de utilização de uma grande variedade de materiais como alimentação para o sistema.

A gaseificação é definida como conversão de biomassa, ou qualquer combustível sólido (material carbonáceo sólido ou líquido), em um gás energético, através da oxidação parcial à elevada temperatura 500°C – 1400°C e pressão variável (atmosférica à 33 bar). Durante a gaseificação, a maior parte do material de alimentação é termicamente decomposto na forma de gás, porém pequenas quantidades de subprodutos são também formadas, incluindo alcatrão, carvão e cinzas. Dependendo do design e condições operacionais do reator o processo também pode gerar metano e hidrocarbonetos.

O processo de gaseificação envolve reações químicas endotérmicas que requerem calor e produzem principalmente monóxido de carbono e hidrogênio. Existem dois tipos de gaseificação, uma indireta e outra direta. Na gaseificação direta, o processo acontece em um único reator, onde a oxidação exotérmica do carbono também ocorre. Gaseificadores diretos operam normalmente usando ar ou oxigênio como agentes oxidantes. Neste caso todo o calor necessário ao processo é produzido dentro do reator. Se o processo não ocorre com a ajuda de um agente oxidante, é conhecido como gaseificação indireta e precisa de uma fonte de energia externa. Vapor d'água é o agente de gaseificação mais comumente utilizado na gaseificação indireta, pois é facilmente produzido e aumenta a quantidade de hidrogênio no gás combustível produzido.

A utilização de resíduos sólidos, sejam eles provenientes de qualquer processo produtivo, torna a gaseificação econômica e ambientalmente favorável, tornando o processo sustentável.

#### **4. A TECNOLOGIA DE GASEIFICAÇÃO DO EMPREENDIMENTO**

O processo de gaseificação a ser instalado no empreendimento consiste em gaseificação com fluxo horizontal de materiais, em leito de grelhas móveis, em câmara horizontal. É composto por uma sequência de operações que possibilitam a geração de uma mistura de gases combustíveis, derivados de resíduos sólidos domésticos, denominado "Gás Combustível Derivado de Resíduos" (GCDR) ou Gás Sintético (Syngás).

Este gás será utilizado em outra etapa do empreendimento para a produção de energia térmica (caldeira) e posteriormente energia elétrica em "ciclo rankine" (turbina e gerador).

O processo global de gaseificação é composto por etapas sequenciais, de forma a condicionar cada etapa do tratamento térmico a um refinado controle da cinética das reações físicas e químicas decorrentes da decomposição dos resíduos sólidos domésticos, para a formação de um gás combustível sintético, com o objetivo à sua total combustão para o aproveitamento energético, conforme recomenda o Plano Nacional de Resíduos Sólidos.

Baseado no estudo dos mecanismos de reações envolvidas nas etapas de gaseificação, reforma dos gases e câmara de combustão, as variáveis de processo são controladas de forma favorecer as reações de RSD, com a produção de um gás produto com poder calorífico razoável, de acordo com a qualidade do material, necessidade de energia para as reações endotérmicas e estequiometria das reações homogêneas e heterogêneas.

Estas propriedades físicas exigem que a engenharia construtiva do equipamento seja derivada de um prévio conhecimento de todo o processo, para condicionar mecanismos de controle, garantir a obtenção de máximo aproveitamento do conteúdo combustível dos RSD, e produzir um gás combustível capaz de dar ao sistema, uma condição de auto sustentabilidade energética, tanto para a produção do syngás, quanto para a ignição da combustão dos gases.

Essa tecnologia foi licenciada, instalada e está em funcionamento no Estado de Santa Catarina desde 2017. Nessa planta que funciona a mais de 18 meses com regime de funcionamento de 24 horas/dia foram executados inúmeros testes e variações, processando um total de 72 toneladas de RSD por dia, autorizado pelo Instituto de Meio Ambiente do Estado de Santa Catarina - IMA.

#### **5. DESCRIÇÃO DO PROCESSO PARA APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DE RSD**

O processo de aproveitamento se resume a 3 (três) grandes etapas: i) preparação do combustível; ii) gaseificação; iii) geração de energia.

##### **5.1 PREPARAÇÃO DO COMBUSTÍVEL**

O combustível derivado de resíduos (CDR) é produzido a partir de resíduos domésticos e industriais, que incluem materiais biodegradáveis e plásticos. Os materiais não combustíveis, como vidro e metais, são removidos e o material residual é triturado.

O objetivo desta etapa é usar a energia valiosa contida nos resíduos e substituir o uso de combustíveis fósseis. Durante o processamento, a fração com alto valor calorífico são separadas da fração orgânica, com pouco valor calorífico.

Para a valorização do resíduos e aumentar significativamente o seu poder calorífico, será utilizado um processo mecanizado.

- 1) Recepção do RSD
- 2) Trituração primária ou pré-trituração (abre-sacos)
- 3) Classificação ou separação
- 4) Separação de materiais ferrosos e não ferrosos
- 5) Triturador secundário

O resultado desta valorização é um combustível (CDR) com poder calorífico significativo que será utilizado para aproveitamento energético, para a geração de energia elétrica.

O CDR é produzido e utilizado no mesmo empreendimento, sendo empregado com o objetivo de geração de energia (elétrica, vapor e gás).



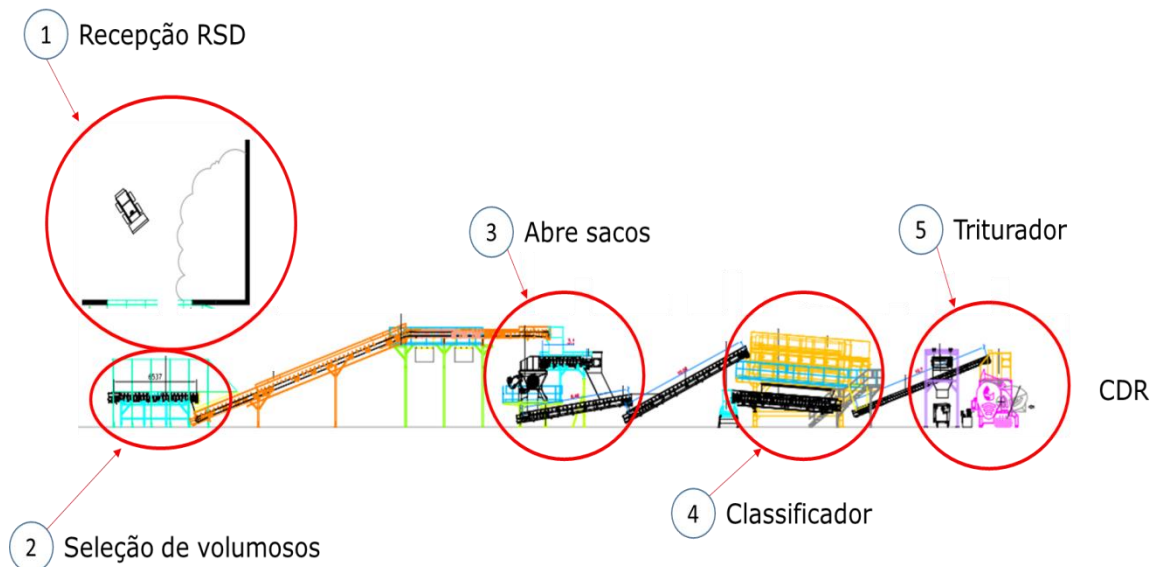


Figura 2 – Croqui - Processo de Valorização do Resíduo Sólido Doméstico

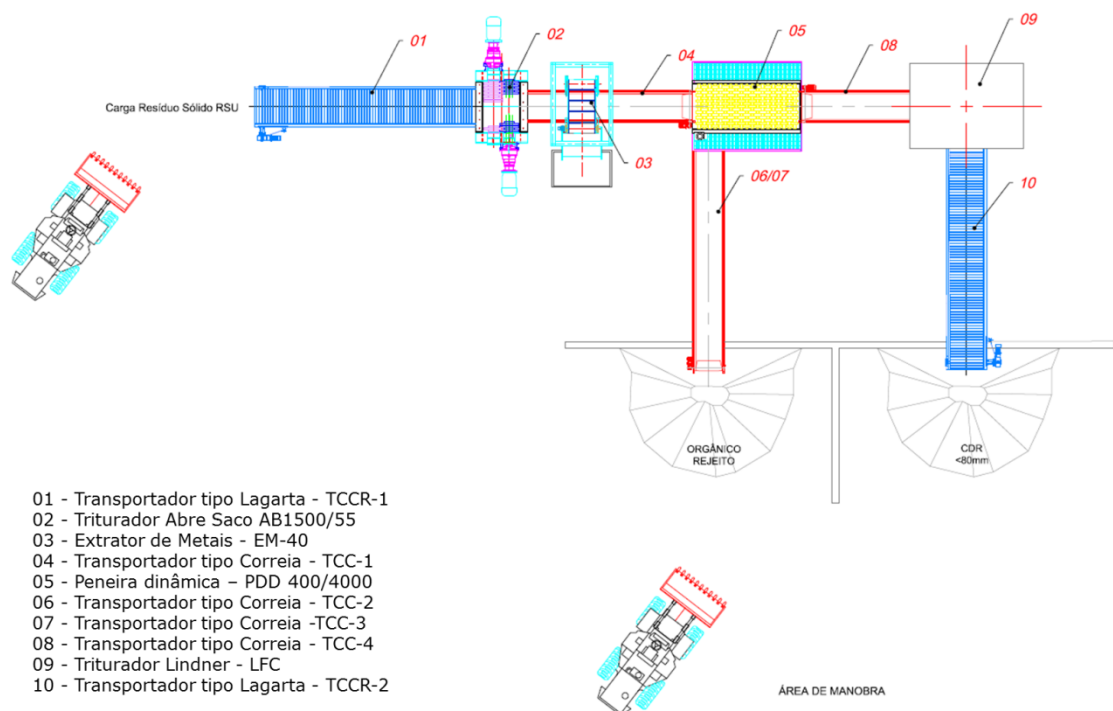


Figura 3 – Planta - Processo de Valorização do Resíduo Sólido Doméstico

## 5.2. GASEIFICAÇÃO

O processo global de gaseificação do empreendimento engloba três estágios: Estágio 1.: Desidratação e Oxidação do CDR; Estágio 2.: Reforma dos gases; Estágio 3.: Câmara de Combustão. É realizada em estágios distintos:

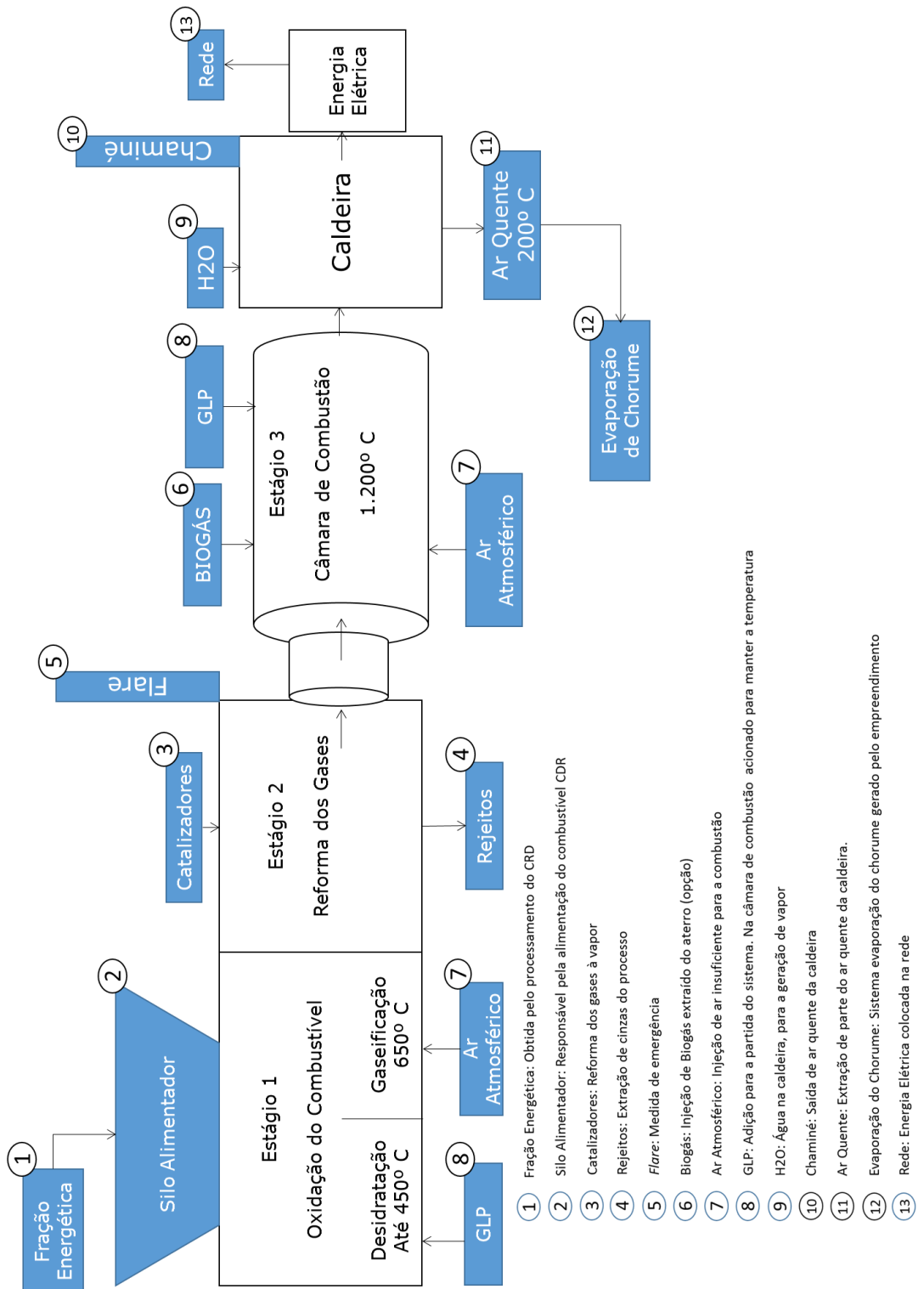


Figura 4 - Processo de Gaseificação

### Estágio 1: Oxidação do Combustível

Na partida do equipamento este processo é iniciado por meio de ignitores a GLP. Em poucos minutos a câmara alcança as condições de trabalho e os ignitores são desligados.

A fração energética é inserida na primeira câmara por intermédio do silo alimentador, para iniciar a desidratação e decomposição térmica. Essa câmara foi especialmente projetada para esta finalidade, onde o CDR é transportado em um sistema de grelhas móveis, desenhadas especialmente para este processo, de forma contemplar diferentes fases, ter eficiência no transporte e controle de entrada de uma quantidade insuficiente de oxigênio para combustão completa.

Uma vez o CDR inserido na câmara de gaseificação pela ação do silo dosador, inicia-se a decomposição térmica. O vapor d'água, líquidos orgânicos e gases não condensáveis são separados da parte sólida (carvão e cinzas).

O oxigênio presente através da introdução controlada de ar aquecido, feita por um ventilador específico, oxida parcialmente o carbono fixo do CDR que constitui a fonte de energia térmica para o processo de volatilização e gaseificação. O ar aquecido é injetado, controladamente através do leito móvel. O sistema de controle fornece, a cada região do leito, somente o ar necessário para a liberação do calor suficiente para manter a temperatura ideal. Diversos sensores de temperatura no interior da câmara, estrategicamente posicionados, fornecem ao PLC (controlador lógico programável) as informações necessárias para o controle preciso da injeção de ar aquecido através da atuação sobre a velocidade dos ventiladores.

Mediante as condições ideais e controladas da câmara, inicia-se a fase da gaseificação propriamente dita, incluindo reações heterogêneas entre os gases e reações homogêneas entre os produtos já formados.

O tempo de retenção e a temperatura são previamente calculados, de forma transformar todo o conteúdo combustível do CDR em *Syngás* com um determinado poder calorífico.

Os gases gerados nesse estágio são puxados desta câmara por diferença de pressão, através de um sistema *Venturi*. Esse sistema quando em um sistema fechado, o gás em movimento constante dentro de um duto uniforme comprime-se momentaneamente ao encontrar uma zona de estreitamento diminuindo sua pressão e conseqüentemente aumentando sua velocidade ao atravessar a zona estreitada onde ocorre "também" uma baixa pressão.

Ainda na câmara de gaseificação, acontece o craqueamento do alcatrão, a destruição térmica das moléculas dos compostos que constituem o alcatrão, obtendo como produtos CO, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e outros gases. Esta etapa ocorre na gaseificação de material orgânico.

Resultante deste processo temos as cinzas que após análises foram classificadas como Resíduos Classe II-A não inerte. Outros sub-produtos e resíduos são os materiais não combustíveis, tais como minerais, metais, cerâmicos, entre outros vários que podem estar presentes no CDR. As cinzas e os outros sub-produtos serão encaminhados para o aterro que fica anexo ao empreendimento

### Estágio 2: Reforma dos Gases

A reforma dos gases será realizada através da aplicação de vapor com catalisadores de reação tipo "Fischer-Tropsch" (processo químico para produção de hidrocarbonetos a partir de gás de síntese), o que impacta significativamente o poder calorífico do syngás.

Também será utilizado um processo que é composto por um inédito conjunto catalisador de placas metálicas onduladas, paralelas e revestidas com níquel, de forma a promover a reforma a vapor.

Esta disposição e conformação possuem como finalidade promover uma maior área de contato entre o catalisador e os gases reagentes, sem grandes perdas de carga, devido à passagem dos gases em direção à câmara de combustão.

As placas possuem pés que servem de posicionadores, para que sejam empilhadas com a distância necessária à passagem dos gases, formado um conjunto que, desta forma, pode ser montado em formato modular, adicionando-se ou retirando-se placas, se adequando aos mais variados tamanhos de reatores.



Figura 5 – 1º Gaseificador instalado, licenciado e em funcionamento no Brasil

## **6. CONCEPÇÃO DO PROJETO**

Compreende a produção de CDR – Combustível Derivado de Resíduos para o seu aproveitamento energético utilizando a tecnologia de gaseificação. Poderá ser aproveitado ainda, o Biogás extraído do aterro para aumentar a eficiência energética.

Será instalado em área de aproximadamente 2.400 m<sup>2</sup>, no Município de Bragança Paulista.

As obras necessárias para a implantação do empreendimento se resumem a obras civis, com a construção de galpões para a atividade em questão, não tendo a necessidade de remoções de terras. Não existirá supressão vegetal.

### **6.1 LAYOUT DO EMPREENDIMENTO**

O empreendimento a ser instalado possui área total de aproximadamente de 2.400 m<sup>2</sup>, sendo 1.700 m<sup>2</sup> de área construída, sendo divididos da seguinte maneira:

O empreendimento possuirá 5 (cinco) macro etapas distintas:

1ª Etapa: Produção de CDR;

2ª Etapa: Gaseificação;

3ª Etapa: Produção de Vapor;

4ª Etapa: Geração de Energia Elétrica.

5ª Etapa: Extração do Biogás do Aterro

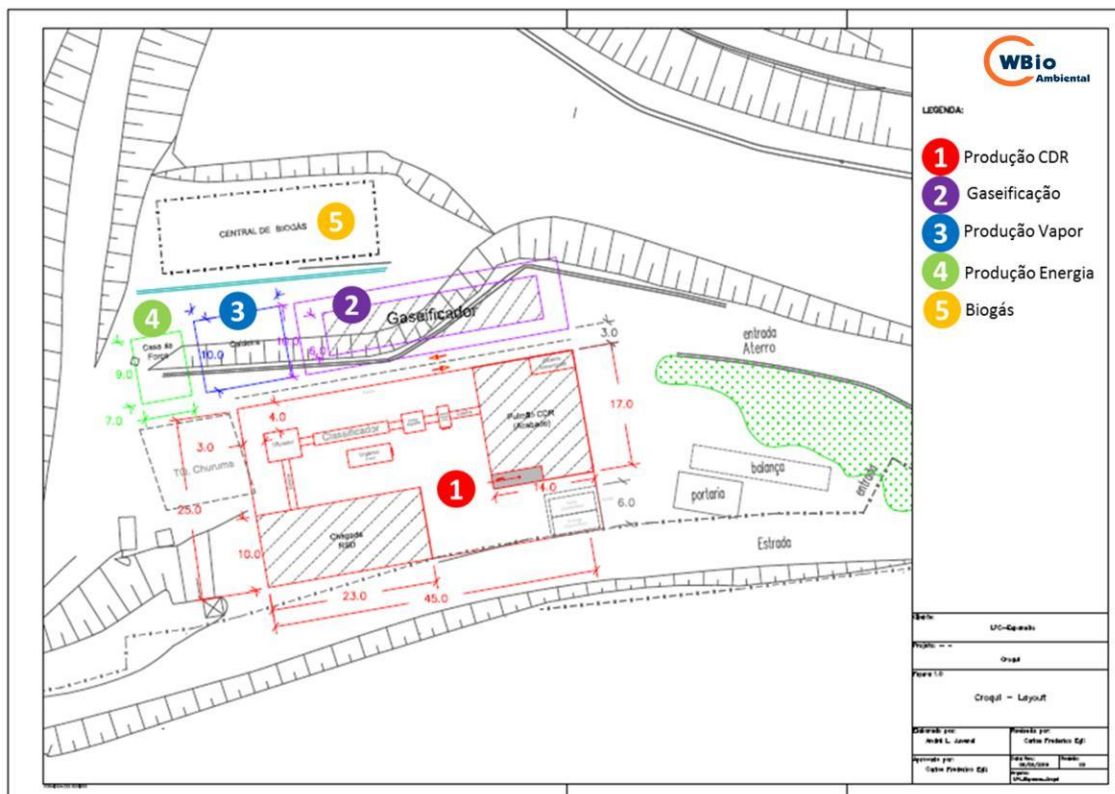


Figura 6 – Layout do empreendimento

## 6.2. 1ª ETAPA – PRODUÇÃO DO CDR

Este prédio possuirá área de aproximadamente 1.125 m<sup>2</sup> (45 m x 25 m e com 10 m de altura livre) e construído em concreto pré-fabricado, coberto, fechado, com portas que permitem a entrada de caminhões para descarga. Estas portas são automáticas e permanecem abertas somente durante o descarregamento dos caminhões.

As paredes e o fundo de concreto são impermeabilizados sendo que, o segundo, conta com canaletas de drenagem que coletam a água e o chorume precipitados armazenando-os em uma cisterna, da onde uma bomba os injeta na reforma de gases.

Esta etapa do empreendimento compreende:

1. Recepção: O resíduo sólido doméstico será recebido diariamente sendo depositado em área determinada de aproximadamente 230 m<sup>2</sup>, capacidade para o recebimento diário de 182 ton/dia. Todo o resíduo recebido será processado no mesmo dia.

2. Abre sacos: Por intermédio de pás carregadeiras será alimentada uma esteira onde alimentará o abre sacos. Esse equipamento com o objetivo de assegurar uma abertura

eficiente dos sacos que chegam às instalações de tratamento de resíduos urbanos e embalagens, possui grande eficiência na abertura de sacos (maior de 95%).

O equipamento dispõe de um rotor que trabalha a baixas rotações acionado através de um motor elétrico. O sistema de transmissão do motor ao rotor é constituído por uma correia e um redutor do tipo planetário. A velocidade de rotação do rotor pode controlar-se através de variador de frequência (de 0 a 12 rpms).

O rotor incorpora uma série de dentes desagregadores, dispostos em espiral ao longo de toda a sua superfície, que abrem os sacos ao passar pelos dentes fixos da comporta

3. Extração de metais: O Extrator de metais retira do RSU, automaticamente, metais ferrosos por uma caixa de imãs permanentes de ferrite com uma correia borracha tracionada por um motor elétrico, retirando todos os metais que possam prejudicar as máquinas do processo, o material retirado é armazenado numa caçamba.

4. Classificação: Nesta etapa o objetivo é separar o RSD em 2 frações: Fração Orgânica e Fração Energética.

A massa de material que alimenta a peneira através da correia de alimentação, é transferido para sobre os discos da peneira onde o material é agitado e batido fortemente e assim separado em 2 frações; aquele que cai entre os discos/eixos é a fração orgânica e o material que segue sobre a peneira até o final é a fração energética.

A fração orgânica cairá em caçambas e seguirá para o aterro, enquanto a fração energética seguirá para o processo de produção de CDR.

5. Trituração: O resíduo recebido será colocado em uma esteira que será encaminhado para um triturador, com o objetivo de triturá-los para atingir uma granulometria adequada. Ao término dessa operação, por esteira rolante o resíduo triturado será encaminhado para a próxima etapa.

6. Estoque de CDR: A última área nesta etapa é o setor de estoque de combustível derivado de resíduos, com dimensões de 14m x 17m, totalizando 467 m<sup>3</sup>, com 3 metros de profundidade e 3 metros de altura, sendo capaz de armazenar aproximadamente 360 ton de CDR acabado.

Na área existirá uma rampa de acesso para a entrada de pá-carregadeira, responsável pela movimentação interna do combustível, bem como com o carregamento do combustível no sistema de alimentação para a próxima etapa.

### 6.3. 2ª ETAPA – GASEIFICAÇÃO

Este prédio possuirá área de aproximadamente 300 m<sup>2</sup> (40 m x 10 m e com 15 m de altura livre) e construído em concreto pré-fabricado, coberto, com abertura nas laterais.

O gaseificador é, externamente, uma “caixa” em chapas de aço carbono estruturadas com perfis do mesmo material, constituindo uma câmara hermeticamente fechada. Internamente, esta câmara é isolada com uma espessa camada de fibra cerâmica que, por sua vez, é protegida do contato com o gás por uma camada de tijolos refratários. A temperatura da face externa, durante a operação, é de 50°C.

As dimensões externas aproximadas de cada câmara de gaseificação são: largura 4,2m, comprimento 12,5m e altura 10,5m. Totalmente instalado acima do nível do piso

No fundo da câmara está instalado um leito móvel que movimentada continuamente o CDR/RSU e à medida que a parte volátil é gaseificada, o leito descarrega as cinzas em um extrator por correntes que as retira da câmara em modo contínuo, depositando as em uma caçamba fechada para posterior destinação final no aterro sanitário que fica no mesmo terreno do empreendimento.

O gaseificador conta com uma série de medidores de vazão de ar e água, sensores de temperatura, sensores de pressão e analisadores de gás que, através dos seus respectivos transmissores, enviam sinais, em tempo integral, a um PLC para controle do processo, garantindo as condições ideais para a gaseificação e reforma de gases. Todos estes dados são monitorados, armazenados e disponibilizados (em rede ou não) por um sistema supervisão. O funcionamento é totalmente automatizado.

A pressão interna do gaseificador é controlada e mantida sempre abaixo da pressão atmosférica através de um sistema de tiragem induzida, evitando qualquer vazamento de gases para o meio externo.

O queimador de gás combustível derivado de resíduos (GCDR) já está dimensionado para atender a capacidade total da planta. O conjunto abrange desde os dutos de admissão do GCDR até a saída da câmara de combustão.

Este tipo de queimador já é largamente utilizado na queima de gás de alto forno em caldeiras na indústria siderúrgica.

O duto de admissão é cilíndrico, corpo externo em aço e revestido internamente com tijolos isolantes protegidos por uma camada de tijolos refratários. Basicamente, este duto liga a saída



dos gaseificadores à câmara de combustão e tem aproximadamente 1,8m de diâmetro e 12,0m de comprimento.

A forma construtiva da câmara de combustão cilíndrica segue o mesmo princípio do duto de admissão, porém, com revestimento interno dimensionado para elevadas temperaturas. Seu desenho proporciona alto nível de turbulência garantindo a queima completa do GCDR e suas dimensões visam o tempo de residência dos gases e a acomodação da chama.

O queimador, em si, é um conjunto de equipamentos e dispositivos, acoplados a câmara de combustão, que fazem a ignição, o controle da queima e o desligamento (seguros) do próprio. Especificamente estamos falando de controlador de chama, "damper's" com posicionadores, válvulas de bloqueio, ignitores, turbuladores, sensores de temperatura, sensores de chama para segurança, analisadores de gases para garantia da queima completa com o menor excesso de ar possível, medidores da vazão de ar, ventiladores variáveis para injeção de ar, entre outros, tudo em total conformidade com a NBR 12.313.

O GCDR é aspirado da câmara de gaseificação para dentro da câmara de combustão cilíndrica pela ação do exaustor de tiragem induzida e pelo efeito "Venturi" proporcionado pela injeção de ar aquecido para a combustão.

O ar preaquecido para a oxidação do GCDR é injetado na câmara de combustão pela ação de um ventilador específico. O controle desta injeção é feito em função dos sinais obtidos dos analisadores de CO e O<sub>2</sub> e dos sensores de temperatura instalados na saída da câmara. O PLC está programado para buscar a menor concentração possível de O<sub>2</sub> nos gases combustos sem aumentar a concentração de CO.

Na prática, isto acontece por meio da alternância entre o recebimento e análise, pelo PLC, dos dados do sensor de CO, a tentativa de redução de injeção de ar e nova análise da medição de CO. Desta forma, obtém-se a maior temperatura de combustão possível.

Sensores de chama monitoram continuamente a câmara de combustão certificando-se que há ignição. Caso ocorra a perda da ignição o queimador a GLP é ligado imediatamente garantido a total queima dos gases residuais oriundos da câmara de gaseificação.

#### **6.4. 3ª ETAPA: PRODUÇÃO DE VAPOR EM CALDEIRA**

A 3ª etapa é a produção de geração de vapor, por intermédio de uma caldeira de recuperação, por intermédio do Ciclo Rankine.

A caldeira do empreendimento é um equipamento robusto, possui a função de recuperar o calor dos gases combustos pela etapa anterior, para a produção de vapor superaquecido para suprir as necessidades do processo e alimentar os geradores para produção de energia elétrica. Opera no modo recuperação de calor, com fluxo de gases vertical, apoiada em estrutura metálica.

A caldeira para a geração de vapor necessita d'água, recurso esse que será desmineralizada e degaseificada adequadamente.

A água necessária para a utilização no empreendimento será por intermédio de caminhões pipa, pois o local não possui poços de captação e não somos atendidos pela concessionária local. Sendo assim, o empreendimento está dispensado de solicitação de outorga.

Será instalado no empreendimento um tanque de armazenamento com capacidade de aproximadamente 30.000 litros d'água, bem como a captação de água pluvial. Essa água será tratada em um pequeno sistema de tratamento.

O consumo de água para utilização na caldeira de recuperação está estimado em 0,5 m<sup>3</sup>/h, ou 12 m<sup>3</sup>/dia, ou seja, abastecimento de 1 (um) caminhão pipa por dia.

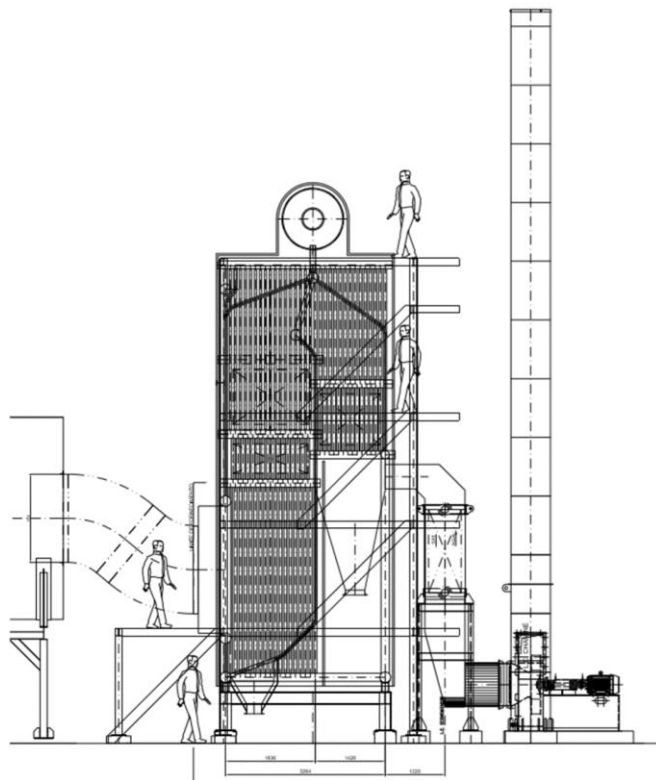


Figura 7- Caldeira de Recuperação

O involucro externo é constituído de tubos aletados formando uma superfície estanque para operação com pressão positiva, aceitando gases de alta temperatura, com mínima manutenção.

ITEM	UNIDADE	VALOR
Modelo		MD-FV-X-15
Quantidade		1
Capacidade Máxima Contínua Unitária	Kg/h	14.800
Pressão de Operação	Barg	42
Pressão de Projeto	Barg	48
Temperatura do Vapor	°C	420
Temperatura da Água de Alimentação	°C	105
Vazão de gás do processo	Kg/h	33.300
Temperatura	°C	1.225
Quantidade de queima suplementar	Kw	NA
Combustível Auxiliar		NA
Poder Calorífico Inferior	Kcal/Nm <sup>3</sup>	NA
Temperatura de água de alimentação	°C	105
Temp. da água na saída do economizador	°C	208
Temp. dos gases na entrada do super	°C	845
Temp. dos gases na saída da caldeira	°C	334
Temperatura dos gases na entrada da chaminé	°C	160

Tabela 1 - Dados da Caldeira

#### **6.5. 4ª ETAPA: GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA.**

O empreendimento gerará energia elétrica, com a capacidade instalada para gerar até 4,5 MW. (syngás +biogás). Em torno de 10% desse total de geração de energia elétrica será utilizado no próprio empreendimento.

A geração de energia, pelo ciclo térmico "Rankine", dar-se-á através do acionamento de um conjunto turbo gerador, com turbina de condensação, através de ciclo regenerativo, contemplando dois aquecedores de água regenerativos e mais o desaerador.

Turbina a vapor é uma máquina térmica que aproveita a energia térmica do vapor sob pressão, gerado por uma caldeira, convertendo-a em trabalho mecânico útil através de uma transformação de dilatação térmica. Por exemplo, quando a turbina é acoplada a um gerador, obtém-se a transformação da energia mecânica em energia elétrica.

Seu funcionamento não difere das turbinas usadas em termelétricas convencionais a vapor. O vapor que sai da turbina é condensado e volta a ser usado como água de alimentação da caldeira de recuperação de calor.

Potência nos bornes do gerador	4,500 kW
Vazão de vapor na entrada	14,8 t/h a 18,0 t/h
Pressão de vapor de entrada	43 Bar(a)
Temperatura de vapor de entrada	420 °C
Vazão de vapor na saída	14,8 t/h a 18,0 t/h
Pressão de vapor na saída	0,12 Bar(a)
Temperatura de vapor na saída	49 °C
Rotação de operação da turbina	8.000 rpm
Rotação do gerador	1.800 rpm
Tolerância	3%
Rendimento adotado para o redutor	98,5 %
Rendimento adotado para o gerador	95,6 %

Tabela 2 – Condições de operação da turbina

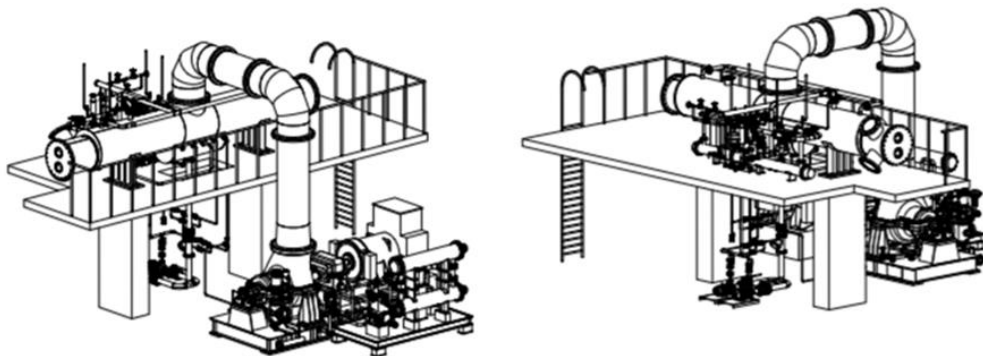


Figura 8 – Layout da Turbina e Gerador

## 6.6. 5ª ETAPA: BIOGÁS

A decomposição da matéria orgânica é um processo natural que ocorre em duas formas. A primeira é a decomposição aeróbia que acontece na presença de oxigênio esse processo é o princípio básico da compostagem, e a segunda fase é a de decomposição anaeróbia que acontece na ausência de oxigênio, onde os responsáveis por essa fase é uma série de microrganismos (bactérias) que quebram as moléculas da matéria orgânica transformando essa quase que totalmente em gases como o gás metano que tem um percentual de energia térmica.

O Biogás é um tipo de gás inflamável produzido a partir da mistura de dióxido de carbono e metano, formado a partir da degradação da matéria orgânica. A fermentação acontece em determinados patamares de temperatura, umidade e acidez. O biogás é composto por uma mistura de gases, o metano (CH<sub>4</sub>), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), hidrogênio (H<sub>2</sub>), gás sulfídrico (H<sub>2</sub>S), nitrogênio (N<sub>2</sub>) e oxigênio (O<sub>2</sub>).

O Biogás extraído no aterro poderá ser direcionado, para a câmara de combustão, assim aumentando a eficiência na geração de energia elétrica.

A extração do biogás para o aproveitamento energético será estudada e caso venha a ser comprovada a sua viabilidade, o mesmo será utilizado para tal finalidade.

### 6.7. FLUXOGRAMA DE PROCESSO

Abaixo segue fluxograma do processo do empreendimento com as etapas envolvidas.

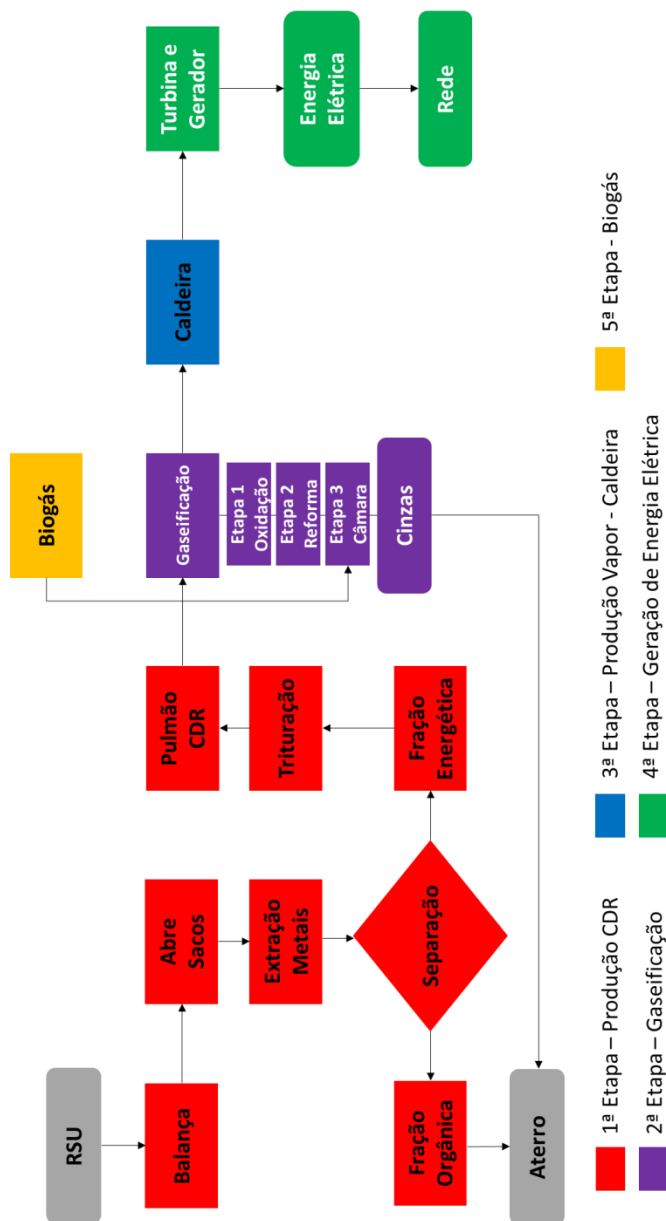


Figura 9 – Fluxograma de processo

### 6.8 BALANÇO DE MASSA DO EMPREENDIMENTO

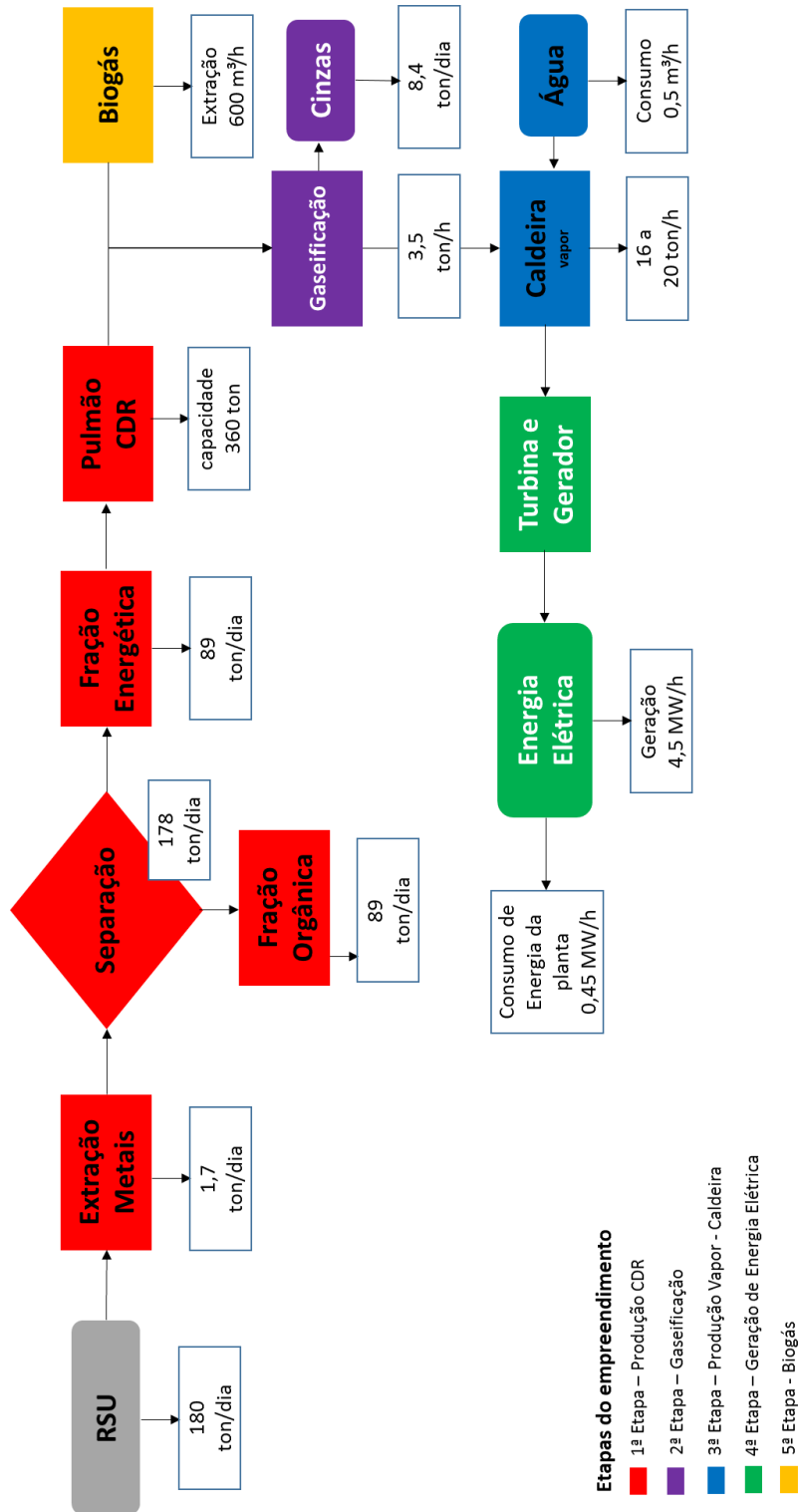


Figura 10 – Balanço de Massa

## 7. CAPTAÇÃO E EVAPORAÇÃO DO CHORUME

O chorume gerado a partir da decomposição anaeróbia dos resíduos sólidos urbanos contém alta carga poluidora e sua composição apresenta grande quantidade de amônia, cloretos, substâncias recalcitrantes, compostos orgânicos e inorgânicos.

Uma das alternativas utilizadas para tratar o chorume e que será implementado no empreendimento é o processo de evaporação do mesmo.

Este processo permite uma redução de até 70% do volume de lixiviado. O tratamento é realizado em equipamento denominado Evaporador, onde o chorume é aquecido a altas temperaturas. O evaporador será alimentado pelos gases resultantes da etapa de geração de vapor, na caldeira.

Estimativas iniciais da literatura apontam para uma geração de 0,2 litros de chorume por habitante/dia considerando uma precipitação média anual de cerca de 1.500 mm. Sendo estimado que o município de Bragança Paulista possua 168 mil habitantes, logo a geração prevista de chorume é de 33.600 litros de chorume por dia, ou 1.400 litros por hora.

Esse volume será encaminhado para a caixa de chorume, sendo bombeado para o sistema de evaporação.

Com a implantação do evaporador, todo o chorume gerado no empreendimento será tratado internamente.

## 8. CRONOGRAMA DE IMPLEMENTAÇÃO

O tempo estimado para implantação do empreendimento de 14 meses.

Etapas	Atividades	Duração
1	Projeto de Arquitetura Projetos Complementares (projetos de estruturas, instalações elétricas, instalações <u>hidrossanitárias</u> ) Alvarás e Autorizações	90 dias
2	Montagem do canteiro e barracão de obras	15 dias
3	Movimentação de terra, terraplanagem	15 dias
4	Fundações	30 dias
5	Estruturas Paredes e vedações Instalações <u>Hidrossanitárias</u> e Elétricas	150 dias
6	Instalações de Máquinas e Equipamentos	120 dias
7	Startup – testes pré-operacional	30 dias

Tabela 3 –Cronograma de Implementação

## **9. ANÁLISE DE REGULARIEDADE DO ÓRGÃO AMBIENTAL**

Essa tecnologia foi licenciada, instalada e está em funcionamento no Estado de Santa Catarina desde 2017. Nessa planta que funciona a mais de 18 meses com regime de funcionamento de 24 horas/dia foram executados inúmeros testes e variações, processando um total de 72 toneladas de RSD por dia, autorizado pelo Instituto de Meio Ambiente do Estado de Santa Catarina - IMA.

Todas as condicionantes de emissões atmosféricas são atendidas conforme preconizado na legislação ambiental Brasileira, especialmente na legislação do Estado de São Paulo.

## **10. DESCRIÇÃO DO PROCESSO PARA INSTALAÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO**

### **10.1. CONCEITO**

O aterro sanitário é uma obra de engenharia projetada sob critérios técnicos, cuja finalidade é garantir a disposição dos resíduos sólidos urbanos sem causar danos à saúde pública e ao meio ambiente.

É considerado uma das técnicas mais eficientes e seguras de destinação de resíduos sólidos, pois permite um controle eficiente e seguro do processo e quase sempre apresenta a melhor relação custo-benefício. Pode receber e acomodar vários tipos de resíduos, em diferentes quantidades, e é adaptável a qualquer tipo de comunidade, independentemente do tamanho.

O aterro sanitário comporta-se como um reator dinâmico porque produz, através de reações químicas e biológicas, emissões como o biogás de aterro, efluentes líquidos, como os lixiviados, e resíduos mineralizados (húmus) a partir da decomposição da matéria orgânica.

### **10.2. NORMAS TÉCNICAS**

Todo projeto de aterro sanitário deve ser elaborado segundo as normas preconizadas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). No caso dos aterros sanitários Classe II2 , a norma a ser seguida é a de número NBR 8419/ NB 843, que descreve as diretrizes técnicas dos elementos essenciais aos projetos de aterros, tais como impermeabilização da base e impermeabilização superior, monitoramento ambiental e geotécnico, sistema de drenagem de lixiviados e de gases, exigência de células especiais para resíduos de serviços de saúde, apresentação do manual de operação do aterro e definição de qual será o uso futuro da área do aterro após o encerramento das atividades.

De acordo com a Norma NBR 8419/84, o projeto de um aterro sanitário deve ser obrigatoriamente constituído das seguintes partes: memorial descritivo, memorial técnico,



apresentação da estimativa de custos e do cronograma, plantas e desenhos técnicos. Assim como os aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos têm normas específicas, outros tipos de aterros, como os de resíduos perigosos, também devem ser elaborados seguindo os princípios técnicos estabelecidos pelas normas descritas a seguir: apresentação de projetos de aterros de resíduos industriais perigosos – Procedimento - NBR 8418 / NB 842; apresentação de projetos de aterros de resíduos perigosos - Critérios para projeto, construção e operação - NBR 10157 / NB 1025; apresentação de projetos de aterros de resíduos não perigosos – Critérios para projeto, implantação e operação – Procedimento - NBR 13896.

### **10.3. ESCOLHA DAS ÁREAS**

A seleção da área para a construção do aterro sanitário é uma fase muito importante no processo de implantação. A escolha correta do local é um grande passo para o sucesso do empreendimento, pois diminui custos, evitando gastos desnecessários com infra-estrutura, impedimentos legais e oposição popular.

Em geral, faz-se primeiro uma pré-seleção de áreas disponíveis no município e, a partir de então, realiza-se um levantamento dos dados dos meios físico e biótico. É comum construir o aterro sanitário em uma área contígua ao antigo lixão, desde que este não esteja situado em locais de risco ou restrição ambiental. Em certos casos, a prefeitura tem interesse em utilizar determinadas áreas, seja porque são áreas degradadas por atividades anteriores, seja porque são áreas erodidas ou, até mesmo, que não se prestam a outras atividades.

Nesse sentido, é importante traçar critérios para a escolha da área, os quais devem ser amplos, abrangendo tanto questões técnicas como econômicas, sociais e políticas. Os critérios técnicos são impostos pela norma da ABNT NBR 10.157 e pela legislação federal, estadual e municipal. Esses condicionantes abordam desde questões ambientais, como o limite de distância de corpos hídricos e a profundidade do lençol freático, até aspectos relativos ao uso e à ocupação do solo, como o limite da distância de centros urbanos, a distância de aeroportos etc. Os critérios econômicos dizem respeito aos custos relacionados à aquisição do terreno, à distância do centro atendido, à manutenção do sistema de drenagem e ao investimento em construção.

Finalmente, os critérios políticos e sociais abordam a aceitação da população à construção do aterro, o acesso à área através de vias com baixa densidade e a distância dos núcleos urbanos de baixa renda.

As normas em vigor, referentes a aterros sanitários para resíduos perigosos, não perigosos e inertes apresentam em seus capítulos iniciais, a necessidade de escolha de área para

implantação dos mesmos mediante a observância de critérios bem estabelecidos. Para tanto, deverão ser observados os elementos e critérios a seguir, apresentados de forma resumida.

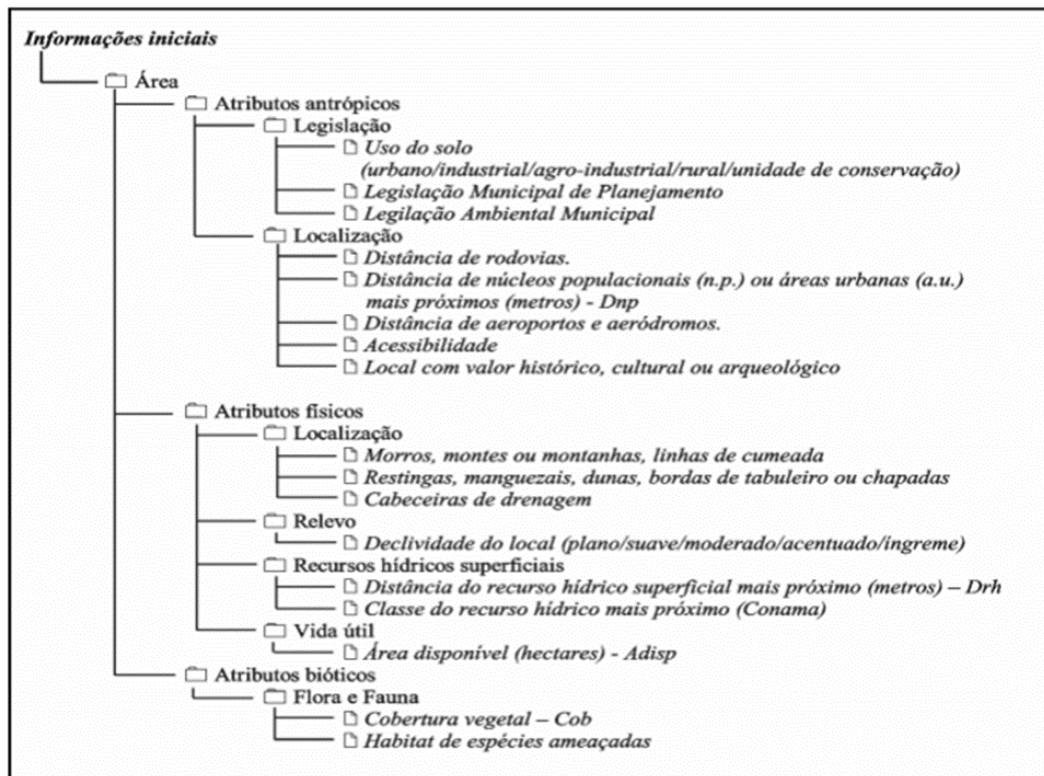


Tabela 4 -Informações Iniciais (fonte: Lupatini;2002).

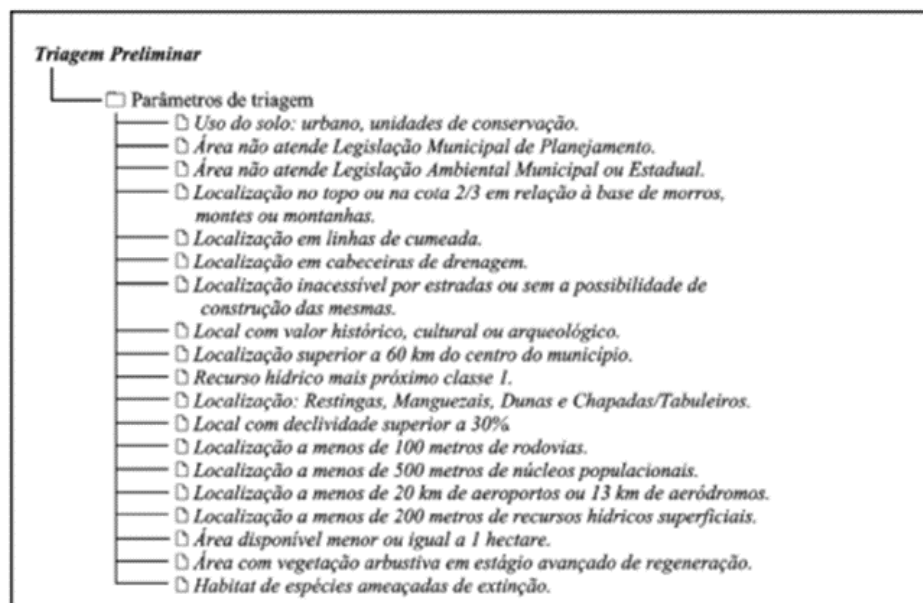


Tabela 5 -Triagem Preliminar (fonte: Lupatini;2002).

OBJETIVOS ESPECÍFICOS	CRITÉRIOS	PARÂMETROS DE AVALIAÇÃO LOCACIONAL
Menor impacto visual em virtude da alteração da paisagem local	Atenuação do impacto visual negativo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Distância do local em relação a áreas urbanas ou núcleos populacionais mais próximos</li> <li>• Visibilidade do local</li> </ul>
Menor poluição atmosférica em virtude da propagação de gases na direção dos núcleos populacionais.	Atenuação da poluição atmosférica/odores	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Direção dos ventos predominantes</li> <li>• Distância do local em relação a áreas urbanas ou núcleos populacionais mais próximos</li> <li>• Existência de barreiras à propagação</li> </ul>
Preservação dos recursos hídricos superficiais	Vulnerabilidade dos recursos hídricos superficiais	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Distância do recurso hídrico superficial mais próximo</li> <li>• Classe do recurso hídrico superficial mais próximo</li> <li>• Número de recursos hídricos superficiais próximos à área</li> <li>• Declividade do local</li> </ul>
Preservação dos recursos hídricos subterrâneos	Vulnerabilidade dos recursos hídricos subterrâneos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Profundidade do lençol freático</li> <li>• Permeabilidade do solo</li> <li>• Espessura do solo</li> <li>• Declividade do local</li> <li>• Capacidade de troca catiônica do solo</li> </ul>
Preservação do solo	Susceptibilidade à erosão	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Classe textural</li> <li>• Declividade do local</li> </ul>
Preservação da vegetação	Alteração da flora	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cobertura vegetal</li> </ul>
Menor poluição sonora em virtude da operação do aterro	Atenuação da poluição sonora	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Distância do local em relação a áreas urbanas ou núcleos populacionais mais próximos</li> <li>• Existência de barreiras à propagação</li> </ul>
Menor alteração das atividades e características locais	Alteração das atividades e características locais	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Influência sobre as atividades e características do município</li> </ul>

OBJETIVOS ESPECÍFICOS	CRITÉRIOS	PARÂMETROS DE AVALIAÇÃO LOCACIONAL
Maior horizonte de projeto	Capacidade em receber resíduos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vida útil do local</li> </ul>
Maior simplicidade para implantação do aterro	Simplicidade para implantação do aterro	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Remoção da cobertura vegetal</li> <li>• Profundidade do lençol freático</li> <li>• Pedregosidade</li> <li>• Declividade do local</li> <li>• Espessura do solo</li> <li>• Classe textural do solo</li> </ul>
Melhores condições de acesso	Acessibilidade	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tempo de descarga estimado</li> </ul>

Tabela 6 –Objetivos, Critérios e Parâmetros (fonte: Lupatini;2002)

Abaixo apresenta um critério de como pode ser feita a escolha de uma área, comparando-se e relacionando-se as características de cada uma em três categorias: recomendáveis, recomendáveis com restrições e não-recomendáveis.

Alguns pontos fundamentais devem ser observados na escolha da área:

- O aterro não deve ser instalado em áreas sujeitas a inundação;

- Entre a superfície inferior do aterro e o mais alto nível do lençol freático deve haver uma camada natural de solo, de espessura mínima de 1,50 m;
- O aterro deve ser instalado em uma área onde haja predominância de material de baixa permeabilidade, com coeficiente de permeabilidade (k) inferior a  $5 \times 10^{-5}$  cm/s;
- O aterro só pode ser construído em área permitida, conforme legislação local de uso do solo;
- Deve-se atentar para a proximidade de aeroportos e aeródromos.

Dados necessários	Classificação das áreas		
	Recomendada		
	Sim	Com restrições	Não
Vida útil	Menor que 10 anos	Maior que 10 anos ou a critério do órgão ambiental	Maior que 10 anos sem aprovação formal do órgão ambiental
Distância do centro atendido: 5-20 km	Menor que 10 km	10 – 20km	Maior que 20 km
Zoneamento Ambiental	Áreas sem restrições		Unidades de conservação ambiental e correlatas
Densidade populacional do entorno	Baixa	Media	Alta
Uso e ocupação das terras	Áreas devolutas pouco valorizadas		Ocupação intensa
Valor da terra	Baixo	Médio	Alto
Aceitação da população e ONG's	Boa	Razoável	Inaceitável
Distância com relação aos cursos d'água	Maior que 200m	Menor que 200m, com aprovação do órgão ambiental	Menor que 200m, sem aprovação específica do órgão ambiental

Tabela 7 – Critérios para a escolha da área do aterro sanitário

#### 10.4. ELEMENTOS DO PROJETO

Tem como objetivo principal formar maciços com sistemas protetivos de impermeabilização compreendendo drenagem e tratamento do percolado. Para tanto sugerimos a implantação dos seguintes procedimentos:

- Modelação dos resíduos e do solo superficial:
- Instalação da base e das laterais, criando uma topografia de base e dos taludes que permitam o perfeito escoamento de todos os percolados eventualmente gerados sem possibilitar a formação de “bolsões” ou “empojamento” sobre a impermeabilização, além de criar um talude de estabilidade de todo o maciço de resíduos,

- Impermeabilização da base das áreas destinadas ao aterro para captar e conduzir todos os percolados e líquidos contaminados aos drenos na base do aterro para uma caixa de contenção, os quais serão removidos e enviados a locais devidamente credenciados para o tratamento final,
- Implantação do sistema de drenagem e captação dos efluentes líquidos, constituídos por tubulação de PEAD, rachão brita 4",
- Deposição e conformação dos resíduos na cava do aterro que estavam depositados provisoriamente a jusante,
- Implantação do sistema de drenagem para a perfeita captação de todos os gases provenientes da decomposição dos resíduos orgânicos para posterior queima, por exemplo em *flair*,
- Cobertura impermeável sobre toda massa de resíduos, a qual tem dupla função, quais sejam, evitar que as águas pluviais não penetrem no aterro, bem como conter os gases para posteriormente encaminhá-los aos drenos de captação de gases,
- Cobertura final com implantação do sistema de drenagem das águas pluviais por meio de canaletas naturais, canais em forma triangular que acompanham as curvas de nível do terreno e com cobertura vegetal protetiva,
- Recomposição da vegetação no entorno do aterro.

Dessa forma, pretende-se restringir ao máximo os limites da massa de resíduos. Nas condições propostas os possíveis impactos serão drasticamente reduzidos.

#### **10.5. CONFORMAÇÃO GEOMÉTRICA DO MACIÇO DE RESÍDUOS**

O aterro deverá prever a conformação topográfica da disposição dos resíduos tendo como objetivo principal de garantir a estabilidade dos maciços.

A conformação final do projeto também levou em conta as inclinações máximas da topografia do entorno. A conformação final dos taludes ultrapassará a declividades de 1:2 (V:H).

A inclinação média geral do projeto nunca ultrapassará a 15%. Esta conformação suavizará as inclinações médias para beneficiar o estado de tensões atuantes no maciço melhorando a estabilidade.

Também deverá ser considerada toda possibilidade de recalques provenientes da decomposição dos resíduos gerando alterações na topografia final, ou seja, projetado de maneira a evitar formações de áreas onde as águas pluviais possam ficar “empossadas”.

Portanto o aterro deverá ser concebido com o propósito de reduzir ao máximo a quantidade de infiltração de águas pluviais no maciço de resíduos disciplinando o escoamento superficial com implantação de uma topografia final adequada.

A quantidade de corte e aterro será o volume proveniente do acerto da base e da retirada e raspagem do terreno destinado a acerto e cobertura das áreas, na qual serão depositados o resíduo domésticos;

#### **10.6. CONFINAMENTO GEOTÉCNICO**

O confinamento geotécnico com a configuração proposta e os sistemas de impermeabilização e drenagem têm como objetivo principal evitar ao máximo a infiltração das águas bem como captar ao máximo os percolados para evitar que haja o mínimo de infiltração na base até atingir o lençol freático.

#### **10.7. CAMADA DE IMPERMEABILIZAÇÃO**

Para execução da impermeabilização será executada a remoção da vegetação rasteira e um acerto topográfico da área para garantir as declividades impostas no projeto.

Antes do início da execução da camada de impermeabilização da base, o solo sofrerá uma compactação mecânica utilizando-se um rolo compactador vibro do tipo Dynapac CFE – 66 ou similar para garantir a inócorrência de recalques que possam comprometer a integridade do sistema de impermeabilização.

Com finalidade de se evitar ao máximo a infiltração dos percolados para o solo e lençol freático, a área da nova deposição terá o solo compactado mecanicamente com rolo compactador do tipo pulmão ou similar de forma a atingir um grau de permeabilidade o mais próximo possível de  $10^{-7}$  cm/s.

Caso não se alcance o grau de impermeabilização proposto de  $K = 10^{-7}$  cm/s, como alternativa, poderá ser utilizado o solo local, adicinando-se bentonita sendo que a porcentagem será determinada através de ensaios práticos “in loco”.

Sobre o solo compactado será aplicada mantas de PEAD (Polietileno de Alta Densidade)) de no mínimo 2 mm.

A declividade da camada de impermeabilização, durante a execução, nunca ultrapassará a declividade horizontal de intemperismo.

### **10.8. IMPERMEABILIZAÇÃO DA COBERTURA**

Para evitar que as águas pluviométricas penetrem no maciço do resíduo e que os gases provenientes da decomposição da matéria orgânica se dispersem na atmosfera serão executadas camadas impermeáveis de forma a encapsular toda parte superior e lateral do aterro.

Sobre a impermeabilização de cobertura será executada uma camada de solo local compactada de forma a atingir um coeficiente de permeabilidade menor ou igual a  $10^{-5}$  cm/s, com espessura de no mínimo de 0,20m e devidamente adubada, cuja função será dar sustentação às raízes da vegetação protetiva.

Esta camada também terá função da evapotranspiração das águas armazenadas que se infiltram, bem como a proteger da camada subjacente dos ciclos de umedecimento-secagem (umidade ótima) que possam causar fissuras.

Esta camada tem suas cotas definidas sempre levando em consideração os possíveis recalques provenientes da decomposição do material orgânico do resíduo que possam a formar poças de águas das chuvas.

### **10.9. SISTEMA DE DRENAGEM SUPERFICIAL**

O sistema de drenagem superficial deverá ser composto por canaletas que acompanham as curvas de nível e que se integrem com as já existentes no entorno. Estas canaletas são bem definidas, pois servem tanto para evitar a erosão quanto para reter água para a camada vegetal, no caso em tela, o plantio de cana de açúcar das áreas vizinhas.

Destaca-se aqui a importância deste sistema de drenagem, já existente, de águas pluviais que incidem a montante da área. Referida drenagem é de suma importância para o bom desempenho do sistema como um todo.

O sistema de drenagem superficial conta com elementos drenantes na forma de canais triangulares acompanhando as curvas de nível do terreno.

Os canais serão executados na própria cobertura prevalecendo as características do solo local.

As dimensões dos drenos seguirão as já existentes no entorno para que haja uma integração dos sistemas. Os canais nunca terão declividade maior do que 2%.

Quaisquer outros tipos de canaletas para a captação das águas pluviais a ser implantado na área em questão serão ineficientes devido à deposição de material carregado da parte a montante, em vista a ocupação do entorno, plantio. Outro ponto importante a ser considerado são os possíveis recalques que venham a ocorrer podendo danificar as canaletas em concreto.

Todo sistema de drenagem superficial foi concebido para que tenha o mínimo possível de manutenção e o máximo de integração como ambiente onde se encontra

Caso seja necessária a implantação de sistemas de canaletas são recomendadas:

Canaletas meia-cana pré-moldadas em concreto armado ou simples, com junta rígida tipo ponta e bolsa de acordo com a norma brasileira NBR 8890/2003 (tubo simples, tubo armado) e tubos de classes especiais (alta resistência):

- Canaletas tipo meia-cana de concreto armado DN 300 à 200 mm.
- Canaletas tipo meia-cana de concreto simples e canaletas de concreto DN 200 à 1000 mm.

#### **10.10. ESTIMATIVA DO VOLUME A SER DRENADO**

A caracterização pluviométrica apresentada pela tabela do balanço hídrico estimado para a cidade de Bragança Paulista – SP, resulta em uma média pluviométrica mensal para janeiro 383,80 mm / médio anual.

$$Q = A \times P$$

Q = volume (litros/ dia)

A = área (metros quadrados)

P = precipitação (milímetros)



$$Q = 14.200,60 \text{ m}^3/\text{mês}$$

A vazão de Projeto é determinada a partir da fórmula racional.

$$S = C * I * A a / 6$$

S = Vazão de Projeto (m<sup>3</sup> / s)

C = Coeficiente de Escoamento Superficial (Adimensional)

I = Intensidade média da chuva (mm / min)

Aa = Área de contribuição da Bacia (ha)

### **Características Fisiográficas da Bacia**

Área de Drenagem:

Extensão do talude:

Área considerada para o cálculo

### **Coeficiente de Escoamento Superficial**

O coeficiente de escoamento superficial foi avaliado a partir das características da superfície da área em questão, sendo baseado nos valores preconizados pela Prefeitura Municipal local.

Zonas	C
DE EDIFICAÇÃO MUITO DENSA: Partes centrais densamente construídas de uma cidade com ruas e calçadas pavimentadas	0,70 a 0,95
DE EDIFICAÇÃO NÃO MUITO DENSA: Partes adjacentes ao centro de menor densidade de habitações, mas com ruas e calçadas pavimentadas.	0,60 a 0,70
DE EDIFICAÇÃO COM POUCAS SUPERFÍCIES LIVRES: Partes residenciais com construção cerradas ruas pavimentadas	0,50 a 0,60
DE EDIFICAÇÕES COM MUITAS SUPERFÍCIES LIVRES: Partes residenciais tipo Cidade Jardim, ruas macadamizadas ou pavimentadas.	0,25 a 0,50

DE SUBÚRBIO COM ALGUMA EDIFICAÇÃO: Partes de arrabaldes e subúrbios com pequena densidade de construção	0,10 a 0,25
DE MATAS, PARQUES E CAMPOS DE ESPORTE: Partes rurais, áreas verdes, superfícies arborizadas, parques ajardinados, campos de esporte sem pavimentação.	0,05 a 0,20

TABELA 8 – Valores de escoamento superficial

Admitiu-se a bacia composta de 50% de matas (C=0,20) e 50% revestida em grama (C=0,4). Daí, adotou-se C=0,3, como coeficiente médio da área.

#### 10.11. TEMPO DE CONCENTRAÇÃO

Para a aplicação da Fórmula Racional, a vazão de projeto de uma dada seção é função do tempo de concentração, assim como da intensidade da chuva, cuja duração é suposta como sendo igual ao tempo de concentração em questão.

O tempo de concentração foi determinado através da fórmula de George Ribeiro, conforme a equação abaixo:

$$T_c = 16 \cdot \frac{L}{(1,05 - 0,2 \cdot P) \times (100 \cdot i)^{0,04}}$$

Onde :

Tc = tempo de concentração da bacia (min);

L = extensão do talvegue (m );

P = relação da área coberta por vegetação pela área total, adotada = 1;

I = declividade longitudinal do talvegue (m / m ).

Foi adotado o tempo de concentração mínimo de 15 minutos.

### 10.12. INTENSIDADE DA CHUVA

Para o cálculo da intensidade média da chuva foi adotado a relação intensidade, duração e frequência desenvolvida pelos Engenheiros Antônio Garcia Occhipinti e P. Marques dos Santos, válida para São Paulo e duração de chuva igual ou inferior a 1 hora.

$$I = 27,96 * T^{-0,112}$$

$$-0,0144$$

$$(t + 15)^{0,86} T$$

Onde:

I = intensidade média da chuva (mm / min)

T = período de retorno (anos)

T = duração da chuva (min)

### 10.13. CÁLCULOS

#### Cálculo do Tempo de Concentração

A abaixo apresenta o cálculo do tempo de concentração a partir da Fórmula de George Ribeiro, baseado nas características fisiográficas da bacia.

L (m)	I (m/m)	Tc(min)
1390	0,151	15

Tabela 9 – Tempo de concentração

#### Cálculo das Vazões de Enchentes

A abaixo apresenta o cálculo das vazões de enchentes para período de retorno de 5 anos.

C	I5 (mm/min)	AD (ha)	Q5 ( m3 / s)
0,3	1,90	21,45	1,45

TABELA 9 – Vazões de enchentes

Portanto, conforme Tabela das Fórmulas de Ganguillet – Kutter para escoamento a seção plena.

Para:

declividade = 1 % = 0,0100 m/m

diâmetro = f1000mm

conforme tabela obteremos  $Q = 1.848,49 \text{ l/s}$

Referido volume será drenado por todo o sistema do aterro e a área que integra o entorno.

#### **10.14. SISTEMA DE DRENAGEM DOS PERCOLADOS**

Consiste em um sistema de captação de todos os percolados gerados na base do aterro, sobre a camada de impermeabilização da base.

Todo sistema de drenagem deve ser projetado com “drenos estratiformes”, ou seja, com camadas ou canais formados por brita com tubos de PEAD (Polietileno de alta densidade), já que a tubulação convencional não pode garantir um funcionamento definitivo a longo prazo.

Mantas de separação e Bidim serão colocadas abaixo e acima das camas drenantes para evitar a comatação, bem como drenos ao longo do tempo.

#### **Estimativa do Volume da Geração de Percolado**

Enquanto a obra estiver sendo executada, os resíduos estarão totalmente expostos as precipitações pluviométricas, época de maior geração de percolados. Portanto o dimensionamento do sistema de coleta dos percolados será elaborado para esta situação, ou seja, a mais desfavorável possível.

Para os cálculos estimativos adotaremos os seguintes parâmetros:

- Conforme a análise do Balanço Hídrico desenvolvido para o município de adotamos o máximo valor de precipitação mensal.

Considerando a área do aterro em que as águas pluviais penetrarão diretamente ou indiretamente na massa dos resíduos somados às áreas

### **Dimensionamento**

Os tubos coleta – drenagem (tubos com furos ou cortes) e os tubos de remoção dos percolados terão diâmetro adotados em 150 mm, diâmetro necessária para garantir a integridade do sistema.

Todo sistema de coleta e remoção será interligado terá uma declividade média em torno de 2%.

Uma camada de 30cm de rachão e brita será aplicada sobre toda parte impermeável e o sistema dos tubos drenantes da base fará a captação dos percolados.

Toda a tubulação de coleta sempre estará instalada em uma espécie de canaleta na camada de impermeabilização, ou seja, sempre abaixo do nível da superfície da camada de impermeabilização com o objetivo de garantir a eficiência da envolvida por uma camada de brita.

Durante toda operação, deve ser executado quando possível, a separação das águas “limpas” das águas contaminadas.

Para tanto deve-se utilizar a menor área de operação possível, ou seja, quanto menor a área que estiver em contato com o resíduo e menor a área impermeabilização tanto menor o volume de líquido contaminado a ser destinado ao sistema de captação.

### **Especificações dos Materiais Utilizados**

Os tubos de drenagem-captção, tubos de remoção, conexões, luvas, separadores serão de PEAD (polietileno de alta densidade) ou material similar.

As camadas drenantes serão constituídas de rachão ou pedra de mão, brita 1, 2, 3 e 4.

As caixas de passagem sempre em alvenaria e concreto com revestimento impermeável que não seja agredido pelos percolados.

### **Coleta, Transferência, Armazenamento e Remoção**

Todo sistema de drenagem e coleta do percolado e águas contaminadas será interligado em uma caixa final da qual sairá uma tubulação de PEAD, com o objetivo de transferi-los para a caixa principal de coleta e armazenamento.

Desta caixa, o percolado e águas contaminadas serão transferidos por caminhões pipa para a estação de tratamento de esgoto credenciada na região.

Vale salientar que durante a execução da obra existe a possibilidade de geração de grandes quantidades de líquidos contaminados pelo fato de não existir uma cobertura final de impermeabilização sobre os resíduos. Para tanto deve haver o controle de esgotamento da caixa, o qual deve ser diário durante a operação e mensal após o encerramento das obras de conformação.

### **10.15. SISTEMA DE DRENAGEM PROFUNDO – LENÇOL FREÁTICO**

Será construída a jusante de algumas etapas do aterro um dreno horizontal profundo em forma de trincheira drenante que funcionará como uma barreira hidráulica para evitar contaminação do lençol freático suspenso do córrego.

Este dreno tem a função de captar as possíveis plumas de contaminação que existam ou possam a vir se formar, bem como encaminhá-la para a caixa de coleta dos percoladas para o devido tratamento.

#### **Estimativa do Volume da Geração de Percolado**

Uma estimativa quantitativa da captação de uma possível pluma será determinada por uma situação crítica, ou seja, a mais desfavorável possível.

Considerando o dreno com uma dimensão máxima com área de 0,60m de largura e uma profundidade máxima de 2,00m preenchida com rachão (desconsiderando o tubo dreno) produzindo uma porosidade de 50%;

Considerando que de acordo com a CETESB (1997) a brita n. 5 apresenta diâmetro nominal de 7,5 cm e diâmetro equivalente 5,46 cm, pode ser calculada a velocidade de escoamento em um canal poroso através da equação de Wilkins dada por:

$$V = 52,45 \times P \times Rh^{0,5} \times i^{0,54}$$

Onde:

V = velocidade média de percolação (cm/s)

I = declividade do dreno (m/100m)

Rh = raio hidráulico do meio poroso considerado (cm)

Considerando que:

$R_h = P \times D_s$

$6 \times (i-p)$

Onde:

P = porosidade do meio – (0,4 <p> 0,50)

Ds – diâmetro equivalente (cm)

Aplicando-se os dados na equação de Wilkins obteve-se o valor de velocidade igual a 21 cm/s.

### **Dimensionamento**

Será constituído por uma trincheira de 0,60m de largura e profundidade variável, pois deve atingir o impenetrável. A trincheira na sua totalidade será preenchida por rachão e brita 4 e contará com um tubo drenante em sua base. Toda trincheira será envolvida por uma manta de BIDIM para evitar comatação de finos.

### **Especificações dos Materiais Utilizados**

As camadas drenantes serão constituídas de rachão ou pedra de mão, brita 2, e tubo drenante de 0,30 m de diâmetro feito em concreto pré-moldado devidamente estruturado.

Todo o dreno será envolvido por uma manta de BIDIM OP60.

## **10.16. SISTEMA DE DRENAGEM DOS GASES (BIOGÁS)**

O sistema de drenagem dos gases será constituído por drenos verticais específicos para cada etapa nova e por drenos Horizontais formado por uma camada drenante sobre a camada de resíduos e sob a camada de impermeabilização da cobertura final.

O sistema de drenagem dos gases necessita ser dimensionado em função das características dos movimentos que o maciço sofre com a decomposição dos elementos orgânicos que compõem os resíduos impondo uma flexibilidade horizontal e vertical no referido sistema

#### **10.17. DRENOS VERTICAIS - DRENOS DE GÁS**

Os drenos verticais não podem ser muito distantes entre si. O diâmetro dos drenos verticais também será calculado mediante a expectativa da movimentação do maciço.

Os drenos deverão ser estruturados por telas de aço soldado (tipo tela telcom), com malha de dimensão máxima de 50mm, formando cilindro de 1,0m de diâmetro. Essas estruturas são mantidas na vertical pela massa de resíduos da camada inicial e posteriormente através de emendas entre as telas com adição de brita.

Quando o dreno de gás se aproximar da superfície livre receberá a instalação de um tubo de concreto de 1,00m de diâmetro e 1,00m de altura de forma que a sua extremidade superior da coluna de brita seja envolvida pelo tubo. O tubo de concreto deverá ser instalado de forma que a sua extremidade superior permaneça aproximadamente 0,60m acima do nível do solo.

A camada de impermeabilização superior deverá envolver o tubo para que não haja fuga dos gases pela base do tubo.

O tubo de concreto deverá ser fechado na sua extremidade livre, sendo que no centro deverá ser executado um furo para acomodação da tubulação do aço de 6 polegadas de diâmetro para condução dos gases para o queimador.

#### **10.18. DRENOS HORIZONTAIS**

Para que se tenha o sistema funcionando com toda eficiência sob a camada de impermeabilização da cobertura deverá ser instalado uma camada de brita 3 ou material similar com 0,20m de espessura para captação do gás e encaminhamento até os drenos. Este sistema de captação garante que somente o gás seja captado, não tendo interferência com a captação de percolados.



Outro ponto importante para garantir a eficiência do funcionamento do sistema de captação de gases está na camada de brita superior que aliviará todas as pressões internas.

#### Especificações dos Materiais Utilizados

A camada drenante superior será constituída de brita 3 ou material similar que a substitua, mas que mantenha as mesmas características de drenar os gases.

### **10. 19. RESERVATÓRIO DE ARMAZENAMENTO DE PERCOLADOS**

A jusante do aterro deverá ser construído um reservatório para armazenar os líquidos percolados, bem como as águas contaminadas, os quais serão posteriormente encaminhados para um sistema de tratamento devidamente credenciado.

As paredes laterais serão de concreto armado A laje de cobertura também será executada em concreto armado com uma dimensão de 0,15 m possuindo um acesso quadrado com 0,70m por 0,70m. Referido acesso será vedado por uma tampa do mesmo material e espessura da laje.

Todas as paredes laterais e de fundo serão recobertas com uma manta de PEAD de 1,50mm soldada nas laterais que garantirá uma impermeabilização de toda a caixa.

Na parte mais alta haverá um tubo extravasor.

#### **Especificações Dos Materiais Utilizados**

As paredes de fundo e laje de cobertura serão de concreto armado de preferência "usinado". O revestimento de impermeabilização será feito com manta de PEAD com soldas devidamente controladas nas emendas.

### **10.20. SISTEMA DE TRATAMENTO DOS PERCOLADOS**

Os líquidos contaminados e armazenados na caixa de contenção serão bombeados para um caminhão tanque e encaminhados para sistema de tratamento devidamente licenciado e aprovados pela CETESB.

### **10.21. PROTEÇÃO DOS TALUDES**

O projeto não contempla taludes com trincheiras drenantes, mas é necessário um sistema de drenagem de percolado sobre a impermeabilização a ser implantada sob a camada de resíduos a ser disposto. As trincheiras serão implantadas na parte inferior do terreno para captar possíveis contaminações no lençol freático suspenso e encaminhar estas águas a uma caixa de contenção.

### **10.22. IMPLANTAÇÃO DO PROJETO**

- 1) - Limpeza do Terreno;
- 2) - Nivelamento;
- 3) - Locação das Covas;
- 4) - Abertura das Covas;
- 5) - Controle de Pragas (formigas cortadeiras, etc);
- 6) - Preparo das Covas;
- 7) - Plantio com Tutoramento;
- 8) - Coroamento;
- 9) - Irrigação;
- 10) - Tratos Culturais.

### **10.23. PREPARO DO TERRENO E COVAS**

O terreno deverá ser limpo e nivelado, as covas deverão ter as seguintes dimensões: 0,30 m X 0,30 m X 0,30 m.

A locação de cada cova deverá ser feita com precisão, para que a densidade projetada e, a distância entre cada muda de cada grupo ecológico não se alterem (locadas na planta).

A cova deverá ser preparada com mistura de terra de boa qualidade, esterco curtido ou condicionador de solo e adubação química nas seguintes proporções:

- NPK, Fórmula 4-14-6 com micronutrientes: 150 g/cova.
- Esterco bem curtido e isento de ervas daninhas ou condicionador de solo: 5 litros por cova.
- Terra como enchimento.

Deve-se efetuar o combate às pragas, principalmente formigas cortadeiras.

#### **10.24. PLANTIO E TRATOS CULTURAIS**

As mudas devem apresentar bom estado de sanidade biológica e ter altura de 0,30 m. Devem ser devidamente tutoradas. Atentar para manter corretamente o nível do colo no plantio, sem enterrar a muda.

Após o plantio deve-se irrigar abundantemente.

Devem-se manter os tratos culturais pelo período de dois anos, inclusive com adubações de cobertura ou complementares quando necessário e, coroamento das mudas.

Após doze meses as copas das árvores devem ter atingido um diâmetro tal que evitará a necessidade de tratos culturais constantes, principalmente capinas.

O combate às formigas cortadeiras deverá ser ininterrupto.

#### **10.25. CRONOGRAMA DE ATIVIDADES**

O plantio deverá ter início e ser finalizado na estação chuvosa (Outubro a Janeiro), seguindo o cronograma abaixo no primeiro ano e repetindo a sequência de tratos culturais no 2º ano.

O preparo do terreno e covas com adubação devem ser realizados com dois meses de antecedência, ou seja, no 1º mês.

As etapas e seus respectivos números estão descritos em item acima:

<b>Etapas</b>	<b>1º mês</b>	<b>2º, 13º e 14º mês</b>	<b>3º e 15º mês</b>	<b>4º e 16º mês</b>	<b>5º e 17º mês</b>	<b>6º e 18º mês</b>	<b>7º e 19º mês</b>	<b>8º e 20º mês</b>	<b>9º e 21º mês</b>	<b>10º e 22º mês</b>	<b>11º e 23º mês</b>	<b>12º e 24º mês</b>
<b>1</b>												
<b>2</b>												
<b>3</b>												
<b>4</b>												
<b>5</b>												
<b>6</b>												
<b>7</b>												
<b>8</b>												
<b>9</b>												
<b>10</b>												

TABELA 10 – Cronograma

## 10.26. MONITORAMENTO DAS ÁGUAS

### Águas Subterrâneas

O projeto indica a instalação de poços de monitoramento de águas subterrâneas a montante e a jusante de acordo com os estudos de geotécnica realizados.

A instalação dos poços deve atender a todos as especificações da norma, - Norma NBR 13895 – Construção de Poços de Monitoramento e Amostragem.

Os poços serão utilizados para a coleta das amostras de água subterrânea que serão enviadas para análises laboratoriais e para a caracterização hidrogeológica do aquífero local.

Após a instalação dos poços e a amostragem da água subterrânea deverão ser realizadas medições do nível d'água estabilizado, com equipamento, específico para detecção de fase livre imiscível de produtos contaminantes eventualmente presentes na água subterrânea.

Durante os trabalhos de campo todos os equipamentos não descartáveis deverão ser devidamente descontaminados, no sentido de se evitar a possibilidade de contaminação cruzada entre pontos de amostragem distintos. A descontaminação dos equipamentos deverá ser realizada com lavagem utilizando detergentes neutros específicos e água corrente, seguida posteriormente de enxágue com água destilada ou deionizada.

### **Monitoramento - Coletas e Análises Químicas**

O monitoramento deverá ser realizado por um período de 10 anos após o término da obra de instalação do aterro. Este período poderá ser reduzido conforme os resultados obtidos.

#### **Coleta**

A amostragem deverá observar a metodologia de baixa vazão (*low-flow*) seguindo a NBR 15847:2010 sobre os Métodos de Purga para Amostragem de Águas Subterrâneas em Poços de Monitoramento, com o monitoramento do nível d'água e parâmetros físico-químicos (pH, condutividade elétrica, resistividade e oxigênio dissolvido). A etapa de amostragem e o posterior envio para laboratório de todas as amostras coletadas será documentado através da emissão de Cadeias de Custódia (COC – Chain of Custody), devidamente assinadas por representantes dos laboratórios envolvidos no trabalho.

Todos os serviços de campo deverão ser acompanhados por profissionais devidamente habilitados para as funções e registrados junto ao CREA (Conselho Regional de Engenharia e Arquitetura).

#### **Análises Químicas**

Com base no histórico dos resíduos depositados serão efetuadas análises laboratoriais dos parâmetros constantes nos valores orientadores para solo e água subterrânea no estado de São Paulo DECISÃO DE DIRETORIA 256/2016/E, DE 22/11/2016 (CETESB, 2016).

## **Relatório Final Ambiental**

Após a finalização dos trabalhos de campo, e em posse dos resultados das análises laboratoriais será elaborado um relatório que conterà os seguintes tópicos:

- Interpretações e considerações sobre os resultados obtidos quanto aos riscos de uso da área
- Para comparação serão utilizados os valores CETESB;
- Comentários e observações dos resultados obtidos;
- Conclusões e recomendações.

## **Do Monitoramento Das Águas Superficiais**

Caso exista corpos d'água na área do aterro do entorno deverá ser realizada coleta das águas superficiais a montante e a jusante da área de influência do aterro, na mesma periodicidade das coletas das águas subterrâneas.

Qualquer insurgência de águas nas proximidades do aterro que venham a ser detectado também será analisada.

## **Monitoramento - Coletas e Análises Químicas**

O monitoramento será realizado por um período de 10 anos após o término da obra de implantação do aterro. Este período poderá ser reduzido conforme os resultados obtidos.

## **Coleta**

A amostragem deverá observar a metodologia de baixa vazão (*low-flow*) seguindo a NBR 15847:2010 sobre os Métodos de Purga para Amostragem de Águas Subterrâneas em Poços de Monitoramento, com o monitoramento do nível d'água e parâmetros físico-químicos (pH, condutividade elétrica, resistividade e oxigênio dissolvido). A etapa de amostragem e o posterior envio para laboratório de todas as amostras coletadas será documentado através da

emissão de Cadeias de Custódia (COC – Chain of Custody), devidamente assinadas por representantes dos laboratórios envolvidos no trabalho.

O envio das amostras para o laboratório será documentado através da emissão de Cadeias de Custódia (COC – Chain of Custody), devidamente assinadas por representantes dos laboratórios envolvidos no trabalho.

Todos os serviços de campo serão acompanhados por profissionais devidamente habilitados para as funções e registrados junto ao CREA (Conselho Regional de Engenharia e Arquitetura).

### **Análises Químicas**

Com base no histórico dos resíduos depositados serão efetuadas análises laboratoriais dos parâmetros constantes nos valores orientadores para solo e água subterrânea no estado de São Paulo

### **Relatório Final Ambiental**

Após a finalização dos trabalhos de campo, e em posse dos resultados das análises laboratoriais, será elaborado um relatório que conterá os seguintes tópicos:

- Interpretações e considerações sobre os resultados obtidos quanto aos riscos de uso da área
- Para comparação serão utilizados os valores CETESB;
- Comentários e observações dos resultados obtidos;
- Conclusões e recomendações.

### **10.27. MONITORAMENTO GEOTÉCNICO**

Durante toda a execução da obra deverá haver o monitoramento da estabilidade da massa de resíduos com a orientação permanente para que sejam atendidos todos os quesitos impostos no projeto, bem como atendendo as recomendações quanto às precauções temporárias. Este monitoramento garantirá a estabilidade do maciço da área recuperada.

O monitoramento do funcionamento do sistema de drenagem dos percolados e dos gases também servirá para garantir a perfeita inertização dos resíduos confinados.

O sistema de monitoramento geotécnico ainda conta com os seguintes equipamentos:

- Marcos superficiais, para monitorar os deslocamentos horizontais e verticais do aterro.
- Medidor de vazão instaladas no sistema de drenagem e coleta de percolados, antes da entrada da caixa de retenção,
- Medidos de vazão instalada na caixa de coleta do sistema da barreira hidráulica,
- Sistema de acesso aos tubos de exaustão dos gases do aterro
- Pluviômetro para medir a pluviometria local (acessório)

Os pontos de monitoramento serão escolhidos de maneira a permitir a análise do funcionamento e desempenho dos diversos sistemas do aterro em época das obras de instalação e ao longo do tempo.

#### **10.28. USO FUTURO DA ÁREA**

O encerramento do aterro se dará com o plantio de toda a vegetação projetada a qual garantirá a perfeita integridade do projeto de recuperação da área.

Deverá ser mantida vigilância sobre a área para preservar as obras executadas e equipamentos instalados, bem como evitar a presença de elementos não autorizados e ainda o seu uso indevido.

#### **11. TERMO DE ENCERRAMENTO**

Este Termo encerra CADERNO II – PROJETO DE IMPLANTAÇÃO, obedecendo às especificações técnicas constantes do Edital.

Este caderno possui 48 páginas, numeradas sequencialmente de 1 a 48.