



## Concessão dos Serviços de Gestão, Operação e Manutenção do Aterro Sanitário de Brasília - ASB



**Estudo de Modelagem Técnica, Econômico-financeira e Jurídica**

**Modelo Técnico - Caderno 1**  
Volume 1 - Parte I

**Meioeste Ambiental**





## **Carta de Apresentação**



# Carta de Apresentação

Brasília, 30 de Novembro de 2022

À

Secretaria de Estado de Projetos Especiais - SEPE  
Praça do Buriti, Zona Cívico - Administrativa  
Palácio do Buriti, Sala P50, CEP: 70075-900 - Brasília/DF

Atendendo ao Termo de Autorização para a Realização de Estudos no âmbito do PMI nº 02/2021, a empresa MEIOESTE AMBIENTAL apresenta os Estudos Realizados de Modelagem Técnica, Econômico-financeira e Jurídica, com vistas à Concessão dos Serviços de Gestão, Operação e Manutenção do Aterro Sanitário de Brasília, com a Implantação de Unidade de Triagem Mecânica, Unidade de Recuperação Energética de Rejeitos, Adequação da Unidade de Tratamento de Chorume e Aproveitamento Energético de Gases do Aterro.

Esta é uma versão revisada da Manifestação original, elaborada após as solicitações de adequação emitidas pela Secretaria de Estado de Projetos Especiais - SEPE.

Os Estudos estão apresentados nos seguintes Cadernos:

- ✓ Modelo Técnico - Caderno 1;
- ✓ Modelo Econômico - Caderno 2;
- ✓ Modelo Jurídico - Caderno 3.

Conforme determina o Termo de Referência - Anexo VI do Edital de Chamamento Público PMI nº 02/2021 - SEPE, o material ora disponibilizado está apresentado em 2 (duas) vias impressas, nos formatos A3 e A4, e em meio digital em formato que permite a edição de textos, tabelas, mapas, plantas, entre outros.

Este Modelo Técnico - Caderno 1, como os demais Modelos que integram este PMI, serão avaliados segundo o Anexo VII do Edital de Chamamento Público - PMI nº 02/2021 - SEPE - Critérios de Julgamento dos Estudos.

O quadro, a seguir, apresenta a Análise do Atendimento do Anexo VII. Nele estão relacionados os itens da Manifestação de Interesse e o Item correspondente ao Anexo VII, que comprova o seu atendimento e adequação.

<b>GOVERNO DO DISTRITO FEDERAL</b> <b>SECRETARIA DE ESTADO DE PROJETOS</b> <b>ESPECIAIS DO DISTRITO FEDERAL</b> <b>Gabinete da Subsecretaria de Estruturação e Gestão de Projetos</b>			
<b>Informação Técnica nº 1/2021 - SEPE/GAB/SEGP</b> <b>ANEXO VII</b> <b>EDITAL DE CHAMAMENTO PÚBLICO - PMI Nº 02/2021 - SEPE</b> <b>Critérios de Avaliação do Caderno 1</b>			
<b>Critério</b>	<b>Parâmetro</b>	<b>Nota Máxima</b>	<b>Item de Atendimento do Caderno 1 ao Critério de Avaliação do Anexo VII</b>
Estudos de Benchmarking	Coerente em porte de unidade e tecnologia	5 pontos	Atendido pelo Item 1.3.1 - Estudos de Projetos Similares - Estudos de Benchmark
Planejamento de transição	Com mínimo impacto para os serviços	5 pontos	Atendido pelo Item 3.5 - Plano de Transição com Mínimo Impacto para os Serviços
Plano de implantação	Coerente e com prazos adequados	5 pontos	Atendido pelo Item 3.6 - Plano de Implantação
Plano de Negócios	Coerente e com dados suficientes	5 pontos	Atendido pelo Item 4 - Plano de Negócios
Área de triagem para os materiais recicláveis no ASB, com área de recebimento e armazenamento de resíduos	Sim, triagem mecânica; ou:	2 pontos	-
	Sim, triagem mecânica e tratamento biológico	5 pontos	Atendido pelos Itens 1.4.2 - Módulo 2 - Estação de Triagem e 1.4.3 - Módulo 3 - Usina de Biodigestão e Compostagem



<b>GOVERNO DO DISTRITO FEDERAL</b> SECRETARIA DE ESTADO DE PROJETOS ESPECIAIS DO DISTRITO FEDERAL Gabinete da Subsecretaria de Estruturação e Gestão de Projetos			
<b>Informação Técnica nº 1/2021 - SEPE/GAB/SEGP</b> <b>ANEXO VII</b> <b>EDITAL DE CHAMAMENTO PÚBLICO - PMI Nº 02/2021 - SEPE</b> <b>Critérios de Avaliação do Caderno 1</b>			
<b>Critério</b>	<b>Parâmetro</b>	<b>Nota Máxima</b>	<b>Item de Atendimento do Caderno 1 ao Critério de Avaliação do Anexo VII</b>
Central de Recuperação Energética de Resíduos - CRER - Item 4.3 do Termo de Referência. Potência referida à energia elétrica ou outras formas de energia produzidas convertidas para a elétrica (Conversão via Ciclo Rankine com 29% de eficiência)	Igual ou superior a 30 MW; ou	20 pontos	Atendido pelos Itens 1.4.4 - Módulo 4 - Usina de Tratamento Térmico, com potência instalada de 36 MW e 32 KW excedentes para a exportação e 1.4.5 - Módulo 5 - Captação de Biogás e Unidade de Produção de Biometano
	Igual ou superior a 20 MW e inferior a 30 MW; ou	10 pontos	-
	Inferior a 20 MW	5 pontos	-
Utilização de lodo ou digestato das Estações de Tratamento de Esgoto - ETEs (CAESB)	-	5 pontos	Atendido pelos Itens 1.2.2 - Projeção de Produção de Resíduos e 1.4.4 - Módulo 4 - Usina de Tratamento Térmico
Gestão e operação do Aterro Sanitário de Brasília - sistema contínuo de monitoramento e medição de todos os dados de forma contínua e em tempo real	-	5 pontos	Atendido pelos Itens 1.4.1 - Módulo 1 - Gestão e Operação do Aterro Sanitário de Brasília e 3.2.1.1. Centro de Controle Operacional - CCO
Estudo para a captação e utilização dos gases de aterro, com os gases das Estações de Tratamento de Esgoto - ETEs (CAESB)	-	10 pontos	Atendido pelo Item 1.4.5 - Módulo 5 - Captação de Biogás e Unidade de Produção de Biometano
Disponibilidade das instalações por área e mitigação de falhas de operação	-	10 pontos	Atendido pelos Itens 1.4 - Soluções Técnicas Propostas e 3.7 - Mitigação de Possíveis Falhas nos Módulos Operacionais
Estudo de adequação da estação de tratamento de chorume, com estudos da demanda futura	-	5 pontos	Atendido pelo Item 1.4.6 - Módulo 6 - Estação de Tratamento de Efluentes
Redução do volume armazenado em lagoas	-	5 pontos	Atendido pelo Item 1.4.6 - Módulo 6 - Estação de Tratamento de Efluentes
Estudo de vida útil do aterro (maior => mais pontos)	-	10 pontos	Atendido pelos itens 1.2.3 - Avaliação da Capacidade Atual e de Expansão do Aterro e 1.4.1 - Gestão e Operação do Aterro Sanitário de Brasília

<b>GOVERNO DO DISTRITO FEDERAL</b> SECRETARIA DE ESTADO DE PROJETOS ESPECIAIS DO DISTRITO FEDERAL Gabinete da Subsecretaria de Estruturação e Gestão de Projetos			
<b>Informação Técnica nº 1/2021 - SEPE/GAB/SEGP</b> <b>ANEXO VII</b> <b>EDITAL DE CHAMAMENTO PÚBLICO - PMI Nº 02/2021 - SEPE</b> <b>Critérios de Avaliação do Caderno 1</b>			
<b>Critério</b>	<b>Parâmetro</b>	<b>Nota Máxima</b>	<b>Item de Atendimento do Caderno 1 ao Critério de Avaliação do Anexo VII</b>
Implantação de um centro de visitação integrado para o treinamento em Educação Ambiental Continuada no ASB, com um Plano de Educação Ambiental Continuada	-	5 pontos	Atendido pelo Item 1.4.7 - Módulo 7 - Administração e Centro de Educação Ambiental
<b>Nota Máxima</b>		<b>100</b> pontos	-

Atenciosamente,

**Representante Legal da MEIOESTE AMBIENTAL**



## Índice Geral



# Índice Geral

## Modelo Técnico - Caderno 1 - Volume 1

- ✓ 1. Diretrizes Gerais do Modelo Técnico

## Modelo Técnico - Caderno 1 - Volume 2

- ✓ 2. Proposta Técnica
- ✓ 3. Modelagem Operacional
- ✓ 4. Plano de Negócios

## Modelo Econômico - Caderno 2

- ✓ 1. Análise e Projeção da Receita
- ✓ 2. Análise de Viabilidade Econômico-financeira

## Modelo Jurídico - Caderno 3 - Volume 1

### A. Arcabouço Jurídico

- ✓ 1. Introdução
- ✓ 2. Desenho e Estruturação do Modelo Jurídico
- ✓ 3. Ambiente Jurídico, Regulatório e Institucional do Distrito Federal
- ✓ 4. Modelo Sugerido para a Parceria Pública-Privada
- ✓ 5. Critérios de Qualificação de Licitantes
- ✓ 6. Estratégias de Negociação até a Contratação
- ✓ 7. Organização de Tarefas para a Audiência Pública
- ✓ 8. Conclusões Acerca do Estudo Jurídico
- ✓ 9. Minutas e Demais Instrumentos

## Modelo Jurídico - Caderno 3 - Volume 2

- ✓ 10. Anexos Jurídicos.

### B. Pareceres Jurídicos de Advogados Independentes

## Volume Anexo - Proposta Técnica



## **Índice Caderno 1 Volume 1 - Parte I e II**



# Índice Caderno 1 Volume 1 - Parte I e II

✓ Índice Geral .....	4	1.4.5. Módulo 5 - Captação de Biogás e Unidade de Produção de Biometano .....	226
✓ Índice Caderno 1 Volume 1 .....	6	1.4.6. Módulo 6 - Estação de Tratamento de Efluentes .....	251
✓ Modelo Técnico - Caderno 1.....	8	1.4.7. Módulo 7 - Administração e Centro de Educação Ambiental .....	303
		1.4.8. Crédito de Carbono.....	328
		1.4.9. Planejamento das Ações da CONCESSIONÁRIA .....	333
<b>1. Diretrizes Gerais do Modelo Técnico .....</b>	<b>8</b>	<b>✓ Termo de Encerramento - Caderno 1 - Volume 1 .....</b>	<b>338</b>
1.1. Conhecimento da Situação Atual.....	10		
1.1.1. Dados Característicos da Região do Empreendimento .....	11		
1.1.2. Conhecimento da Área de Influência.....	16		
1.1.3. Conhecimento sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos.....	19		
1.1.4. Conhecimento dos Dados Disponibilizados.....	23		
1.1.5. Conhecimento dos Objetivos do PODER CONCEDENTE .....	24		
1.1.6. Conhecimento da Situação Atual do Aterro .....	26		
1.2. Diagnóstico e Estudos Prévios do Modelo Técnico .....	35		
1.2.1. Caracterização dos Resíduos Atuais - Ensaios .....	36		
1.2.2. Projeção de Produção de Resíduos .....	39		
1.2.3. Avaliação das Capacidades Atual e de Expansão do Aterro .....	41		
1.3. Soluções Técnicas - Análise e Diretrizes .....	45		
1.3.1. Estudos de Projetos Similares - Estudos de Benchmark .....	46		
1.3.2. Conhecimento das Opções Tecnológicas Atuais.....	67		
1.3.3. Justificativas para as Soluções Tecnológicas Escolhidas .....	79		
1.3.4. Diretrizes da Proposição Tecnológica - Metas de Desempenho .....	85		
1.4. Soluções Técnicas Propostas.....	89		
1.4.1. Módulo 1 - Gestão e Operação do Aterro Sanitário de Brasília .....	94		
1.4.2. Módulo 2 - Estação de Triagem de Recicláveis.....	116		
1.4.3. Módulo 3 - Usina de Biodigestão .....	135		
1.4.4. Módulo 4 - Usina de Tratamento Térmico.....	163		



## **Modelo Técnico - Caderno 1**

### **1. Diretrizes Gerais do Modelo Técnico**



# Modelo Técnico - Caderno 1

A seguir, está apresentado, o Modelo Técnico - Caderno 1, que aborda os seguintes itens:

- ✓ Diretrizes Gerais do Modelo Técnico;
- ✓ Proposta Técnica;
- ✓ Modelagem Operacional;
- ✓ Plano de Negócios.

Desse modo, as Diretrizes Gerais do Modelo Técnico englobarão os seguintes subitens:

- ✓ Conhecimento da Situação Atual;
- ✓ Diagnóstico e Estudos Prévios do Modelo Técnico;
- ✓ Soluções Técnicas - Análise e Diretrizes;
- ✓ Soluções Técnicas Propostas.

## 1. Diretrizes Gerais do Modelo Técnico

Neste item estão apresentados os documentos de engenharia relativos ao Empreendimento, ou seja, o conjunto de elementos necessários e suficientes, com nível de precisão adequado, para caracterizar as obras ou serviços objeto deste PMI, abordando os seguintes pontos principais:

- ✓ Desenvolvimento das soluções técnicas, de forma a fornecer uma visão global do projeto e identificar todos os seus elementos constitutivos, com clareza;
- ✓ Soluções técnicas globais e localizadas, em detalhamento suficiente para não comprometer a sua compreensão, nem a capacidade do concessionário em inovações e melhoramentos, durante a elaboração do projeto executivo;
- ✓ Elementos para a montagem do Plano de Licitação e a programação das intervenções necessárias ao longo de todo o prazo da Concessão, de modo a subsidiar a elaboração dos Anexos Técnicos ao Edital de Licitação;
- ✓ Orçamento dos investimentos necessários à implantação do projeto;
- ✓ Elaboração de cronograma físico-financeiro.



## **1.1. Conhecimento da Situação Atual**



## 1.1. Conhecimento da Situação Atual

Neste item, a PROPONENTE descreve o seu conhecimento referente à situação atual dos serviços de coleta e manejo dos resíduos sólidos urbanos e do Aterro Sanitário de Brasília.

### 1.1.1. Dados Característicos da Região do Empreendimento

A seguir, estão apresentados os dados característicos da região do Empreendimento, tais como:

- ✓ Localização e acessos;
- ✓ População;
- ✓ Clima;
- ✓ Índice de Desenvolvimento Humano;
- ✓ Produto Interno Bruto;
- ✓ Infraestrutura urbana.

#### 1.1.1.1. Localização e Acessos

Brasília é a capital federal do Brasil e a Sede do Governo do Distrito Federal. Está localizada na região Centro-Oeste do País, ao longo da região geográfica conhecida como Planalto Central, e possui as seguintes coordenadas:

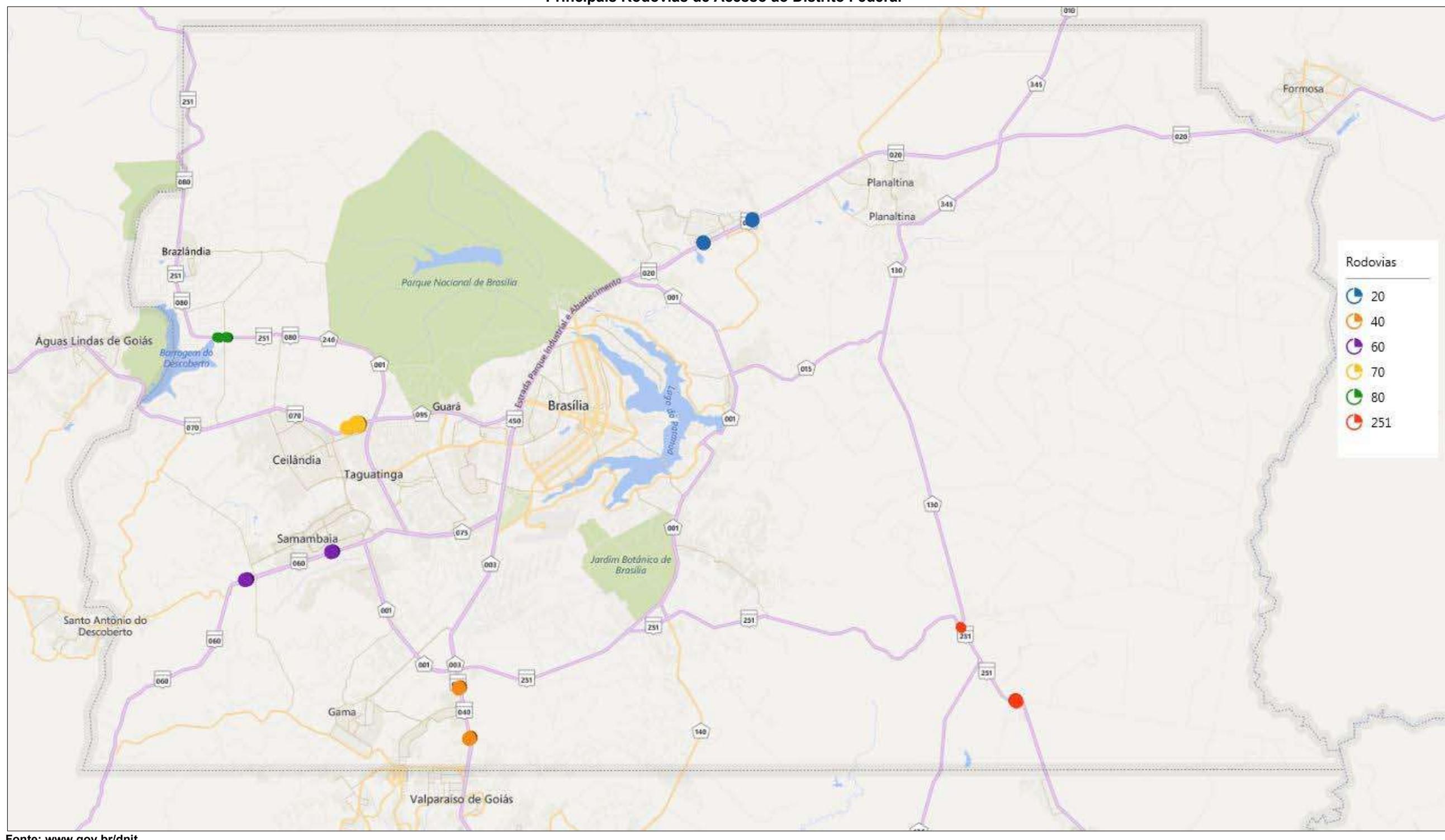
- ✓ Latitude Sul: 15°47'38" S;
- ✓ Longitude Oeste: 47°52'58" O".

As principais Rodovias de acesso ao Distrito Federal são:

- ✓ BR-010: São Gabriel de Goiás, São João da Aliança, Alto Paraíso de Goiás e Chapada dos Veadeiros, seguindo para Tocantins;
- ✓ BR-020: Barreiras (BA), de onde a BR-242 leva a Salvador, e a BR-135 até Teresina;
- ✓ BR-040: Cristalina (GO), Belo Horizonte e Rio de Janeiro;
- ✓ BR-050: Cristalina (GO), Uberlândia, Ribeirão Preto e São Paulo;
- ✓ BR-060: Anápolis e Goiânia, de onde a BR-153 prossegue para São Paulo por Itumbiara (GO) e São José do Rio Preto (SP);
- ✓ BR-070: Cocalzinho de Goiás, de onde há conexões asfaltadas para Pirenópolis e Corumbá de Goiás;
- ✓ BR-080: Padre Bernardo e Urucu (GO), onde faz conexão com a Belém-Brasília (BR-153);
- ✓ BR-251: Unaí (MG);
- ✓ DF-130: Planaltina de Goiás (ex-Brasilinha);
- ✓ DF-280: Santo Antônio do Descoberto.



## Principais Rodovias de Acesso ao Distrito Federal



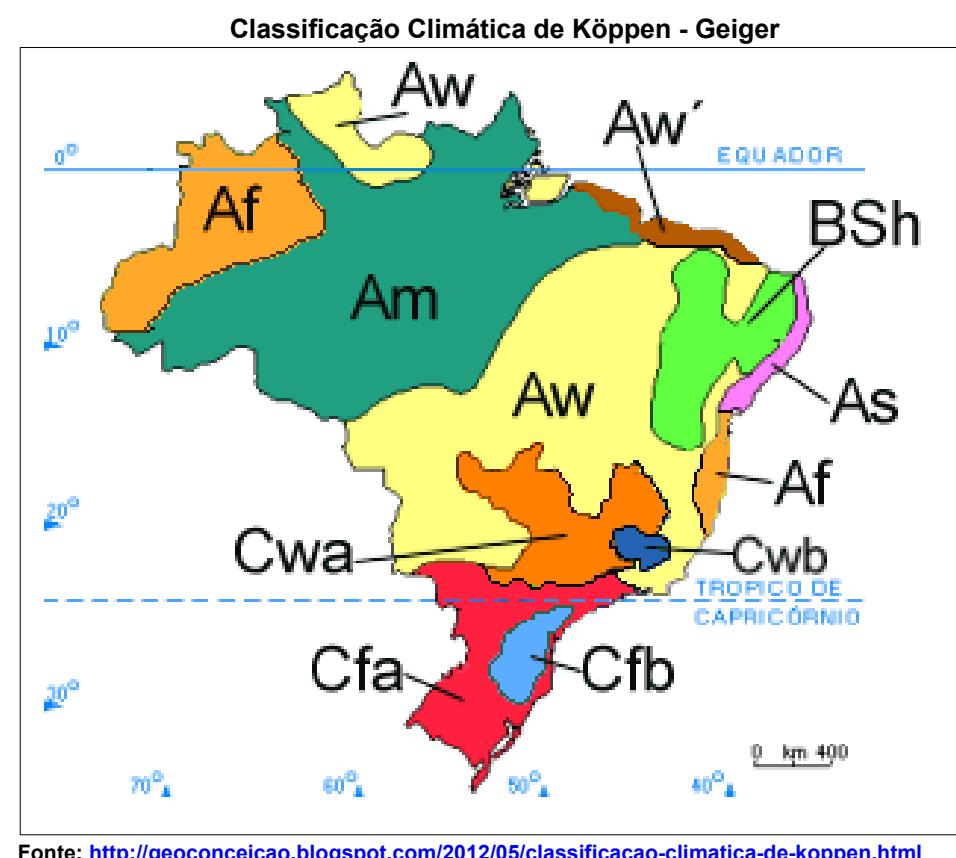


### 1.1.1.2. População

Segundo os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 2020, a população do Distrito Federal era de 3.055.149 habitantes, ocupando uma área territorial de 5.760,784 km<sup>2</sup>.

### 1.1.1.3. Clima

O clima do Distrito Federal é considerado tropical, com estação seca (do tipo Aw, na classificação climática de Köppen-Geiger), temperaturas mornas e índice pluviométricos de, aproximadamente, 1.480 mm anuais, concentrados entre os meses de outubro e abril.



### 1.1.1.4. Índice de Desenvolvimento Humano

O IDH - Índice de Desenvolvimento Humano - de 2010, é de 0,824, muito alto, aparecendo na 9<sup>a</sup> colocação entre os Municípios brasileiros.

### 1.1.1.5. Produto Interno Bruto

O Produto Interno Bruto - PIB, em 2018, era de 254.817.204,69 x 1.000 R\$, aparecendo na 3<sup>a</sup> colocação entre os Municípios brasileiros. Já o PIB per capita, no mesmo ano, era de R\$ 85.661,39, ficando na 99<sup>a</sup> posição.

### 1.1.1.6. Infraestrutura Urbana

A infraestrutura urbana de saneamento básico está apresentada nos itens, a seguir.

#### a) Sistema de Abastecimento de Água

A Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal - CAESB, é a prestadora dos serviços de abastecimento de água de Brasília.

A tabela, a seguir, apresenta as informações operacionais do Sistema, segundo os dados do SNIS 2019.



#### Informações Operacionais do Sistema de Abastecimento de Água

Discriminação		Unidade	Código do SNIS	Quantidade
População	População total atendida com o abastecimento de água	habitante	AG001	2.985.115
	População urbana atendida com o abastecimento de água	habitante	AG026	2.882.966
Ligações	Total (ativas + inativas)	ligação	AG021	747.106
	Ativas	ligação	AG002	688.562
Economias Ativas	Ativas micromedidas	ligação	AG004	686.078
	Total (ativas)	economia	AG003	1.064.497
Volumes de Água	Micromedidas	economia	AG014	1.061.971
	Residenciais	economia	AG013	1.009.497
Extensão da Rede	Residenciais micromedidas	economia	AG022	1.007.044
	Produzidos	1.000 m³/ano	AG006	246.331
Consumo Total de Energia Elétrica	Macromedidos	1.000 m³/ano	AG012	240.892
	De serviços	1.000 m³/ano	AG024	13.346
Extensão da Rede	Tratados exportados	1.000 m³/ano	AG019	292
	Tratados em ETA(s)	1.000 m³/ano	AG007	227.996
Consumo Total de Energia Elétrica	Tratados por simples desinfecção	1.000 m³/ano	AG015	17.488
	Fluoretados	1.000 m³/ano	AG027	238.918
Extensão da Rede	Micromedidos	1.000 m³/ano	AG008	148.988
	Consumidos	1.000 m³/ano	AG010	158.200
Extensão da Rede	Faturados	1.000 m³/ano	AG011	185.070
	Micromedidos nas economias residenciais ativas	1.000 m³/ano	AG020	124.335
Extensão da Rede	-	km	AG005	9.269
Consumo Total de Energia Elétrica	-	1.000 kWh/ano	AG028	212.425

Fonte: Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS 2019

#### b) Sistema de Esgotamento Sanitário

A Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal - CAESB, é a prestadora dos serviços de esgotamento sanitário de Brasília.

A tabela, a seguir, apresenta as informações operacionais do Sistema, segundo os dados do SNIS 2019.

#### Informações Operacionais do Sistema de Esgotamento Sanitário

Discriminação		Unidade	Código do SNIS	Quantidade
População	População total atendida com o esgotamento sanitário	habitante	ES001	2.698.062
	População urbana atendida com o esgotamento sanitário	habitante	ES026	2.605.735
Ligações	Total (ativas + inativas)	ligação	ES009	638.585
	Ativas	ligação	ES002	591.150

#### Informações Operacionais do Sistema de Esgotamento Sanitário

Discriminação		Unidade	Código do SNIS	Quantidade
Economias	Total (ativas)	economia	ES003	951.742
	Residenciais	economia	ES008	901.419
Volumes de es-goto	Coletados	1.000 m³/ano	ES005	129.923
	Tratados	1.000 m³/ano	ES006	129.923
Extensão da Rede de Esgoto	Faturados	1.000 m³/ano	ES007	156.800
	-	km	ES004	7.286
Consumo Total de Energia Elétrica	-	1.000 kWh/ano	ES028	60.904

Fonte: Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS 2019

#### c) Resíduos Sólidos

O Serviço de Limpeza Urbana - SLU, é a prestadora dos serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos de Brasília.

A tabela, a seguir, apresenta as informações operacionais do Sistema, segundo os dados do SNIS 2019.

#### Informações Operacionais dos Resíduos Sólidos

Discriminação		Unidade	Código do SNIS	Quantidade
População	População total do Município	habitante	POP_TOT	3.015.268
	População urbana declarada atendida com a coleta de resíduos	habitante	Co050	2.859.087
	População urbana atendida com a coleta seletiva	habitante	Cs050	1.631.110
Quantidade de Trabalhadores	Total	trabalhador	TB015	4.718
	Públicos	trabalhador	TB013	1.292
	Privados	trabalhador	TB014	3.426
Resíduos Coletados	Total	tonelada	Co119	1.290.625
	Empresas	tonelada	Co117	1.252.532
	Associação de catadores	tonelada	Cs048	4.028
	Outro executor	tonelada	Co142	34.065
Coleta Seletiva	Prefeitura	tonelada	Co116	0
	Total	tonelada	Cs026	32.570
	Empresa contratada	tonelada	Cs024	28.543
	Catadores	tonelada	Cs048	4.027

Fonte: Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS 2019



Os resíduos coletados pelos serviços das coletas convencional e seletiva têm a sua destinação para três caminhos distintos:

- ✓ Aterro Sanitário de Brasília - ASB;
- ✓ Unidade de Tratamento Mecânico Biológico
  - Asa Sul;
  - P Sul.
- ✓ Unidades de Transbordo
  - Ceilândia P Sul;
  - Asa Sul;
  - Sobradinho;
  - Gama;
  - Brazlândia.

#### d) Drenagem Urbana

A Secretaria de Estado de Obras e Infraestrutura do Distrito Federal - SODF, é a prestadora dos serviços de drenagem urbana e manejo de águas pluviais de Brasília.

A tabela, a seguir, apresenta as informações operacionais do Sistema, segundo os dados do SNIS 2019.

**Informações Operacionais da Drenagem Urbana**

Discriminação	Unidade	Código do SNIS	Quantidade
Caracterização do Sistema de DMAPU	Tipo de sistema de drenagem urbana	-	IE016
Extensão de Vias Públicas em Áreas Urbanas	Total existente	km	IE017
	Total implantado no ano de referência	km	IE018
	Total com pavimentos e meios-fios (ou semelhante)	km	IE019
	Total com pavimentos e meios-fios (ou semelhante) implantados no ano de referência	km	IE020
Captações de Águas Pluviais em Áreas Urbanas	Quantidade de bocas de lobo existentes	unidade	IE021
	Quantidade de poços de visita (PVs) existentes	unidade	IE023
Rede de Águas Pluviais Integrada ao Sistema Viário em Áreas Urbanas	Total de vias públicas com redes ou canais de águas pluviais subterrâneos	km	IE024
	Total de vias públicas com redes ou canais de águas pluviais subterrâneos implantadas no ano de referência	km	IE025
Condições dos Cursos d'Água Perenes em Áreas Urbanas	Total dos cursos d'água naturais perenes	km	IE032
	Total dos cursos d'água naturais perenes com diques	km	IE033
Tratamento e Reservação em Áreas Urbanas	Capacidade total de reservação	m³	IE058
			1.140.952

Fonte: Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS 2019

**Informações Operacionais da Drenagem Urbana**

Discriminação	Unidade	Código do SNIS	Quantidade
Informações Geográficas, Demográficas e Urbanísticas	Área territorial total	km²	GE001
	Área urbana total, incluindo as áreas urbanas isoladas	km²	GE002
	População total residente	habitante	GE005
	População urbana residente	habitante	GE006
	Quantidade total de unidades edificadas existentes na área urbana	unidade	GE007
	Quantidade total de domicílios existentes na área urbana	domicílio	GE008
Pessoal Alocado nos Serviços de DMAPU - Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas	Quantidade de pessoal próprio alocado	pessoa	AD001
	Quantidade de pessoal terceirizado alocado	pessoa	AD002
	Quantidade total de pessoas alocadas	pessoa	AD003



## 1.1.2. Conhecimento da Área de Influência

O Aterro Sanitário de Brasília está localizado na Rodovia DF-180, no km 21, nas proximidades da Estação de Tratamento de Esgoto - ETE Melchior, na Região Administrativa de Samambaia a, aproximadamente, 4.900 m do entroncamento da Rodovia BR-060, que liga Brasília/Distrito Federal ao Mato Grosso do Sul, e a Rodovia DF-180, conforme a imagem, a seguir.

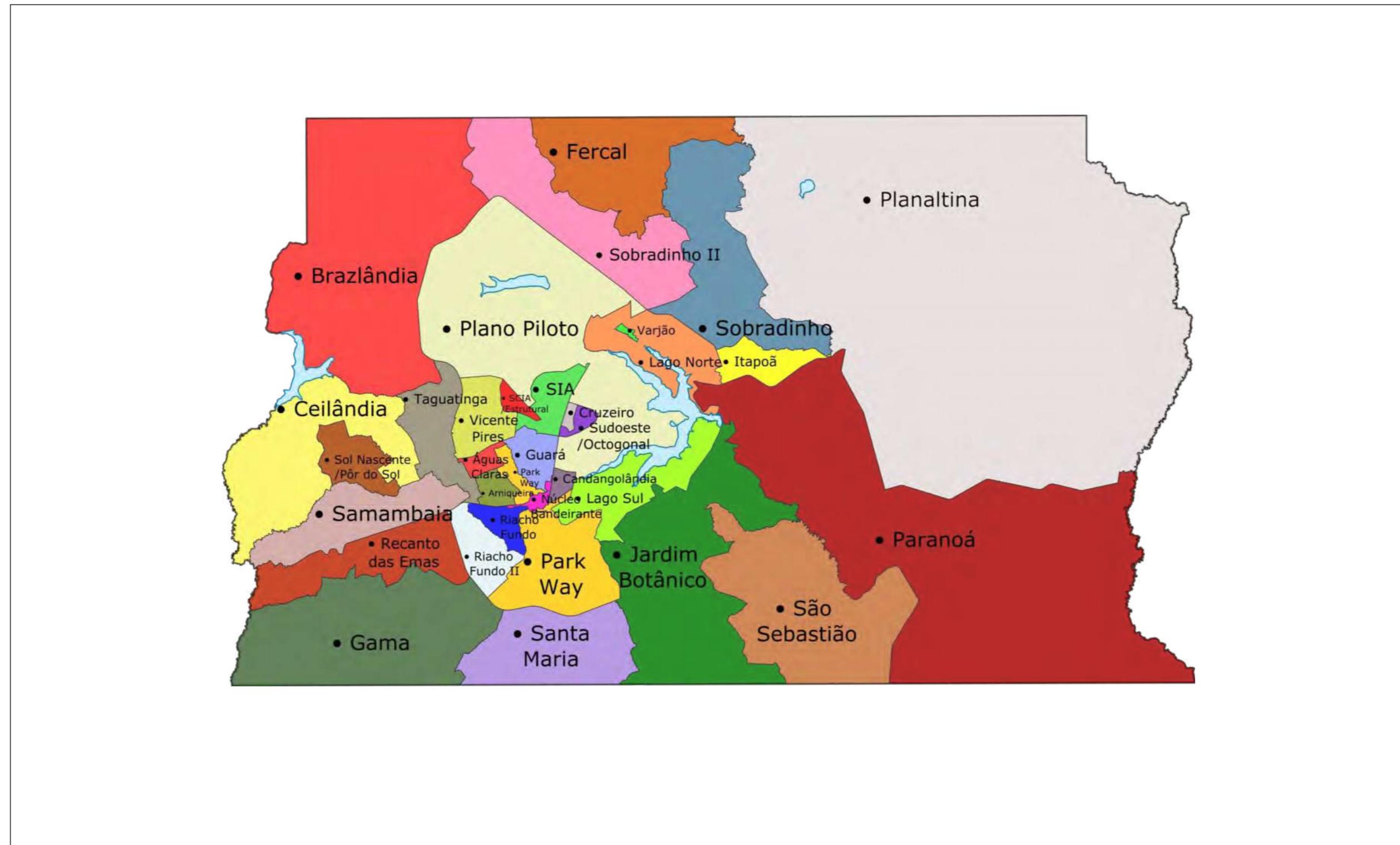


O Aterro atende a todo o Distrito Federal, com uma população de mais de 3 milhões de habitantes (IBGE/2020), com 33 Regiões Administrativas, a saber: Plano Piloto, Gama, Taguatinga, Brazlândia, Sobradinho, Planaltina, Paranoá, Núcleo Bandeirante, Ceilândia, Guará, Cruzeiro, Samambaia, Santa Maria, São Sebastião, Recanto das Emas, Lago Sul, Riacho Fundo, Lago Norte, Candangolândia, Águas Claras, Riacho Fundo 2, Sudoeste/Octogonal, Varjão, Park Way, SCIA/Estrutural, Sobradinho II, Jardim Botânico, Itapoã, SIA, Vicente Pires, Fercal, Sol Nascente/Pôr do Sol e Arniqueira.

O mapa, a seguir, ilustra as Regiões Administrativas do Distrito Federal.



## Regiões Administrativas do Distrito Federal



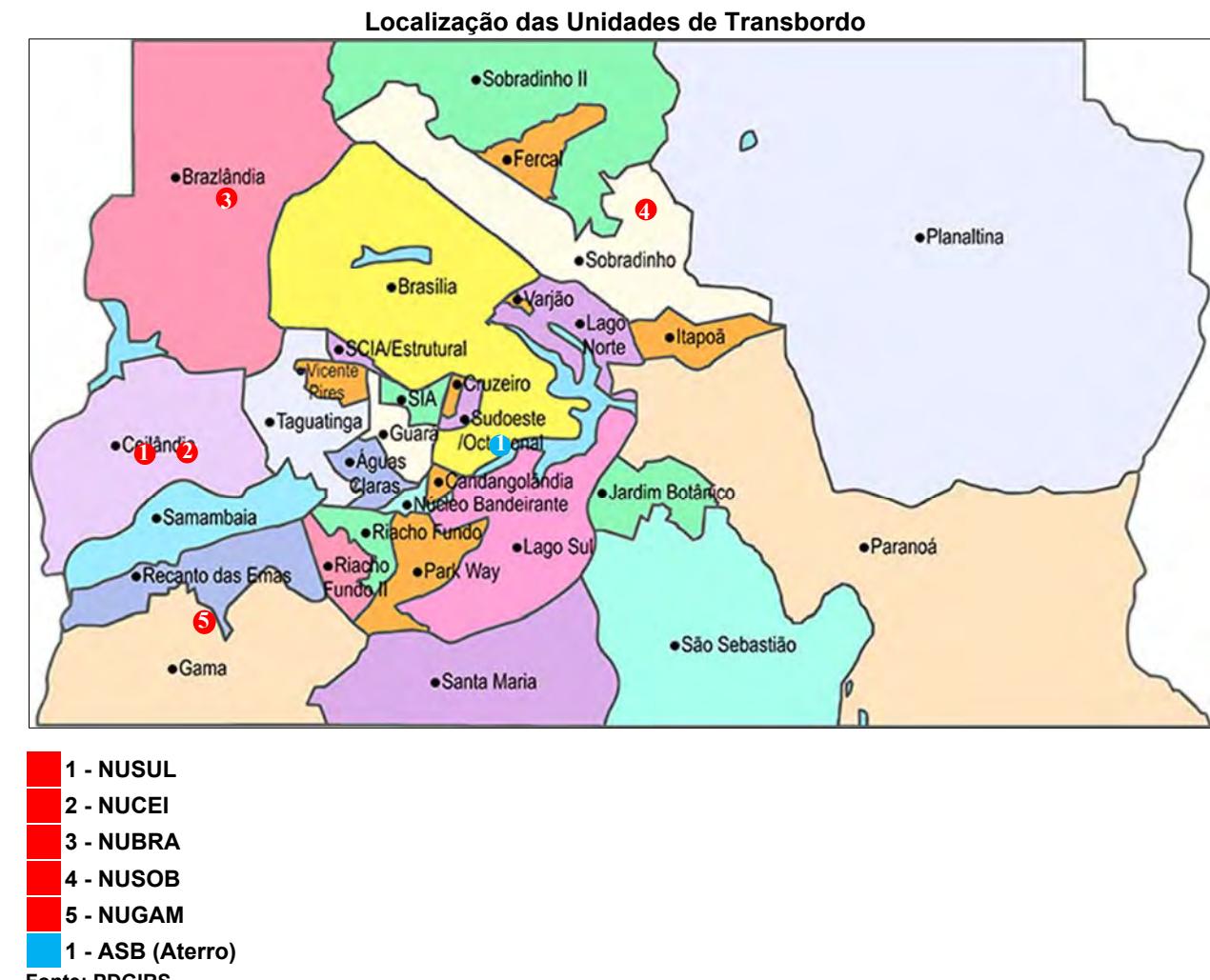


Conforme o PDGIRS (Plano Distrital de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos), a análise regionalizada da geração de resíduos e rejeitos resultou na distribuição das Regiões Administrativas pelos transbordos que as atendem, conforme destacadas na tabela, a seguir.

Distribuição das Regiões Administrativas pelos Transbordos Existentes	
	Transbordos
NUSUL (Asa Sul)	RA XX - Águas Claras RA VII - Núcleo Bandeirante RA XXII - Sudoeste/Octogonal RA X - Guará RA XI - Cruzeiro RA XXIX - SIA RA XXX - Vicente Pires RA XXIV - Park Way RA XXV - SCIA/Estrutural RA XVI - Lago Sul RA XIX - Candangolândia RA XIV - São Sebastião RA XXVII - Jardim Botânico RA III - Taguatinga
Nuceilândia (P Sul)	RA IX - Ceilândia RA XII - Samambaia
Nubrazilândia	RA IV - Brazlândia RA I - Brasília/Plano Piloto RA VI - Planaltina
Nusobradinho	RA XVIII - Lago Norte RA XXIII - Varjão RA V - Sobradinho RA XXVI - Sobradinho II RA XXVIII - Itapoã RA XXXI - Fercal RA VII - Paranoá RA II - Gama
Nugama	RA XIII - Santa Maria RA XV - Recanto das Emas RA XVII - Riacho Fundo RA XXI - Riacho Fundo II

Fonte: PDGIRS

A imagem, a seguir, apresenta a localização das Unidades de Transbordo definidas para o recebimento de resíduos no Distrito Federal.



A média diária de resíduos sólidos depositados no ASB, no período de janeiro de 2018 a dezembro de 2020, é de 2.195 t/dia (SEPE/2021 - Secretaria de Estado de Projetos Especiais).



### 1.1.3. Conhecimento sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos

A gestão de resíduos sólidos apresenta-se como uma importante ação preventiva para a saúde pública e proteção ao meio ambiente. Entretanto, seu exercício de forma sistematizada é bastante recente, visto que a disponibilidade de legislação específica se fez evidente a partir da década de 80.

#### 1.1.3.1. Aspectos Regionais da Gestão dos Resíduos Sólidos

Sob o ponto de vista regional, destaca-se a participação da RIDE/DF - Região Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal e Entorno - e a CORSAP - Consórcio Público de Manejo dos Resíduos Sólidos e das Águas Pluviais da Região Integrada do Distrito Federal e Goiás.

##### a) RIDE/DF

A RIDE/DF, criada pela Lei Complementar nº 94, de 19/02/1998, e regulamentada pelo Decreto Federal nº 2.710, de 04/08/1998, é uma região integrada pelo desenvolvimento econômico, que ocupa uma área de, aproximadamente, 55.435 km<sup>2</sup>, nos quais residem mais de 4,4 milhões de habitantes, composta pelo Distrito Federal, e pelos seguintes Municípios do Estado de Goiás: Abadiânia, Água Fria de Goiás, Águas Lindas de Goiás, Alexânia, Cabeceiras, Cidade Ocidental, Cocalzinho de Goiás, Corumbá de Goiás, Cristalina, Formosa, Luziânia, Mimoso de Goiás, Novo Gama, Padre Bernardo, Pirenópolis, Planaltina, Santo Antônio do Descoberto, Valparaíso de Goiás e Vila Boa, e os Municípios do Estado de Minas Gerais: Buritis, Cabeceira Grande e Unaí, conforme a figura, a seguir.



Fonte: PDGIRS (Plano Distrital de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos)

São de interesse da RIDE, os serviços públicos comuns ao Distrito Federal, Estados de Goiás e Minas Gerais e aos Municípios que a integram, relacionados com as seguintes áreas:

Aproveitamento de recursos hídricos e minerais;

- ✓ Educação e cultura;
- ✓ Geração de empregos e capacitação profissional;
- ✓ Habitação popular;
- ✓ Infraestrutura;



- ✓ Produção agropecuária e abastecimento alimentar;
  - ✓ Proteção ao meio ambiente e controle da poluição ambiental;
  - ✓ Saneamento básico, em especial o abastecimento de água, a coleta e o tratamento de esgoto e o serviço de limpeza pública;
  - ✓ Saúde e assistência social;
  - ✓ Segurança pública;
  - ✓ Serviços de telecomunicação;
  - ✓ Transportes e sistema viário;
  - ✓ Turismo;
  - ✓ Uso, parcelamento e ocupação do solo.

**b) CORSAP**

O Consórcio Público de Manejo dos Resíduos Sólidos e das Águas Pluviais da Região Integrada do Distrito Federal e Goiás, é pessoa jurídica de direito público com natureza de autarquia do tipo associação pública, a que alude o Artigo 41, IV do Código Civil Brasileiro, ratificado pela Lei Distrital nº 4.948, de 11/10/2012, cuja proposta é de promover a gestão associada e ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e das águas pluviais na região, além de viabilizar a coleta seletiva, a reciclagem e a destinação final dos resíduos não recicláveis.

O CORSAP é formado pelo Distrito Federal, o Estado de Goiás e 19 Municípios que compõem a RIDE/DF, conforme a figura, a seguir.



Fonte: PDGIRS (Plano Distrital de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos)

#### **1.1.3.1.1. Aspectos Locais da Gestão dos Resíduos Sólidos**

Os aspectos locais da gestão dos resíduos sólidos do Distrito Federal são os seguintes:

#### a) Política Distrital de Resíduos Sólidos

A Lei Distrital nº 5.418, de 24/11/2014, instituiu a Política Distrital de Resíduos Sólidos. Seu conteúdo estabelece a base da gestão de resíduos sólidos no Distrito Federal, em consonância ao que dispõe a Lei Federal nº 12.305/2010 sobre os princípios, objetivos e instrumentos, bem como os procedimentos, as normas e os critérios referentes à geração, ao acondicionamento, ao armazenamento, à coleta, ao transporte, ao tratamento e à destinação final dos resíduos sólidos no Distrito Federal, visando ao controle da poluição e da contaminação, bem como à minimização de seus impactos ambientais.



## b) Código Sanitário do Distrito Federal

Instituído pela Lei Distrital nº 5.321/2014, o Código Sanitário do Distrito Federal aborda o tema resíduos sólidos, em especial os Artigos 37 a 39.

### 1.1.3.1.2. Participação das Instituições Públicas

As instituições públicas participantes são:

- ✓ Secretaria de Estado do Meio Ambiente do Distrito Federal - SEMA/DF
  - IBRAM - Instituto Brasília Ambiental;
  - ADASA - Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal.
  
- ✓ Secretaria de Estado de Infraestrutura e Serviços Públicos do Distrito Federal - SINESP
  - Novacap - Companhia Urbanizadora da Nova Capital do Brasil;
  - SLU - Serviço de Limpeza Urbana.

Conselhos e Comitês relacionados à Gestão dos Resíduos Sólidos

- Conselho de Saúde do Distrito Federal - CSDF;
- Conselho de Meio Ambiente do Distrito Federal - CONAM;
- Conselho de Recursos Hídricos do Distrito Federal - CRH;
- Conselho de Limpeza Urbana.
  
- ✓ Agência de Fiscalização do Distrito Federal - AGEFIS.

O fluxograma, a seguir, apresenta de forma esquemática, a estrutura de gestão dos serviços de saneamento básico no âmbito da administração pública.



### 1.1.3.1.3. Considerações Finais

Especialmente quanto à gestão dos resíduos sólidos, o arcabouço legal constante das esferas federal e distrital, embora expressivo, apresenta indefinições, inconsistências, sobreposições e vazios que deverão ser equacionados.

Em estreita análise, há situações de conflito de competências se comparadas aos dispositivos legais em curso.



Embora a Lei Distrital nº 5.418/2020 estabeleça a definição de critérios de responsabilidade entre geradores, Poder Público e iniciativa privada, não há definições objetivas sobre as competências e atribuições dos órgãos públicos envolvidos nessa questão.

Notadamente, são evidentes as iniciativas e esforços para adequações, entretanto, fragilidades apresentadas no modelo de gestão presente ainda não estão superadas.

Quanto à regulação e fiscalização, embora haja a vinculação da ADASA e do IBRAM à SEMA, a ADASA possui autonomia e realiza as suas atividades de regulação e fiscalização de forma desvinculada do posicionamento da SEMA ou do IBRAM. A vinculação é apenas de caráter organizacional do Governo do Distrito Federal (GDF), sem qualquer influência em suas ações. Eventuais ações conjuntas com o IBRAM, com a AGEFIS ou qualquer outra entidade fiscalizadora do Distrito Federal seguem os mesmos ritos, independentemente da vinculação proposta no organograma do GDF.

Desse modo, é evidente que a definição de uma política pública, clara e objetiva, para a gestão dos resíduos sólidos no Distrito Federal, e em especial para os serviços de limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos, apresenta-se como um dos desafios atuais.



## 1.1.4. Conhecimento dos Dados Disponibilizados

Para elaborar um diagnóstico da situação atual do Empreendimento, bem como os projetos das futuras melhorias para o Aterro Sanitário de Brasília, foram utilizados como referência, os documentos técnicos disponibilizados pela Secretaria de Estado de Projetos Especiais - SEPE e pela Secretaria de Limpeza Urbana - SLU, os quais estão listados na tabela, a seguir.

Lista de Materiais Disponibilizados		
Item	Descrição	Fonte
1	Termo de Referência	SEPE
2	Termo de Cessão	SEPE
3	Memorial Descritivo - Parte 1	SEPE
4	Memorial Descritivo - Parte 2	SEPE
5	Relatório da Terracap	SEPE
6	Licença de Operação Retificada	SEPE
7	Projeto Executivo - Etapa 1 - Relatório Final	SEPE
8	Desenho de Projeto - Etapa 1 - Parte 1	SEPE
9	Desenho de Projeto - Etapa 1 - Parte 2	SEPE
10	Projeto Executivo - Etapa 2 - Relatório Final	SEPE
11	Desenho de Projeto - Etapa 2 - Vol. 1	SEPE
12	Desenho de Projeto - Etapa 2 - Vol. 2	SEPE
13	Desenho de Projeto - Etapa 2 - Vol. 3	SEPE
14	Plantas UTC	SEPE
15	Projeto Atualizado - Hydros	SEPE
16	Plantas UTC - Parte 2	SEPE
17	Termo de Referência - Tratamento de Chorume	SEPE
18	Relatório - Análises Químicas - Dez 2020	SEPE
19	Análises Químicas - Jan 2021	SEPE
20	Relatório Mensal das Análises - fevereiro	SEPE
21	Projeto Geral - URB 02.2009	SEPE
22	Outorga n. 412.2020	SEPE
23	Quantitativos de Resíduos	SEPE
24	Análise Gravimétrica - Segundo Semestre - 2020 - rev04	SEPE
25	Despacho - SLU - Material para ASB e Vida Útil	SEPE
26	Informação Técnica - IBRAM	SEPE
27	Análise dos Rejeitos Provenientes dos Ecoparques	SEPE
28	Dados Técnicos Estimados em maio	SEPE
29	Apresentação - SEPE - Programa de Projetos de Gestão Sustent. de RSU do DF e Entorno	SEPE
30	Área Pretendida pelo SLU Nova	SEPE
31	Termo de Cessão de Uso	SEPE
32	Descritivo - Sistemas de Tratamento de Esgotos das ETEs	SEPE
33	Plano Distrital de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos	SLU
34	Plano Nacional de Resíduos Sólidos	SLU
35	Relatório Trimestral de 2021	SLU
36	Relatório Anual de 2020	SLU

Lista de Materiais Disponibilizados		
Item	Descrição	Fonte
37	Relatório de Avaliação de Cumprimento das Metas PDGIRS - Ano 2	SLU
38	Resolução nº 05, de 17 de março de 2017	ADASA
39	Resolução nº 18, de 01 de agosto de 2018	ADASA
40	Resolução nº 04, de 30 de março de 2020	ADASA

O SLU (Serviço de Limpeza Urbana) do Distrito Federal disponibiliza em seu site: <http://www.slu.df.gov.br>, os Relatórios Anuais do Diagnóstico dos Resíduos Sólidos do Distrito Federal, desde o ano de 2014.

Estes Relatórios estão subdivididos em capítulos, que abordam temas, entre os quais:

- ✓ Grandes Números do SLU;
- ✓ Planejamento Estratégico;
- ✓ Competências e Atribuições do Serviço de Limpeza Urbana;
- ✓ Recursos Humanos;
- ✓ Orçamento e Recursos Financeiros;
- ✓ Órgãos de Regulamentação, Controle e Aconselhamento;
- ✓ Quantitativo dos Serviços de Limpeza Urbana e Manejo de Resíduos Realizados;
- ✓ Unidades Operacionais do SLU;
- ✓ Custos dos Serviços;
- ✓ Ações nas Áreas Ambiental, de Saúde e Segurança do Trabalho;
- ✓ Ações com Cooperativas e Associações de Catadores;
- ✓ Instalações de Recuperação de Resíduos;
- ✓ Diretoria de Modernização e Gestão Tecnológica;
- ✓ Procuradoria Jurídica;
- ✓ Ouvidoria;
- ✓ Assessoria de Comunicação e Mobilização;
- ✓ Destaques na Mídia.



## 1.1.5. Conhecimento dos Objetivos do PODER CONCEDENTE

São objetivos do PODER CONCEDENTE, com o Desenvolvimento dos Estudos de Modelagem Técnica, Econômica-financeira e Jurídica viabilizar a Concessão à iniciativa privada, a fim de atender às metas e regulamentações, bem como à grande e crescente demanda de resíduos sólidos, de maneira eficiente, minimizando os impactos sociais e ambientais causados pela gestão não adequada dos resíduos sólidos.

Em 2015, a Organização das Nações Unidas - ONU propôs aos seus países membros, uma nova agenda de desenvolvimento sustentável para os próximos 15 anos, a Agenda 2030, composta pelos “17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODs)”, cujo escopo é elevar o desenvolvimento do mundo e melhorar a qualidade de vida de todas as pessoas.

Os objetivos e metas foram estabelecidos para serem alcançados, por meio de uma ação conjunta que, agregará diferentes níveis de governo, organizações, empresas e a sociedade como um todo, nos âmbitos internacional, nacional, e também, local.

A gestão de resíduos sólidos é tão importante que, as ações para melhorar o manejo dos mesmos afetam diretamente 6 dos 17 objetivos:

- ✓ ODS 3: Assegurar a vida saudável;
- ✓ ODS 6: Assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento;
- ✓ ODS 9: Assegurar a infraestrutura resiliente, promover a indústria inclusiva e sustentável e fomentar a inovação;
- ✓ ODS 11: Tornar os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis;
- ✓ ODS 12: Assegurar os padrões de consumo e produção sustentáveis;
- ✓ ODS 13: Combater as mudanças climáticas.

Com relação ao ODS 13, é conhecida a importância da gestão de resíduos na emissão de gases poluentes para a atmosfera. Buscar a redução destas emissões, juntamente com todas as outras de poluentes, sejam sólidos, líquidos ou gasosos, é uma obrigação da gestão de resíduos consciente e sustentável.

No Distrito Federal, os desafios na gestão dos resíduos sólidos são expressivos de acordo com a necessidade de solução definitiva para aquele que já foi classificado como o maior “lixão” da América Latina, que, hoje, após intensivos investimentos, tem suas operações mais controladas, mas com impactos ambiental e social ainda muito relevantes.

Em janeiro de 2017, com o início da operação do Aterro Sanitário de Brasília - ASB, o primeiro Aterro Sanitário do Distrito Federal representou um importante passo para o começo da reversão das condições de disposição inadequada dos resíduos sólidos, coletados pelos serviços públicos.

No âmbito dos resíduos sólidos, em 02 de agosto de 2010, foi sancionada a Lei Federal nº 12.305, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS, tendo sido regulamentada pelo Decreto Federal nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010, impondo obrigações e formas de cooperação entre o Poder Público e o setor privado, determinando a responsabilidade compartilhada, a qual abrange fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes e consumidores, instituições públicas e prestadores dos serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos.

Atualmente, existe um amplo cenário de regramentos aplicáveis à matéria, que estabelece, inclusive, metas e formas de utilização dos resíduos, seja no âmbito federal, ou no Distrito Federal.



A concessão dos serviços de gestão do Aterro Sanitário de Brasília, com a implantação da unidade de triagem mecânica de resíduos e da unidade de recuperação energética de rejeitos, a adequação da unidade de tratamento de chorume e o aproveitamento dos gases de aterro para biometano, são fundamentais para equacionar os problemas hoje enfrentados, para a plena obediência às normas existentes, com a certeza de que os caminhos para uma melhoria contínua na gestão dos resíduos sólidos proporcionarão condições ambientais adequadas e maior segurança à saúde pública da população do Distrito Federal.

Também constam no Termo de Referência deste PMI, os principais objetivos para o Governo do Distrito Federal com a realização deste Estudo, que são:

- ✓ Minimização da quantidade de rejeitos a serem enterrados no ASB;
- ✓ Promoção da maior recuperação possível de materiais recicláveis;
- ✓ Produção da maior quantidade de energia, elétrica ou não, a partir dos Resíduos Sólidos Urbanos - RSUs, com a máxima eficiência possível;
- ✓ Promoção da maior redução possível, seja em valor, ou em potência, dos gastos com energia por parte do Distrito Federal ou seus órgãos;
- ✓ Proposição, ao Distrito Federal, das soluções de destinação de Resíduos Sólidos Urbanos - RSUs, incluindo rejeitos das Unidades de Tratamento Mecânico e Biológico, rejeitos das Instalações de Recuperação de Resíduos (IRRs) e material encaminhado diretamente de maneira ambientalmente adequada, sempre respeitando os mais severos limites para a emissão de poluentes;
- ✓ Proposição da destinação final de Resíduos Sólidos Urbanos - RSUs, ao menor custo para o Distrito Federal;
- ✓ Análise dos critérios de valores para os preços e custos, de forma a dar ao Empreendimento, as viabilidades técnica, econômica e jurídica, sendo facultada à PROPONENTE, a proposição de preços distintos para o recebimento de material, de acordo com as características (poder calorífico, entre outros).



## 1.1.6. Conhecimento da Situação Atual do Aterro

O Aterro Sanitário de Brasília (ASB) está localizado na Rodovia DF-180, no km 21, e opera atualmente, através de contrato tradicional. A MEIOESTE AMBIENTAL executou uma pesquisa detalhada das condições locais, dos processos relacionados a cada atividade realizada no Complexo do ASB. Foram analisadas as deficiências ambientais e técnicas, que resultaram na proposição desta Manifestação de Interesse.

O diagnóstico das condições atuais de operação do ASB foi elaborado a partir da compilação de informações e levantamentos obtidos durante a visita técnica, que foi realizada durante os dias 22 a 24 de junho de 2021.

A visita ocorreu com o acompanhamento dos técnicos do SLU, os quais apresentaram as diferentes áreas operacionais do Aterro e também, forneceram informações atualizadas dos quantitativos de resíduos recebidos e o volume de efluentes tratados. Para complementar os estudos de campo, foi realizado o levantamento aerofotogramétrico da área atual e da futura área de ampliação do ASB.

A partir do levantamento aerofotogramétrico realizado, foi obtida uma imagem atualizada, georreferenciada e ortorretificada da área em estudo, a qual foi utilizada como base para a determinação das condições atuais de operação do Aterro e cálculo da vida útil da célula e também, para a elaboração dos projetos das futuras melhorias propostas para a área atual e para a área futura do ASB.

A planta com o mosaico aerofotogramétrico realizado em 22/09/2021 é apresentada, a seguir.





Na tabela, a seguir, estão listados os principais itens relacionados às condições atuais de operação do Aterro Sanitário e conservação das instalações e edificações, conforme observadas durante a visita técnica.

Listagem dos Principais Itens Operacionais Observados Durante a Visita Técnica			
Item	Descrição	Situação Observada Durante a Vistoria	Recomendações
1	Vias de Acesso	Operacionais, em ótima condição de conservação e trafegabilidade	Não há
	Guarita de Acesso	Operacional, em ótima condição de conservação	Não há
3	Balança Rodoviária	Operacional, em ótima condição de conservação	Não há
4	Administrativo	Operacional, em boa condição de conservação, suficiente para atender ao número atual de colaboradores	Não há
5	Área de Tancagem e Abastecimento	Operacional, em ótima condição de conservação	Não há
6	Oficina para a Manutenção dos Equipamentos	Operacional, em boa condição de conservação	Não há
7	Depósito de Materiais	Grande quantidade de materiais dispersos depositados próximos à área de abastecimento e lava-jato	Coleta do material e armazenamento em local adequado
8	Sistema de Drenagem Pluvial das Vias de Acesso	Operacional, em ótima condição de limpeza e conservação	Não há
9	Sistema de Drenagem de Chorume da Célula	Operacional	Não há
10	Condições Operacionais na Frente de Trabalho da Célula	Operacional, porém, não ocorre a compactação adequada dos resíduos	Substituição do equipamento de compactação de resíduos
11	Sistema de Captação e Tratamento dos Gases do Aterro	Etapa 1 encerrada: queimadores de Biogás e sistema ineficiente	Etapa 1 encerrada: Readequação do sistema de captação, com a desativação dos queimadores e a instalação de novos poços de captação com tubos de PEAD. Utilização do Biogás, para a geração de energia
		Etapa 2 em operação: drenos de Biogás construídos com tubos de PEAD envoltos com pedra rachão. Não ocorre o tratamento dos gases	Utilização o Biogás para a geração de energia
12	Estabilidade Geotécnica dos Taludes	Estáveis	Não há
13	Processos Erosivos	Não foi verificada a ocorrência de processos erosivos	Não há

#### Listagem dos Principais Itens Operacionais Observados Durante a Visita Técnica

Item	Descrição	Situação Observada Durante a Vistoria	Recomendações
14	Lagoas de Armazenamento de Chorume	Operacionais e visualmente não foi verificada a existência de vazamentos	Não há
15	Sistema de Tratamento de Chorume	Operacional, porém, opera com dificuldades devido à grande variabilidade do Chorume bruto	O sistema de tratamento de chorume pode ser melhorado, com a implantação do sistema de Osmose Reversa
16	Condições Sanitárias do Local	Adequadas	Não há

A partir da avaliação dos itens descritos anteriormente, concluímos que a operação do Aterro Sanitário de Brasília é satisfatória, contudo, algumas melhorias necessitam ser implementadas, como aumentar a compactação dos resíduos, a qual interfere diretamente na vida útil da célula; readequar o sistema de captação e coleta de Biogás da célula do Aterro, e melhorar a eficiência do sistema de tratamento de chorume.

Por fim, recomenda-se, também, melhorar o aproveitamento dos resíduos atualmente depositados na célula do Aterro, com a implementação de uma central de triagem e uma usina de biodigestão, para processar a fração orgânica. Desta forma, reduzirá significativamente, o volume de material depositado no Aterro e, consequentemente, diminuirá os custos operacionais e agregará valor aos resíduos.

A seguir, estão apresentadas as imagens da visita realizada pelos técnicos da PROPONENTE, entre os dias 22 a 24 de junho de 2021.

**Portaria de Acesso ao Aterro Sanitário de Brasília**

Fonte: Google Earth

**Balança Rodoviária**

Fonte: MEIOESTE AMBIENTAL

**Vista Aérea do Acesso, Escritório e Balança Rodoviária**

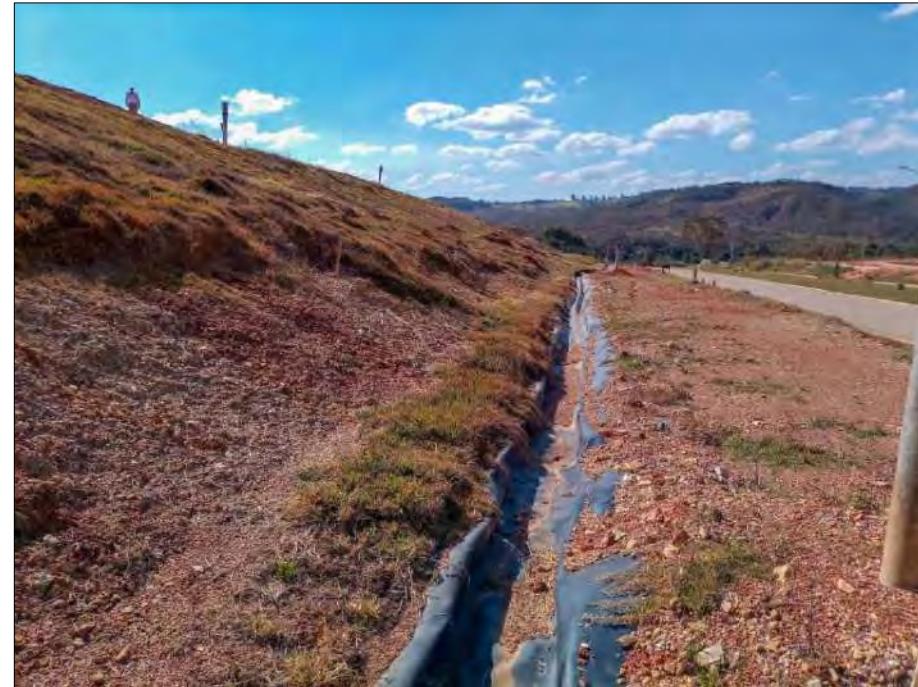
Fonte: Google Earth

**Área de Abastecimento de Combustível**

Fonte: MEIOESTE AMBIENTAL



**Canaleta de Drenagem da Base do Talude Revestida de Geomembrana**



Fonte: MEIOESTE AMBIENTAL

**Área de Ampliação do Aterro à Direita da Via de Acesso Principal e Balança Rodoviária**



Fonte: MEIOESTE AMBIENTAL

**Área de Ampliação do Aterro**



Fonte: MEIOESTE AMBIENTAL

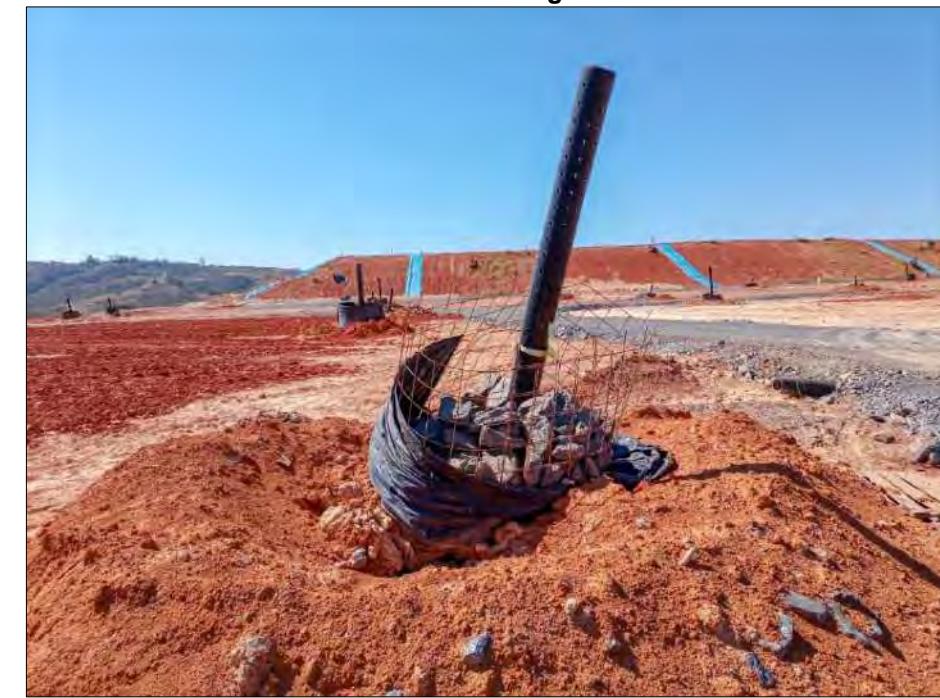
**Oficina**



Fonte: MEIOESTE AMBIENTAL

**Canaleta de Drenagem Pluvial no Entorno da Célula**

Fonte: MEIOESTE AMBIENTAL

**Dreno de Biogás**

Fonte: MEIOESTE AMBIENTAL

**Detalhe dos Queimadores de Gás**

Fonte: MEIOESTE AMBIENTAL

**Dreno de Chorume**

Fonte: MEIOESTE AMBIENTAL

**Lagoas Localizadas a Leste da Célula**

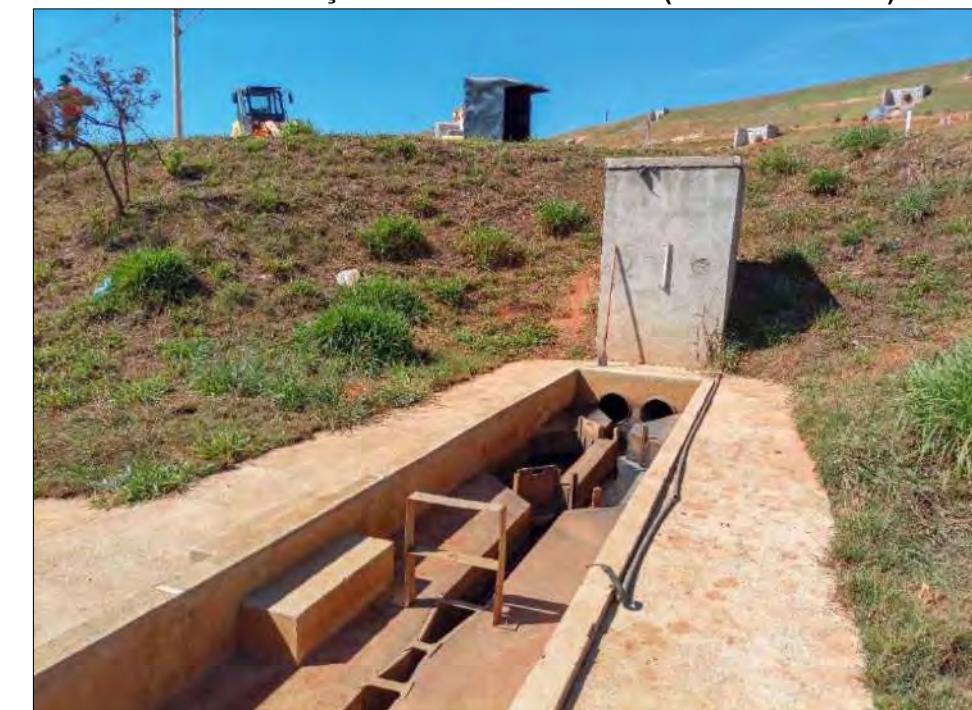
Fonte: MEIOESTE AMBIENTAL

**Sistema de Drenagem de Chorume para a Lagoa Principal**

Fonte: MEIOESTE AMBIENTAL

**Lagoas Localizadas a Noroeste da Célula**

Fonte: MEIOESTE AMBIENTAL

**Sistema de Medição de Vazão de Chorume (Medidor Parshall)**

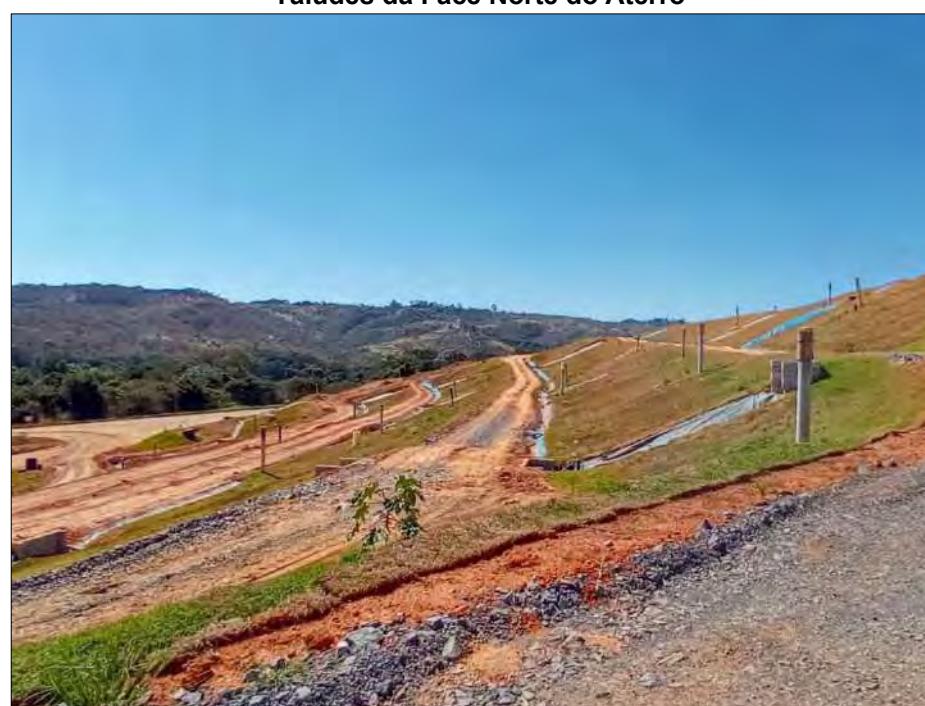
Fonte: MEIOESTE AMBIENTAL

**Sistema de Drenagem Pluvial**

Fonte: MEIOESTE AMBIENTAL

**Taludes da Face Leste do Aterro**

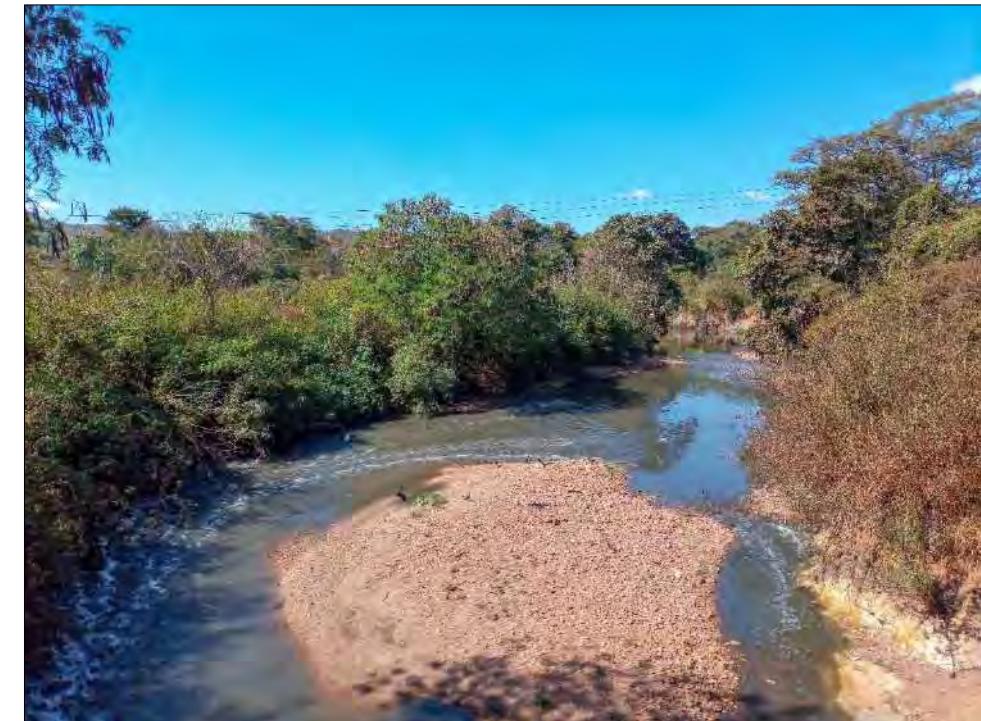
Fonte: MEIOESTE AMBIENTAL

**Taludes da Face Norte do Aterro**

Fonte: MEIOESTE AMBIENTAL

**Vista Aérea da Etapa 2, em Operação**

Fonte: MEIOESTE AMBIENTAL

**Rio Melchior a Oeste do Aterro**

Fonte: MEIOESTE AMBIENTAL



## **1.2. Diagnóstico e Estudos Prévios do Modelo Técnico**



## 1.2. Diagnóstico e Estudos Prévios do Modelo Técnico

Neste item está apresentado o diagnóstico geral da composição e dos volumes de resíduos que são recebidos no Aterro Sanitário de Brasília - ASB. Os resultados serão utilizados como base, para a proposição dos modelos tecnológicos mais adequados para o tratamento e reaproveitamento dos resíduos sólidos urbanos gerados no Distrito Federal.

### 1.2.1. Caracterização dos Resíduos Atuais - Ensaios

O Aterro Sanitário de Brasília, atualmente, recebe diversos tipos de resíduos, de origens distintas, que são assim classificados, segundo os registros na planilha de pesagem: Resíduos Sólidos Domiciliares, Caixas de Gordura, Animais Mortos, Resíduos de Gradeamento da CAESB e Grandes Geradores.

Os Resíduos Sólidos Domiciliares são, por sua vez, classificados conforme sua origem, apresentando diferentes características com base no tratamento prévio realizado em estruturas operacionais. São categorizados conforme descritos a seguir:

- ✓ Resíduos da coleta direta ou oriundos de transbordos: são os resíduos entregues diretamente em estado bruto no Aterro Sanitário pelos caminhões coletores ou destinados após passarem por alguma estação de transbordo;
- ✓ Resíduos das UTMBs: são os rejeitos gerados nas operações das Unidades de Tratamento Mecânico e Biológico;
- ✓ Resíduos das IRRs: são os rejeitos gerados nas Instalações de Recuperação de Resíduos, que recebem os resíduos oriundos da coleta seletiva, os quais são separados manualmente pelos cooperativados.

Os resíduos de cada uma destas três origens de geração apresentam volumes e características gravimétricas distintas, e, portanto, devem receber tratamento específico e adequado. O projeto proposto parte da base de dados fornecida pela SEPE e SLU quanto ao volume e caracterização dos resíduos, propondo a cada fonte, a rota tecnológica mais adequada na sua valorização e no seu tratamento.

Ainda que o ASB possua ciclo de vida relativamente curto, foram disponibilizados dados relevantes para a projeção das estruturas necessárias, como apresentados a seguir.

Considerando os quantitativos recebidos entre os anos de 2018 a 2020, os resíduos classificados como domiciliares correspondem a, aproximadamente, 95,55% do volume total de material recebido no Aterro, correspondendo, no decorrer dos anos analisados, na fração de maior relevância e que requer maior atenção do projeto, sem prejuízo a outros geradores. Em menor quantidade estão os resíduos produzidos pelos grandes geradores, com 3,36%; resíduos de gradeamento da CAESB, com 1,07%; caixas de gordura, com 0,02%; e animais mortos, com 0,01%, conforme podem ser vistos na tabela, a seguir.

**Quantitativo Médio de Resíduos Depositados no ASB, no Período de Janeiro de 2018 a Dezembro de 2020**

Tipos de Resíduos (t/ano)	2018	2019	2020	Média do Período	Percentual (%)
Resíduos Sólidos Domiciliares	720.132	754.688	790.024	754.948	95,55
Caixas de Gordura	133,00	128,26	107,25	123,84	0,02
Animais Mortos	80,80	81,30	65,75	75,95	0,01
Resíduos de Gradeamento CAESB	9.162	8.535	7.552	8.416	1,07
Grandes Geradores	20.139	37.456	22.251	26.615	3,36
<b>Total</b>	<b>749.647</b>	<b>800.889</b>	<b>820.000</b>	<b>790.178</b>	<b>100,00</b>
<b>Média Diária (dia)</b>	<b>2.082,4</b>	<b>2.224,7</b>	<b>2.277,8</b>	<b>2.195,0</b>	<b>-</b>

Fontes: SLU e SEPE

Destaca-se que, para a elaboração integral do projeto e dimensionamento das instalações pelo período de Concessão, a PROPONENTE utilizou os dados consolidados do ano de 2020, que representam com maior fidelidade a situação atual de geração de resíduos no Distrito Federal apresentados, a seguir.


**Quantitativo de Resíduos Totais Recebidos no ASB, no Ano de 2020**

	Descrição	(t/ano)	(t/dia)	(%)
1	Resíduos Sólidos Domiciliares	790.024	2.516,00	96,34
2	Caixa de Gordura	107	0,34	0,01
3	Animais Mortos	66	0,21	0,01
4	Resíduos de Gradeamento das ETEs (CAESB)	7.552	24,05	0,92
5	Grandes Geradores	22.251	70,86	2,71
<b>Total</b>		<b>820.000</b>	<b>2.611,46</b>	<b>100,00</b>

Fontes: SLU e SEPE

**Detalhamento da Origem dos Resíduos Domiciliares Recebidos no ASB, no Ano de 2020**

	Descrição	(t/ano)	(t/dia)	(%)
1	Resíduos Sólidos Domiciliares	790.024	2.516,00	100,00
1.1	Coleta Convencional	154.205	491,10	19,52
1.2	UTMBs P Sul e Asa Sul	201.368	641,30	25,49
1.3	Transbordos	428.390	1.364,30	54,22
1.3.1	Ceilândia P Sul	20.379	64,90	2,58
1.3.2	Asa Sul	82.708	263,40	10,47
1.3.3	Sobradinho	129.368	412,00	16,38
1.3.4	Gama	181.304	577,40	22,95
1.3.5	Brazlândia	14.632	46,60	1,85
1.4	IRRs	6.060	19,30	0,77

Fontes: SLU e SEPE

Adicionalmente, para caracterizar a gravimetria dos resíduos domiciliares, foi utilizado como referência o estudo gravimétrico realizado nos resíduos oriundos das cinco Estações de Transbordo, no segundo semestre de 2020, conforme consta na tabela, adiante.

**Resultados do Estudo Gravimétrico Realizado em Cinco Estações de Transbordo do Distrito Federal e no ASB Samambaia, no Segundo Semestre de 2020**

Tipo de Material	Região de Estudo						Média Geral (%)
	Asa Sul (%)	Brazlândia (%)	Gama (%)	P Sul (%)	Samambaia (%)	Sobradinho (%)	
<b>Plástico</b>							
PET, Plástico Duro, Plástico Mole e Plástico Filme	12,7	25,8	19,9	25,0	16,6	23,1	<b>20,5</b>
<b>Papel</b>							
Branco, Colorido, Misto, Jornal e Papelão	2,8	4,2	2,7	6,8	7,2	10,5	<b>5,7</b>
<b>Vidro</b>							
Branco, Verde, Âmbar e Outros	1,2	2,5	2,4	0,3	5,4	3,1	<b>2,5</b>
<b>Metal</b>							
	1,2	1,0	1,7	4,9	1,1	1,2	<b>1,9</b>

**Resultados do Estudo Gravimétrico Realizado em Cinco Estações de Transbordo do Distrito Federal e no ASB Samambaia, no Segundo Semestre de 2020**

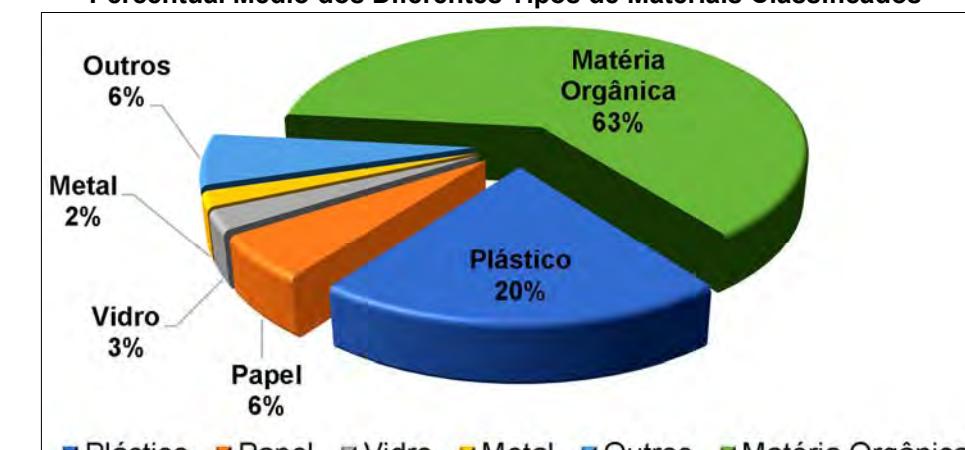
Tipo de Material	Região de Estudo						Média Geral (%)
	Asa Sul (%)	Brazlândia (%)	Gama (%)	P Sul (%)	Samambaia (%)	Sobradinho (%)	
Alumínio, Latão e Outros Metais							
<b>Outros</b>							
Embalagem Tetrapak, Isopor, Tecidos e Outros	2,6	11,0	3,4	9,1	5,9	6,8	<b>6,5</b>
<b>Matéria Orgânica</b>							
Restos de Comida e Vegetação	79,5	55,5	70,0	53,9	63,7	55,4	<b>63,0</b>

Fontes: SLU e SEPE

Em todas as regiões amostradas, a fração orgânica foi a que apresentou o maior percentual, com média geral de 63%.

Em segundo lugar estão os plásticos, com mais de 20,5% e, em terceiro, os outros, também classificados como rejeitos, com 6,5% do total. No estudo gravimétrico observa-se o potencial de recuperação de materiais recicláveis, que tem como destino atualmente o Aterro sanitário.

No gráfico, a seguir, está apresentada a composição gravimétrica dos principais tipos de materiais amostrados.

**Percentual Médio dos Diferentes Tipos de Materiais Classificados**


Fonte: Estudo Gravimétrico disponibilizado pela SEPE



Os resultados deste estudo gravimétrico serão adotados, também, como parâmetro para projeção do completo arranjo tecnológico do Empreendimento, adotando como premissa fundamental o respeito à hierarquia de prioridade no tratamento de resíduos preconizada pela Política Nacional de Resíduos Sólidos.

Observa-se que, a composição gravimétrica é a base da eficiência requerida para uma correta operação e que alterações significativas na gravimetria ensejarão uma reanálise e adequação dos processos, com riscos de perdas dessa eficiência.



## 1.2.2. Projeção de Produção de Resíduos

Considerando que o sistema de coleta, tratamento e destinação final de resíduos do Distrito Federal é composto por diversos pontos de originação, com diferentes características de processamento, é importante observar que a projeção de produção de resíduos deve estar associada ao efetivo recebimento destes resíduos no Aterro Sanitário de Brasília.

Observa-se que o sistema integral contempla Estações de Transbordos, UTMBs, IRRs, sistema de coleta convencional, coleta seletiva e todo sistema de processamento anterior ao envio ao Aterro e impactará no volume efetivamente recebido no Empreendimento, objeto deste PMI.

Com base nessa premissa, foi elaborada a projeção de resíduos gerados que deverão ser endereçados ao Aterro, com base no cenário atual e futuro. Inicialmente, para a evolução da geração de resíduos foram utilizadas informações de projeções populacionais do IBGE. Estima-se que, durante o período de 30 anos, a população do Distrito Federal aumente em torno de 16,48%, passando dos atuais 3.167.502 habitantes para, aproximadamente, 3.792.555 habitantes, no final do período da concessão dos serviços contemplados neste PMI.

Consequentemente, ocorrerá um acréscimo na produção anual de resíduos, de 820.000 toneladas registradas em 2020, para 1.021.844 toneladas no final do período de Concessão no ano de 2053, conforme apresentada na tabela, a seguir.

Em que pese o aumento de geração de resíduos associados ao crescimento da população, atribuiu-se como premissa um sutil crescimento da geração de resíduos per capita, pois, ainda que exista previsão da expansão do consumo associado ao crescimento

do PIB, a sociedade moderna deverá incorporar novos hábitos que não trarão alterações significativas aos resíduos destinados ao Aterro Sanitário.

O crescimento de geração deverá se converter em aumento dos resíduos captados pela coleta seletiva e pelas centrais de reciclagem.

Outro elemento relevante à projeção, refere-se ao período de real funcionamento em dias úteis do Aterro Sanitário de Brasília. A estimativa de geração e recebimento diário de resíduos deve ser dividida pelo período de disponibilidade do Empreendimento para o efetivo recebimento.

Desta forma, excluindo-se os domingos, e com base no documento denominado de “Ampliação da Coleta Seletiva e Impactos da Pandemia nos Serviços de Limpeza Urbana - Relatório Anual de 2020” da Secretaria de Limpeza Urbana do Governo do Distrito Federal, são 314 dias úteis anuais de disponibilidade ao recebimento dos resíduos.

Adicionalmente, dois eventos futuros, um deles já programado pelo Governo do Distrito Federal, e outro, por recomendação inserida nos Cadernos e Anexos do Termo de Referência deste PMI, devem alterar de forma significativa o volume de resíduos a serem recebidos no ASB.

O primeiro evento refere-se à transformação de algumas Estações de Transbordo atualmente em operação em UTMBs, ou Ecoparques, ampliando a capacidade de tratamento de resíduos orgânicos do sistema.

Como consequência, o volume de rejeitos destinado ao ASB oriundos destas novas UTMBs será invariavelmente reduzido. As projeções, a seguir apresentadas, contemplam essa redução a partir do ano de 2026.



O segundo evento considerado nas projeções está relacionado ao lodo gerado pelas Estações de Tratamento de Esgoto da CAESB. Dada à falta de dados informativos a respeito das operações destas ETEs e volume de lodo gerado, associada à limitação do Empreendimento no ABS em receber volumes adicionais de resíduos de fontes novas, é proposta no projeto o recebimento de 25 toneladas diárias de lodo para o processamento no Complexo do ASB.

Assim, tem-se as seguintes estimativas anual e diária de recebimento:

**Evolução da População do Distrito Federal e da Projeção na Geração de Resíduos para o Período de 30 Anos da Concessão**

Período da Concessão	Ano	Projeção de Crescimento da População (hab.)	Taxa de Crescimento Populacional (% a.a.)	Produção Anual de Resíduos Destinados ao Aterro de Brasília (t)	Média de Resíduos (toneladas x dia) (365 dias)	Média de Resíduos (toneladas x dia) (314 dias anuais de Operação do Aterro)
0	2023	3.167.502	1,198	853.433	2.338	2.718
1	2024	3.204.070	1,154	863.286	2.365	2.749
2	2025	3.239.675	1,111	872.879	2.391	2.780
3	2026	3.274.291	1,069	882.206	2.417	2.810
4	2027	3.307.883	1,026	891.256	2.442	2.838
5	2028	3.340.408	0,983	900.020	2.466	2.866
6	2029	3.371.845	0,941	908.490	2.489	2.893
7	2030	3.402.180	0,900	916.663	2.511	2.919
8	2031	3.431.469	0,861	924.555	2.533	2.944
9	2032	3.459.755	0,824	932.176	2.554	2.969
10	2033	3.487.020	0,788	939.522	2.574	2.992
11	2034	3.513.254	0,752	946.590	2.593	3.015
12	2035	3.538.436	0,717	953.375	2.612	3.036
13	2036	3.562.521	0,681	959.865	2.630	3.057
14	2037	3.585.467	0,644	966.047	2.647	3.077
15	2038	3.607.260	0,608	971.919	2.663	3.095
16	2039	3.627.893	0,572	977.478	2.678	3.113
17	2040	3.647.352	0,536	982.721	2.692	3.130
18	2041	3.665.603	0,500	987.638	2.706	3.145
19	2042	3.682.634	0,465	992.227	2.718	3.160
20	2043	3.698.469	0,430	996.494	2.730	3.174
21	2044	3.713.123	0,396	1.000.442	2.741	3.186
22	2045	3.726.600	0,363	1.004.073	2.751	3.198
23	2046	3.738.900	0,330	1.007.387	2.760	3.208
24	2047	3.750.030	0,298	1.010.386	2.768	3.218
25	2048	3.760.007	0,266	1.013.074	2.776	3.226
26	2049	3.768.831	0,235	1.015.452	2.782	3.234
27	2050	3.776.493	0,203	1.017.516	2.788	3.240
28	2051	3.782.994	0,172	1.019.268	2.793	3.246
29	2052	3.788.348	0,142	1.020.710	2.796	3.251
30	2053	3.792.555	0,111	1.021.844	2.800	3.254

Estão apresentados, adicionalmente, dados projetados e consolidados de recebimento de resíduos entre os anos de 2018 e 2022, período este anterior ao início da Concessão proposta, que terá início a partir de julho de 2023.

**Registro da População do Distrito Federal, com Dados Aferidos e Projetados de Geração de Resíduos Destinados ao Aterro Sanitário de Brasília, no Período Anterior à Futura Concessão**

Período da Concessão	Ano	Projeção de Crescimento da População (hab.)	Taxa de Crescimento Populacional (% a.a.)	Produção Anual de Resíduos Destinados ao Aterro de Brasília (t)	Média de Resíduos (toneladas x dia) (365 dias)	Média de Resíduos (toneladas x dia) (314 dias anuais de Operação do Aterro)
-5	2018	2.972.209	1,40	749.646	2.054	2.387
-4	2019	3.012.718	1,36	800.889	2.194	2.551
-3	2020	3.052.546	1,32	820.000	2.247	2.611
-2	2021	3.091.667	1,28	833.001	2.282	2.653
-1	2022	3.130.014	1,24	843.333	2.311	2.686

Poderá ser observado no próximo item que, a célula atualmente em operação no ABS possui capacidade de recebimento do volume projetado, tanto no período anterior à Concessão, como no período de transição do atual modelo de recebimento e aterramento de resíduos para o futuro modelo de tratamento e valorização dos resíduos gerados no Distrito Federal.



### 1.2.3. Avaliação das Capacidades Atual e de Expansão do Aterro

Para avaliar a capacidade atual do recebimento de resíduos da célula do Aterro Sanitário foram utilizados como referência, as informações e os levantamentos realizados durante a visita técnica ao Empreendimento, a saber:

- ✓ Os volumes disponíveis nas Etapas 1 e 2 (em operação), Etapa 3 (a ser implantada) e Etapa 4 (coroamento) foram calculados a partir do levantamento planimétrico realizado em 22/06/2021, com o uso de um veículo aéreo não tripulado (drone) e georreferenciado, a partir de pontos de controle coletados com equipamento GNSS no modo pós-processado, e atualizado em 29/06/2022 de forma indireta, a partir da análise do preenchimento da célula em imagem do aplicativo Google Earth;
- ✓ Para dimensionar a evolução de ocupação da Etapa 2 e projetar as futuras Etapas 3 e 4 foram utilizados como referência, os parâmetros construtivos que constam no Projeto Executivo da Etapa 2;
- ✓ Para a Etapa 4 foi considerada como cota de coroamento (encerramento), a cota topográfica de 1.040 m, que corresponde a um aumento de 15 m em relação à atual cota de topo da Etapa 1, que é de 1.025 m. O alteamento do topo do maciço não trará riscos de instabilidade geotécnica para o maciço;
- ✓ Para determinar o futuro aporte de resíduos na célula, foram utilizados os quantitativos anuais calculados na tabela anterior;
- ✓ Será adotado como referência, o peso específico dos resíduos compactados de 0,90 t/m<sup>3</sup>, conforme informado pelo operador do Aterro durante a visita técnica;
- ✓ Foi considerado que a operação do Aterro ocorrerá durante 314 dias úteis anuais, excluídos os domingos.

Portanto, consideradas as premissas descritas anteriormente, foi calculado o volume disponível em cada etapa de ocupação, conforme consta na tabela, a seguir.

Etapa	Capacidade Volumétrica das Etapas 1, 2, 3 e 4		
	Cota de Topo (m)	Capacidade Volumétrica (m <sup>3</sup> )	Capacidade Volumétrica Acumulada (m <sup>3</sup> )
Etapa 1	1.025	100.274,13	100.274,13
Etapa 2	1.025	667.406,17	767.680,29
Etapa 3	1.025	2.083.132,66	2.850.812,95
Etapa 4 (coroamento sobre a Etapa 1)	1.040	185.133,50	3.035.946,45
Etapa 4 (coroamento sobre a Etapa 2)	1.040	431.150,77	3.467.097,23
Etapa 4 (coroamento sobre a Etapa 3)	1.040	516.794,78	<b>3.983.892,00</b>

Para estimar a vida útil da célula, além das premissas descritas anteriormente, será considerado, também, o acréscimo de 10% no volume de aporte, referente ao material usado na cobertura diária dos resíduos. O recalque é um parâmetro de relevante importância e que deve ser considerado no cálculo da vida útil, porém, a sua determinação é muito complexa, pois depende diretamente das condições operacionais do Aterro.

Para o projeto em questão foi adotado o recalque de 10%. Desta forma, compensando o volume usado para a cobertura dos resíduos.

Cabe destacar que, a área da Etapa 3 ainda não teve a sua construção licitada. Portanto, os resíduos, após o encerramento da Etapa 2, estão sendo depositados na Etapa 4 (cobrindo somente das Etapas 1 e 2), para então seguir para a disposição na Etapa 3 e, finalmente, na Etapa 4, na área de coroamento da Etapa 3.

Até o final de 2025, todos os resíduos sólidos urbanos que chegarão ao Aterro serão depositados na célula. Em janeiro de 2026 está previsto o início da operação de todos os Módulos implantados. A partir de então, o volume remanescente da célula do Aterro será utilizado para a disposição dos resíduos durante as paradas de manutenção da Usina de Tratamento Térmico, além do recebimento dos rejeitos de afino do tratamento biológico e dos rejeitos de afino da Usina de Compostagem. Com isso, prevê-se o encerramento da célula atualmente em operação para o ano de 2030.



Com base no volume de resíduos previsto para ser recebido na célula, bem como a sua compactação, pode-se verificar a vida útil por etapa, tendo em consideração os 314 dias de operação por ano, de segunda a sábado, 26 dias trabalhados por mês.

A estimativa de vida útil de cada Etapa de operação consta na tabela, a seguir.

**Estimativa da Vida Útil das Etapas da Atual Célula do Aterro Sanitário de Brasília, Considerando a Continuidade do Cenário Atual de Operação**

Ano	Mês	Dias de Operação do Aterro	Volume Depositado na Célula do Aterro Mensalmente (m³)	Volume Acumulado (m³)	Etapa em Operação
2022	Julho	26	77.588,98	77.588,98	Etapa 2
	Agosto	26	77.588,98	155.177,96	Etapa 2
	Setembro	26	77.588,98	232.766,94	Etapa 2
	Outubro	26	77.588,98	310.355,92	Etapa 2
	Novembro	26	77.588,98	387.944,90	Etapa 4 sobre as Etapas 1 e 2
	Dezembro	26	77.588,98	465.533,88	Etapa 4 sobre as Etapas 1 e 2
2023	Janeiro	26	79.021,59	544.555,47	Etapa 4 sobre as Etapas 1 e 2
	Fevereiro	26	79.021,59	623.577,06	Etapa 4 sobre as Etapas 1 e 2
	Março	26	79.021,59	702.598,65	Etapa 4 sobre as Etapas 1 e 2
	Abril	26	79.021,59	781.620,24	Etapa 4 sobre as Etapas 1 e 2
	Maio	26	79.021,59	860.641,83	Etapa 4 sobre as Etapas 1 e 2
	Junho	26	79.021,59	939.663,42	Etapa 4 sobre as Etapas 1 e 2
	Julho	26	79.021,59	1.018.685,01	Etapa 3
	Agosto	26	79.021,59	1.097.706,60	Etapa 3
	Setembro	26	79.021,59	1.176.728,19	Etapa 3
	Outubro	26	79.021,59	1.255.749,78	Etapa 3
	Novembro	26	79.021,59	1.334.771,37	Etapa 3
	Dezembro	26	79.021,59	1.413.792,96	Etapa 3
2024	Janeiro	26	79.933,88	1.493.726,84	Etapa 3
	Fevereiro	26	79.933,88	1.573.660,72	Etapa 3
	Março	26	79.933,88	1.653.594,60	Etapa 3
	Abril	26	79.933,88	1.733.528,48	Etapa 3
	Maio	26	79.933,88	1.813.462,36	Etapa 3
	Junho	26	79.933,88	1.893.396,24	Etapa 3
	Julho	26	79.933,88	1.973.330,12	Etapa 3
	Agosto	26	79.933,88	2.053.264,00	Etapa 3
	Setembro	26	79.933,88	2.133.197,88	Etapa 3
	Outubro	26	79.933,88	2.213.131,76	Etapa 3
	Novembro	26	79.933,88	2.293.065,64	Etapa 3
	Dezembro	26	79.933,88	2.372.999,52	Etapa 3
2025	Janeiro	26	80.822,12	2.453.821,64	Etapa 3
	Fevereiro	26	80.822,12	2.534.643,76	Etapa 3
	Março	26	80.822,12	2.615.465,88	Etapa 3
	Abril	26	80.822,12	2.696.288,00	Etapa 3
	Maio	26	80.822,12	2.777.110,12	Etapa 3
	Junho	26	80.822,12	2.857.932,24	Etapa 3

**Estimativa da Vida Útil das Etapas da Atual Célula do Aterro Sanitário de Brasília, Considerando a Continuidade do Cenário Atual de Operação**

Ano	Mês	Dias de Operação do Aterro	Volume Depositado na Célula do Aterro Mensalmente (m³)	Volume Acumulado (m³)	Etapa em Operação
2025	Julho	26	80.822,12	2.938.754,36	Etapa 3
	Ago	26	80.822,12	3.019.576,48	Etapa 3
	Set	26	80.822,12	3.100.398,60	Etapa 3
	Out	26	80.822,12	3.181.220,72	Etapa 4 sobre a Etapa 3
	Nov	26	80.822,12	3.262.042,84	Etapa 4 sobre a Etapa 3
	Dez	26	80.822,12	3.342.864,96	Etapa 4 sobre a Etapa 3
Volume restante na Célula 1 para 2026, com o início da operação dos Módulos					274.328,00

Cabe destacar que, este resultado é apenas uma previsão, com base nas premissas de cálculo estabelecidas anteriormente e mantidas as atuais condições de operação do Aterro. Ocorrendo melhorias na operação do Aterro, haverá o aumento da sua vida útil.

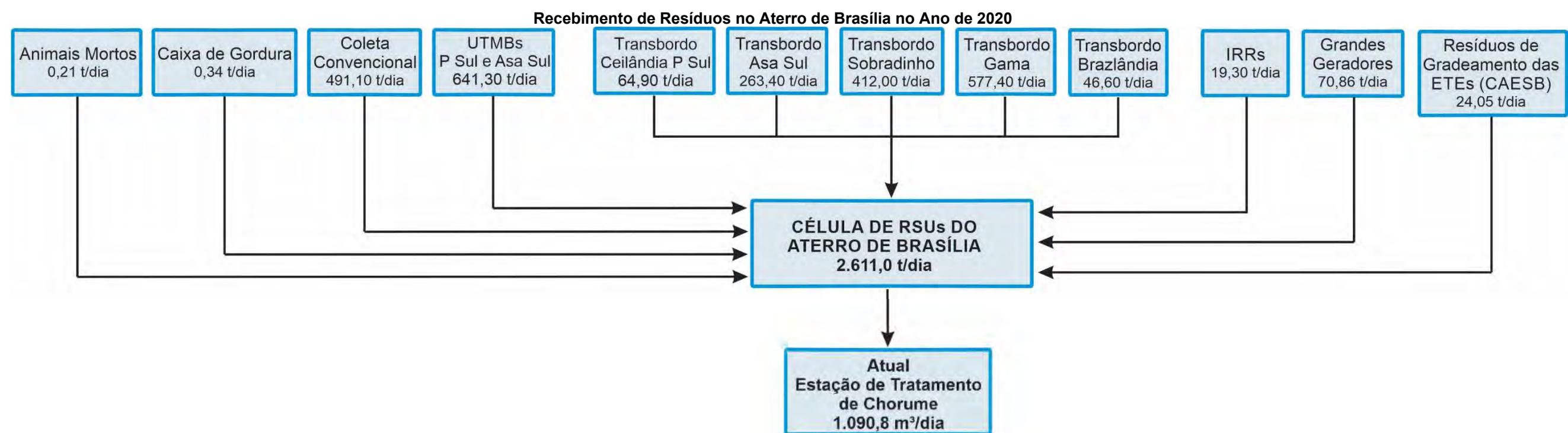
Conforme disponibilizado pela Secretaria de Estado de Projetos Especiais - SEPE, a área prevista para a ampliação do Aterro Sanitário tem 37,06 hectares, o que possibilitaria a construção de uma nova célula, porém, com dimensões menores que as da célula atual.

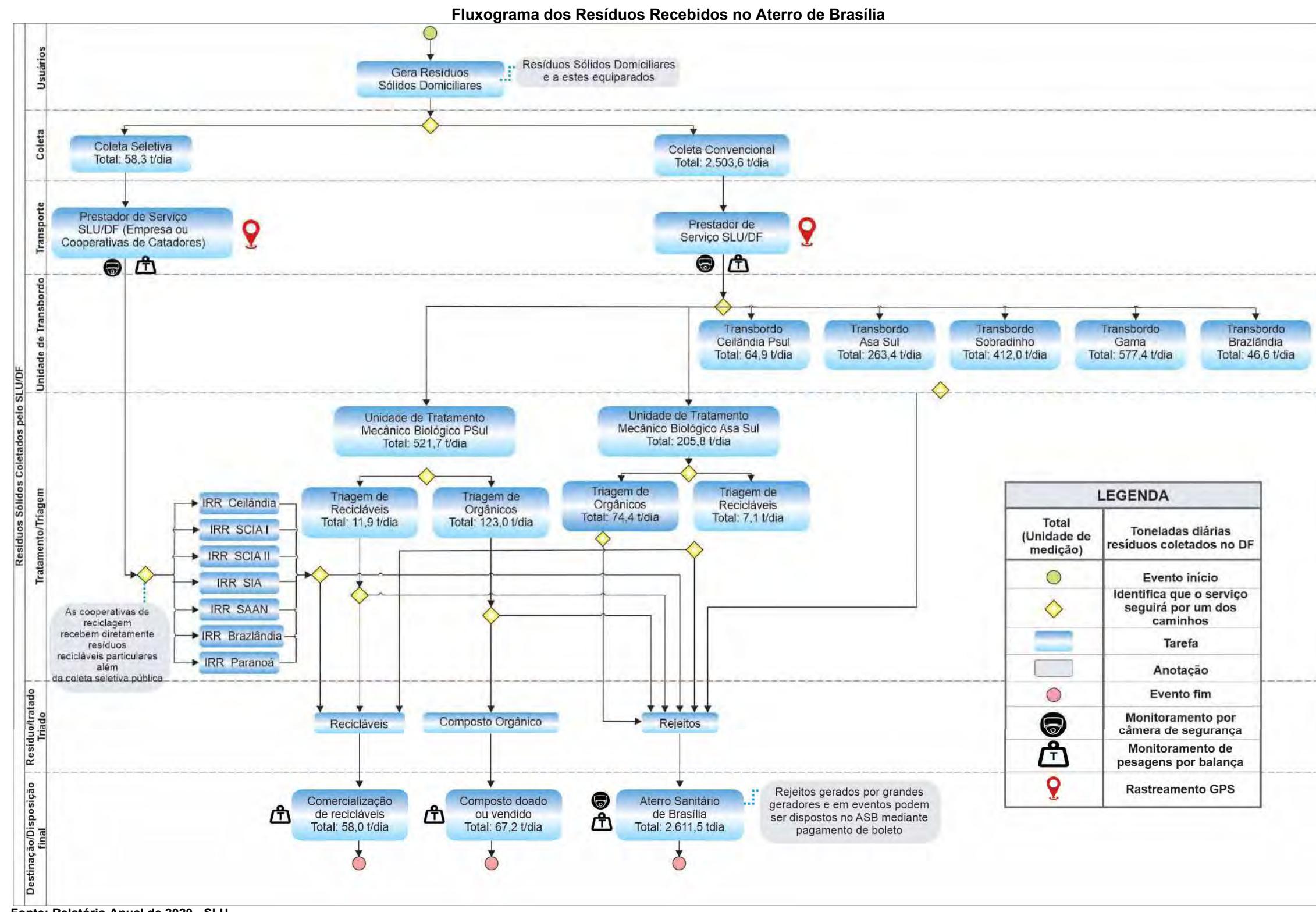
Considerada a projeção futura no aporte de resíduos, a construção de uma nova célula não ampliaria, de forma expressiva, a vida útil do Aterro Sanitário, o que em médio prazo implicaria em adquirir novas áreas para realizar outras ampliações ou construir um Aterro Sanitário em outra área do Distrito Federal, ou nos Municípios do entorno, sendo este último, o pior cenário a ser considerado, visto que os custos financeiros para a construção de um novo Aterro Sanitário seriam muito elevados e com grande impacto social e ambiental, como será apresentado posteriormente neste projeto.

No fluxograma a seguir estão representadas as diferentes origens dos resíduos atualmente depositadas no ASB. Como já informado, os quantitativos são referentes ao efetivo recebimento no ano de 2020.



Corroborando os dados, foi acrescentado na sequência, o fluxograma extraído do documento denominado de “Ampliação da Coleta Seletiva e Impactos da Pandemia nos Serviços de Limpeza Urbana - Relatório Anual de 2020” da Secretaria de Limpeza Urbana do Governo do Distrito Federal, que representa a fonte de resíduos recebidos no ASB e, acredita-se, continuará a receber até que o Empreendimento objeto deste PMI seja totalmente implementado no ano de 2026.







### **1.3. Soluções Técnicas - Análise e Diretrizes**



## 1.3. Soluções Técnicas - Análise e Diretrizes

A seguir, estão apresentadas as soluções técnicas - análise e diretrizes, através da descrição dos seguintes itens:

- ✓ Estudos de Projetos Similares - Estudos de Benchmark;
- ✓ Conhecimento das Opções Tecnológicas Atuais;
- ✓ Justificativas para as Soluções Tecnológicas Escolhidas;
- ✓ Diretrizes da Proposição Tecnológica - Metas de Desempenho.

### 1.3.1. Estudos de Projetos Similares - Estudos de Benchmark

Neste item está apresentado um diagnóstico das diferentes alternativas tecnológicas para o processamento de resíduos, com os casos de soluções técnicas de sucesso implantadas e a sua viabilidade para serem implementadas no Aterro Sanitário de Brasília.

Importante contextualizar que as centenas de plantas em operação ao redor do mundo utilizam arranjos tecnológicos para o tratamento dos resíduos com as características locais, bem como com a realidade econômica, ambiental e social da região.

A inexistência de empreendimentos similares no Brasil exige a utilização de benchmark internacional e, desta forma, optou-se por incorporar ao estudo soluções implantadas em países com cultura similares, em certa medida, com a realidade brasileira. Os países da península ibérica, assim como o Estado da Flórida, nos Estados Unidos da América, são regiões com características culturais mais próximas ao Brasil, quando analisados os países desenvolvidos e em desenvolvimento no mundo.

Importante reforçar que, os estudos prévios à elaboração do Termo de Referência publicado pela Secretaria de Estado de Projetos Especiais do Governo do Distrito Federal levaram em consideração todas as tecnologias disponíveis relacionadas ao tratamento de resíduos e propuseram um arranjo tecnológico integrando diversas formas de tratamento. A orientação do Termo de Referência do PMI dá destaque, assertivamente, ao módulo de tratamento térmico por meio da incineração dos rejeitos, sem prejuízo às etapas preliminares de tratamento e valorização.

Esta premissa está em conformidade com as melhores práticas do mundo, como será visto a seguir com três exemplos de empreendimentos implantados com sucesso em diferentes países.

#### 1.3.1.1. Lisboa - VALORSUL S.A.

Para contextualizar o estágio de desenvolvimento que o Brasil se encontra em relação ao mundo na temática do tratamento de resíduos, torna-se relevante apresentar dados gerais de outros países, como Portugal.

No ano de 2018, Portugal gerou cerca de 5,213 milhões de toneladas de resíduos domiciliares e, deste total, 32% foram enviados aos Aterros sanitários, 10% para as unidades de tratamento mecânico e biológico, 20% para a incineração, 10% para a reciclagem e apenas 3% para a compostagem e digestão anaeróbica.

Neste contexto, as principais empresas responsáveis pelo processamento e a valorização dos resíduos domiciliares, produzidos em Portugal, são a VALORSUL - Valorização e Tratamento de Resíduos Sólidos das Regiões de Lisboa e do Oeste S.A., que atende à Região Metropolitana de Lisboa; e a LIPOR - Serviços Intermunicipalizados de Gestão de Resíduos do Grande Porto, que atende à Região Metropolitana do Porto.



A empresa VALORSUL recebe os resíduos domiciliares de 19 Municípios da Região Metropolitana de Lisboa, que totalizam mais de 1,6 milhões de habitantes atendidos, processando cerca de 800 mil t/ano de RSUs, que correspondem a um quinto de todo o resíduo doméstico produzido em Portugal.

O sistema de tratamento de resíduos domésticos da VALORSUL é um marco na história da valorização de resíduos urbanos de Portugal, sendo pioneira na implementação de uma central de valorização energética. Seus resultados são notáveis, com uma produção anual de energia elétrica equivalente a 2% dos consumos domésticos nacionais usando como matéria prima exclusivamente os resíduos; uma produção anual de mais de 600 toneladas de composto para a agricultura, 74 mil toneladas de materiais encaminhados para reciclar anualmente e com cumprimento de todas as metas ambientais com menos custos para os cidadãos.

O modelo de gestão de resíduos da Valorsul ocorre em cinco áreas operacionais distintas, as quais abrangem:

- ✓ Uma central de valorização energética;
- ✓ Uma estação de tratamento e valorização orgânica;
- ✓ Seis Estações de Transferência para otimização de transporte e recursos;
- ✓ Dois centros de triagem para os 3 fluxos dos Ecopontos;
- ✓ Dois Aterros sanitários como apoio ao sistema de gestão de resíduos e com aproveitamento energético do gás de Aterro.

A valorização e o tratamento dos resíduos recebidos ocorrem em cinco fases: (I) Valorização Multimaterial, (II) Estação de Tratamento e Valorização Orgânica, (III) Incineração de RSUs, (IV) Instalação de Tratamento e Valorização de Escórias e (V) Geração de Biogás de Aterro, que estão descritas a seguir.

### **a) Valorização Multimaterial (Central de Reciclagem)**

A valorização multimaterial ocorre nas duas centrais de triagem da empresa, as quais realizam a separação dos materiais recicláveis que são enviados a dos ecopontos e ecocentros de coleta, instalados nos 19 Municípios atendidos pela VALORSUL.

### **b) Estação de Tratamento e Valorização Orgânica (ETVO)**

#### **b.1) Digestão Anaeróbia**

Essa estação realiza o processamento da Fração Orgânica separada na origem de grandes geradores como restaurantes, hotelaria, mercados abastecedores, limpeza de jardins, entre outros. A opção pela coleta seletiva na origem tem como objetivo a obtenção de uma melhor qualidade de composto.

A Estação é composta de uma unidade de recepção e preparação dos resíduos, uma unidade de hidrólise e metanização, uma unidade de estabilização e afinação do composto e uma unidade de afinação do Biogás.

Os resíduos são dispostos em uma área de recepção e descarga confinada. Os resíduos passam então por uma etapa de pré-tratamento cujo o objetivo é a remoção de materiais indesejáveis (vidros, pedras, plásticos, entre outros).

Esses resíduos são mesclados com o material já digerido e então são introduzidos nos dois reatores de digestão anaeróbia. A digestão anaeróbia é realizada por rota úmida, em condições termófilas e em duas fases.

O Biogás gerado no processo de biodigestão anaeróbica é armazenado num reservatório com uma dimensão de 3.000 m<sup>3</sup> e é utilizado para a geração de energia.



O produto digerido e desidratado passa por um pós-tratamento aeróbio composto por uma fase de pré-compostagem fechada, com arejamento forçado, seguindo por uma pós-compostagem aberta. O período total de retenção é de 13 semanas. O produto gerado é utilizado como fertilizante para uso agrícola e doméstico (composto).

Todo o ar contaminado da instalação é recolhido (6 renovações de ar/h) e tratado no biofiltro, evitando-se deste modo, a propagação de odores na ETVO e na vizinhança.

Na tabela, a seguir, estão apresentadas as principais características operacionais da central de biodigestão anaeróbia da empresa VALORSUL.

<b>Características Técnicas da Central de Biodigestão Anaeróbia Operada pela VALORSUL</b>	
<b>Combustível</b>	<b>Resíduos Orgânicos</b>
Processo de Tratamento	Digestão anaeróbica
Capacidade Nominal de Processamento	40.000 t/ano
Energia Elétrica Produzida	8.000 a 12.000 MWh/ano
Autoconsumo Elétrico	4.000 a 6.000 MWh/ano
Composto Produzido	9,8 a 14,7 t/ano

Fonte: VALORSUL

## b.2) Compostagem

Os resíduos verdes provenientes da limpeza e manutenção de jardins são tratados na Estação de Compostagem de Verdes.

As etapas que compõem o processo são: Recepção, Trituração, Compostagem, Afinação e Armazenamento de composto final.

Dessa forma, primeiramente os resíduos são recebidos e armazenados nas baías de recepção e então são triturados a fim de obter uma homogeneização granulométrica do material.

Finalmente ao depositados na área de compostagem em pilhas de formato trapezoidal com cerca de 2,0 m de altura e 5,0 m de largura. As pilhas formadas são revolvidas periodicamente por uma revolvedora que promove o arejamento do substrato biodegradável bem como a sua humidificação, por meio de um sistema de carretel automático acoplado, criando assim as condições ideais de degradação até a sua fase de maturação.

A última etapa é a de afinação onde, através de crivo e mesa densimétrica, são removidos materiais inertes (pedras, vidros, plásticos, entre outros). Após a afinação, obtém-se o composto final, um produto estabilizado e higienizado, que é armazenado em pilha sendo utilizado como corretivo orgânico agrícola.

## c) Incineração de Rejeitos

Na central de incineração são processados os resíduos não possíveis de serem separados, cerca de 2.000 t/dia, e que produzem energia suficiente para abastecer uma Cidade de 150 mil habitantes.

A primeira Central de Valorização Energética (CVE) de Portugal país foi inaugurada no dia 14 de fevereiro de 2000. Com mais de 20 de operação foi possível evitar o depósito de mais 14 milhões de toneladas de resíduos em Aterros sanitários, possibilitando a sua transformação em energia. Essa energia é integrada à rede elétrica permitindo a economia de recursos de outras fontes e evitando importações.

A comercialização da energia produzida representou o faturamento de 24,5 milhões de Euros em 2018, totalizando cerca de 41% do volume de negócios da empresa.

Na tabela, a seguir, estão apresentadas as principais características operacionais da central de incineração da empresa VALORSUL.



<b>Características Técnicas da Central de Incineração da VALORSUL</b>	
<b>Combustível</b>	<b>RSUs</b>
Processo de Tratamento	Incineração
Capacidade de Incineração	Três linhas operando 24 h/dia
Capacidade Nominal de Processamento	662.000 t/ano
Poder Calorífico Inferior (PCI) dos Resíduos	7.820 kJ/kg
Regime de Exploração	24 h/dia, operando 365 dias
Produção de Energia	587 kWh/t de RSUs (PCI normal)
Escórias Produzidas	200 kg/t
Cinzas e Resíduos do Tratamento de Gases	30 kg/t

Fonte: VALORSUL

<b>Produção de Vapor e Energia</b>	
<b>Caldeiras de Produção de Vapor</b>	<b>3 Unidades com Circulação Natural do Tipo Painel de Água com Sobreaquecimento</b>
Caudal de vapor na turbina	198 000 kg/h
Vapor sobreaquecido	52,8 bar, 420°C
Tipo de turbina	De condensação com 14 andares
Potência do turbo-alternador	50 MW
Produção elétrica bruta	587 kWh por tonelada de RSU (ao PCI nominal)
Autoconsumo elétrico	89 kWh por tonelada de RSU (ao PCI nominal)

Fonte: VALORSUL

#### d) Tratamento dos gases da combustão

Os gases da combustão são submetidos aos seguintes tratamentos físico-químicos:

Sistema de remoção de óxidos de enxofre:

- ✓ Processo de remoção seletiva, não catalítica por injeção de solução aquosa de amónia, na câmara de combustão da caldeira;
- ✓ Sistema de remoção de gases ácidos: Processo semisseco por injeção de nata de cal;
- ✓ Sistema de remoção de dioxinas e furanos: Por injeção de carvão ativado;
- ✓ Sistema de remoção de metais pesados: Por injeção de carvão ativado;
- ✓ Sistema de remoção de partículas: Por filtros de mangas de alto rendimento.

Os produtos resultantes do processo de incineração, como a escória, são enviados para a Instalação de Tratamento e Valorização de Escórias (ITVE), localizada no Aterro Sanitário de Mato da Cruz.

#### e) Instalação de Tratamento e Valorização de Escórias

A ITVE recebe as escórias resultantes do processo de incineração e, nesta etapa ocorre a separação dos materiais ferrosos, não ferrosos e inertes. O metal segregado é enviado para a reciclagem. Estima-se que, por ano, é retirada das escórias a quantidade de material ferroso suficiente para a construção de 16.500 automóveis.

As escórias após a maturação adequada, são utilizados na construção civil, como Aterro em obras de terraplanagem, em camadas de sub-base de estradas e como material de enchimento para a recuperação paisagística de antigas pedreiras ou minas a céu aberto.

Enquanto que as cinzas e os resíduos gerados no tratamento dos gases, geração de cerca de 30 kg por tonelada de RSUs incinerados, são inertizados e enviados para uma célula própria do Aterro Sanitário de Mato da Cruz.

#### f) Geração de Biogás de Aterro

A VALORSUL opera dois Aterros sanitários. Nesses Aterros sanitários existem uma rede de drenagem do Biogás (gases provenientes da biodegradação da massa de resíduos), o qual é encaminhado para valorização energética.

No Aterro Sanitário de Mato da Cruz, localizado em Vila Franca de Xira, em Portugal, está implantada uma unidade de valorização energética a partir do Biogás, que em 2018 vendeu 1,2 milhões de Euros, correspondendo a 20.906 MWh.

- ✓ Aterro Sanitário de Mato da Cruz

A drenagem dos gases produzidos no Aterro é efetuada através de tubos verticais perfurados, em PEAD, com diâmetro de 160 mm, inseridos na massa de resíduos desde a base da célula, os quais são executados gradualmente durante a exploração. Os



espaços envolventes destes tubos são preenchidos com brita de granulometria grossa, protegida por geogrelha, até às camadas de selagem. Com a selagem da respetiva zona, o cabeçal móvel do poço será substituído por uma cabeça definitiva.

O sistema de captação, drenagem e valorização energética do Biogás é composto por três redes independentes, uma em cada célula de RSU, e por dois motogeradores, aos quais as redes se encontram ligadas.

Na célula de RSU já selada (célula correspondente ao antigo Aterro explorado pelo Município de Vila Franca de Xira), a rede de drenagem de Biogás é composta por 36 poços, unidos a um coletor central, o qual, por sua vez, se encontra ligado à unidade de valorização energética. A rede é em PEAD, tendo o coletor central um diâmetro de 125 mm e as tubagens de ligação entre os poços e o coletor central um diâmetro de 90 mm. Todas as tubagens têm um ponto de amostragem, para caracterização do efluente gasoso, e uma válvula de regulação para controlo do caudal de cada poço.

Na célula 1 VALORSUL (já encerrada), a rede de drenagem de Biogás é composta por 35 poços, unidos por grupos de poços a 5 ERMs (Estações de Regulação e Medição).

Estas ERMs estão ligadas a um coletor central, o qual, por sua vez, se encontra ligado à unidade de valorização energética. Também está rede é em PEAD e também é dotada de pontos de amostragem e válvulas de regulação.

Na célula 2 VALORSUL (em exploração), a rede de drenagem de Biogás é composta por 14 poços, unidos por grupos de poços a 3 ERMs. Estas ERMs estão ligadas a um coletor central, o qual, por sua vez, se encontra ligado à unidade de valorização energética. Esta rede também é em PEAD e dotada de pontos de amostragem e válvulas de regulação.

O sistema de valorização energética, onde estão ligadas as 3 redes de captação e drenagem, é constituída por 2 unidades de aspiração de 500 m<sup>3</sup>/h cada e 2 grupos de motogeradores de 834 kW, cada um.

Observa-se que o empreendimento contempla em seu arranjo tecnológico as fases recomendadas de recuperação, com tratamento biológico e térmico, bem como geração de energia elétrica e o aproveitamento dos subprodutos.

#### **g) Sistema de Drenagem e Tratamento de Efluentes**

Uma rede em forma de espinha de peixe drena o lixiviado produzido na célula e o conduz por gravidade para uma caixa de vistoria exterior à célula. Cada dreno é constituído por uma tubagem em PEAD com diâmetro 225, com ranhuras e instalada a meio da camada drenante do fundo da célula. Desta caixa é bombeado a Estação de Tratamento de Lixiviados.

O sistema de tratamento da Estação de Tratamento de Lixiviados (ETL) do Aterro Sanitário de Mato da Cruz (ASMC) é composto de um tratamento biológico com um tratamento físico-químico, em detalhe tem-se:

- ✓ Medição das vazões de entrada;
- ✓ Adição de ácido fosfórico e antiespumílico a montante do tratamento biológico de forma a aportar as concentrações de fósforo necessárias ao bom funcionamento do tratamento biológico e evitar a formação de espumas durante o tratamento, respectivamente;
- ✓ Tratamento biológico por duas lagoas aeróbicas, onde os microrganismos degradam a matéria orgânica presente com a ajuda do oxigénio fornecido pelas turbinas flutuantes (duas em cada lagoa);



- ✓ Tratamento físico-químico por coagulação-flocação com adição de policloreto de alumínio (coagulante) e de polielectrólito (fase líquida), de forma a permitir que se formem flocos de dimensão e peso suficiente, para poder serem decantados no decantador;
- ✓ Neutralização do efluente com hidróxido de sódio;
- ✓ Decantação com recirculação de lodos ao tratamento biológico de modo a promover o crescimento da biomassa dentro das lagoas;
- ✓ Descarga do efluente pré-tratado no coletor municipal.

Os lixiviados provenientes das células de RSU (célula Vila Franca de Xira e células 1 e 2 VALORSUL), das células de Cinzas Inertizadas e da Instalação de Tratamento e Valorização de Escórias são bombados para a ETL. A medição da vazão é feita por medidores eletromagnéticos.

Como se observou, a região de Lisboa apresenta um sistema completo e integrado de tratamento de resíduos, com muitas similaridades ao projeto proposto na PMI do Distrito Federal.

### **1.3.1.2. Madri - Parque Tecnológico de Valdemingómez**

O sistema de tratamento de Madri é considerado pela PROPONENTE como o melhor benchmark para o Distrito Federal e para praticamente qualquer região metropolitana no mundo. Isso porque parte da premissa que a correta gestão e o uso otimizado dos resíduos urbanos são parte essencial do desenvolvimento sustentável de uma região. O sistema de tratamento incorpora uma série de estruturas inteligentes interligadas como se verá a seguir.

A Prefeitura de Madri realiza o ciclo completo de gestão de resíduos. Para isso, o Conselho Municipal de Madri forneceu à capital um conjunto de infraestruturas para a coleta

seletiva, transporte, tratamento e recuperação de resíduos urbanos que está entre as mais completas e avançadas da Europa. Isto permite aumentar consideravelmente o desempenho dos processos de separação, ampliar o catálogo de materiais recicláveis e otimizar os processos de compostagem e recuperação de energia.

Desde 1978, o Parque Tecnológico Valdemingómez concentrou todas as instalações de tratamento de resíduos urbanos de Madri, que lidam com as mais de quatro mil toneladas de resíduos gerados diariamente na cidade.

A concepção do Parque Tecnológico Valdemingómez e seu desenvolvimento foram concebidos 9 anos antes da entrada em vigor da Diretiva Europeia 2008/98/CE, de 19 de novembro, o que torna obrigatória a recuperação de todos os materiais e energia contidos nos resíduos, um critério de trabalho que o Parque Tecnológico Valdemingómez tem sido pioneiro em incorporar.

Seu objetivo essencial é processar os resíduos para aproveitar tudo que pode ser recuperado deles e depositar com segurança os resíduos não recuperáveis em um Aterro sanitário.

Para atingir este objetivo, seus centros dispõem de uma ampla gama de instalações com diferentes funções. Estes centros são Las Lomas, La Paloma, Las Dehesas e La Galiana, o complexo de Biometanização, assim como o Centro de Visitantes e cinco instalações educacionais.

Embora a população de Madri tenha crescido ano após ano desde 2008, a quantidade de resíduos gerados pela cidade tem diminuído. O cidadão de Madri não só tem gerado menos lixo, mas também está fazendo um trabalho cada vez melhor de separar seu lixo na origem. Isto, juntamente com o aumento da eficiência no tratamento de resíduos, ajudou a aumentar significativamente a recuperação de materiais recicláveis.



Nas últimas décadas, a sociedade tem se tornado cada vez mais consciente da necessidade urgente de adotar estratégias de desenvolvimento sustentável para reduzir os impactos negativos do desenvolvimento sobre o meio ambiente.

A gestão de resíduos urbanos é parte essencial destas estratégias, pois tem uma influência decisiva sobre a sustentabilidade ambiental das cidades.

Esta gestão está agora sujeita a uma legislação rigorosa, uma circunstância que, juntamente com os notáveis avanços técnicos realizados, tornou possível minimizar seu impacto ambiental e obter múltiplos benefícios ambientais dos tratamentos aplicados aos resíduos.

Os processos desenvolvidos no Parque Tecnológico Valdemingómez proporcionam numerosos e importantes benefícios ambientais.

A melhoria desses benefícios depende, em grande parte, da colaboração dos cidadãos, do esforço individual de cada residente de Madri para separar corretamente os resíduos, o que facilita a recuperação de tudo o que pode ser utilizado. Desta forma, a eficácia dos tratamentos aplicados aumentará e, com isso, seus efeitos favoráveis sobre o meio ambiente. Estes efeitos são essencialmente:

- ✓ Economia de energia;
- ✓ Economia das emissões de CO<sub>2</sub>;
- ✓ Economia em matéria-prima;
- ✓ Produção de energia verde;
- ✓ Economia de fertilizantes.

### a) Histórico

A origem do Parque Tecnológico Valdemingómez data do final dos anos 70, um período em que os resíduos praticamente não tinham outro destino senão o Aterro sanitário. A primeira instalação do Parque foi o antigo Aterro Valdemingómez, que estava em funcionamento durante o período 1978-2000.

Em 1982 entrou em funcionamento o primeiro centro de separação, triagem e compostagem (Centro de La Paloma). Posteriormente, foram acrescentados novos centros de tratamento - Las Lomas, Las Dehesas, La Galiana e o novo Centro La Paloma - sempre equipados com as melhores tecnologias disponíveis em cada momento, e projetados para atender às necessidades atuais e futuras de resíduos da cidade de Madri.

Em setembro de 2007, o Programa de Educação Ambiental Integral foi lançado através do Centro de Visitantes, que inclui visitas guiadas ao Parque com uma função de conscientização ambiental.

Finalmente, um dos marcos mais importantes desta estratégia de desenvolvimento foi em 2008, com a inauguração de uma nova planta de separação e classificação, duas plantas de biometanização, outra planta de compostagem e uma planta de tratamento de Biogás para biometanização. Em 2009, as estações de biometanização e de tratamento de Biogás entraram na fase pré-operacional.

### b) Coleta Seletiva na Cidade de Madri

A gestão eficiente de resíduos requer a cooperação de todos os cidadãos. Se a separação na fonte estiver correta, a recuperação dos materiais recicláveis será maior.

Portanto, é importante conhecer a maneira adequada de separar os resíduos municipais.



A forma pela qual os cidadãos devem separar os resíduos que geram é determinada pelo sistema de coleta seletiva em vigor na cidade. Madri tem um serviço de coleta seletiva baseado na separação em quatro categorias de resíduos que os cidadãos devem separar:

- ✓ Papel e papelão: jornal, embalagem e acondicionamento de papelão, publicidade, revistas, entre outros;
- ✓ Vidro: garrafas, frascos e jarros;
- ✓ Saco amarelo ou de embalagem: embalagens de metal, plástico e briks;
- ✓ Bolsas de restos: resíduos alimentares e outros resíduos não incluídos nas categorias anteriores.

Os resíduos não incluídos nas quatro frações anteriores e que podem ser considerados especiais (lâmpadas, baterias, óleo de fritura usado, baterias, aerossóis, tintas, solventes, entre outros) devem ser tratados adequadamente e coletados nos pontos de reciclagem fixos e móveis.

### c) Dados

A Cidade de Madri produz mais de 1,2 milhões de toneladas de resíduos urbanos por ano, dos quais menos de 50% são materiais potencialmente recicláveis. Assim, o parágrafo:

- ✓ Separa e classifica mais de 75% do total do lixo urbano que entra no Parque Tecnológico Valdemingómez,
- ✓ Trata mais de 90% da matéria orgânica contida nos resíduos;
- ✓ Ela incinera cerca de 26,99% dos resíduos após a separação dos materiais recicláveis;
- ✓ Aproximadamente, 78% dos RSUs que entram no Parque Tecnológico Valdemingómez passam por alguma forma de tratamento, enquanto os 22% restantes são enviados diretamente para um Aterro Sanitário.

### Dados do Parque Tecnológico Valdemingómez

#### Produção Anual de Resíduos Urbanos na Cidade de Madri

População equivalente geradora	3.709.697
Toneladas anuais geradas	1.219.623
Toneladas geradas diariamente	3.341

#### Reciclagem de Materiais

71.082 toneladas de materiais recuperados na planta, inclusive:  
 17.938 toneladas de plásticos;  
 16.172 toneladas de materiais ferromagnéticos;  
 4.525 toneladas de ferro fundido queimado;  
 886 toneladas de alumínio;  
 893 toneladas de outros metais;  
 24.560 toneladas de papel e papelão;  
 2.655 toneladas de briks;  
 700 toneladas de vidro;  
 E com 14.462 toneladas de composto produzido.

#### Reaproveitamento de Energia

207.013 MWh de energia elétrica, proveniente da recuperação de energia dos processos de separação e classificação, bem como do uso como combustível do Biogás gerado no antigo Aterro da Valdemingómez. Sendo que 76,7% deste montante (158.814 MWh) foi exportado para a rede, e os 23,3% restantes (48.200 MWh) foram consumidos nos próprios Centros.

#### Benefícios Ambientais

Recuperação de 71.082 t de materiais recicláveis, que serão utilizados como substitutos para 145.615 t de matérias-primas, resultando em economia anual de energia de 617.783 MWh, equivalente ao consumo anual de eletricidade de 186.882 residências, bem como economia de emissão de 177.167 t de CO<sub>2</sub> equivalente.

Geração de 207.013 MWh de eletricidade, equivalente ao consumo anual de eletricidade de 59.367 residências.

Economia nas emissões de gases de efeito estufa associadas aos processos de incineração de resíduos com recuperação de energia e recuperação de energia de Biogás de Aterros sanitários em uma quantidade estimada de 1.130.768 t CO<sub>2</sub> equivalente.

### d) Valorização Energética

O tratamento e recuperação dos resíduos urbanos gerados na cidade de Madri no Parque Tecnológico Valdemingómez proporciona inúmeros benefícios ambientais, incluindo a valorização energética.

Além de seus próprios resíduos, o centro Las Lomas trata os resíduos produzidos em outros centros (La Paloma e Las Dehesas), assim como outros resíduos não recicláveis. Todos estes resíduos são utilizados para valorização energética nesta planta, onde seu



valor calorífico é utilizado para gerar eletricidade suficiente para suprir o consumo de mais de 70.000 casas.

O uso de resíduos como combustível para substituir outras fontes de energia significa uma redução nas emissões de CO<sub>2</sub>, bem como evitam o despejo de resíduos e a consequente emissão de gases de efeito estufa associados à sua decomposição no Aterro sanitário.

Em 2009, as plantas de biometanização dos centros de Las Dehesas e La Paloma entraram em funcionamento. Com a biometanização, a contribuição de matéria orgânica para o Aterro sanitário é reduzida, o que se traduz em uma redução nas emissões de gases de efeito estufa, gerando Biogás, um combustível que pode ser utilizado como substituto para outras fontes de energia.

Na planta de La Galiana, o Biogás do Aterro sanitário encerrado de Valdemingómez é utilizado para a recuperação de energia em motogeradores que possuem uma instalação de cogeração associada para realizar o processo de forma mais eficiente, evitando a emissão de uma grande quantidade de toneladas de CO<sub>2</sub> para a atmosfera. Assim se gera eletricidade através do uso do Biogás como combustível para os motogeradores. Esta produção de eletricidade a partir de uma fonte não fóssil como o Biogás também economiza emissões de gases de efeito estufa.

Num futuro próximo, o gás proveniente das plantas de biometanização e das células seladas do Aterro de rejeitos de Las Dehesas será tratado na planta de tratamento de Biogás de biometanização, cuja missão é purificar e enriquecer o gás em metano para posterior combustão em La Galiana ou injeção na rede de distribuição de gás natural.

### e) Centro de Tratamento La Paloma

O Centro La Paloma, em operação desde fevereiro de 2008, foi incorporado ao Parque Tecnológico Valdemingómez para substituir o que foi a primeira instalação de triagem de resíduos na Espanha, em serviço desde 1982.

As instalações do novo Centro La Paloma foram projetadas incorporando as tecnologias mais avançadas para minimizar seu impacto ambiental, especificamente através da eliminação de odores.

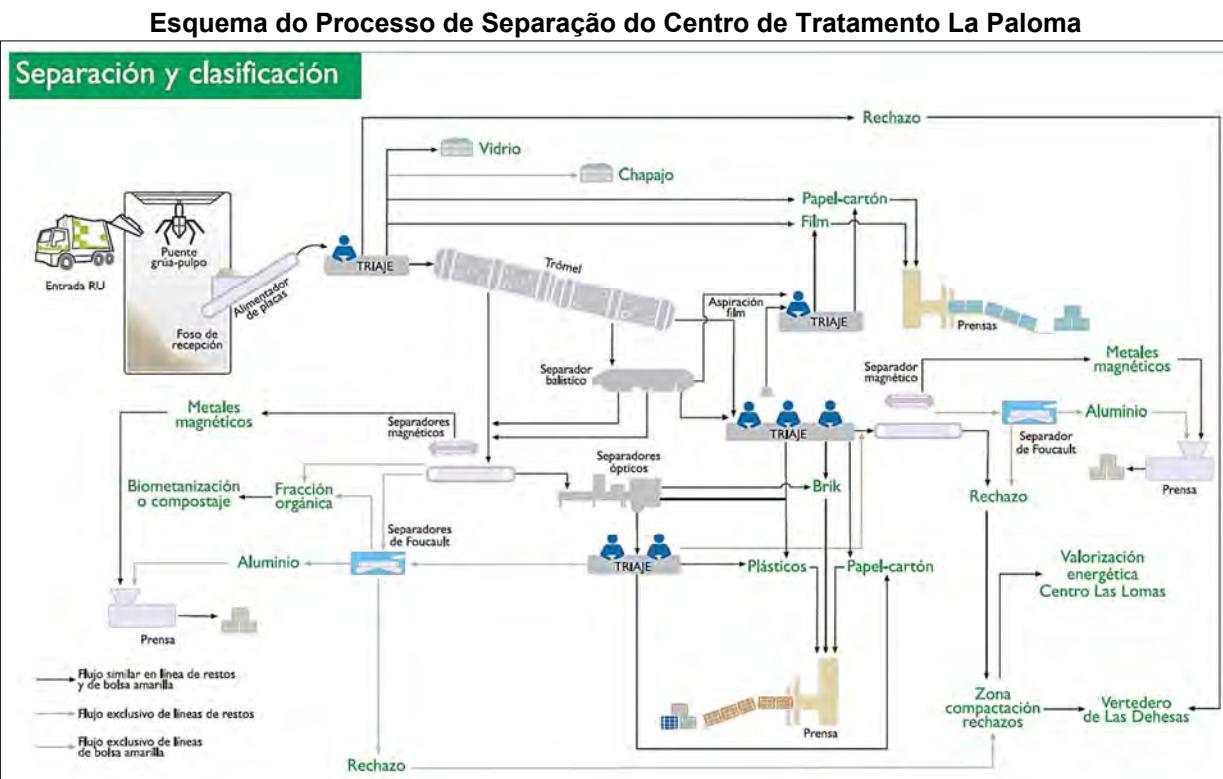
Sua função é recuperar os materiais recicláveis presentes nos resíduos provenientes da coleta seletiva do grupo de embalagens e do grupo de “restos”, e separar e processar a matéria orgânica para transformá-la em material biostabilizado.

#### e.1) Centro La Paloma: Planta de Separação e Classificação

A capacidade operacional média desta planta é de 219.000 t/ano de resíduos da coleta seletiva do grupo “restos” e 36.500 t/ano da coleta seletiva de embalagens.

Conta com um sistema de separação de resíduos volumosos (manual sobre esteiras de triagem), Sistema de separação do grupo “restos” (trommel de 2 seções) e um sistema de separação de embalagens (trommel de 2 seções).

E dessa forma recupera os seguintes materiais: papel-cartão, plásticos (filme, HDPE, PET e brik mix); Vidro; Alumínio e Material ferroso.



### e.2) Centro La Paloma: Usina de Compostagem

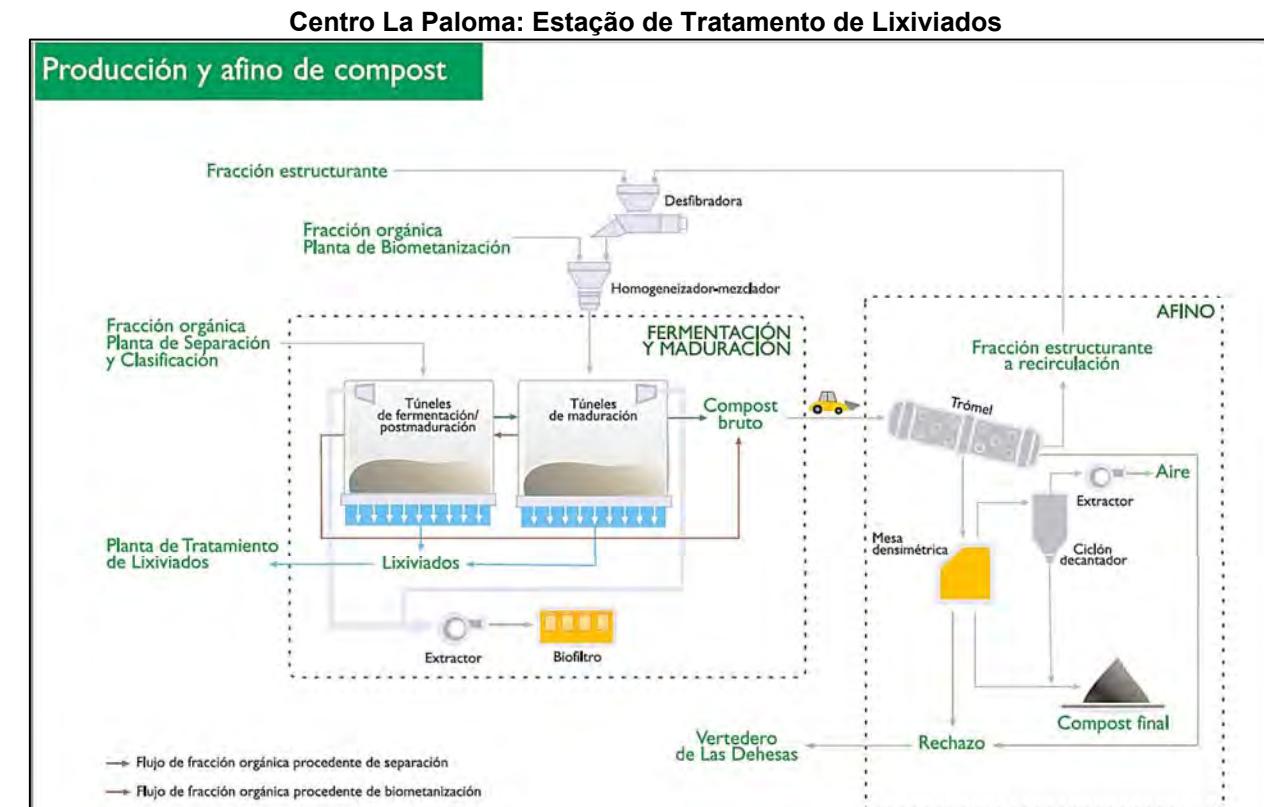
Essa planta processa o digestato proveniente da planta de biometanização (77.500 t/ano) e a fração orgânica da planta de separação (131.290 t/ano).

Conta com 12 túneis de fermentação, 12 túneis de maturação, um sistema de desodoração e purificação do ar, sistemas para separação de impurezas no refino: com trommels, mesas densimétricas e ciclone para remoção de impurezas. E o produto obtido é o bioestabilizado.

A legislação espanhola (Lei nº 22/2011, de 28 de julho de 2011 sobre resíduos e solos contaminados) diferencia o produto obtido da compostagem de acordo de como se é realizada a coleta do resíduo orgânico em composto ou bioestabilizado. Composto significa emenda orgânica obtida do tratamento biológico aeróbico e termófilo de resíduos

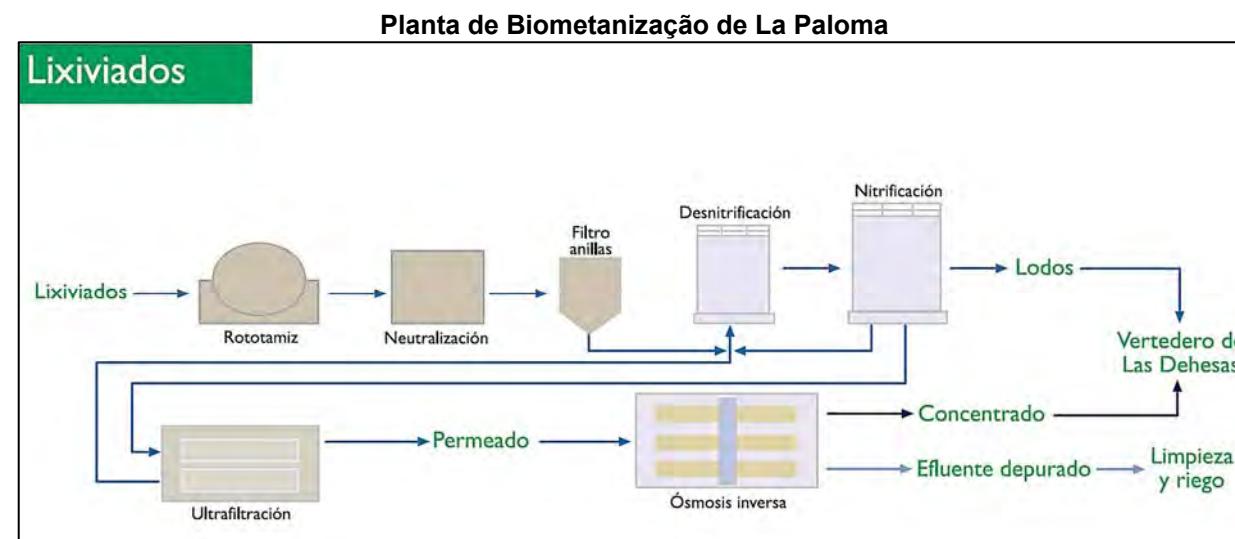
biodegradáveis coletados separadamente. Enquanto que o material orgânico obtido de estações de tratamento biológico mecânico de resíduos mistos não será considerado como composto e será referido como material bioestabilizado.

A seguir, o esquema da planta.



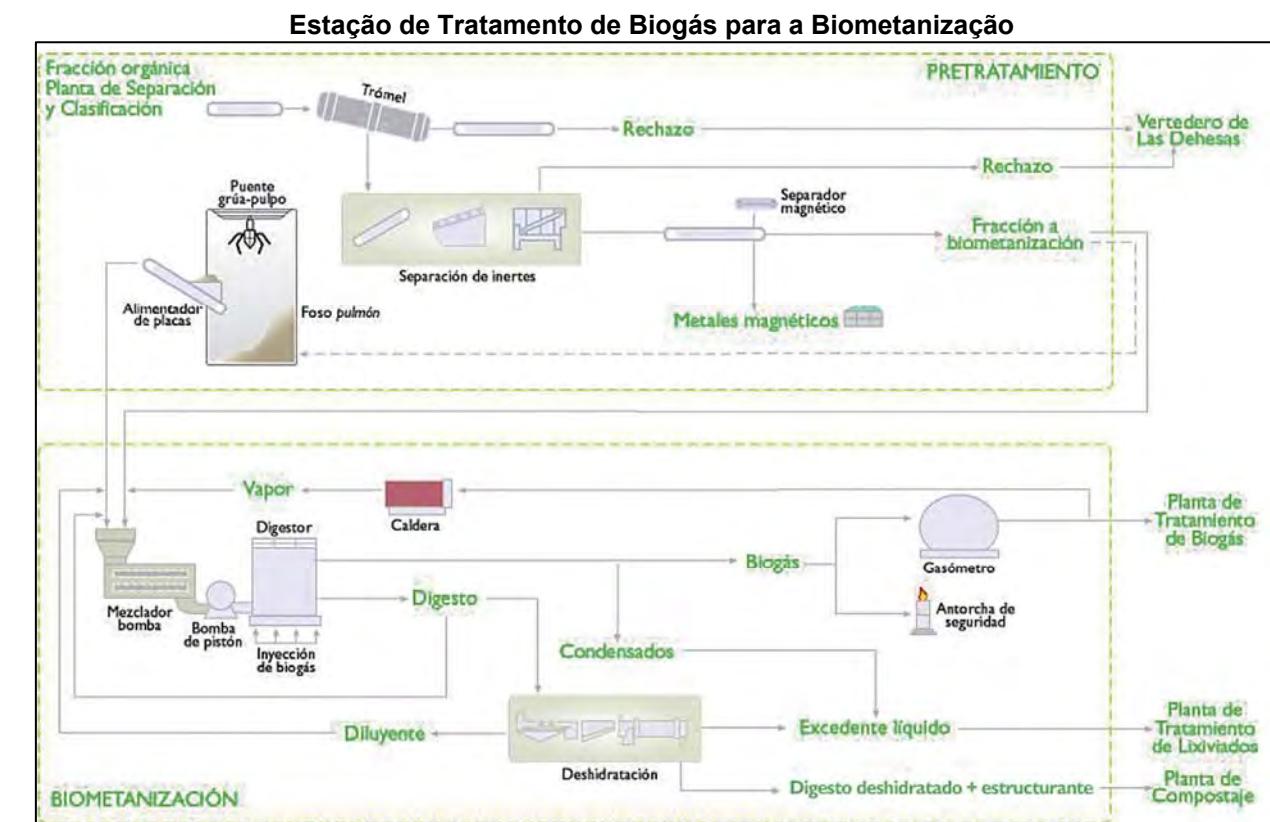
A estação trata lixiviado e outras águas de processo geradas nas instalações do Centro com uma capacidade operacional média de 110 m<sup>3</sup>/dia. E é composta de um sistema de tratamento biológico, seguido por etapas de ultrafiltração e osmose inversa.

O efluente tratado obtido é de alta qualidade e é utilizado para limpeza e irrigação.



Trata a fração orgânica das plantas de separação de materiais recicláveis em La Paloma e Las Lomas. É composta de:

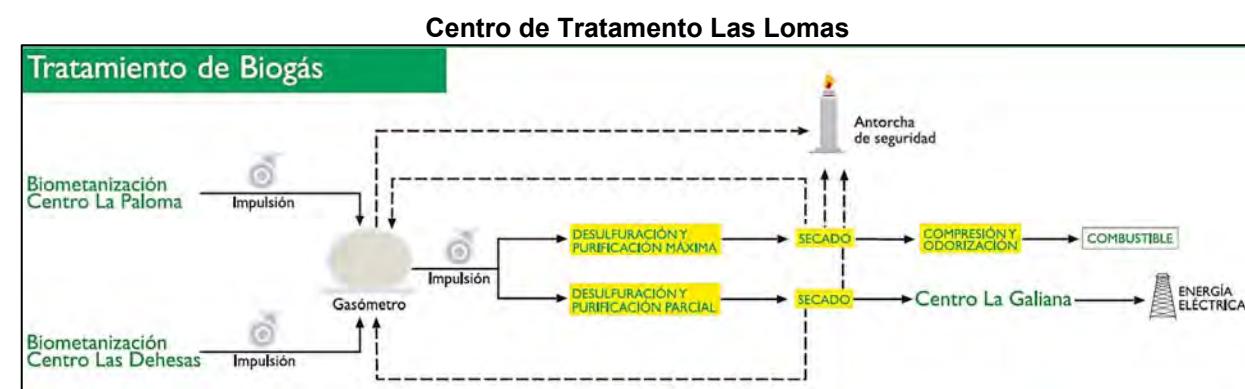
- ✓ Pré-tratamento
- ✓ Capacidade operacional medida: 151.000 t/ano;
  - Sistema de peneiramento de matéria orgânica: trommel;
  - Sistemas de separação de material inerte: esteiras inclinadas, peneira e separador balístico e moinho de trituração;
  - Materiais recuperados: metais ferrosos (eletromagneto).
- ✓ Biometanização
- ✓ Capacidade operacional medida: 108.175 t/ano;
  - Digestores: 4;
  - Produtos obtidos: Biogás e digestores;
  - Sistemas de desidratação de digestores: prensas, peneiras e centrífugas;
  - Gasômetros: 1;
  - Destino do Biogás: estação de tratamento de Biogás de biometanização;
- ✓ Sistema de desodorização.



Trata o Biogás gerado nas plantas de biometanização de La Paloma e Las Dehesas. Possui uma capacidade operacional medida de 4.000 Nm<sup>3</sup>/h. É composto das seguintes etapas:

- ✓ Sistema de dessulfuração e purificação: lavagem por pressão contracorrente com água;
- ✓ Concentração de metano;
- ✓ Sistema de secagem: PSA/TSA de adsorção a pressões e temperaturas flutuantes;
- ✓ Sistema de compressão e odorização.

O Biogás tratado é utilizado como biocombustível e para produção de eletricidade.



O Centro Las Lomas, parte do Parque Tecnológico Valdemingómez, reúne os processos de recuperação de materiais recicláveis, compostagem e reciclagem de energia em uma única instalação.

Os resíduos processados provêm do grupo "restos" da coleta seletiva.

Após um processo de triagem inicial, a fração orgânica é enviada para a usina de compostagem, onde é transformada em adubo. O restante é submetido à separação mecânica e manual, através da qual os materiais recicláveis são recuperados.

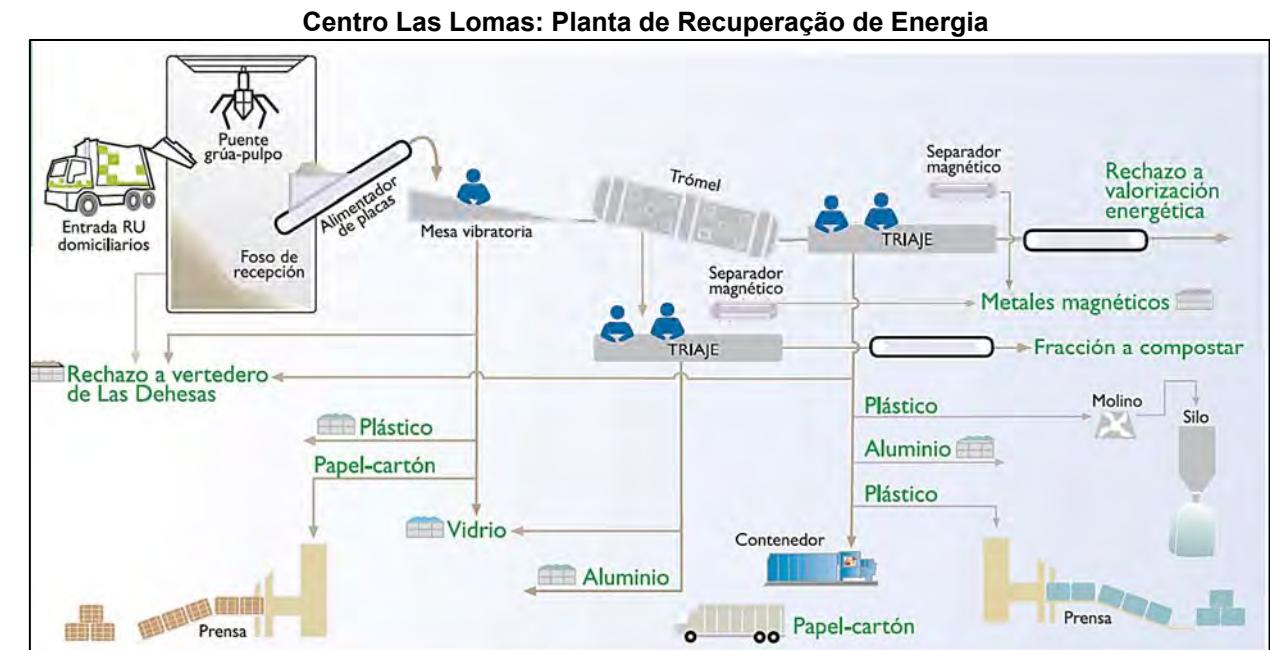
Finalmente, os rejeitos deste último processo, juntamente com os rejeitos de outras plantas, são valorizados através do uso do calor liberado pela combustão para a produção de energia elétrica.

Uma parte importante dos investimentos feitos no centro de tratamento foram direcionados para a instalação de sistemas de purificação de gás. O resultado disso é que as emissões da incineradora estão sempre por de baixo dos limites que marcam a legislação.

### e.3) Centro Las Lomas: Planta de Separação e Triagem

A capacidade operacional média da planta é de 360.000 t/ano e trata os resíduos do grupo "restos".

A matéria orgânica é separada através de trommel e os materiais recuperados são vidro, plástico, papel, papelão, alumínio e metais ferrosos.



A capacidade operacional média da planta é de 900 t/dia e trata os resíduos provenientes dos rejeitos de tratamento (estação de triagem Las Lomas e outros centros) e outros resíduos não reutilizáveis ou difíceis de tratar.

As linhas de incineração são compostas de 3 fornos de leito fluidizado de areia, caldeiras e sistemas de purificação de gás.

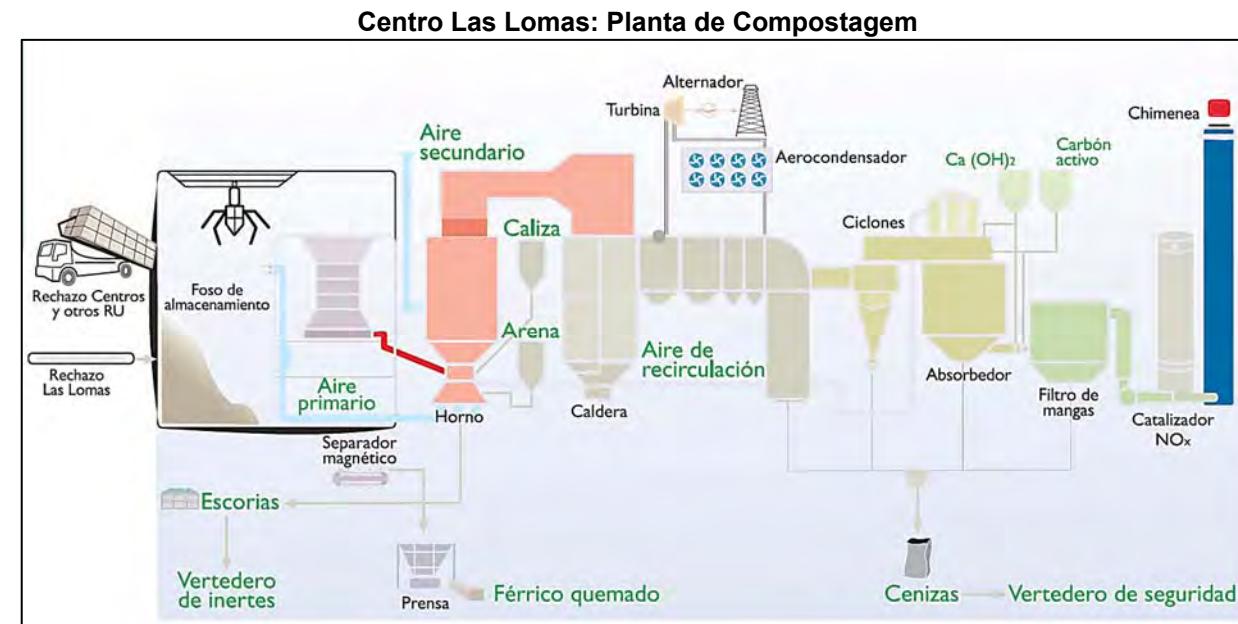


E o sistema de geração de eletricidade é composto de caldeira, turbina e subestação elétrica. Enquanto que o sistema de limpeza de gás é composto de filtros de bolsas, ciclone, absorventes e conversores catalíticos. E existe um sistema de controle contínuo de emissões.

A potência elétrica instalada da planta é de 29,01 MW e uma produção de vapor de 41 t/hora por linha a 47 bar e 425 °C.

E nessa planta o ferro queimado é recuperado.

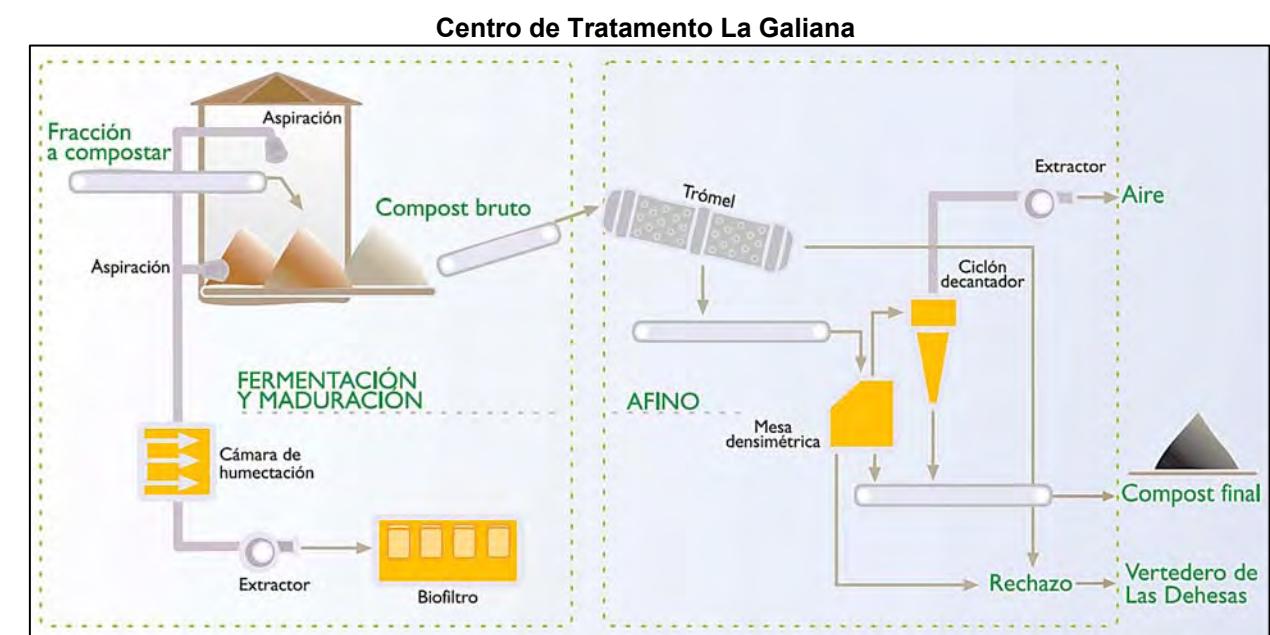
Mais detalhes da planta podem ser obtidos na figura, a seguir.



A capacidade operacional média da planta é de 230.000 t/ano e trata a fração orgânica da planta de separação.

É composta de um parque de fermentação semiaberto, parque de maturação aberto, e uma área de refinação com trommel e mesa densimétrica. O produto obtido é o biostabilizado.

#### f) Centro de Tratamento La Galiana



O Centro La Galiana, em funcionamento desde 2003, realiza uma atividade diferente da dos outros centros do Parque Tecnológico Valdemingómez, pois não trata os resíduos coletados diariamente na cidade.

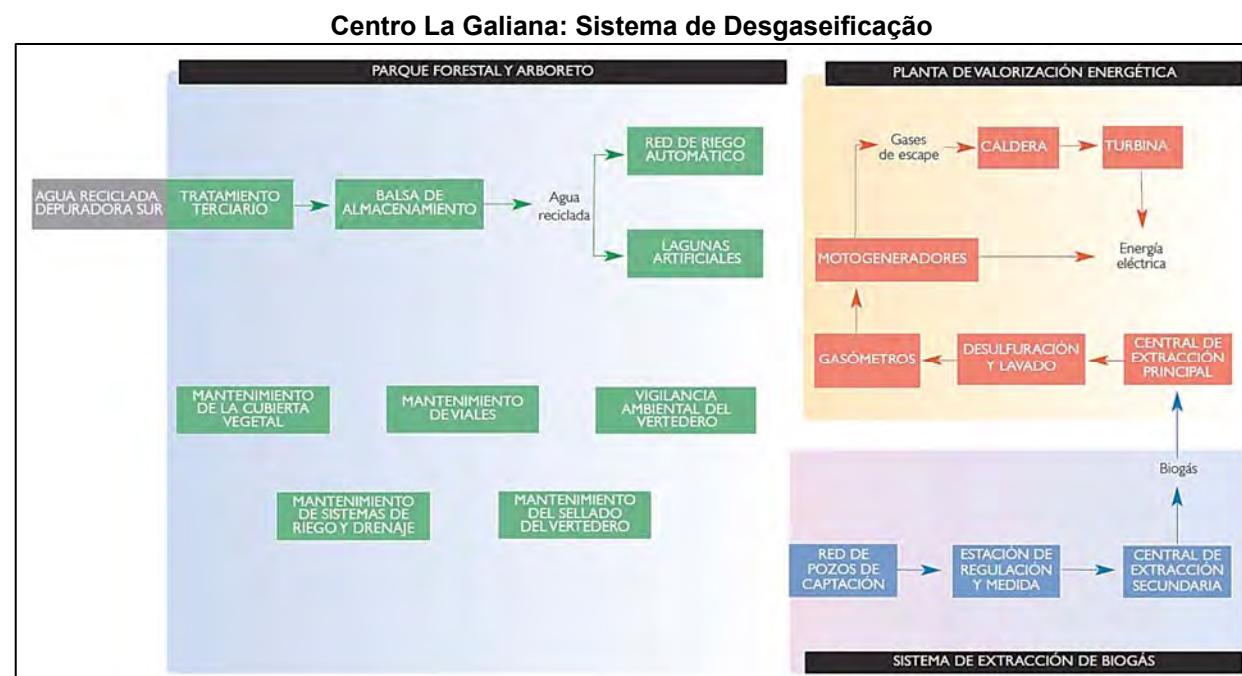
Suas principais funções são o uso da energia do Biogás gerado no antigo Aterro Valdemingómez (1978-2000), e a conservação do Parque Florestal instalado neste último.

O Centro La Galiana é o resultado de um projeto municipal chamado Desgasificação com recuperação de energia, selagem, controle e manutenção do Aterro Valdemingómez, concluído em 2003.



Através deste projeto, o Aterro sanitário foi selado e ajardinado, um sistema de extração de Biogás foi instalado e uma planta de recuperação de energia foi construída para fazer uso do Biogás.

Também foi criado uma área de vegetação composta de ecossistemas vegetais característicos da Comunidade de Madri, para a educação ambiental. O investimento - 79 milhões de euros - foi cofinanciado pelo Fundo de Coesão da União Europeia.



Realiza-se a extração do Biogás gerado no Aterro sanitário para uso energético.

O sistema de extração de Biogás é composto de 280 poços de coleta de Biogás, 10 estações de regulação e medição (ERMs) e 2 plantas de extração secundária (CES).

### Centro La Galiana: Sistema de Purificação de Biogás e Valorização Energética

#### Sistema de extracción de biogás

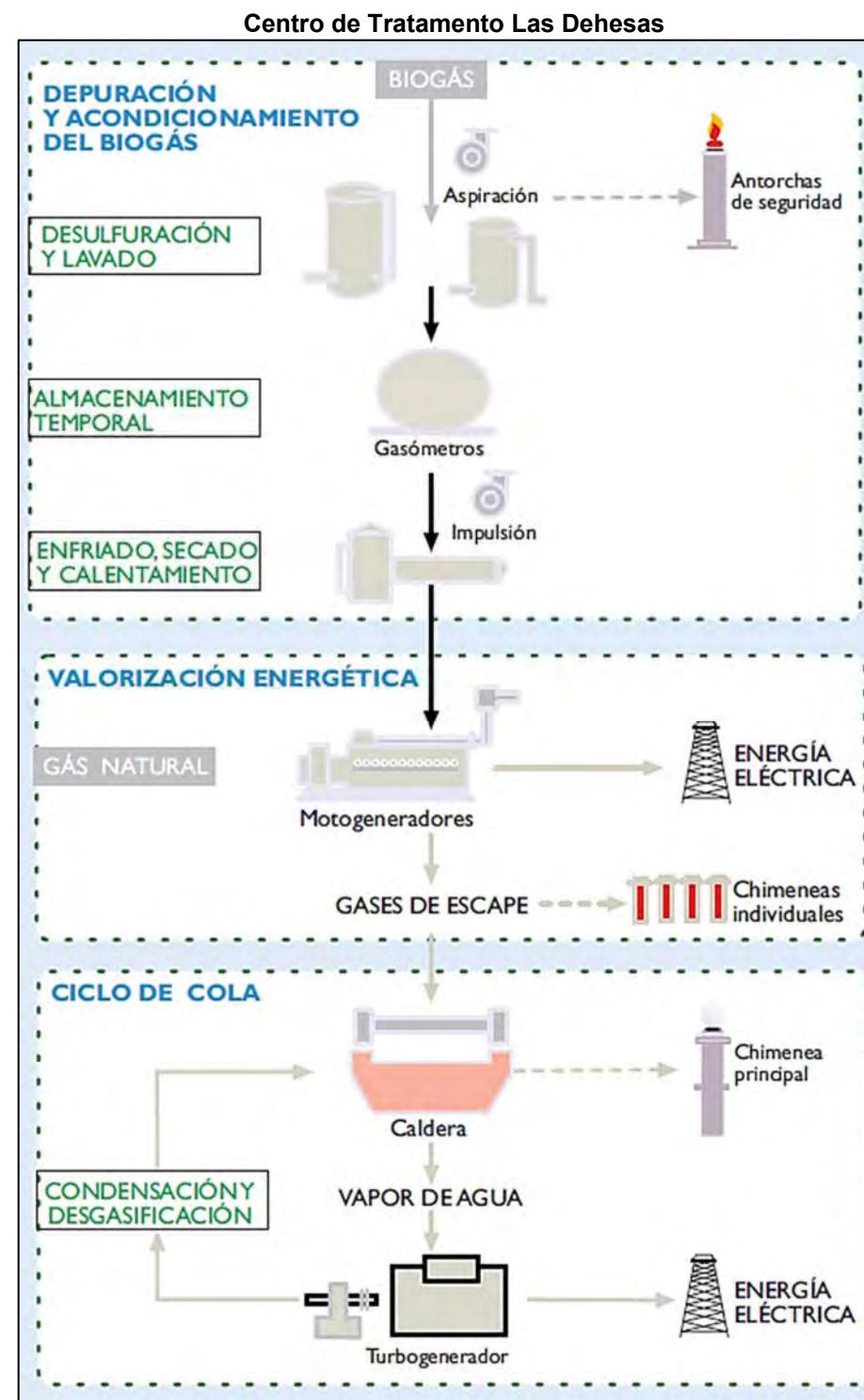


A planta possui uma capacidade total instalada de 18,9 MWh, sendo composta de:

- ✓ Planta de extração principal: sopradores de sucção;
- ✓ Sistema de purificação e condicionamento do Biogás: composto de 2 torres de desulfurização e 1 torre de lavagem de gases;
- ✓ 2 gasômetros de membrana;
- ✓ 2 erupções;
- ✓ 3 motogeradores;
- ✓ 8 motogeradores de 2.124 kW de potência unitária;
- ✓ 1 caldeira pirotubular para produção de vapor;
- ✓ 1 conjunto de turbogeradores;
- ✓ 1 transformador de potência e distribuição.



### g) Centro de Tratamento Las Dehesas



O Centro Las Dehesas é um modelo de equilíbrio entre a atividade produtiva e o respeito ao meio ambiente.

Suas instalações e sistemas de tratamento lhe permitem absorver mais da metade do total de resíduos recebidos no Parque Tecnológico Valdemingómez.

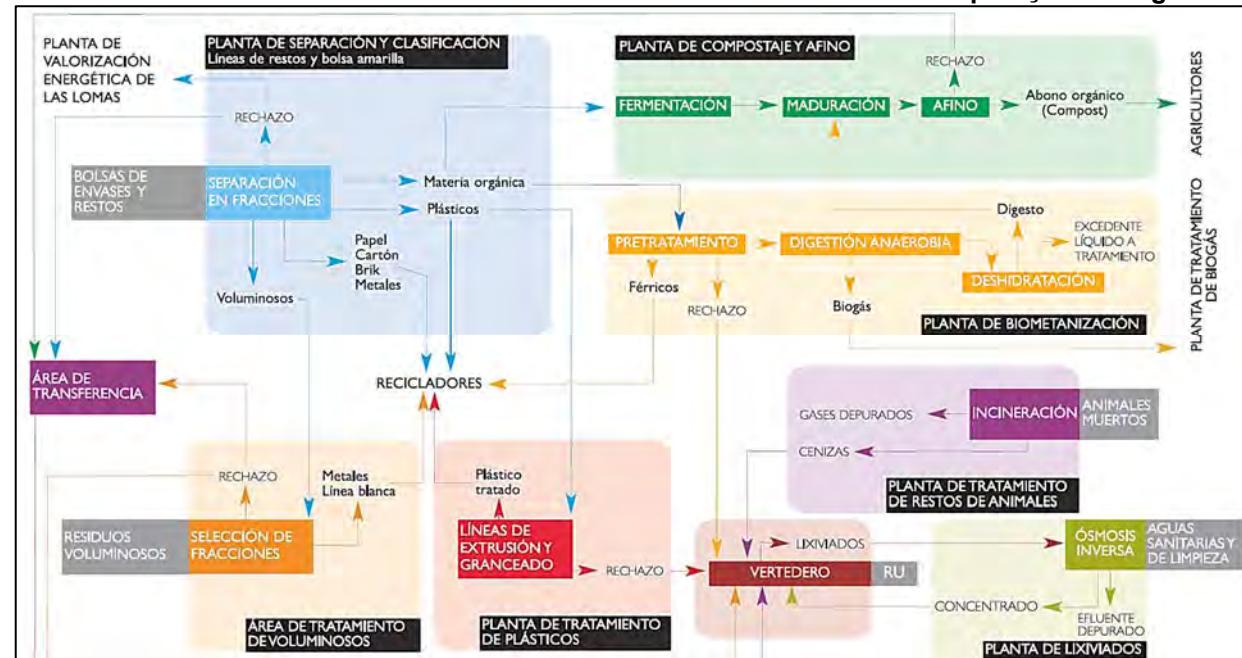
Os principais processos realizados neste centro, inaugurado em 2000, são a separação e classificação de materiais recicláveis, a compostagem de matéria orgânica, a incineração de animais mortos, a deposição em Aterro, esta última acompanhada da extração de Biogás para posterior aproveitamento energético, o tratamento de resíduos volumosos e uma usina de granulação e extrusão de PEAD.

Portanto o centro é composto das seguintes unidades:

- ✓ Planta de separação e triagem;
- ✓ Área de tratamento de resíduos volumosos;
- ✓ Usina de compostagem;
- ✓ Instalação de incineração de resíduos animais;
- ✓ Planta de tratamento de plásticos;
- ✓ Planta de tratamento de lixiviado;
- ✓ Área de transferência de rejeitos do processo;
- ✓ Aterro sanitário controlado para rejeitos e resíduos não aproveitáveis.



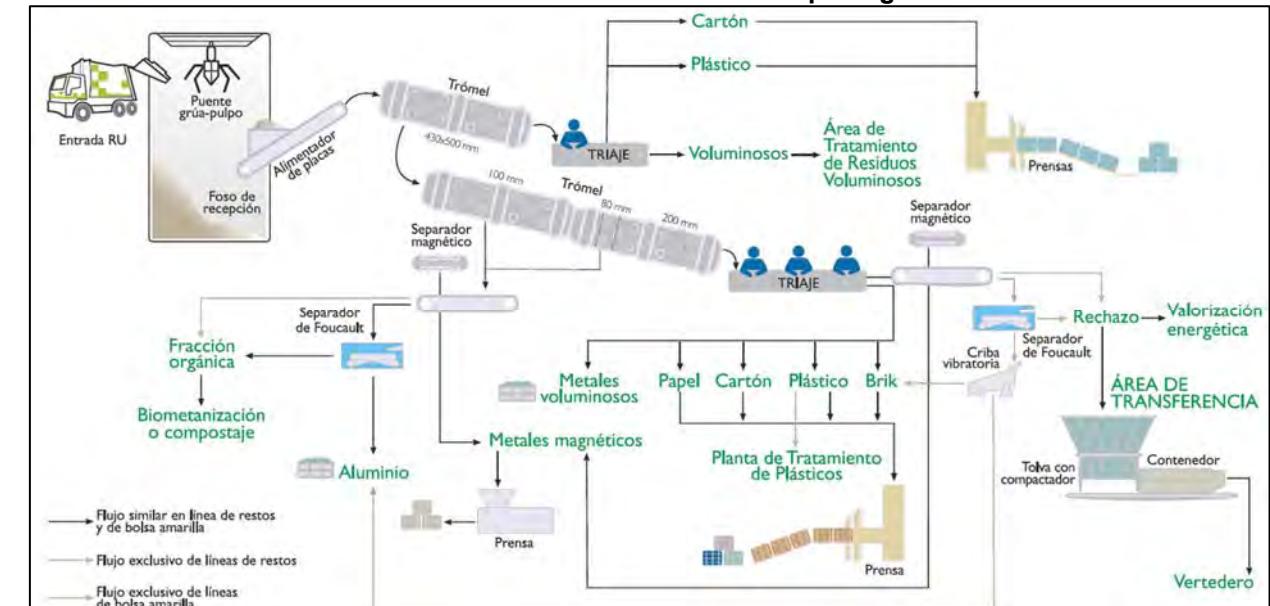
### Centro Las Dehesas Sistemas de Tratamento de Resíduos: Planta de Separação e Triagem



A capacidade operacional média da planta é de 475.000 t/ano de resíduos do grupo “restos” e 90.000 t/ano do grupo de embalagens:

- ✓ Linhas de tratamento - grande sistema de separação de resíduos: trommel
  - Sistema de separação de resíduos e resíduos amarelos: trommel de 3 seções;
  - Materiais recuperados e sistema de separação
    - ❖ Papel, papelão, plásticos (HDPE, PEDB, PET e mistura de plásticos), metais grandes e brik (manualmente);
    - ❖ Alumínio (separador de corrente de Foucault);
    - ❖ Metais ferrosos (eletromagnetismo).

### Centro Las Dehesas: Usina de Compostagem



Trata a fração orgânica da planta de separação de materiais recicláveis e da planta de biometanização Las Dehesas.

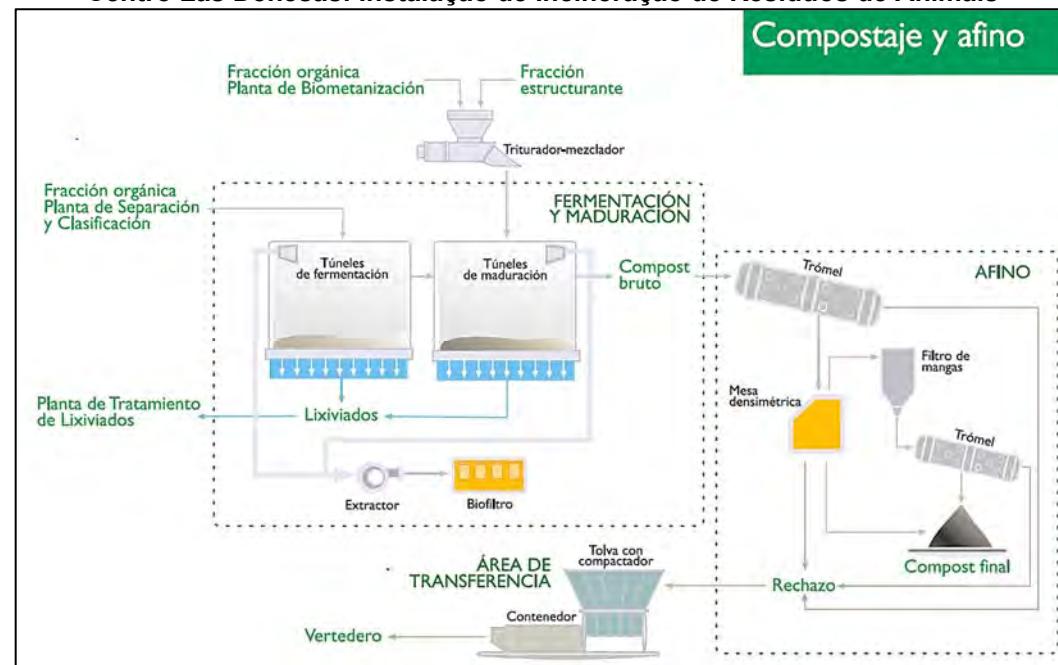
É composta de 22 túneis de fermentação e 22 túneis de maturação, possui controle automático da planta e sistemas para separação de impurezas no refino: com trommels, mesas densimétricas e filtro de mangas para remoção de partículas. O produto obtido é o composto.

A capacidade operacional média é de 500 kg/hora com uma potência instalada: de 79 kW. Trata os restos de animais domésticos ou do zoológico coletados pelos serviços municipais. É composto de:

- ✓ Sistema de recepção: câmara fria;
- ✓ Forno: 5 queimadores de óleo e câmara de pós-combustão;
- ✓ Sistemas de purificação e controle de emissões de gases;
- ✓ Processo semi-húmido com adição de hidróxido de cálcio;
- ✓ Filtro de mangas.

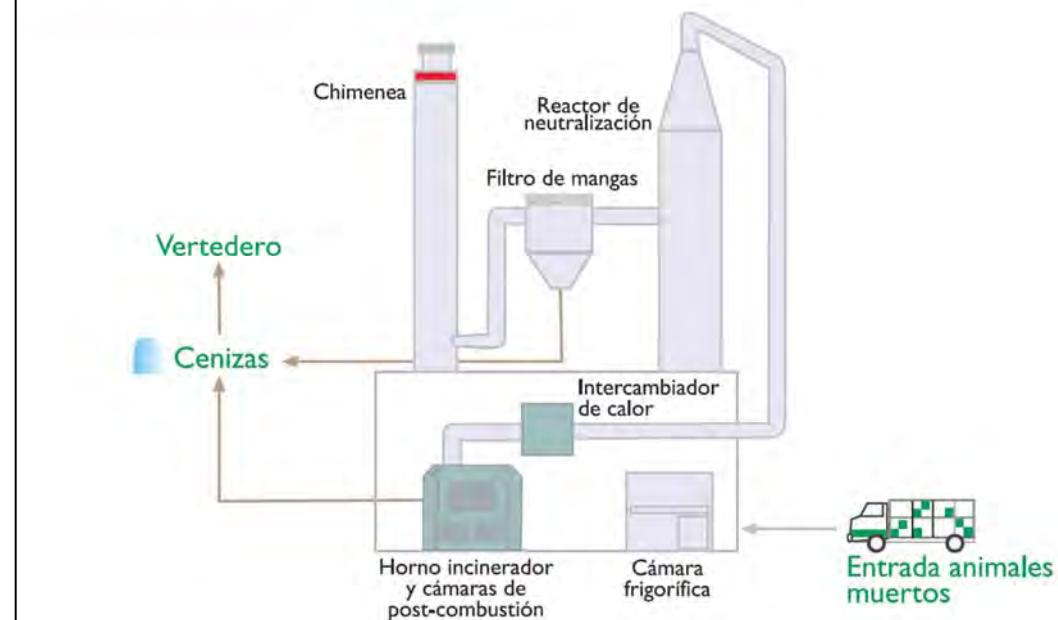


### Centro Las Dehesas: Instalação de Incineração de Resíduos de Animais



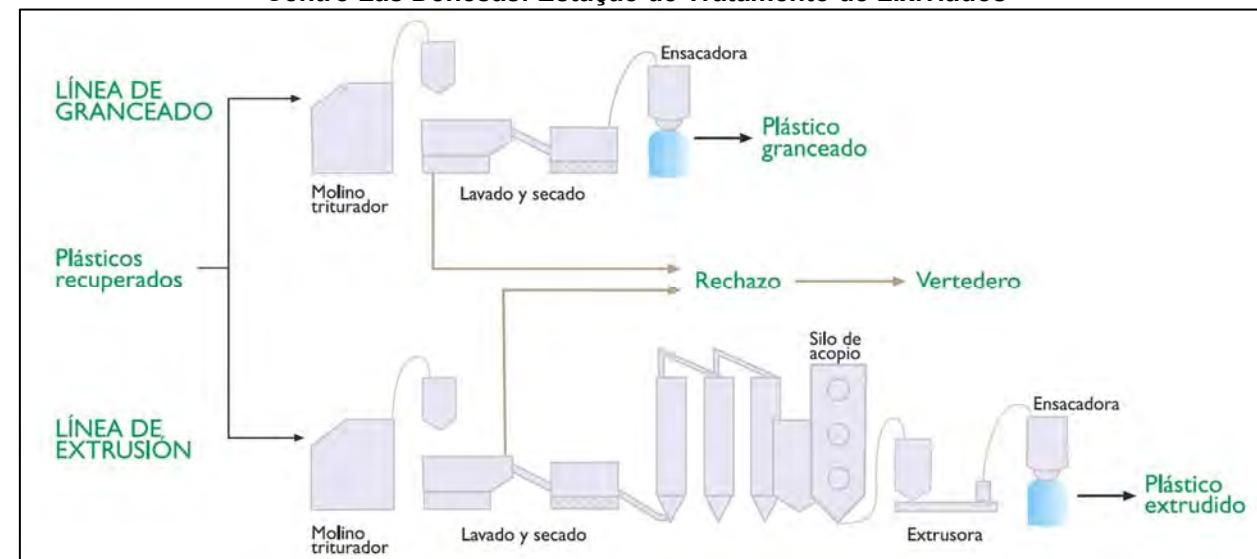
### Centro Las Dehesas: Instalação de Incineração de Resíduos de Animais

#### Tratamiento de restos de animales

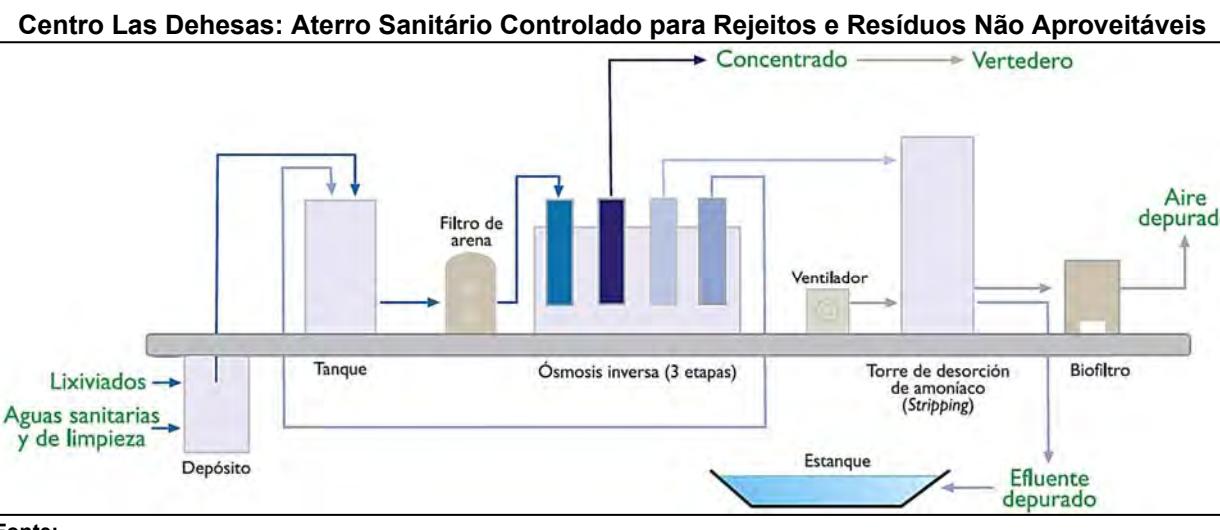


O Centro Las Dehesas: Estação de Tratamento de Plásticos trata os plásticos recuperados na planta de separação. É composto de duas unidades de tratamento. A unidade de pelotização com uma capacidade operacional média de 500 kg/h e trata o plástico PET. E a unidade de extrusão com capacidade operacional média de 500 kg/h e trata PEAD, PEBD e PP.

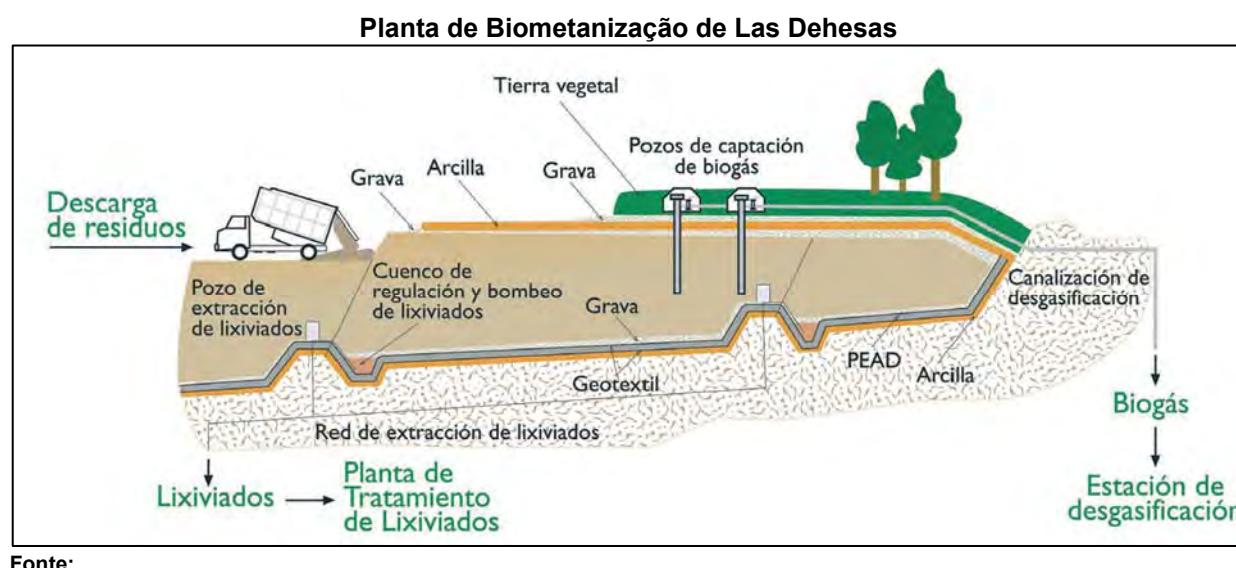
### Centro Las Dehesas: Estação de Tratamento de Lixiviados



Trata o lixiviado gerado no Aterro sanitário, efluentes sanitários e efluentes gerados na limpeza do Centro. Possui uma capacidade operacional de 50 m<sup>3</sup>/dia, expansível até 200 m<sup>3</sup>/dia. E o sistema de tratamento é osmose inversa em 3 etapas. O efluente tratado é utilizado na lavagem das ruas e na irrigação das áreas ajardinadas do Centro.



São aterrados os rejeitos de tratamento dos Centros Las Lomas, Las Dehesas e La Paloma, e resíduos residuais não reutilizáveis. O Aterro possui uma superfície de 82,5 ha e uma capacidade de 22,7 milhões de m<sup>3</sup>, é composto de 7 células, onde ocorrem as etapas de depósito, espalhamento, compactação e cobertura diária. Conta com um sistema de drenagem e escoamento de lixiviados e um sistema de coleta de Biogás em cada uma das células do Aterro sanitário.



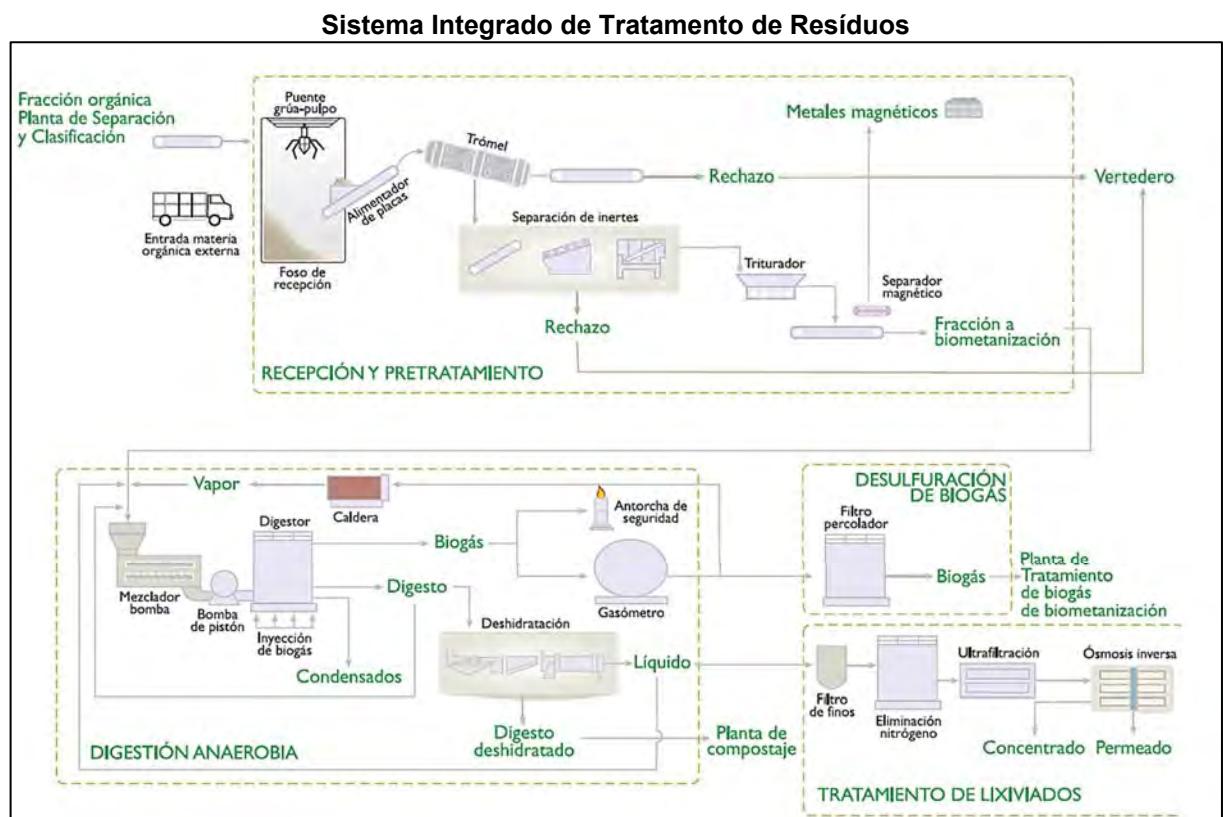
Trata a fração orgânica da planta de separação de materiais recicláveis em Las Dehesas e Las Lomas. É composta por:

- ✓ Pré-tratamento
  - Capacidade operacional média: 218.000 t/ano;
  - Sistema de peneiramento de matéria orgânica: trommel;
  - Sistemas de separação de material inerte: esteiras inclinadas, tela e separador balístico;
  - Materiais recuperados: metais ferrosos (eletromagneto).
- ✓ Biometanização
  - Capacidade operacional média: 161.000 t/ano;
  - Digestores: 5;
  - Produtos obtidos: Biogás e digestores;
  - Sistemas de desidratação de digestores: prensas, peneiras e centrífugas;
  - Gasômetros: 1;
  - Destino do Biogás: estação de tratamento de Biogás de biometanização.
- ✓ Sistema de desodorização.

A Usina de Recuperação de Energia possui a mais alta tecnologia disponível para o correto controle e monitoramento da segurança e do meio ambiente. A instalação possui um sistema de medição contínua: os dados são monitorados na sala de controle e supervisionados pela Direção-geral da Qualidade Ambiental (DGCA).

Com esse sistema, controlado a todo momento, os limites de emissão são sempre inferiores aos estabelecidos pela legislação em vigor.

Como se observou, o sistema integrado de tratamento de resíduos de Madrid pode ser utilizado como o benchmark e conceitualmente terá muitas similaridades ao projeto proposto ao Distrito Federal.



### 1.3.1.3. Palm Beach - SWA Renewable Energy Facility

De características diferentes dos dois sistemas de tratamento detalhados anteriormente, será apresentado neste item uma usina de incineração de grande porte, de alta tecnologia e grande relevância na indústria de tratamento de resíduos sólidos no mundo.

O Renewable Energy Facility 2 (REF2), de propriedade da Solid Waste Authority (SWA), do Condado de Palm Beach, é uma usina de geração de energia de última geração, construída ao valor de US\$ 672 milhões. O projeto REF2 é o primeiro de seu tipo, em mais de 15 anos, e a mais avançada e limpa usina de geração de energia de resíduos da América do Norte.

O REF2 faz parte de um amplo sistema de gerenciamento e tratamento de resíduos sólidos operado pela autoridade do Condado. O sistema integrado contempla um elevado esforço empenhado na educação da população. Pontos de recebimento de material, sistema de coleta, transporte e tratamento são amplamente informados, que colabora para o pleno funcionamento do sistema.

Estima-se que a REF2 reduzirá a quantidade de resíduos que irá para o Aterro Sanitário da SWA em até 90%, estendendo o ciclo de vida do mesmo até 2053. Esta estimativa é bastante similar à projetada ao Aterro Sanitário de Brasília neste projeto de PMI.

Ao reduzir o desperdício, a planta gerará 100 megaWatts/hora de eletricidade. Isso é eletricidade suficiente para fornecer energia para cerca de 44.000 residências e empresas, ou para todas as residências em Boca Raton, no Estado da Flórida. Na capacidade máxima, o REF 2 processará anualmente mais de 1 milhão de toneladas de resíduos sólidos municipais pós-reciclados, o que representa mais de 3.000 toneladas diárias. Seu porte é, portanto, também similar ao gerado no Distrito Federal.

Ao contrário da REF1, na qual os resíduos sólidos municipais pós-reciclados são processados em combustível derivado de resíduos, a REF2 é uma instalação de incineração. Esta evolução do sistema de produção de CDR e destinação e queima em outras indústrias, como a cimenteira, para queima em sistema próprio de geração energética é altamente relevante para a indústria internacional.

Quanto aos processos operacionais, os resíduos sólidos municipais pós-reciclados são descarregados diretamente no poço que é projetado para operar com até 7 dias de armazenagem e estoque de até 21.000 toneladas de resíduos. Este tempo de detenção dos resíduos é o mesmo aplicado na maior parte das WTEs do mundo.



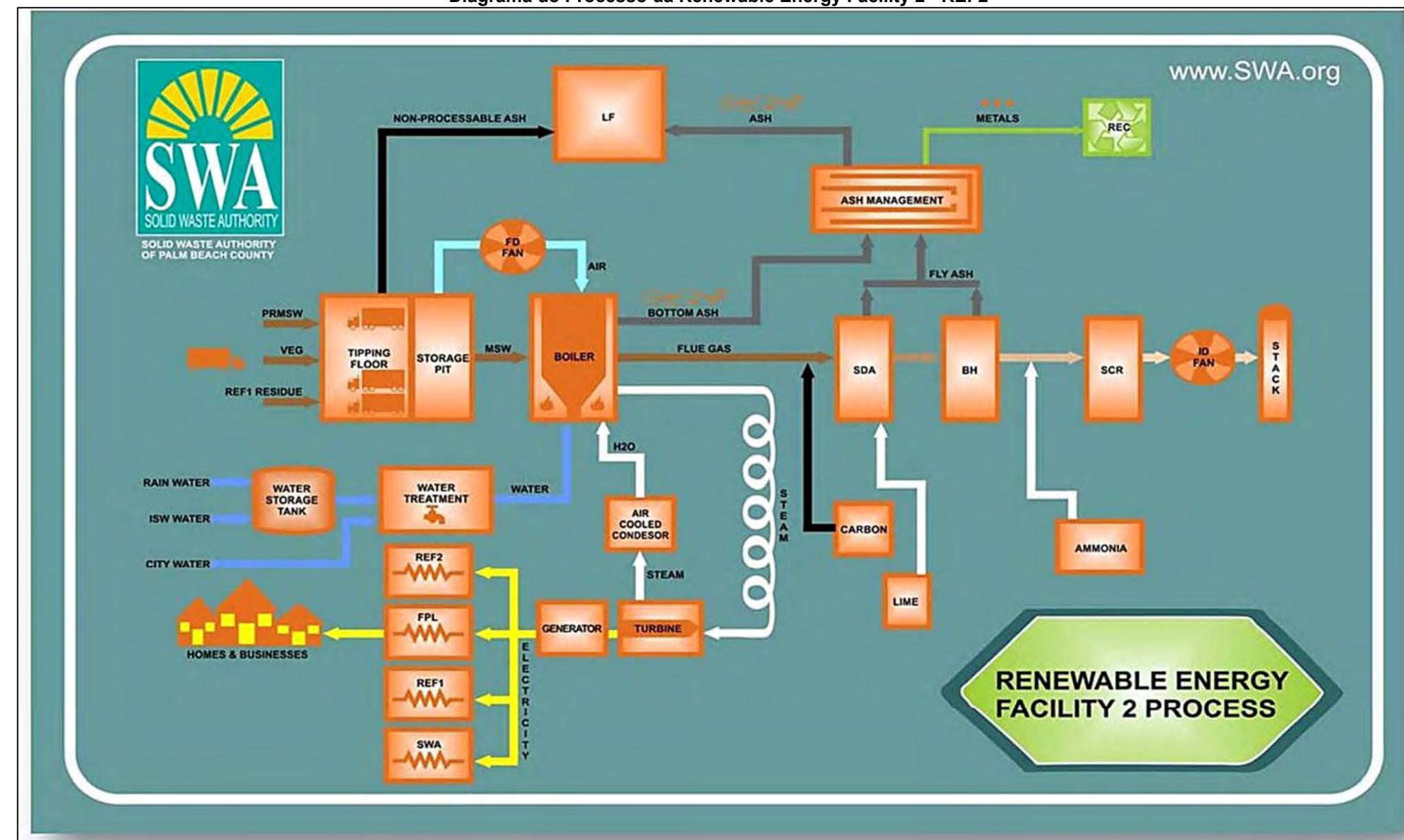
Do poço do REF2, os resíduos são alimentados por garras, em um dos três reatores. Essas garras podem transportar 9 toneladas de lixo por vez. Nos reatores, os resíduos são queimados para gerar vapor. O sistema de incineração é considerado de quarta geração devido ao sistema chamado Volund Wave Grate, que permite uma combustão mais completa e uma maior redução do volume de resíduos.

Cada caldeira gera 284.400 libras por hora de vapor superaquecido, que aciona um gerador de turbina, para produzir eletricidade.

A recente implantação desta usina de elevado padrão tecnológico corrobora o encaminhamento que indústria mundial tem apresentado ao tratamento de resíduos. Plantas de porte e características similares vêm sendo construídas em diversos países desenvolvidos. O estágio tecnológico já permite que plantas como esta também possam ser instaladas em grandes metrópoles de países em desenvolvimento.



Diagrama do Processo da Renewable Energy Facility 2 - REF2



Fonte: SWA



### 1.3.2. Conhecimento das Opções Tecnológicas Atuais

É sabido que os diferentes países do mundo aplicam diferentes formas de gestão de resíduos sólidos, isso é consequência de que cada país define suas metas e objetivos para o setor de acordo com seus interesses.

No Brasil, a definição de como deve ser realizada a gestão e o gerenciamento de resíduos está definida no Artigo 9º da Lei 12.305 de 2010, conhecida como Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS. O gerenciamento de resíduos sólidos é o conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, de acordo com plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos ou com plano de gerenciamento de resíduos sólidos.

O Artigo 9 especifica que “ Na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, deve ser observada a seguinte ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos:

- ✓ § 1º Poderão ser utilizadas tecnologias visando à recuperação energética dos resíduos sólidos urbanos, desde que tenha sido comprovada sua viabilidade técnica e ambiental e com a implantação de programa de monitoramento de emissão de gases tóxicos aprovado pelo órgão ambiental;
- ✓ § 2º A Política Nacional de Resíduos Sólidos e as Políticas de Resíduos Sólidos dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios serão compatíveis com o disposto no caput e no §1º deste Artigo e com as demais diretrizes estabelecidas nesta Lei.

A Política de Resíduos Sólidos de países desenvolvidos foi a base para o Brasil formular sua legislação. Na Europa, destacando a Alemanha, encontram-se as ações relativas à gerenciamento de resíduos sólidos mais modernas e eficientes do mundo. Assim, em

todos estes países a adoção dos princípios do desenvolvimento sustentável é unâime. Portanto toda atividade humana deve ser considerada de forma igualitária, os aspectos econômicos, sociais e ambientais.

Por isso existe grande semelhança com a hierarquia dos resíduos definida na legislação da União Europeia (DIRECTIVA 2008/98/CE): a seguinte hierarquia de resíduos servirá de ordem de prioridades na legislação e política de prevenção e gestão de resíduos:

- ✓ Prevenção;
- ✓ Preparação para a reutilização;
- ✓ Reciclagem;
- ✓ Outras recuperações, por exemplo, recuperação de energia;
- ✓ Eliminação.

Ao aplicar a hierarquia de resíduos referida no número 1, os Estados-membro tomarão medidas para incentivar as opções que proporcionem o melhor resultado ambiental global. Isto pode exigir que certos fluxos de resíduos se desviam da hierarquia, quando justificado por uma abordagem de ciclo de vida aos impactos globais da geração e gestão desses resíduos”.

Os tratamentos de resíduos podem ser classificados em três grupos: Tratamento Mecânico, Tratamento Bioquímico e Tratamento Térmico.



### 1.3.2.1. Tratamento Mecânico

No tratamento mecânico são realizados processos físicos, geralmente, no intuito de separar (usinas de triagem) ou alterar o tamanho físico dos resíduos.

Para reciclar os resíduos, é necessário separá-los nos diferentes materiais que o compõem. Assim, a triagem/classificação dos resíduos que entram em uma estação de tratamento de resíduos é feita de modo a para recuperar fracções valorizáveis e prepará-las para posterior comercialização.

Enquanto a etapa de reciclagem é definida, de acordo com a legislação brasileira, como o processo de transformação dos resíduos sólidos que envolve a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, com vistas à transformação em insumos ou novos produtos, observadas as condições e os padrões estabelecidos pelos órgãos competentes do Sisnama e, se couber, do SNVS e do SUASA.

A maioria das instalações europeias de separação de resíduos inclui uma mistura das seguintes técnicas para assegurar uma separação eficiente e econômica dos fluxos de materiais recebidos:

- ✓ Separação por tamanhos;
- ✓ Separação por densidade;
- ✓ Separação de metais;
- ✓ Separação óptica;
- ✓ Separação manual.

Em geral se pode classificar as formas de tratamento mecânico de resíduos de acordo com sua finalidade. Por exemplo:

- ✓ Diminuição do tamanho das partículas: Quebra, Trituração, moinhos;
- ✓ Aumento do tamanho das partículas: aglomeração, briquetagem, peletagem;

- ✓ Separação da fração física: Classificação;
- ✓ Separação pelo tipo de substância;
- ✓ Mistura de substâncias: extrusão, compactação;
- ✓ Separação de fases físicas: sedimentação, decantação, filtração, centrifugação e flotação;
- ✓ Mudança de estados físicos: condensação, evaporação e sublimação.

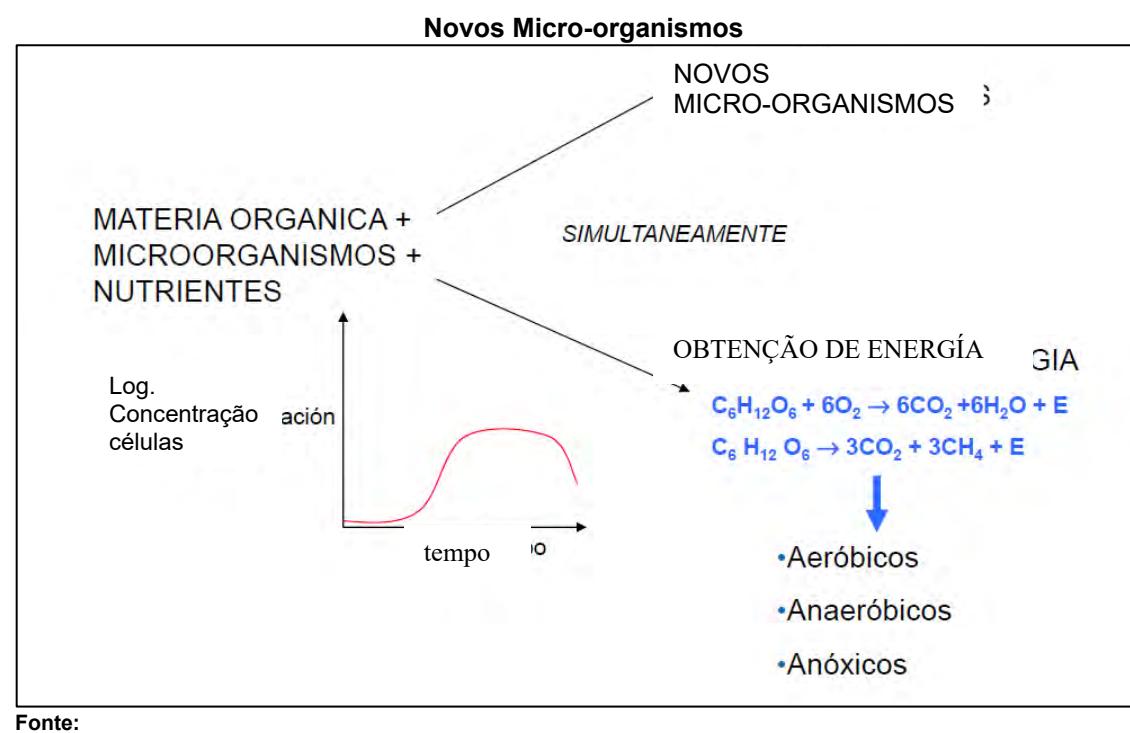
### 1.3.2.2. Tratamento Biológico

A fração biodegradável presente nos resíduos sólidos urbanos representa em muitos casos uma elevada percentagem do total dos resíduos domésticos.

Os processos biológicos (aeróbicos ou anaeróbicos) são aqueles que permitem uma maior valorização da fração orgânica dos RSUs, conseguindo assim uma redução significativa dos gases de efeito invernadeiro (GEE) e permitindo a produção de materiais recuperáveis.

Os tratamentos biológicos utilizam microrganismos vivos para decompor os resíduos orgânicos em água, CO<sub>2</sub> e matéria inorgânica simples ou matérias orgânicas mais simples, tais como aldeídos e ácidos.

Nesses processos que podem ocorrer em ambientes aeróbicos, anaeróbicos ou anóxicos, os micro-organismos utilizam a matéria orgânica e nutrientes para a produção de energia e para a sua reprodução (novos micro-organismos), conforme a figura, a seguir.



As duas principais rotas biológicas de tratamento de resíduos são a compostagem (digestão aeróbica) e a digestão anaeróbica (Metanização) e a eleição da rota ou da proporção de resíduos que se tratará em cada uma é feita com base a inúmeros fatores a se considerar. Entre eles, podemos destacar as seguintes:

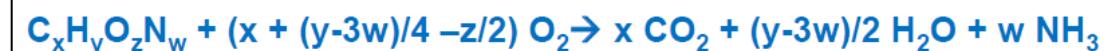
- ✓ Zona agrícola;
- ✓ Disponibilidade de água;
- ✓ Disponibilidade de espaço para as instalações;
- ✓ Zona de déficit energético;
- ✓ Problemas de desertificação;
- ✓ Quantidade de resíduos;
- ✓ Resíduos complementares.

### 1.3.2.2.1. Compostagem ou Digestão Aeróbica

A compostagem é um processo biológico aeróbico (na presença de oxigênio) que, sob condições controladas de ventilação, umidade e temperatura, transforma resíduos orgânicos degradáveis em um material estabilizado e desinfetado chamado composto, que pode ser usado como adubo.

A equação química do processo de compostagem é a seguinte:

- ✓ Matéria orgânica + umidade + O<sub>2</sub> + micro-organismos → composto + CO<sub>2</sub> + COV + NH<sub>3</sub> + lixiviado.



O processo de compostagem imita a transformação da matéria orgânica na natureza, o que permite homogeneizar os materiais, reduzir sua massa e volume e descontaminá-los. Este tratamento favorece o retorno da matéria orgânica ao solo e sua reintegração nos ciclos naturais.

O processo de decomposição é baseado na atividade de micro-organismos como fungos e bactérias e sua duração pode variar, dependendo de diferentes fatores (sistema, tecnologia, disponibilidade de espaço, entre outros), entre 10 e 16 semanas.

O processo de compostagem ocorre em duas fases: decomposição e a maturação. Na primeira fase, as moléculas mais facilmente degradáveis desaparecem, liberando energia (temperaturas de 60-70°C são atingidas), água, dióxido de carbono e amônia.

Biopolímeros como celulose e lignina são parcialmente alterados e se tornam, na fase de maturação subsequente, as estruturas básicas das macromoléculas que incluirão



parte do nitrogênio contido nos materiais iniciais, dando origem a matéria orgânica se-melhante às substâncias húmicas no solo. A duração desta primeira fase é geralmente de 4-6 semanas, embora se for realizada de forma intensiva (lugares fechados e aeração forçada) ela possa ser reduzida para 2-4 semanas.

Segue-se a fase de maturação, onde os resíduos são estabilizados e amadurecidos, que leva de 6 a 10 semanas, e finalmente é obtido um produto, o composto, com diferente estabilidade, dependendo da duração desta fase.

No processo é importante conseguir uma desinfecção do material resultante. O aumento da temperatura alcançada durante o processo de compostagem, especialmente na fase de decomposição, juntamente com a competição e o antagonismo entre grupos de micro-organismos e a formação de antibióticos na fase de maturação, são elementos que minimizam o número de patógenos animais e vegetais no produto final.

Se grandes quantidades de resíduos forem tratadas e dependendo das características dos materiais, são necessárias etapas de pré e pós-tratamento, a primeira para tornar os materiais adequados para o processamento biológico, a segunda para ajustar o produto ao seu destino.

No pré-tratamento, a fração orgânica dos resíduos sólidos, devido a seu alto teor de umidade, matéria orgânica fermentável e nitrogênio, precisa ser misturada com outros tipos de resíduos, tais como resíduos vegetais (poda), que aumentam a porosidade, equilibram o teor de ar/água e permitem ajustar a proporção de biopolímeros e a relação C/N.

As misturas são geralmente feitas com uma proporção em volume de resíduos vegetais que pode estar entre 25 e 60%, dependendo do tipo da fração orgânica dos resíduos sólidos e do sistema de compostagem utilizado nas diferentes instalações.

As etapas de pós-tratamento podem ter diferentes objetivos: fracionar de acordo com a granulometria, separar de acordo com os usos possíveis, misturar com outros produtos para melhorar algumas de suas características.

No caso do tratamento da fração orgânica dos resíduos sólidos, essas etapas são normalmente instaladas para eliminar as impurezas derivadas dos resíduos iniciais não separados e para recuperar os restos vegetais mais grossos e menos transformados (recirculação vegetal).

Na Europa, o termo compostagem tem sido utilizado para quando se trata de fração orgânica coleta separadamente. Para matéria orgânica não separada na fonte, o termo biostabilização ou termos similares (estabilização aeróbica) é usado, embora a base do processo biológico seja a mesma.

Dessa forma, temos que as principais vantagens do processo são a formação de composto e eliminação de patógenos (higienização). E os requisitos do processo são os seguintes:

- ✓ Temperatura;
- ✓ Conteúdo de umidade;
- ✓ Concentração de oxigênio;
- ✓ Relação C/N;
- ✓ pH;
- ✓ Composição química e textura;
- ✓ Mistura/rotação;
- ✓ Grau de decomposição e controle de odores;
- ✓ Necessidades de grandes áreas para implementação.

Os principais sistemas de compostagem/biostabilização são os sistemas de leiras revolvidas, sistemas de leiras estáticas aeradas e os reatores biológicos.



### 1.3.2.2.2. Sistema de Leiras Revolvidas

É o sistema mais simples, onde os resíduos orgânicos são dispostos em leiras periodicamente revolvidas. Com o revolvimento, o ar atmosférico e por tanto o oxigênio entra em contato com a massa de resíduos lhe proporcionando as demandas de aeração necessárias para os processos biológicos.

Porém é um efeito limitado, já que pouco tempo depois do revolvimento o interior das leiras já pode se encontrar com níveis zero de oxigênio.

A operação de revolvimento deve ser realizada, no mínimo, três vezes por semana, além de promover a aeração, esta operação objetiva:

- ✓ Proporcionar um aumento de porosidade do meio visto que ocorre uma compactação natural;
- ✓ Homogeneizar a mistura;
- ✓ Permitir que as camadas mais externas entre em contato com temperaturas mais altas no interior da leira, e com isso obter uma maior eficiência de desinfecção;
- ✓ Reduzir a granulometria dos resíduos em alguns casos;
- ✓ Reduzir o teor de umidade do composto.

### 1.3.2.2.3. Sistema de Leiras Estáticas Aeradas

Os resíduos sólidos orgânicos são dispostos em cima de uma camada de resíduo estruturante e essa é disposta sobre uma tubulação perfurada, de forma a fornecer as demandas de oxigênio para as atividades biológicas, um soprador é conectado a tubulação. É importante mencionar que a mistura permanece estática até o final da bioestabilização.

Durante todo o processo, os sopradores são ligados e desligados de maneira intermitente. Além disso a demanda de oxigênio varia com as fases do processo, no início a demanda é baixa, enquanto que na fase termofilar é alta já que atividade microbiana é maior. A aeração, além de prover o oxigênio, também remove o excesso umidade e o excesso de calor de modo que a temperatura permaneça em torno de 60°C.

### 1.3.2.2.4. Sistema de Reatores Biológicos

Os reatores biológicos permitem um maior controle dos principais parâmetros da compostagem e, com isso, reduz-se o tempo necessário para a bioestabilização. Dentre as vantagens dessa operação destacam-se:

- ✓ Maior eficiência no controle de patógenos já que o sistema é mais homogêneo incluso em respeito a temperatura;
- ✓ Maior controle de odores (sistema fechado);
- ✓ É importante ressaltar que ainda que o período de biodegradação seja mais curto e mais intenso, o composto precisa passar por um período de maturação de 60 dias, como nos outros sistemas.

### 1.3.2.2.5. Digestão Anaeróbica (Metanização)

A biometanização ou digestão anaeróbica é um processo biológico que, na ausência de oxigênio e através de várias etapas envolvendo uma população heterogênea de micro-organismos, transforma a fração mais degradável da matéria orgânica em Biogás, uma mistura de gases constituída principalmente de metano e dióxido de carbono e outros gases em menor grau (vapor de água, CO, N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, entre outros).

O Biogás é uma fonte de energia secundária por ser um gás combustível com alta capacidade térmica (5.750 kcal/m<sup>3</sup>), o que o torna ideal para seu aproveitamento



energético em motores de cogeração, caldeiras e turbinas (gerando eletricidade, calor ou biocombustível).

A digestão anaeróbica ocorre em múltiplas etapas, onde as principais fases são uma primeira fase aquosa fermentativa (hidrólise) e uma fase metanogênica final. Neste último, os produtos finais da digestão metanogênica são transformados em metano e dióxido de carbono por bactérias metanogênicas que são estritamente anaeróbicas.

O tipo de substrato a ser digerido influencia muito o rendimento e a composição do Biogás obtido. Para a produção máxima é preferível utilizar substratos ricos em gorduras, proteínas e carboidratos, pois sua degradação leva à formação de quantidades significativas de ácidos graxos voláteis, precursores do metano.

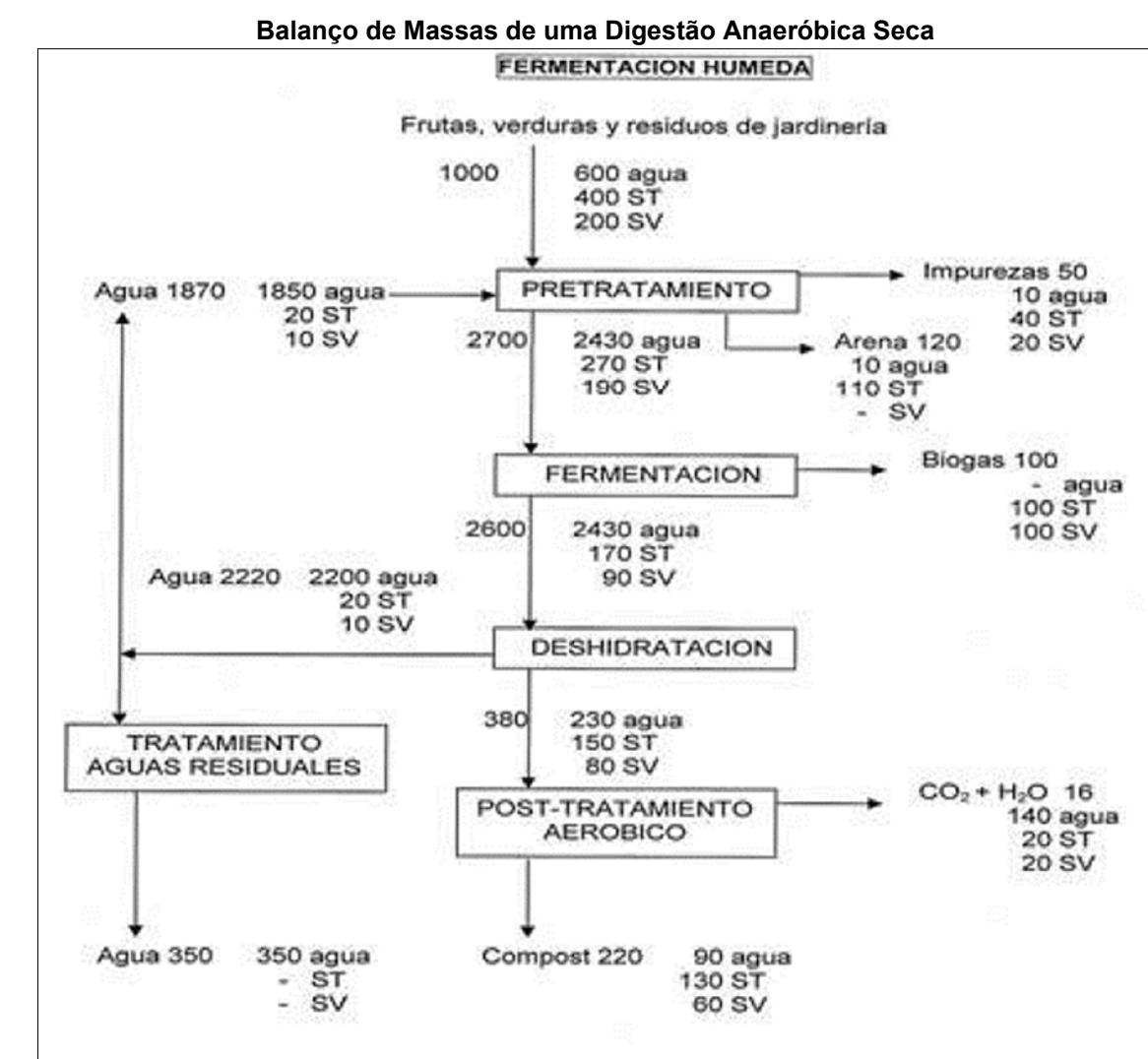
Portanto, é aconselhável tratar a matéria orgânica previamente a fim de evitar muitos dos problemas causados pelo acúmulo de matéria indesejável ou para evitar o entupimento de certas partes do circuito de digestão. Também é necessário otimizar a mistura de materiais a serem digeridos a fim de aumentar a produção de metano.

Dentre as vantagens do processo de digestão anaeróbica se destacam a recuperação de energia a partir do Biogás e a estabilização do lodo de tratamento de esgoto urbano/industrial.

As tecnologias de biometanização são classificadas em dois grupos principais de acordo com o conteúdo de sólidos no processo: digestão anaeróbica úmida (uma suspensão é preparada adicionando água antes da digestão) e digestão anaeróbica seca (o movimento dos resíduos dentro do digestor é por ação mecânica ou por recirculação do próprio Biogás).

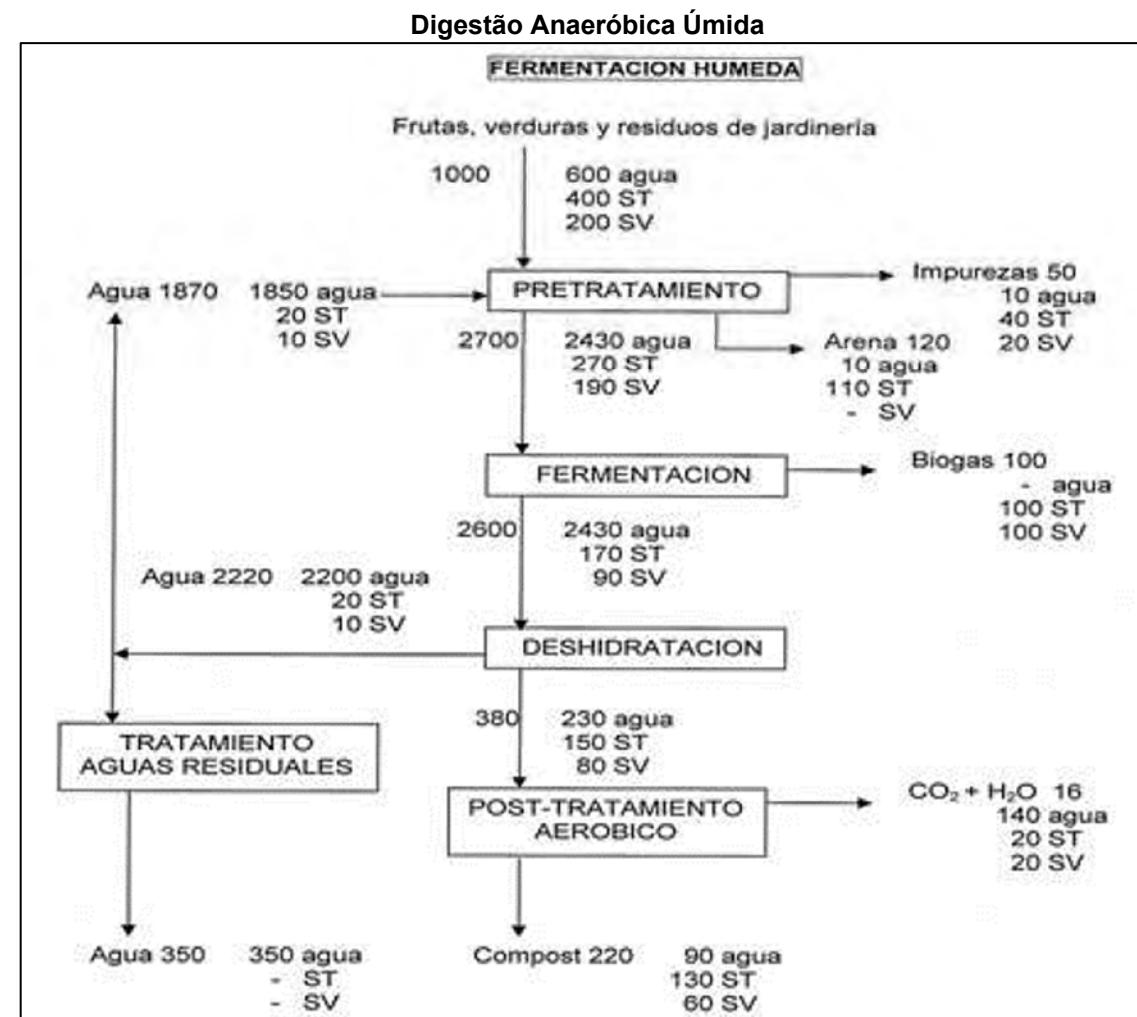
No primeiro caso, fermentação úmida, o teor de matéria seca dos resíduos está abaixo de 20%, geralmente entre 3-15%, e no segundo caso, fermentação a seco, o teor de matéria seca está entre 20 e 40%.

Na figura, a seguir, o balanço de massa de uma digestão anaeróbica seca, onde os valores numéricos do balanço foram considerados em kg para uma digestão mesófica com uma concentração de sólidos totais a 25% na entrada do reator.





E a continuação o balanço de massas de uma digestão anaeróbica úmida, onde os valores numéricos do balanço foram considerados em kg para uma digestão mesófica com uma concentração de sólidos totais a 10% na entrada do reator.



As principais etapas de uma planta de biometanização de resíduos urbanos são as seguintes:

- ✓ Triagem mais ou menos complexa, dependendo da origem dos resíduos e do tipo de coleta estabelecida. Essa etapa é também realizada nas instalações de compostagem;

- ✓ Acondicionamento do material para digestão (redução de sua granulometria, ajuste do conteúdo total de sólidos, mistura com efluentes recirculados, entre outros);
- ✓ Digestão anaeróbica;
- ✓ Desidratação, separação de fases líquida/sólida;
- ✓ Tratamento da fração líquida (digestato líquido) e outras águas residuais geradas;
- ✓ Estabilização aeróbica da fração sólida do digestato;
- ✓ Coleta e utilização do Biogás produzido, que pode ser utilizado para a cogeração de calor e eletricidade, além de ser purificado e injetado na rede de distribuição de gás ou utilizado em veículos.

É de grande importância a alta qualidade da matéria orgânica a ser ingressada no processo senão as instalações de biometanização encontrarão sérios problemas e apresentarão baixos rendimentos que não justificam seu custo e nem sua instalação. Os principais requisitos do processo são os seguintes:

- ✓ Baixa concentração de oxigênio;
- ✓ Alcalinidade adequada;
- ✓ Carregamento constante de sólidos;
- ✓ pH neutro;
- ✓ Agitação;
- ✓ Tempo de reação (8 a 25 dias);
- ✓ Temperatura estável (mesófila ou termófila);
- ✓ Desidratação do digestato.

Em instalações de grandes capacidades de tratamento de resíduos urbanos, os tratamentos anaeróbicos e aeróbicos são combinados para aproveitar os benefícios energéticos do Biogás gerado na fase anaeróbica e para facilitar o tratamento aeróbico (compostagem) fazendo chegar a esse tratamento um material que tenha sido reduzida a sua massa quanto os interferentes do processo permitindo que seja estabilizado com maior facilidade.



Análise Comparativa dos Diferentes Estágios dos Dois Tratamentos Biológicos		
	Digestão Anaeróbica	Compostagem
Recepção do material nas instalações e separação do material impróprio	<p>Nos dois tratamentos é importante uma boa gestão do transporte, a chegada dos materiais e minimização da quantidade de material impróprio.</p>	
Adequação do material/ misturas	<p>Necessita de baixo teor de matéria seca e alto teor de matéria orgânica biodegradável.</p> <p>As misturas corretas melhoram o processo e o rendimento. Na compostagem, quanto mais completo for o processo, menor será a quantidade de composto produzido. Em processos anaeróbicos, o rendimento deve ser avaliado com base na produção de Biogás. Em ambos os casos, a quantificação dos resíduos gerados não deve ser esquecida ao avaliar os rendimentos.</p>	<p>É necessário acrescentar materiais complementares que proporcionem porosidade, equilíbrio da umidade e relação C/N. São adequados os restos de plantas de jardinagem e poda.</p>
Fase de digestão/ decomposição	<p>Existe uma certa semelhança entre a digestão e a fase de decomposição da compostagem. Em ambas, há uma diminuição significativa da matéria orgânica mais biodegradável.</p> <p>Gera Biogás/energia e um digestato com uma alta carga orgânica (que em poucas situações podem ser aplicada diretamente) e que precisa ser separado em fração líquida e sólida.</p>	
Características gerais dos materiais obtidos	<p>Fração líquida do digestor: pH básico, condutividade elétrica muito elevada, alto conteúdo de N-NH<sub>4</sub> e Demanda química de oxigênio (DQO). Pode levar muitos poluentes solúveis.</p> <p>A fração sólida do digestato e o material aeróbico parcialmente estabilizado podem ter algumas semelhanças, mas são muito dependentes do tipo de instalação e de sua administração.</p>	<p>Material imaturo: pH neutro, condutividade elétrica média, umidade 40%, teor moderado de N-NH<sub>4</sub>, níveis significativos de matéria orgânica parcialmente estabilizada.</p>
Maturação	<p>A fração sólida tem uma elevada densidade aparente, é muito pastosa, pouco estabilizada e tem um alto teor de N de amônia; para estabilizar em condições aeróbicas é necessário complementar com materiais que corrijam estas características.</p> <p>O produto final da decomposição precisa terminar a estabilização durante uma fase em que há reconstrução de moléculas de alto peso molecular e fixação de N em suas estruturas.</p>	

### 1.3.2.3. Tratamento Térmico

O tratamento térmico de resíduos é considerado como qualquer processo que vise a transformação de resíduos através da aplicação de energia térmica (incineração, pirólise, secagem, entre outros). Eles não são tratamentos finais, pois geram resíduos que devem ser gerenciados adequadamente de acordo com suas características.

Atualmente, existem diferentes tipos de tecnologias de tratamento térmico: incineração, gaseificação, pirólise e gaseificação de plasma, embora cada uma delas está desenvolvida em um nível diferente. Dessa tecnologia, apenas a incineração é amplamente desenvolvida e comprovada em todos os aspectos.

Entretanto, a tendência de crescimento na implementação de instalações de gaseificação, pirólise e gaseificação de plasma deve-se tanto devido a uma baixa aceitação social da incineração quanto ao desejo e expectativa de uma recuperação de energia mais eficiente.

#### 1.3.2.3.1. Incineração

Na incineração, ocorre a combustão, uma reação química baseada na oxidação térmica total em excesso de oxigênio. Objetiva-se tratar os resíduos com vistas a reduzir seu volume e risco, capturando ou destruindo substâncias potencialmente perigosas que estão ou poderiam estar presentes durante o processo. Bem como recuperar energia e componentes dos resíduos.



Dessa forma, na incineração ocorre a oxidação de materiais residuais combustíveis (orgânicos + minerais + água) e as substâncias orgânicas combustíveis queimam quando atingem a temperatura de ignição e estão em contato com o oxigênio.

A combustão ocorre na fase gasosa em frações de segundo e libera energia dependendo do valor calorífico dos resíduos e do suprimento de oxigênio. E assim os gases gerados contêm a maior parte da energia do combustível como calor.

As características gerais da incineração de resíduos são as seguintes:

- ✓ O excesso de oxigênio é necessário durante a combustão para garantir a oxidação completa;
- ✓ A temperatura de combustão é tipicamente entre 800 e 1.200°C.

Como resultado do processo de incineração, obtém-se o seguinte:

- ✓ Gases de combustão, compostos principalmente de CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O e O<sub>2</sub> não reagido, N<sub>2</sub> do ar utilizado para combustão e outros compostos, em proporções menores, dos diferentes elementos que faziam parte dos resíduos. Os componentes minoritários presentes dependerão da composição dos resíduos tratados. Assim, eles podem conter gases ácidos derivados de reações de halogênios, enxofre, metais voláteis ou compostos orgânicos (como dioxinas e furanos) que não tenham sido oxidados. Finalmente, o gás de combustão conterá material particulado, que é transportado pelo gás de combustão;
- ✓ Resíduos sólidos, constituídos principalmente por escória inerte, cinzas e resíduos do sistema de limpeza de gases de combustão. O calor transportado pelos gases na saída da câmara do pós-combustão pode ser utilizado para aquecer água, que é utilizada para aquecimento ou como gerador de vapor para usos industriais ou para gerar eletricidade por meio de uma turbina de vapor e alternador.

### 1.3.2.3.2. Pirólise

A pirólise é uma degradação térmica de uma substância na ausência de oxigênio, pela qual tais substâncias são decompostas pelo calor, sem que as reações de combustão ocorram.

As características básicas deste processo são as seguintes:

- ✓ O único oxigênio presente é o contido nos resíduos a serem tratados;
- ✓ As temperaturas de trabalho são inferiores às da gaseificação, variando de 300 a 800°C.

Como resultado do processo, obtém-se o seguinte:

- ✓ Gás, cujos componentes básicos são CO, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e compostos mais voláteis provenientes da quebra de moléculas orgânicas, assim como os já presentes nos resíduos. Este gás é muito semelhante ao gás de síntese obtido na gaseificação, mas há uma maior presença de alcatrão, ceras, entre outros, em comparação aos gases, devido ao fato de que a pirólise funciona a temperaturas mais baixas do que a gaseificação;
- ✓ Resíduo líquido, composto basicamente de hidrocarbonetos de cadeia longa como alcatrão, óleos, fenóis e ceras formadas;

Resíduos sólidos, compostos de todos os materiais não combustíveis, os quais não foram transformados ou são originários da condensação molecular com alto teor de carbono, metais pesados e outros componentes inertes dos resíduos.

Os resíduos líquidos e gasosos podem aproveitados através da combustão por meio de um ciclo de vapor para a produção de energia elétrica.

Os resíduos sólidos podem ser utilizados como combustível em instalações industriais, por exemplo, fábricas de cimento.



As vantagens da Pirólise frente a Incineração são as seguintes:

- ✓ Uma fração líquida é gerada com uma infinidade de usos e que é fácil de manipular, transportar e armazenar;
- ✓ Não são produzidos gases poluentes, como óxidos de nitrogênio e enxofre;
- ✓ Alta versatilidade dos produtos (sólidos, líquidos e gasosos);
- ✓ As baixas temperaturas de operação favorecem uma vida mais longa dos revestimentos de isolamento e de todos os componentes mecânicos da planta em geral;
- ✓ A ausência total de oxigênio impede a formação de dioxinas e furanos.

Enquanto as desvantagens da Pirólise frente a Incineração são as seguintes:

- ✓ A alimentação requer um pré-tratamento mais intenso para introduzir um material homogêneo e com valores de umidade que não afetem ao rendimento;
- ✓ Os líquidos obtidos devem ser refinados;
- ✓ Menor quantidade de syngás produzido, portanto menor potencial de geração energética;
- ✓ Menor redução do volume de resíduos do que a incineração, gerando maior dependência de Aterros sanitários;
- ✓ Tecnologia menos difundida e com menos experiência do que a incineração.

### 1.3.2.3.3. Gaseificação

A gaseificação é um processo de oxidação parcial da matéria na presença de quantidades de oxigênio inferiores às quantidades estoquiométricas necessárias.

Assim utiliza 25-30% do O<sub>2</sub> necessário para a oxidação completa de um resíduo, a uma temperatura elevada, obtendo um gás com valor calorífico moderado.

A gaseificação requer um agente gaseificador (oxigênio, ar, vapor de água).

A gaseificação é eficaz para reduzir o volume de resíduos porque a energia química contida na matéria-prima é transferida para uma energia química contida em um gás que pode ser utilizado como gás de síntese ou como combustível. As cinzas, por outro lado, podem ser aproveitadas.

As características básicas deste processo são as seguintes:

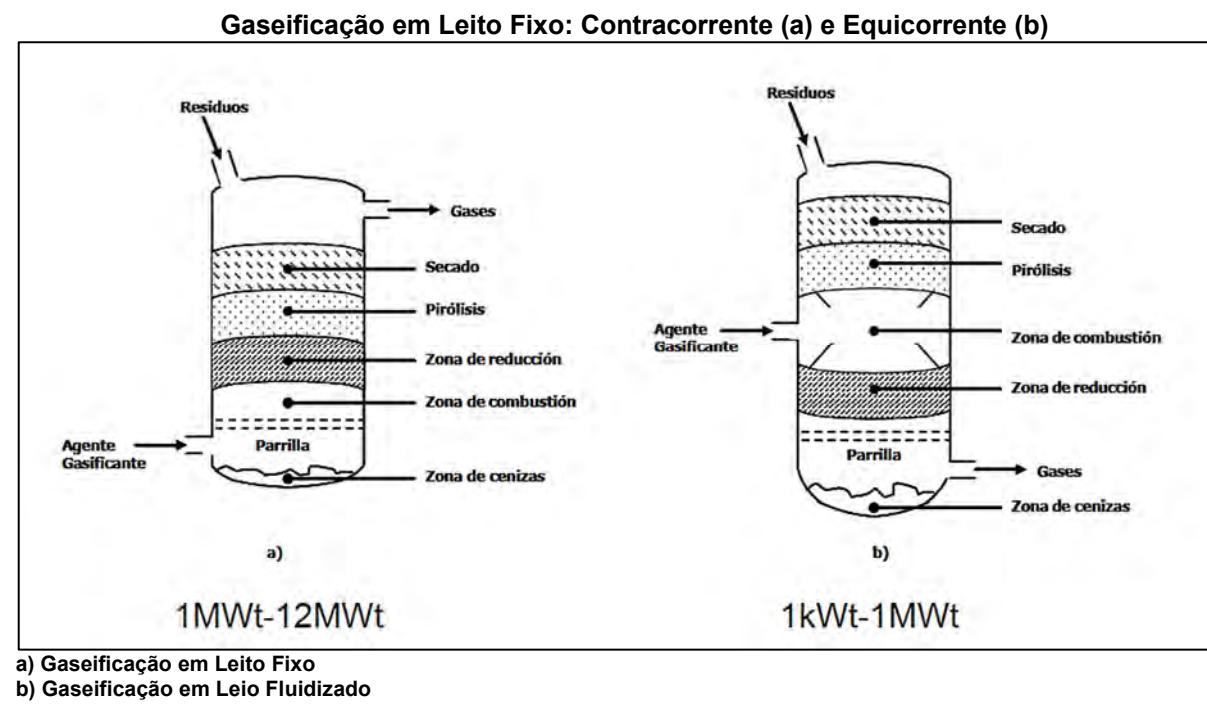
- ✓ Ar, oxigênio ou vapor é usado como fonte de oxigênio e, às vezes, como transportador na remoção de produtos de reação;
- ✓ A temperatura de trabalho é tipicamente acima de 750°C.

Como resultado do processo de gaseificação, obtém-se o seguinte:

- ✓ Gás, chamado gás de síntese, constituído principalmente de monóxido de carbono, hidrogênio, dióxido de carbono, nitrogênio (se o ar for utilizado como agente gaseificador) e metano em menor grau. Os subprodutos são alcatrão, compostos halogenados e partículas;
- ✓ Resíduo sólido, constituído de materiais não combustíveis e inertes presentes no resíduo introduzido; geralmente contém parte do carbono não gaseificado. As características destes resíduos são semelhantes às escórias do forno das instalações de incineração.

A gaseificação pode ser realizada em leito fixo, leito fluidizado ou gaseificadores rotatórios.

A gaseificação em leito fixo pode ser operada em duas modalidades: contracorrente (a) ou em equicorrente (b), conforme a figura, a seguir.



### 1.3.2.3.4. Plasma

O plasma é uma mistura de elétrons, íons e partículas neutras, obtida ao submeter um gás a altas temperaturas.

Nesse processo ocorre a formação de arco passando um gás (argônio, nitrogênio, dióxido de carbono) entre dois eletrodos entre os quais há uma diferença potencial de vários milhares de Volts. Isto envolve a obtenção de um gás ou plasma ionizado, composto de íons, nêutrons, fôtons e átomos excitados, capaz de conduzir eletricidade. O processo também possível por meio de um campo magnético sujeito a radiofrequência (3-20 MHz).

Em uma estação de tratamento de RSUs, a chama estaria localizada na entrada de um forno convencional. Quando os resíduos estão no forno, a tocha é acesa, com o plasma atingindo uma temperatura de aproximadamente 3.000°C, e o forno atingindo 1.000°C.

A recuperação de energia é realizada da mesma forma que em um incinerador.

Assim as características que definem este processo são as seguintes:

- ✓ O plasma é gerado pelo fluxo de um gás inerte através de um campo elétrico entre dois eletrodos;
- ✓ As temperaturas de trabalho variam entre 5.000 e 15.000°C;
- ✓ Gaseificação por plasma, na qual se utiliza como fonte de calor a energia térmica contida no próprio plasma a partir da energia (geralmente elétrica) consumida para a geração do plasma.

Desta forma, um gás é obtido como produto final, cujos componentes básicos são:

- ✓ Gás, constituído principalmente de monóxido de carbono e hidrogênio;
- ✓ Resíduos sólidos consistindo de uma escória inerte geralmente vitrificada.

As principais vantagens do processo são:

- ✓ Capacidade de tratar resíduos sólidos, líquidos e gasosos;
- ✓ É um processo energético eficiente já que, apesar do alto consumo de eletricidade, uma grande quantidade de energia é recuperada;
- ✓ Resíduos vitrificados;
- ✓ Rápido start-up e desligamento.

E como desvantagens, temos o seu alto custo (investimento e operação). As altas temperaturas forçam a uma contínua substituição dos elementos. E o consumo de eletricidade torna o processo mais caro e é muito sensível às variações de tensão. Portanto, é uma técnica adequada apenas para alguns resíduos perigosos e resíduos radioativos, mas inviável para tratamento de resíduos sólidos urbanos.



### 1.3.2.4. Quadro Comparativo das Opções Tecnológicas

Benefícios e Dificuldades dos Diferentes Tipos de Tratamento de Resíduos		
Tratamento	Benefícios	Dificuldades
Compostagem	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conversão dos resíduos orgânicos em composto, com a possibilidade de aplicações diversas;</li> <li>- Tecnologia simples e comprovada;</li> <li>- Aplicável em diversas escalas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Podem causar mau cheiro e proliferação de insetos e roedores;</li> <li>- Necessidade de triagem dos RSUs;</li> <li>- Necessidade de mercado para comercializar o composto.</li> </ul>
Digestão Anaeróbia	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conversão dos resíduos orgânicos em composto e biogás para fonte energética;</li> <li>- Possibilidade de venda de créditos de carbono.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sensível à composição heterogênea dos RSUs;</li> <li>- Quantidade de biogás variável.</li> </ul>
Incineração	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Maior geração de energia;</li> <li>- Maior redução de massa e volume dos resíduos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Maior potencial de geração de dioxinas e furanos;</li> <li>- Maior complexidade de tratamento de gases.</li> </ul>
Plasma	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Maior redução de massa e volume.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Maior complexidade de implantação e operação;</li> <li>- Alto consumo de energia;</li> <li>- Aplicável somente em larga escala.</li> </ul>
Pirólise	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Produção de produto carbonizado combustível.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Operação em batelada;</li> <li>- Consumo de combustível auxiliar para a manutenção da temperatura.</li> </ul>
Gaseificação	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Produção de gás combustível;</li> <li>- Permite tratamento de resíduos industriais;</li> <li>- Não requer combustíveis auxiliares.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Maior custo de implantação e operação;</li> <li>- Maior ação de processos corrosivos no equipamento.</li> </ul>

Fonte: [www.saneamentobasico.com.br](http://www.saneamentobasico.com.br)



### 1.3.3. Justificativas para as Soluções Tecnológicas Escolhidas

Atendendo ao Termo de Referência, Anexo VI do Edital de Chamamento, foram propostas soluções tecnológicas em conformidade com as práticas mais modernas aplicadas no mundo, e alinhamento com a legislação brasileira em vigor, especialmente no atendimento às exigências da Política Nacional de Resíduos Sólidos que estabelece os parâmetros específicos de atuação do Poder Público e privado no setor.

#### 1.3.3.1. Premissas Consideradas

Conforme consta no Termo de Referência, Anexo VI do Edital de Chamamento, que norteia este estudo, estão apresentados, a seguir, os principais marcos históricos relacionados ao desenvolvimento sustentável e a gestão de resíduos, da mesma forma serão tratados os principais aspectos jurisdicionais e normativos que justificam a realização dos estudos para a implementação de novas tecnologias de reaproveitamento e valorização dos resíduos sólidos urbanos:

- ✓ Conforme já mencionado anteriormente, a histórica problemática relacionada à gestão dos resíduos sólidos no Brasil tem causado expressivos prejuízos financeiros, a saúde pública e ao meio ambiente, muitas vezes ocasionadas pela falta de políticas específicas para este setor de resíduos;
- ✓ No mundo, as primeiras ações voltadas ao meio ambiente ocorreram na década de 70 na Conferência de Estocolmo na Suécia, momento em que os países reconheceram o conceito de desenvolvimento sustentável e começaram a moldar ações com o objetivo de proteger o meio ambiente;
- ✓ Na década de 80, com a publicação do Relatório Brundtland, trazendo as primeiras bases do conceito de desenvolvimento sustentável e a necessidade de preservarmos o meio ambiente para as futuras gerações;

- ✓ A Conferência das Nações Unidas realizada no Rio de Janeiro em 1992, foi um marco para determinar a forma como a humanidade encara sua relação com o planeta. Foi neste evento que a comunidade política internacional admitiu claramente que era preciso conciliar o desenvolvimento socioeconômico com a utilização dos recursos da natureza;
- ✓ A Agenda 2015, realizada em setembro de 2015 na cidade de Nova York, reconheceu que a erradicação da pobreza é o maior desafio para o desenvolvimento sustentável. Em seu plano de ação foram criados 17 Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável - ODS. Com destaque para o ODS 12 que trata do consumo e uso sustentável dos recursos naturais, e a redução na emissão de poluentes. E também para o ODS 13 que trata da importância da gestão dos resíduos e redução na emissão de gases de efeito estufa e de qualquer outra forma de poluente;
- ✓ A nível nacional destacam-se os marcos legais estabelecidos pela Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS, em seu Artigo 4º estabelece que cabe aos municípios e o Distrito Federal a gestão integrada e o gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos;
- ✓ No âmbito do Distrito Federal, em janeiro de 2017 foi inaugurado o Aterro Sanitário de Brasília - ASB, primeiro Aterro sanitário do Distrito Federal. No ano seguinte, foi realizado o encerramento da disposição de resíduos domiciliares no Aterro da estrutural, considerado o maior “lixão” da América Latina;
- ✓ Em 2007 foi publicada a Lei Federal nº 11.445/2007, que estabeleceu as diretrizes para Política Nacional de Saneamento Básico, alterada pela Lei nº 14.026/2020, a qual estabelece os quatro “eixos” que compõem o saneamento básico; (i) abastecimento de água, (ii) esgotamento sanitário, (iii) limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos e (iv) drenagem e manejo das águas pluviais urbanas;
- ✓ Em 2010 foi sancionada a Lei Federal nº 12.305, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS, e regulamentada pelo Decreto Federal nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010;



- ✓ O marco legal do saneamento básico foi atualizado com a publicação da Lei nº 14.026/2020, que altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000 e, atribuiu à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico - ANA, a competência para editar normas de referência sobre o serviço de saneamento, incluindo os de resíduos sólidos;
- ✓ No âmbito do Distrito Federal, em 2014 foi aprovada a Lei Distrital nº 5.418, que instituiu a Política Distrital de Resíduos Sólidos. A qual está em consonância com a Lei Federal nº 12.305/2010, dispendo sobre os princípios, objetivos e instrumentos, bem como sobre os procedimentos, as normas e os critérios referentes ao manejo dos resíduos sólidos no território do Distrito Federal e a previsão da elaboração do Plano Distrital de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos - PDGIRS;
- ✓ Em 2008, foi aprovada a Lei Distrital nº 4.285, que reestrutura a Agência Reguladora de Águas e Saneamento do Distrito Federal - ADASA/DF, atribuindo a ADASA a competência de regular e fiscalizar os serviços públicos de saneamento básico, no qual está inserido o serviço de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, cujas atividades de tratamento e disposição final dos resíduos sólidos urbanos constituem etapas desse serviço regulado;
- ✓ Em 2021 foi editada a Lei nº 6.819/2021, que atualiza a Política Distrital de Resíduos Sólidos, garantindo que ocorra o maior reaproveitamento dos materiais e, estimulando a implementação de novas técnicas de processamento mais sustentáveis, a fim para proibir o uso de tecnologia de incineração no processo de destinação final dos resíduos sólidos urbanos oriundos do sistema de coleta do serviço de limpeza urbana no Distrito Federal;
- ✓ Em 2018 foi aprovado o Decreto nº 38.903/2018, que então, instituiu o Plano Distrital de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos - PDGIRS, o qual deve ser revisado a cada quatro anos;
- ✓ A Lei nº 4.818/2020 trata acerca da proibição de descartar resíduos sólidos em área não destinada a depósito ou coleta, no âmbito do Distrito Federal, e de forma complementar a Lei nº 6.518/2020 dispõe sobre a obrigatoriedade de tratamento de resíduos sólidos orgânicos no Distrito Federal por processos biológicos.

Para o atendimento ao amplo cenário de regramentos relacionados a gestão dos resíduos urbanos e os incentivos para a implementação de novas tecnologias de reaproveitamento e valorização dos resíduos sólidos urbanos, propõem-se que ocorra a implementação as seguintes tecnologias.

### **1.3.3.2. Soluções Tecnológicas Escolhidas**

Com base em todas as alternativas disponíveis, benchmarks e melhores práticas apresentadas, bem como, para atendimento ao amplo cenário de regramentos relacionados à gestão dos resíduos urbanos e os incentivos à implementação de novas tecnologias de reaproveitamento e valorização dos resíduos sólidos urbanos, propõe-se que ocorra a implementação das seguintes tecnologias descritas, a seguir.

#### **a) Estação de Triagem de Recicláveis**

A reciclagem consiste no reprocessamento de materiais, permitindo a sua reintrodução no ciclo produtivo, e trazendo muitos benefícios ao processo, como vantagens ambientais e econômicas.

A viabilidade econômica da reciclagem está diretamente associada à implantação de um processo integrado com separação mecânica e manual e a um eficiente programa de coleta seletiva. Desta forma, o desenvolvimento do mercado para os produtos reciclados, a organização da coleta por pessoal treinado e equipado e a efetiva participação da população são fundamentais nesse processo.

Esses fatores, entre outros, interferem diretamente na quantidade e qualidade dos materiais a serem comercializados.



As vantagens que justificam a adoção do processo de triagem no Aterro Sanitário de Brasília são várias, entre elas destacam-se:

- ✓ Redução no volume de resíduos encaminhados para tratamento nos demais módulos do sistema;
- ✓ Geração de receitas com a comercialização dos materiais reciclados;
- ✓ Geração de empregos;
- ✓ Contribuição para adoção da Economia Circular;
- ✓ Treinamento e capacitação dos colaboradores;
- ✓ Redução dos impactos ambientais;
- ✓ Economia de energia e recursos naturais, devido à reutilização dos materiais;
- ✓ Redução nos custos de operação da célula do Aterro, devido à diminuição no volume de material depositado;
- ✓ Colaboração direta para atingimento das metas estipuladas para Logística Reversa;
- ✓ Segregação do material orgânico que será utilizado como matéria-prima no processo de Biodigestão.

#### **b) Usina de Biodigestão da Fração Orgânica dos Resíduos**

De forma simplificada, o processo de Biodigestão anaeróbica consiste na degradação da matéria orgânica para a produção de Biogás rico em metano, o qual pode ser utilizado para a geração de energia elétrica, dentre outras possibilidades de uso.

Na Biodigestão anaeróbica ocorre o processo de fermentação bacteriana, com múltiplas etapas que resultam na produção de metano e dióxido de carbono, a partir da decomposição da matéria orgânica na ausência de oxigênio.

O projeto de digestores, via rota úmida e fases múltiplas, é muito parecido com os digestores usados para a estabilização de sólidos nas estações municipais de tratamento de esgoto. Considerando a natureza diversa dos resíduos, é necessário remover as frações pesadas, como areia e sedimentos, antes da entrada no digestor, pois esse

material pode causar um rápido desgaste dos sistemas mecânicos e a sedimentação dentro do digestor.

As diferentes etapas de Biodigestão podem ser realizadas em um ou vários reatores. O controle das condições ambientais dos reatores, tais como temperatura, teor de sólidos e pH são de fundamental importância para maximizar a geração de Biogás e aumentar o índice de decomposição dos resíduos.

As vantagens que justificam a adoção do processo de Biodigestão no Aterro Sanitário de Brasília são várias, entre elas destacam-se:

- ✓ Área disponível para a instalação dos tanques de Biodigestão;
- ✓ Elevada quantidade de matéria orgânica presente nos resíduos depositados no Aterro. Segundo o estudo gravimétrico, o percentual de orgânicos é de 63%;
- ✓ Redução no volume de resíduos depositados na célula do Aterro e/ou tratado na usina de incineração;
- ✓ Materiais orgânicos segregados da estação de triagem, que estarão pré-processados com a remoção de grande parte dos inertes;
- ✓ Reaproveitamento mais eficiente da matéria orgânica, respeitando a hierarquia de prioridades do tratamento de resíduos;
- ✓ Geração de grande volume de Biogás com alto teor de metano;
- ✓ Efluente gerado com a composição menos agressiva do que o chorume gerado na célula do Aterro Sanitário;
- ✓ Capacidade de receber ampla diversidade de resíduos orgânicos de grandes geradores.

#### **c) Usina de Compostagem**

O tratamento dos resíduos sólidos orgânicos, via processo de compostagem, é uma alternativa adequada e ambientalmente correta para a destinação do digestato produzido nos tanques de biodigestão.



A compostagem é definida como a decomposição biológica e a estabilização das substâncias orgânicas, sob as condições que permitem o aumento das temperaturas como resultado da produção biológica de calor pelas bactérias termofílicas, resultando em um produto final suficientemente estável para a estocagem e aplicação agrícola, sem gerar efeitos adversos ao meio ambiente.

Durante o processo de compostagem, o digestato é transformado do estado líquido para o estado sólido, através da mistura com os substratos secos, como: maravalha, serragem, palha e outros componentes, com grande relação de C/N. Com a ocorrência natural na elevação da temperatura, a fração líquida presente na massa em compostagem é retirada pelo processo de evaporação, e a matéria orgânica é degradada lentamente, em função da sua exposição por um longo período de tempo a uma temperatura superior a 45°C.

A exposição da matéria orgânica por um período prolongado de tempo a essa temperatura possibilita, também, a eliminação de praticamente 100% dos micro-organismos patogênicos, além de sementes indesejadas presentes na massa em compostagem.

No final deste processo, o resultado será a produção do composto orgânico e a redução do volume de resíduos, através da eliminação da água contida no digestato, via processos térmicos desenvolvidos na compostagem, concentrando os nutrientes e reduzindo a quantidade de resíduos produzidos.

A seguir, estão listadas as vantagens que justificam a adoção da Usina de Compostagem no Aterro Sanitário de Brasília:

- ✓ Eliminação de agentes patogênicos (bactérias, vírus, parasitas) presentes na matéria orgânica;
- ✓ Transformação de materiais instáveis e poluentes em materiais mais estáveis e com menor impacto ambiental sobre o ar, águas e solos;
- ✓ Redução do volume, massa e teor de umidade dos resíduos;

- ✓ Produção de composto orgânico de elevada qualidade, o qual poderá ser comercializado ou doado pela futura CONCESSIONÁRIA;
- ✓ Significativa redução no custo financeiro para tratar os volumes de digestato gerados no processo de biodigestão, via sistemas convencionais de tratamento;
- ✓ Contribuição na preservação do meio ambiente, já que no processo de decomposição não ocorre a formação de gás metano (CH<sub>4</sub>);
- ✓ Redução no volume de material orgânico que seria enviado para a célula do Aterro;
- ✓ Geração de receitas com a comercialização do composto, caso seja esta a opção da CONCESSIONÁRIA;
- ✓ Geração de empregos.

#### d) Usina de Produção de Biometano

A Usina de Produção de Biometano tem como objetivo realizar a purificação do Biogás coletado na célula do Aterro, na Usina de Biodigestão e na ETE da CAESB e transformá-lo em biometano.

Durante o processo de purificação ocorre a remoção de um alto teor de carbono e outros componentes, resultando em um gás composto por mais de 90% de metano, o que equivale ao gás natural.

A seguir, estão listadas as vantagens que justificam a adoção da produção de biometano no Aterro Sanitário de Brasília:

- ✓ Pode ser produzido localmente, o que reduz grandes extensões de construção de linhas de gasodutos;
- ✓ Evita a poluição pelo dióxido de carbono, minimizando os efeitos do efeito estufa;
- ✓ Elevado rendimento energético, com custo-benefício competitivo em relação a outros combustíveis;



- ✓ Renovável e diminui a emissão de gases poluentes gerados, principalmente, por combustíveis fósseis;
- ✓ Não emite cinzas e reduz, sensivelmente, a emissão de particulados;
- ✓ De acordo com a resolução da ANP nº 08/2015, a comercialização do biometano é permitida para o uso de gás veicular (GNV), instalações residenciais destinadas ao uso de gás veicular (GNV) e instalações residenciais e comerciais;
- ✓ Pode ser utilizado como substituto ao óleo diesel, para abastecer a frota de veículos pesados, como por exemplo, a frota de caminhões que realizam a coleta dos resíduos do Distrito Federal;
- ✓ Fomenta uma economia mais sustentável.

#### e) Central de Tratamento Térmico de Resíduos

Como foi apresentado anteriormente, dentre as opções de tratamento térmico, a incineração é a mais adotada no mundo, com maior eficiência e adequada para processar resíduos de regiões com alta densidade populacional. A incineração encontra-se em estágio de elevado desenvolvimento tecnológico e é realizada de forma rigorosamente controlada.

Os produtos oriundos do processo de queima são, basicamente, o dióxido de carbono e o vapor de água, além de outros gases residuais em menores quantidades, bem como cinzas escórias (materiais incombustíveis).

As substâncias potencialmente nocivas ao ambiente são tratadas pelos sistemas de filtragem da própria usina, e mantidas as concentrações nos níveis desejáveis.

As usinas de incineração, por se tratarem de unidades complexas com alto grau de automação, exigem uma mão-de-obra muito mais especializada em relação a outros processos. No entanto, os resíduos resultantes desta forma de processamento são as

cinzas, que têm volumes muito reduzidos, além de haver o aproveitamento da energia liberada na queima, a qual pode ser utilizada para a geração de vapor e eletricidade.

A utilização de usinas de incineração para a produção de energia é comum na Europa, Ásia e EUA, devido principalmente à falta de áreas para a construção de aterros sanitários e à demanda por outras fontes de energia.

Contudo, a incineração é uma forma de tratamento que envolve elevados custos, tanto na implantação, quanto na operação e manutenção da planta. No entanto, a implementação em áreas metropolitanas, como o Distrito Federal, oferece todos os atributos para a sua viabilidade.

As vantagens que justificam a implantação de uma usina de queima no Aterro Sanitário de Brasília são várias, entre elas destacam-se:

- ✓ Processamento dos rejeitos gerados em outros módulos operacionais, de forma totalmente sanitária com a produção de um volume reduzido de cinzas;
- ✓ Aproveitamento do poder calorífico dos resíduos, sob a forma de eletricidade ou vapor de água;
- ✓ Aumento da capacidade elétrica do sistema;
- ✓ Necessidade de uma pequena área em relação ao volume de resíduos processados;
- ✓ Solução de processamento permanente, independente de condições externas;
- ✓ Economia de transporte, por estar localizada próxima à área metropolitana;
- ✓ Baixas emissões de poluentes operando com técnicas recomendadas para a proteção à saúde e ao meio ambiente;
- ✓ Redução no volume de resíduos depositados na célula do Aterro e, consequentemente, o aumento na vida útil.



#### **f) Central de Tratamento de Efluentes**

Para o tratamento dos líquidos percolados, propõe-se a instalação de um sistema de osmose reversa, o qual realizará o tratamento de todos os efluentes gerados no Aterro Sanitário.

O sistema de osmose reversa é muito eficiente e robusto e possui a vantagem de ser capaz de tratar o chorume bruto do Aterro, com altas cargas, e ser mais adaptável a situações futuras em termos de vazão e qualidade do efluente tratado.

O sistema de tratamento será integralmente instalado no interior de contêineres do tipo marítimo, e a sua execução permitirá que ocorra uma alimentação direta do chorume bruto, a partir de lagoas ou tanques. Esta solução tecnológica permitirá alta mobilidade, visto que os contêineres poderão ser deslocados e posicionados em outros locais dentro do Aterro.

As vantagens que justificam a implantação deste sistema de tratamento são:

- ✓ Rendimentos de purificação muito elevados;
- ✓ Remoção de cloreto e outros sais monovalentes;
- ✓ Demanda pouco espaço para a sua implantação;
- ✓ Implantação modular, à medida que aumenta ou diminui a produção de chorume;
- ✓ Sistema totalmente automatizado, sem a necessidade de uma operação assistida presencialmente;
- ✓ Produção excelente de água para o reúso.



## 1.3.4. Diretrizes da Proposição Tecnológica - Metas de Desempenho

A proposição tecnológica desta Manifestação de Interesse está alinhada com as metas brasileiras e do Distrito Federal, conforme detalhada nos itens deste Capítulo.

### 1.3.4.1. Conceituação

Sob a ótica de atendimento às diretrizes da Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos, em particular às diretrizes aplicáveis e às metas instituídas no seu Capítulo II - Dos Planos de Resíduos Sólidos, o Anexo VI - Termo de Referência do Edital de Chamamento Público - PMI nº 02/2021 - SEPE, em seu Inciso XI do Parágrafo 4.1 do item 4 - Diretrizes Gerais para Apresentação dos Estudos, no que tange à proposição tecnológica, estabelece que:

XI - Os estudos deverão ser orientados de forma a oferecer a melhor gestão dos serviços para o Aterro Sanitário de Brasília, considerando a combinação de melhor "Value For Money", com o objetivo de:

- Minimizar a quantidade de rejeitos a serem enterrados no ASB;
- Promover a maior recuperação possível de materiais recicláveis;
- Produzir a maior quantidade de energia, elétrica ou não, a partir dos Resíduos Sólidos Urbanos - RSUs, com a maior eficiência possível;
- Promover a maior redução possível, seja em valor, seja em potência, dos gastos energia por parte do Distrito Federal ou seus órgãos;
- Propor, ao Distrito Federal, solução de destinação de Resíduos Sólidos Urbanos - RSUs, incluindo rejeitos das Unidades de Tratamento Mecânico Biológico, rejeitos das instalações de triagem da coleta seletiva - IRRs e materialencaminhado diretamente, de maneira ambientalmente adequada, sempre respeitando os mais severos limites para emissões de poluentes;

- Propor a destinação final de Resíduos Sólidos Urbanos - RSUs ao menor custo para o Distrito Federal.

A presente Proposta de Manifestação de Interesse tem por objetivo fornecer à Secretaria de Estado de Projetos Especiais do Distrito Federal informações e subsídios para o estabelecimento do Edital e Anexos referentes à Licitação para Concessão dos Serviços de Gestão, Operação e Manutenção do Aterro Sanitário de Brasília, com a Implantação de Unidade de Triagem Mecânica de Resíduos, Unidade de Recuperação Energética de Rejeitos, Adequação da Unidade de Tratamento de Chorume e Aproveitamento Energético de Gases de Aterro.

Dentro desse enfoque, a exposição dos assuntos neste PMI não só atendeu às diretrizes do Termo de Referência e demais documentos do Edital, como detalhou informações que permitem cumprir as metas estabelecidas.

### 1.3.4.2. Diretrizes e Metas

A seguir, está mostrado o atendimento às diretrizes do Termo de Referência, assim como caracterizadas as proposições tecnológicas e metas que estão detalhadas ao longo deste PMI.

#### 1.3.4.2.1. Minimização da Quantidade de Rejeitos a Serem Enterrados no ASB

Para tal, estão consideradas as seguintes ações:



### a) Instalação dos Módulos Operacionais

- ✓ Estação de Triagem de Recicláveis: receberá a totalidade dos resíduos da coleta convencional, atualmente enterrados no ASB. Além da segregação de materiais recicláveis, separará os resíduos da coleta convencional em 2 partes, com características específicas: (i) fração orgânica - FORSU, adequada ao processamento da Usina de Biodigestão; e (ii) rejeitos, com materiais incombustíveis devidamente segregados, para utilização na Usina de Tratamento Térmico;
- ✓ Usina de Biodigestão: (i) receberá a FORSU da Estação de Triagem, além de animais mortos e resíduos de caixas de gordura, atualmente enterrados no ASB; e (ii) o processamento dos materiais geram digestato, o qual será tratado na Usina de Compostagem, resultando na produção de composto orgânico de elevada qualidade;
- ✓ Usina de Tratamento Térmico: evitando destinação à célula do ASB, receberá os rejeitos de provenientes das unidades de tratamento mecânico, rejeitos das cooperativas e rejeitos das central de triagem que será instalada no ASB. Também serão encaminhados os resíduos dos grandes geradores, resíduos de gradeamento da CAESB, assim como o concentrado da estação de tratamento de efluentes e o lodo das Estações de Tratamento de Esgoto da CASB, ambos enviados após o processo de secagem.

Através da exposição e cálculos formulados Balanço de Massas e Energia, é possível verificar que, a partir da entrada em pleno funcionamento dos Módulos operacionais, nas condições normais de operação, haverá uma significativa redução na deposição de resíduos na Atual Célula do ASB.

### b) Cronograma de Construção

A minimização da quantidade de rejeitos levados ao Aterro é função direta do início de funcionamento dos Módulos operacionais previstos.

Considerando-se que, no ano de 2023 está previsto o certame licitatório e a contratação da CONCESSIONÁRIA, e que, o início de contagem do prazo da Concessão deverá se dar em julho de 2023 e da operação dos Módulos de Tratamento em janeiro de 2026, permitirá desviar do Aterro Sanitário praticamente a totalidade dos resíduos sólidos urbanos gerados no Distrito Federal.

O Cronograma de Planejamento e Execução inserido no subitem 1.4.8.2 mostra a factibilidade de cumprimento do prazo proposto.

#### 1.3.4.2.2. Promoção da Maior Recuperação Possível de Materiais Recicláveis

A Estação de Triagem de Recicláveis estará equipada com todos os dispositivos atualmente empregados em instalações de porte, com alto índice de mecanização nas operações de separação de materiais. Entre os equipamentos que serão instalados têm-se: esteira de triagem primária, classificador balístico, sistema de separação por ventilação induzida, separador magnético, esteiras de separação manual e desidratadores de resíduos.

A esses equipamentos juntam-se trituradores, prensa horizontal, pá carregadeira e empilhadeira, de modo industrializar o processamento de toda a cadeia produtiva, desde o recebimento dos resíduos até o carregamento dos materiais recicláveis no veículo transportador.



Há que se observar que a totalidade da coleta direta será encaminhada à Estação de Triagem de Recicláveis.

#### **1.3.4.2.3. Produção da Maior Quantidade de Energia, Elétrica ou Não, a Partir dos Resíduos Sólidos Urbanos - RSUs, com a Maior Eficiência Possível**

Esta diretriz é plenamente atendida pela solução tecnológica considerada neste PMI, a saber:

- ✓ Instalação de Usina de Tratamento Térmico com a adoção da tecnologia WTE (Waste -To - Energy; “Lixo-para-Energia”).

No Fluxograma pode ser observado que, o Módulo 4 receberá a maior quantidade dos resíduos de origem externa e parcela significativa dos materiais processados no âmbito do Aterro.

#### **1.3.4.2.4. Produção de Combustível Renovável**

Ocorrerá a partir da instalação da Usina de Biometano prevista para o Módulo 5, a qual utilizará como matéria-prima, o Biogás coletado da atual célula do ASB, o Biogás gerado na Usina de Biodigestão e, também, o Biogás coletado da ETE Melchior da CAESB.

O Biogás coletado nestas fontes será processado e convertido em biometano, o qual poderá ser utilizado como combustível renovável para o abastecimento da frota de veículos utilizados para a coleta dos resíduos no Distrito Federal ou outra finalidade por critério da CONCESSIONÁRIA e do PODER CONCEDENTE.

#### **1.3.4.2.5. Produção de Biofertilizante**

O biofertilizante será gerado via processo de compostagem, a ser implantado para realizar o tratamento do digestato nos tanques de biodigestão, sendo esta uma alternativa ambientalmente adequada e correta para o tratamento deste tipo de biomassa.

Como produto final do processo de compostagem, será gerado o composto orgânico, material de qualidade que poderá ser utilizado como biofertilizante em determinadas culturas.

#### **1.3.4.2.6. Promoção da Maior Redução Possível, seja em Valor ou em Potência, dos Gastos de Energia por Parte do Distrito Federal ou seus Órgãos**

Excetuando-se o consumo de energia elétrica para a operação de todas as instalações industriais e de apoio do Empreendimento no Aterro Sanitário de Brasília sob Concessão, a energia gerada na Usina de Tratamento Térmico está prevista para ser transmitida à Subestação de Samambaia.

As condições de utilização dessa energia por parte do Distrito Federal ou de seus Órgãos, seja através de receita acessória e compartilhada ou outra forma, deverão ser estabelecidas nos documentos da Licitação para Concessão.



### **1.3.4.2.7. Proposição, ao Distrito Federal, à Solução de Destinação de Resíduos Sólidos Urbanos - RSUs**

A proposição para a adequada destinação final de Resíduos Sólidos Urbanos - RSUs, incluindo rejeitos das Unidades de Tratamento Mecânico Biológico, rejeitos das instalações de triagem da coleta seletiva - IRRs e material encaminhado diretamente, de maneira ambientalmente adequada, sempre respeitando os mais severos limites para emissões de poluentes, está consubstanciada nas exposições ao longo deste PMI.

De modo específico, no Fluxograma apresentado no Balanço de Massas e Energia pode-se verificar que, ao final de todo o processamento de resíduos e produtos do processamento interno, resultam apenas: água de reúso, energia elétrica, Biometano, materiais recicláveis, composto orgânico, cinzas e escórias.

Cabe destacar que, os destinos destes produtos são:

- ✓ A água de reúso será utilizada nas atividades operacionais do Empreendimento, como a lavagem de pisos e veículos;
- ✓ A energia elétrica será comercializada;
- ✓ O biometano poderá ser utilizado como combustível equivalente ao GNV (gás natural veicular);
- ✓ Os materiais recicláveis poderão ser doados pela CONCESSIONÁRIA para as cooperativas ou, ainda, ocorrer o repasse financeiro resultante da venda destes materiais;
- ✓ O composto orgânico, ou biofertilizante, poderá ser doado ou comercializado pela CONCESSIONÁRIA;
- ✓ As cinzas resultantes do processo de queima serão depositadas em uma célula de resíduos de Classe I, a ser construída;

- ✓ As escórias poderão ser utilizadas como insumo para a construção civil na fabricação de blocos, serem estabilizadas para a destinação à indústria cimenteira ou, ainda, poderão simplesmente serem depositadas em uma célula de resíduos de Classe II, a ser construída.

### **1.3.4.2.8. Proposição à Destinação Final de Resíduos Sólidos Urbanos - RSUs, ao Menor Custo para o Distrito Federal**

A implementação das melhorias operacionais apresentadas neste PMI trará uma significativa diminuição de custos para o Distrito Federal, referente à destinação final dos resíduos sólidos urbanos, decorrente dos seguintes fatores:

- ✓ Como todos os resíduos recebidos serão processados nos Módulos, os resíduos urbanos praticamente não serão mais enterrados, reduzindo significativamente os custos de operação do Aterro Sanitário;
- ✓ Por conta dessa solução, ao longo da Concessão não haverá a necessidade de investimentos em novas áreas para a construção ou ampliação de Aterro Sanitário;
- ✓ O Governo do Distrito Federal passará a gerar e consumir a energia elétrica renovável por valor inferior ao de mercado;
- ✓ As receitas acessórias serão compartilhadas com o Distrito Federal, permitindo ao PODER CONCEDENTE a obtenção de recursos diretos anteriormente inexistentes.



## 1.4. Soluções Técnicas Propostas



## 1.4. Soluções Técnicas Propostas

As soluções técnicas propostas nesta Manifestação de Interesse foram elaboradas a partir das diretrizes estabelecidas no Termo de Referência do Edital, as quais, em linhas gerais, estabelecem:

- ✓ Minimizar a quantidade de rejeitos a serem enterrados no ASB;
- ✓ Promover a maior recuperação possível de materiais recicláveis;
- ✓ Produzir a maior quantidade de energia, elétrica ou não, a partir dos Resíduos Sólidos Urbanos - RSUs, com a maior eficiência possível;
- ✓ Promover a maior redução possível dos gastos com energia por parte do Distrito Federal ou seus órgãos;
- ✓ Propor uma solução de destinação de RSUs, incluindo os rejeitos das Unidades de Tratamento Mecânico Biológico, rejeitos das instalações de triagem da coleta seletiva - IRRs e material encaminhado diretamente;
- ✓ Propor a destinação final de Resíduos Sólidos Urbanos - RSUs, ao menor custo para o Distrito Federal.

Tais diretrizes sinalizaram a necessidade de instalações de porte e com objetivos específicos, do que resultou a proposição de implantação de 7 Módulos, incluindo um voltado à educação ambiental, fator de relevante importância na obtenção dos resultados propostos.

A descrição detalhada da concepção, detalhamento e funcionamento de cada Módulo está contemplada ao longo do presente item, porém, para um melhor entendimento está inserida, a seguir, a formatação geral de cada Módulo.

No item que detalha o balanço de massas e energia, pode ser observado o fluxograma que mostra todo o direcionamento de materiais recebidos, processados e absorvidos no

interior do ASB e, também, os insumos gerados, permitindo verificar o cumprimento das diretrizes anteriormente elencadas:

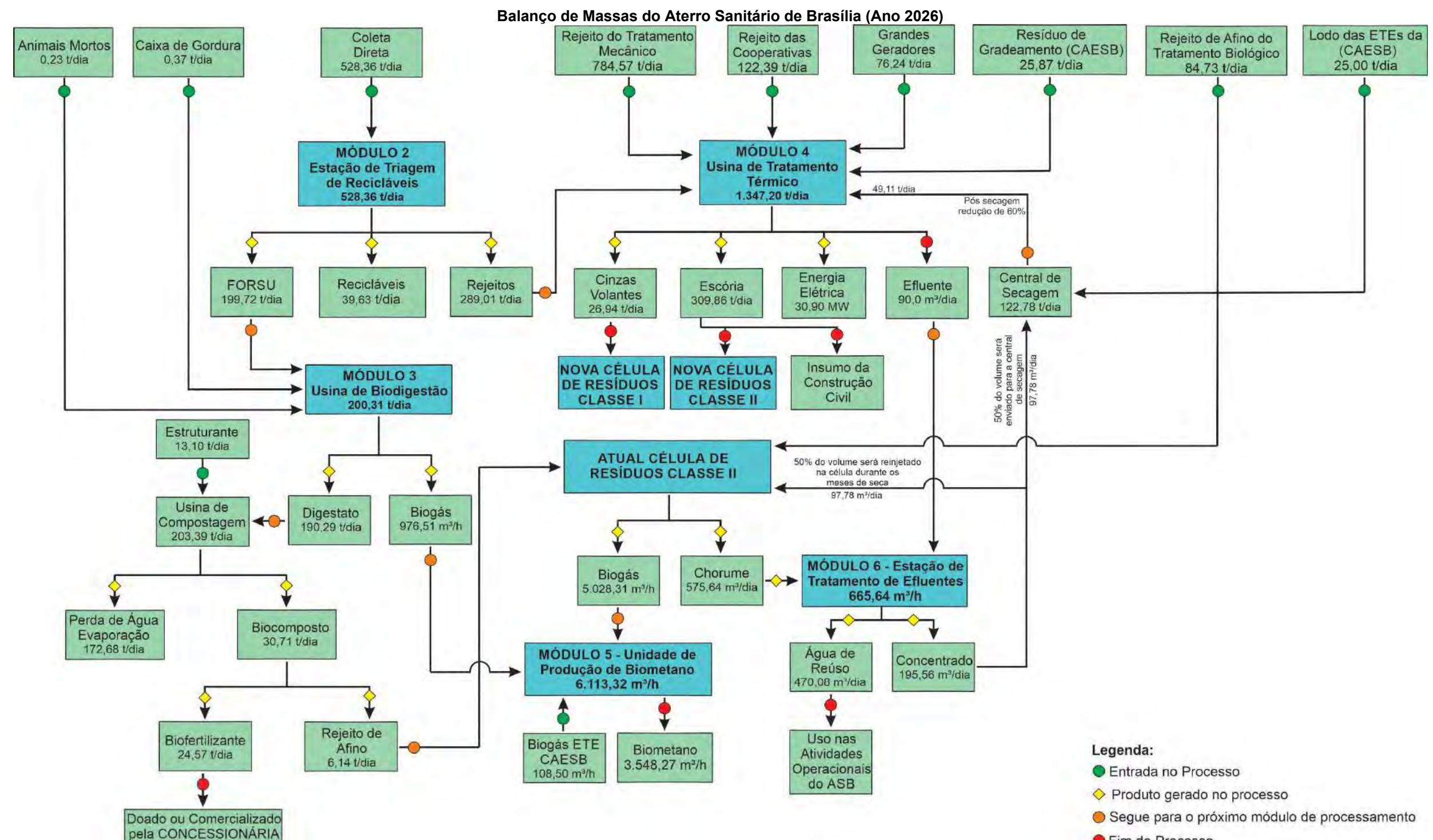
- ✓ Módulo 1 - Aterro Sanitário de Brasília
  - Compreenderá a operação do Aterro nos moldes atuais, até o início de funcionamento dos demais Módulos, previstos para entrarem em operação em janeiro de 2026, quando somente serão aportados para a atual célula do Aterro, os resíduos das paradas de manutenção da Usina de Tratamento Térmico, assim como os rejeitos de afino do tratamento biológico, e da Usina de Compostagem que será instalada no ASB. O encerramento da célula está previsto para o ano de 2030;
  - Na área de ampliação do Aterro serão construídas duas células. Uma de Classe I destinada exclusivamente para receber as cinzas volantes geradas na planta de incineração, e a outra que obterá somente os resíduos de Classe II. Cabe destacar que, ambas as células entrarão em operação junto com os demais Módulos Operacionais, os quais estão previstos para janeiro de 2026;
  - Entre os anos de 2026 e 2030, a célula de Classe II somente receberá as escórias da Usina de Incineração, caso não haja o beneficiamento destas escórias pela CONCESSIONÁRIA. Com o encerramento da atual célula do Aterro em 2030, a nova célula de Classe II, que até então somente obtinha escórias, passará a receber os resíduos das paradas de manutenção da Usina de Tratamento Térmico, assim como os rejeitos de afino do tratamento biológico, até o final da Concessão.
- ✓ Módulo 2 - Estação de Triagem de Recicláveis
  - Está dimensionada para receber toda a coleta convencional, será dotada de sistemas de triagem mecânica em alinhamento com modernas instalações. Está projetada não só para maximizar a obtenção de materiais recicláveis, como promover a separação dos resíduos em fração orgânica, destinada à Usina de Biodigestão, e em rejeitos, a ser utilizado na Usina de Tratamento Térmico.
- ✓ Módulo 3 - Usina de Biodigestão e Compostagem
  - Funcionando a partir do recebimento da FORSU oriunda do Módulo 2, bem como de animais mortos e resíduos de caixa de gordura, terá como propósito gerar parte do Biogás a ser utilizado no Módulo 5 - Captação de Biogás e Unidade de



- Produção de Biometano, além de digestato, que será tratado via processo de compostagem.
- ✓ Módulo 4 - Estação de Tratamento Térmico
  - Será a principal instalação a ser implantada no ASB, dentro da Concessão, processará os materiais recebidos da Estação de Triagem de Recicláveis e da Usina de Biodigestão, além dos resíduos das demais fontes externas, através de 2 unidades de turbinas a vapor. A energia gerada será destinada ao consumo interno e disponibilizada para o Distrito Federal;
- ✓ Módulo 5 - Captação de Biogás e Unidade de Produção de Biometano
  - Geração de Biometano, a partir do Biogás gerado na atual célula do Aterro, na Usina de Biodigestão e, também, na ETE Melchior da CAESB.
- ✓ Módulo 6 - Estação de Tratamento de Efluentes
  - Está projetada para a utilização do moderno processo de osmose reversa e dimensionada para o tratamento de todo o efluente gerado no interior do ASB.
- ✓ Módulo 7 - Administração e Centro de Educação Ambiental
  - Projetado para abrigar a administração e instalações de apoio da CONCESSÓRIA e, também, o Centro de Visitação com área de Treinamento será constituído pelas instalações existentes, com as devidas adequações e pela construção de edificações complementares.

O desenho, a seguir, ilustra a concepção geral e a localização dos Módulos e, na sequência, está apresentado o Fluxograma do Balanço de Massas Geral - Ano de 2026.







## 1.4.1. Módulo 1 - Gestão e Operação do Aterro Sanitário de Brasília

A seguir, estão apresentados os procedimentos que deverão ser implementados pela futura CONCESSIONÁRIA, para a Gestão e Operação do Aterro Sanitário de Brasília (ASB).

Destaca-se que, além da atual célula de Classe II em operação, foi projetada a construção de duas novas células. Uma para os resíduos de Classe I, destinada para receber exclusivamente as cinzas volantes da Usina de Incineração, e outra de Classe II que obterá as escórias da Usina de Incineração, assim como os resíduos das paradas de manutenção da Usina de Tratamento Térmico e os rejeitos de afino do tratamento biológico. Ambas as células foram dimensionadas para operar até o final da Concessão.

### 1.4.1.1. Introdução

Neste item estão apresentadas as alternativas tecnológicas propostas para o Módulo 1, que compreenderá a operação da atual célula de disposição de RSUs até o seu encerramento e o posterior monitoramento. Assim como a construção de duas novas células, uma para receber os resíduos de Classe I e outra para os resíduos de Classe II.

Para o desenvolvimento dos projetos preliminares das novas células foi considerado o seguinte cenário: A CONCESSIONÁRIA assumirá a operação do Aterro Sanitário, em julho de 2023, quando deverá iniciar as obras de construção das células de resíduos de Classes I e II.

Além da construção das duas células, a CONCESSIONÁRIA realizará a implantação e a operacionalização das demais alternativas tecnológicas que serão apresentadas nos Módulos subsequentes, a saber:

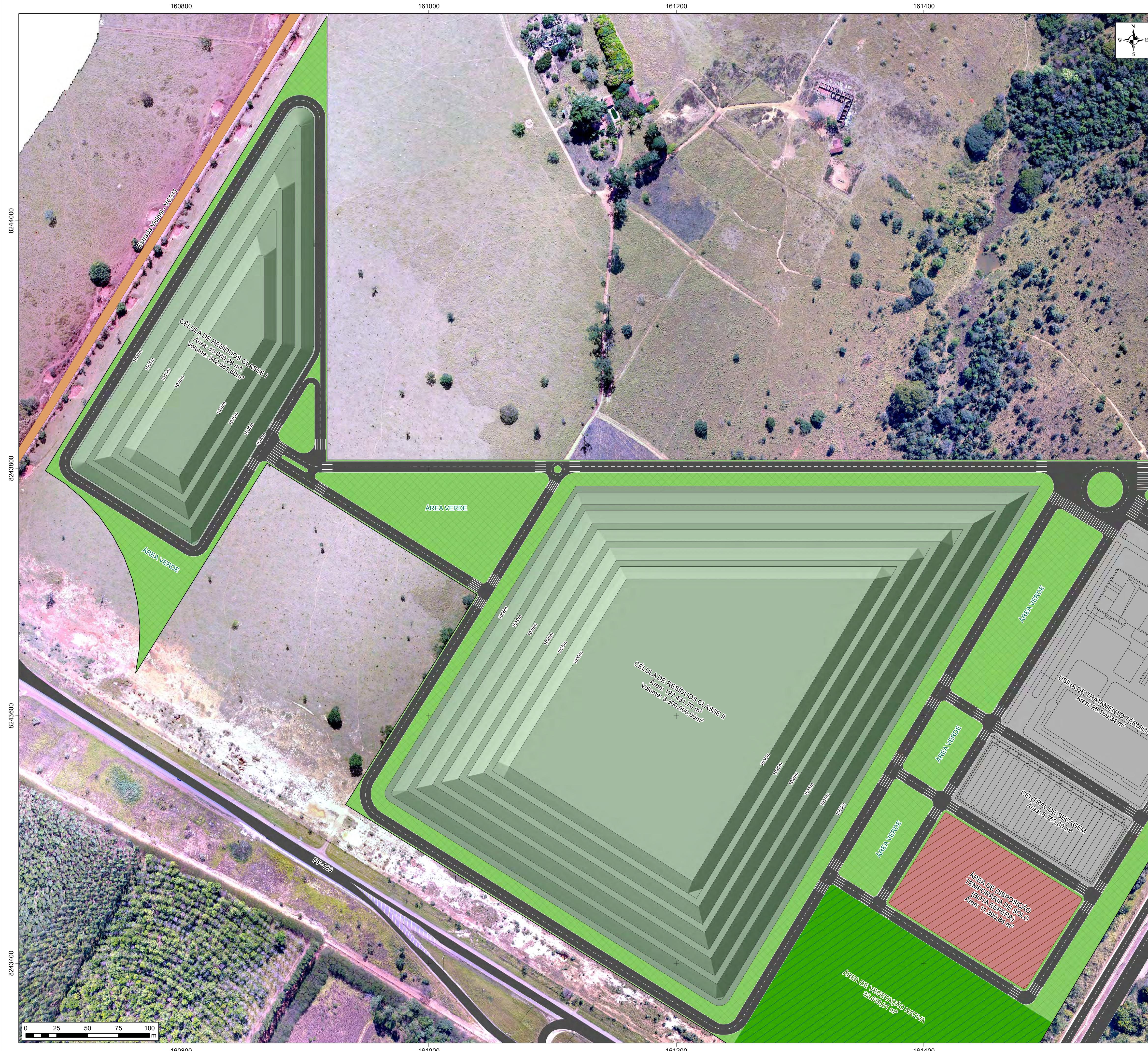
- ✓ Módulo 2 - Estação de Triagem de Recicláveis;
- ✓ Módulo 3 - Usina de Biodigestão e Compostagem;
- ✓ Módulo 4 - Usina de Tratamento Térmico;
- ✓ Módulo 5 - Captação de Biogás e Unidade de Produção de Biometano;
- ✓ Módulo 6 - Estação de Tratamento de Efluentes;
- ✓ Módulo 7 - Administração e Centro de Educação Ambiental.

### 1.4.1.2. Desenvolvimento dos Projetos Preliminares

Nos itens a seguir, estão apresentados os projetos preliminares para a construção das células de resíduos de Classes I e II previstas para o ASB.

Os anteprojetos foram elaborados de acordo com as seguintes Normas Técnicas:

- ✓ ABNT NBR 8419:1992: Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos - Procedimento;
- ✓ ABNT NBR 13896:1997: Aterros de resíduos não perigosos - Critérios para projeto, implantação e operação;
- ✓ ABNT NBR 10157:1987 - Aterros de resíduos perigosos - Critérios para projeto, construção e operação;
- ✓ ABNT NBR 8418:1984 - Apresentação de projetos de aterros de resíduos industriais perigosos - Procedimento - e a ABNT NBR 10004:2004 - Resíduos Sólidos - Classificação;
- ✓ Resolução nº 18, de 01 de agosto de 2018: Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal - ADASA.



<b>EMPRESA HABILITADA:</b> MEIOESTE AMBIENTAL LTDA  CNPJ: 11.201.681/0001-72 RUA CONSELHEIRO MAFRA, 708 CAÇADOR/SC, CEP: 89.500-001	<b>ÓRGÃO CONCEDENTE:</b> SECRETARIA DE ESTADO DE PROJETOS ESPECIAIS  Praça do Buriti, Zona Cívico-Administrativa, Palácio do Buriti, Sala P50, Brasília/DF, CEP: 70.075-900
<b>MÓDULO 1 - PLANTA DE LOCALIZAÇÃO DAS NOVAS CÉLULAS DE RESÍDUOS CLASSE I E CLASSE II</b>	
<b>OBJETO:</b> ESTUDO DE MODELAGEM TÉCNICA	<b>PROJETO:</b> PROCEDIMENTO DE MANIFESTAÇÃO DE INTERESSE - PMI EDITAL DE CHAMAMENTO PÚBLICO N° 02/2021 - SEPE/GAB/SEG
<b>ATIVIDADE:</b> CONCESSÃO DOS SERVIÇOS DE GESTÃO, OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO DE BRASÍLIA	<b>ENDEREÇO:</b> RODOVIA DF-180, km 21 BRASÍLIA - DISTRITO FEDERAL - BRASIL

**DATA:** NOVEMBRO, 2022    **FOLHA:** A1    **ESCALA:** 1:1.500    **SISTEMA DE COORDENADAS:** UTM-FUSO 23    **SISTEMA DE REFERÊNCIA:** SIRGAS2000



### 1.4.1.3. Serviços Preliminares

O presente Memorial Descritivo tem a finalidade de orientar a execução dos serviços preliminares que são comuns para a construção das células de Classes I e II, além de dirimir possíveis dúvidas de interpretação em relação aos projetos, prevalecendo os detalhamentos indicados em planta.

Os serviços preliminares são fundamentais para o início dos serviços executivos na área do ASB, como a preparação do terreno e implantação das instalações provisórias de apoio e das instalações permanentes.

#### a) Limpeza do Terreno

Para a construção das células haverá a necessidade de supressão de vegetação e remoção da camada superficial de solo orgânico, visto que as células serão construídas na área prevista para a ampliação do Aterro.

Para tanto, se faz necessária a elaboração de estudos de fauna e flora, assim como o levantamento das espécies florestais existentes na área, a fim de reduzir e mitigar, ao máximo, qualquer impacto sobre a área de implantação das células.

#### b) Instalação do Canteiro de Obras

Deverão ser instalados dois tipos de contêineres provisórios de apoio, para o tempo de execução de todos os serviços no ASB, a saber:

- ✓ Contêiner 01: composto por sanitário com 7 vasos, 1 lavatório, 1 mictório e chuveiros, com largura de 2,20 m, comprimento de 6,20 m e altura de 2,50 m, com chapa de aço nervurado, forro com isolamento termoacústico, reforçado com piso compensado naval e instalações elétricas e hidrossanitárias;

- ✓ Contêiner 02: composto por escritório, WC com 1 vaso, 1 lavatório, 1 mictório e chuveiros, com largura de 2,20 m, comprimento de 6,20 m e altura de 2,50 m, com chapa de aço nervurado, forro com isolamento termoacústico, reforçado com piso compensado naval e instalações elétricas e hidrossanitárias.

### 1.4.1.4. Escavação da Base

O presente item tem a finalidade de orientar a execução de escavação da base das células, além de dirimir possíveis dúvidas de interpretação em relação aos projetos, prevalecendo as medidas, cotas e detalhamentos indicados em planta.

A escavação visa regularizar e nivelar o terreno, para a posterior preparação da execução das camadas impermeabilizantes. No caso da célula de resíduos de Classe II, a escavação deverá seguir à especificação das curvas de nível em projeto, desta forma, favorecendo a drenabilidade do lixiviado gerado pela decomposição dos resíduos sólidos urbanos.

#### a) Serviços

A execução dos trabalhos de escavação obedecerá às prescrições das Normas NBR 9061 - Segurança de Escavação a Céu Aberto e NBR 7182 - Ensaio de Compacação. As escavações serão realizadas com materiais de 1<sup>a</sup> categoria.

Entende-se como material de 1<sup>a</sup> categoria todo o depósito solto ou moderadamente coeso, tais como: cascalhos, areias, siltes ou argilas, ou quaisquer de suas misturas, com ou sem componentes orgânicos, formados por agregação natural, que possam ser escavados com ferramentas de mão ou equipamento convencional para esse tipo de trabalho. Considera-se, também, material de 1<sup>a</sup> categoria, a fração de rocha, pedra solta e pedregulho que tenha, isoladamente, diâmetro igual ou inferior a 0,15 m, com qualquer



que seja o seu teor de umidade e, em geral, todo o tipo de material que não possa ser classificado como de 2<sup>a</sup> ou 3<sup>a</sup> categorias.

Antes de iniciar os serviços de escavação, será efetuado o levantamento topográfico georreferenciado da área da obra, o qual servirá como base para os levantamentos dos quantitativos efetivamente realizados e para a execução do Projeto Executivo.

As escavações com profundidade superior a 1,00 m serão taludadas ou protegidas com dispositivos adequados de contenção. Quando se tratar de escavações permanentes, seguirão o projeto pertinente.

A célula de resíduos de Classe I terá uma área de 33.080,28 m<sup>2</sup>. A escavação terá profundidade aproximada de 2,0 m, totalizando um volume de 54.538,60 m<sup>3</sup> de solo a ser removido.

A célula de resíduos de Classe II terá uma área de 127.431,70 m<sup>2</sup>. A escavação terá profundidade aproximada de 2,00 m, totalizando um volume de 249.612,67 m<sup>3</sup> de solo a ser removido.

A escavação poderá ser realizada com escavadeira hidráulica (caçamba: 1,2 m<sup>3</sup>/155 HP) e o transporte do material poderá ser realizado a partir de caminhões basculantes de 18 m<sup>3</sup>, DMT (distância média de transporte) de até 1 km e velocidade média de 14 km/h.

O material escavado nas células será utilizado posteriormente na operação do ASB, para o cobrimento diário das camadas de resíduos na frente de trabalho. O material escavado deverá ser descarregado na área de deposição (área de bota-espera), localizada próxima à célula de Classe II e à Usina de Incineração, ou usada para a cobertura dos resíduos da atual célula do Aterro.

Cabe destacar que, tanto a escavação quanto a construção das novas células serão realizadas conforme a necessidade de volume para a disposição final. Por exemplo, está prevista que a construção da célula de Classe II ocorrerá em quatro etapas.

#### **1.4.1.5. Sistema de Drenagem Subsuperficial**

Está prevista a execução de um sistema de drenagem subsuperficial para a área de ambas as células, com a finalidade de realizar a drenagem e o controle hidráulico das águas subsuperficiais.

A proposta visa à proteção de potencial zona crítica ou de fragilidade estrutural, considerando a ocorrência de caminhos preferenciais de águas subsuperficiais ou de infiltração associada aos períodos de intensa precipitação.

##### **a) Serviços**

A instalação de uma rede de drenagem artificial é necessária sempre que a drenagem natural do terreno não seja satisfatória à atividade proposta, sendo indispensável a adequada complementação.

Caberá à equipe que realizará o projeto executivo das células avaliar se há a necessidade de implantação deste sistema de drenagem.

O processo consistirá na remoção do excesso de água dos solos, para melhorar as condições de aeração, resistência e estruturação dos mesmos, aliviando tensões e auxiliando na preservação do terreno.



Para a elaboração de um projeto de drenagem, é necessário, primeiramente, caracterizar o problema existente, para depois dimensionar e instalar o sistema mais adequado à recuperação e exploração da área.

Um sistema de drenagem é constituído por vários drenos, que atuarão na captação da água que fluirá nos poros do solo, conduzindo-a para um corpo d'água natural. A área de captação será limitada pela metade do espaçamento entre os dispositivos. Dois drenos, instalados em paralelo e na mesma profundidade, exercerão separadamente influência sobre as águas até a metade do espaçamento entre eles.

A drenagem subsuperficial empregará, basicamente, dois tipos de drenos: cegos (abertos) ou tubulares (fechados). Este último utilizará tubos em polietileno de alta densidade (PEAD) corrugados e perfurados, ou tubos em concreto perfurado ou poroso.

O conjunto de captação será constituído por material filtrante, material drenante e condutor tubular. Nos drenos principais, a instalação será realizada a partir da abertura de uma valeta retangular com largura de 60 cm e diâmetro do tubo de 100 mm. A camada drenante ocupará grande parte da valeta, envolvendo a tubulação, servindo para captar a água, proteger a tubulação da erosão e diminuir a perda de carga na entrada do tubo.

O material drenante deverá apresentar uma granulometria adequada à vazão escoada.

O material mais adequado será a brita nº 4, com lastro de 10 cm de brita nº 1.

Nos drenos secundários, a instalação dar-se-á de forma semelhante ao dreno principal, com as mesmas dimensões de valeta e especificação de materiais. Contudo, a diferença entre os drenos será a inexistência de tubulação perfurada no dreno secundário, pois este dispositivo trabalhará como dreno cego, de forma a direcionar o escoamento

subsuperficial em direção ao dreno principal. Este, por sua vez, direcionará o escoamento para fora da área da célula e deverá ser conectado, a jusante, na rede de drenagem pluvial.

O sistema de drenagem subsuperficial será instalado, posteriormente, aos serviços de escavação da base das células e, anteriormente, aos serviços de impermeabilização da base.

O escoamento deverá seguir a declividade em direção à menor cota da base de cada célula.

#### **1.4.1.6. Impermeabilização das Células**

O presente Memorial Descritivo tem a finalidade de orientar a execução da impermeabilização da base e laterais das células, representando um dos mais importantes dispositivos de proteção ambiental que comporão o Aterro. No caso, terá como função primordial impedir a percolação de lixiviados no subsolo, protegendo os aquíferos de potenciais contaminações.

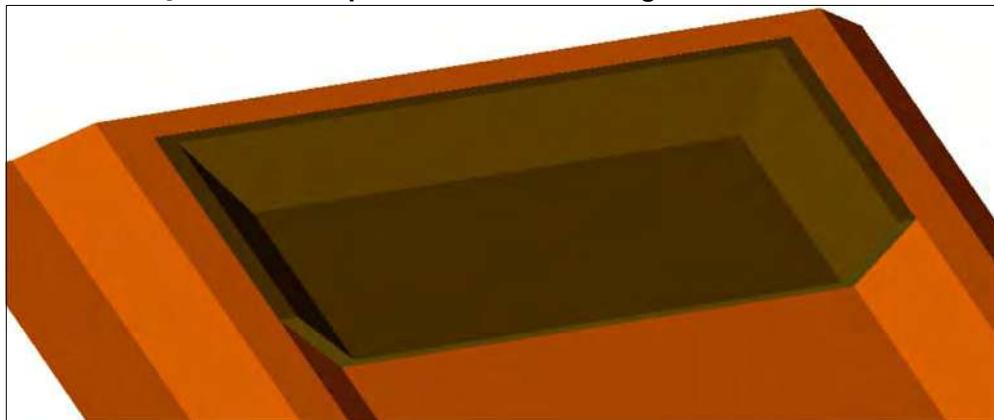
##### **a) Impermeabilização da Célula de Resíduos de Classe I**

A impermeabilização da base e dos taludes laterais da célula tem como objetivo a implantação de dispositivos, que permitirão o isolamento das pilhas de cinzas com o solo natural e os recursos hídricos subterrâneos.



A impermeabilização será realizada a partir de um sistema de multicamadas composto por (solo de baixa permeabilidade compactado, dupla geomembrana de Polietileno de Alta Densidade - PEAD e geocomposto betonítico), iniciando-se com a adição de 1,00 m de argila, devidamente compactada para que se obtenha o coeficiente de permeabilidade de  $10^{-7}$  cm/s, inclusive nos taludes laterais, conforme apresentado na figura, a seguir.

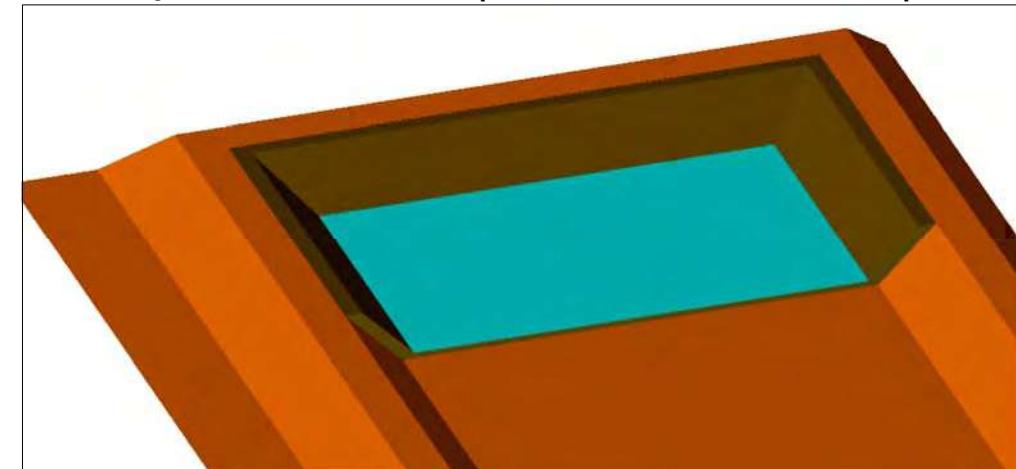
**Ilustração da Vala Impermeabilizada com Argila na Base e Taludes**



Sobre a camada de argila será instalada a geomembrana inferior (1<sup>a</sup> geomembrana), conferindo estanqueidade à vala. Para assegurar a estanqueidade da geomembrana inferior, poderá ser adicionada uma camada de 30 cm de areia. A mesma camada de areia poderá ser incorporada à geomembrana superior (2<sup>a</sup> geomembrana).

Nos taludes, a areia será substituída por um geocomposto drenante. Mesmo a célula sendo construída por valas de acordo com a demanda, estas camadas serão contínuas e darão segurança superior à exigida pelas normas, para que não ocorra a contaminação do lençol freático.

**Ilustração do Colchão de Areia que Receberá a Geomembrana Superior**



Na borda de cada vala será construído um dique de argila provisório, o qual terá como objetivo fazer a contenção das cinzas e de possíveis percolados. Na construção da vala subsequente, este dique será removido, garantindo que as camadas de impermeabilização tenham continuidade, assim como as de drenagem de percolados.

Cabe destacar que, toda a operação e o posterior encerramento de cada uma das valas que comporão a célula de resíduos de Classe I serão devidamente cobertas. Durante a fase de operação e avanço das valas será construída uma cobertura intermediária, composta por telhado móvel, assim evitando a entrada de águas pluviais durante a fase operacional. Após o encerramento, haverá a instalação de uma cobertura definitiva, composta por geomembrana, solo compactado de baixa permeabilidade e vegetação rasteira, a ser implantado nos taludes que forem definitivos e ficarem expostos após o encerramento de cada vala.

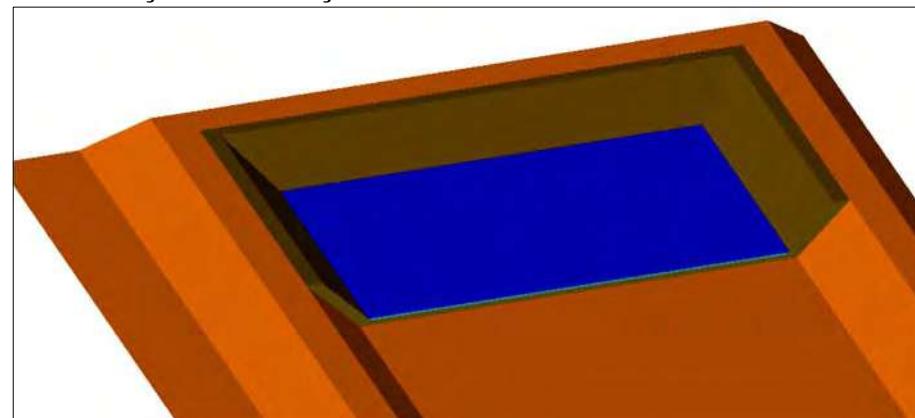
Portanto, considerando o eficiente sistema de cobertura e que o material a ser depositado é exclusivamente cinzas com um reduzido teor de umidade, não haverá a geração de efluentes que necessitem ser tratados.



Mesmo que não haja a geração de efluentes, poderá ser implementado pela futura CONCESSIONÁRIA um sistema de drenagem de fundo, que somente será utilizado caso ocorra alguma entrada de água pluvial na célula.

A drenagem de fundo poderá ser realizada com a adição de um colchão drenante com altura de 30 cm, este composto por brita. Este sistema será o dreno principal da célula.

**Ilustração da Instalação do Colchão Drenante na Base da Célula**



Caso ocorra a geração de algum efluente, este será enviado para a Estação de Tratamento de Efluentes prevista para o Módulo 6.

### b) Impermeabilização da Célula de Resíduos de Classe II

Em relação à célula de Classe I, a impermeabilização da base e dos taludes da célula de Classe II difere em alguns aspectos construtivos, principalmente pelo fato que esta célula de Classe II receberá outros tipos de resíduos:

- ✓ Resíduos das paradas para a manutenção da Usina de Incineração, assim como o volume que venha a exceder à capacidade operacional da Planta;
- ✓ Após o encerramento da atual célula do Aterro, também serão enviados para a futura célula de Classe II, os rejeitos de afino do tratamento biológico e os rejeitos de afino da Usina de Compostagem.

Além dos diferentes tipos de resíduos aportados, não está prevista a cobertura final da célula com geomembrana, o que acarretará na geração de efluentes, os quais serão coletados e tratados na Estação de Tratamento de Efluentes previstas para o Módulo 6.

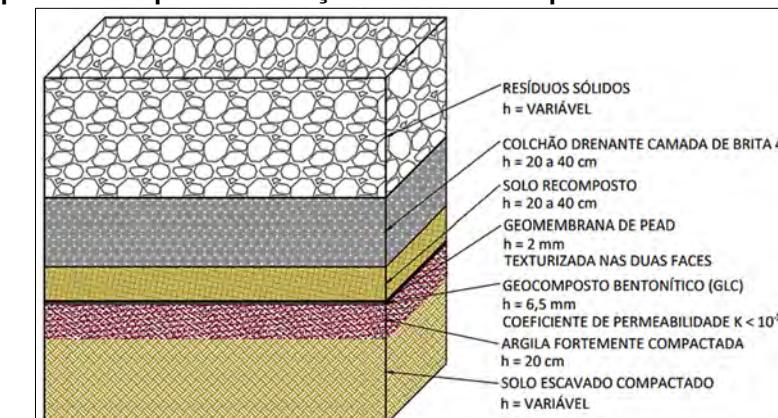
Portanto, a impermeabilização da célula de resíduos de Classe II será realizada da seguinte forma:

**Características dos Principais Dispositivos de Impermeabilização da Nova Célula Classe II**

Denominação de Projeto	Descrição	Espessura	Função
Solo natural	Terreno natural	--	--
Solo natural recompactado	Camada de solo natural, anteriormente escavado, fortemente recompactado	20 cm	Conformação geotécnica ao piso da célula
Camada de argila	Base de argila fortemente compactada, sobreposta ao terreno natural	20 cm	Conformação geotécnica ao piso da célula e proteção adicional à infiltração de percolados no subsolo
Geocomposto bentonítico (GCL)	Barreira geossintética argilosa	0,65 cm	Barreira hidráulica impermeabilizante, natural, de pequena espessura e coeficiente de permeabilidade da ordem de $1 \times 10^{-11}$ m/s
Geomembrana	Impermeabilizante sintético composto por geomembrana de PEAD	0,20 cm	Função de impermeabilização da pilha de resíduos em relação ao subsolo sotoposto
Solo natural recomposto	Camada de solo natural, anteriormente escavado, recomposto	20 a 40 cm	Proteção da geomembrana

A figura, a seguir, ilustra as camadas descritas anteriormente.

**Esquema da Impermeabilização Inferior da Etapa 3 da Célula 01 do ASB**





A seguir, está apresentada uma breve descrição do procedimento para a adição das camadas de impermeabilização, que serão realizadas em ambas as células.

#### **b) Solo de Baixa Permeabilidade Compactado**

Acima do terreno natural escavado será executada a primeira camada de argila, com altura total de 20 cm. A compactação obedecerá aos seguintes procedimentos:

- ✓ Lançamento das camadas com espessura de 10 cm após a compactação, com o total de duas camadas e controle por meio de nivelamentos topográficos sucessivos;
- ✓ Manutenção da umidade do solo próxima da ótima e correção através de aeração ou irrigação;
- ✓ Homogeneização das camadas a serem compactadas com o uso de escarificadores e arados de disco;
- ✓ Passagens de compactador “pé de carneiro”, até que não se consiga imprimir marcas das patas na camada;
- ✓ Passagens de rolo compactador de pneus, até que a superfície fique lisa, embora necessite ser escarificada;
- ✓ Quando não for atingida a compactação desejada, a camada será revolvida, corrigida e recompactada.

Durante o processo de compactação, as massas de partículas sólidas e de água permanecerão constantes, o que será alterado é o índice de vazios.

O coeficiente de permeabilidade da argila será, no máximo,  $10^{-7}$  cm/s e densidade de, no mínimo, 100% da densidade máxima obtida no ensaio de compactação com energia de Proctor Normal.

Logo, a camada de solo argiloso para a impermeabilização deverá atender aos seguintes requisitos mínimos:

- ✓ Classificação como CL, CH ou SC, segundo o Sistema Unificado de Classificação de Solo (Sociedade Americana de Testes e Materiais - ASTM D2487-69);
- ✓ Apresentação de uma porcentagem maior do que 30% de partículas, passando pela peneira 200 da ASTM (Análise de Granulometria por Peneiramento e Sedimentação, conforme a NBR 7181/1984);
- ✓ Apresentação de limite de liquidez maior ou igual a 30% (conforme a NBR 6459/1984);
- ✓ Apresentação de índice de plasticidade maior ou igual a 15% (conforme a NBR 7180/1984);
- ✓ Apresentação de coeficiente de permeabilidade inferior a  $10^{-7}$  cm/s, quando compactado.

Por fim, para o controle tecnológico de compactação e grau de permeabilidade, os seguintes itens deverão ser satisfeitos:

- ✓ Umidade em torno da umidade ótima obtida no ensaio de compactação com energia de Proctor Normal;
- ✓ Densidade de, no mínimo, 100% da densidade máxima obtida no ensaio de compactação com energia de Proctor Normal;
- ✓ Coeficiente de permeabilidade de, no máximo,  $10^{-7}$  cm/s.

#### **c) Geocomposto Bentonítico (GCL)**

Sobreposto sobre a camada de argila compactada, projetar-se á o Geocomposto Bentonítico (GCL), formando uma barreira geossintética argilosa, por um núcleo de argila bentonítica sódica confinada entre dois geotêxtis, sendo um tecido e o outro não tecido, agulhados entre si.



A principal função do GCL será a atuação como barreira hidráulica impermeabilizante natural, de pequena espessura e com coeficiente de permeabilidade da ordem de  $1 \times 10^{-11}$  m/s.

#### d) Geomembrana de PEAD

Acima do GCL será feita a instalação da geomembrana. A instalação, estanqueidade e os ensaios necessários deverão estar de acordo com as Normas:

- ✓ NBR 16199/2020: Barreiras geossintéticas - Instalação de geomembranas poliméricas;
- ✓ NBR 15352/2006: Mantas termoplásticas de polietileno de alta densidade (PEAD) e de polietileno linear (PEBDL) para impermeabilização;
- ✓ NBR 16.199/2013: Geomembranas termoplásticas - Instalação em obras geotécnicas e de saneamento ambiental, respeitando as variações de temperatura, vento e regime de chuvas, além de evitar o trânsito de veículos.

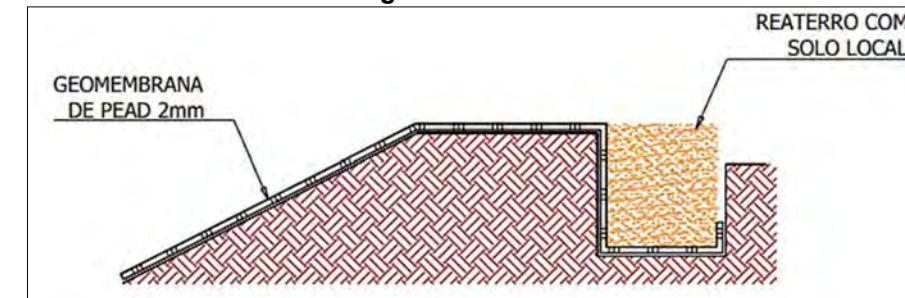
Os parâmetros mínimos a serem atingidos pelo material serão os seguintes:

- ✓ Espessura média mínima: 2,00 mm;
- ✓ Densidade mínima: 0,94 g/cm<sup>3</sup>;
- ✓ Resistência à tração na ruptura média mínima: 50 kN/m;
- ✓ Alongamento na ruptura média mínima: 700%;
- ✓ Resistência ao rasgo ASTM D1004 média mínima: 240 N;
- ✓ Resistência ao punctionamento média mínima: 640 N.

As bobinas de geomembrana deverão ser descarregadas, de preferência, por empilhadeiras ou equipamentos similares que permitirão o içamento e a movimentação segura do material, não sendo arrastadas e/ou jogadas no chão.

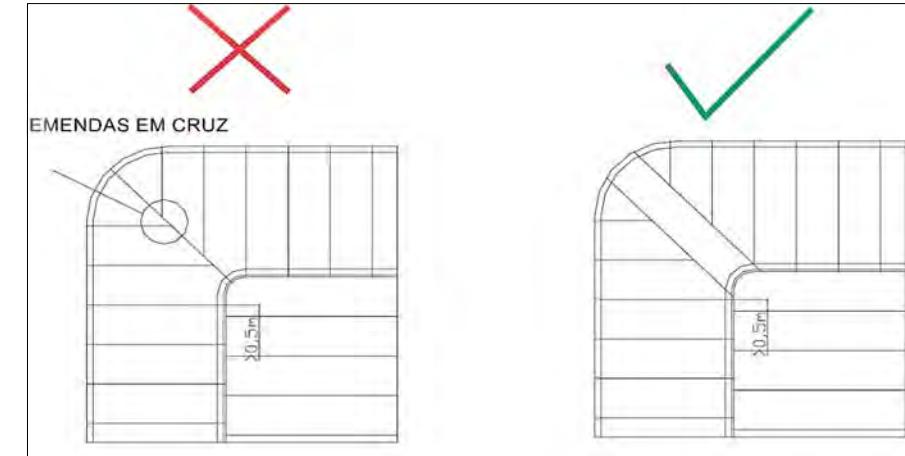
As canaletas escavadas e reaterradas para a ancoragem das bobinas de geomembrana deverão ser executadas, previamente, conforme a figura, a seguir.

**Ancoragem da Geomembrana**



As emendas deverão sempre ser executadas no sentido da máxima inclinação do talude, evitando emendas em cruz, conforme a figura, a seguir.

**Disposição dos Painéis de Geomembrana em Talude**



Os transpassos entre os painéis dependerão do tipo de solda, porém, não deverão ser menores do que 10 cm. As geomembranas serão instaladas de modo natural, sem tensões aplicadas ao material. Serão previstas folgas mínimas a serem dadas ao material, durante o processo de sua instalação definitiva no local. Não será feita a instalação de geomembranas esticadas, tensionadas e sem as folgas determinadas pelo fabricante, de modo a serem compensados os movimentos de dilatação, contração e ondulação, naturais ao produto.



As emendas deverão se dar por solda de termofusão, com a união por aquecimento das faces dos painéis a serem emendados, obtida por transferência de calor por suflamento de ar ou tecnologia superior.

Como controle de qualidade, serão elaborados relatórios de execução dos serviços, incluindo os resultados dos ensaios destrutivos e não destrutivos, além do “As Built” da área instalada.

#### **1.4.1.7. Sistema de Drenagem de Lixiviados da Nova Célula de Classe II**

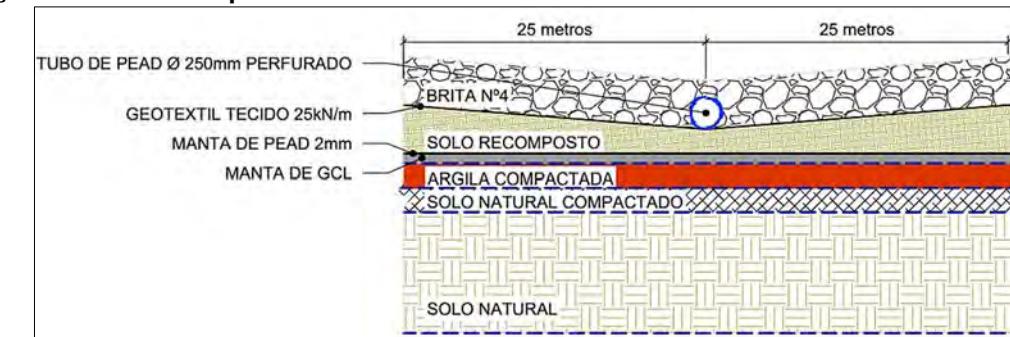
O presente Memorial Descritivo tem a finalidade de orientar os procedimentos básicos que deverão ser adotados para o projeto de drenagem de lixiviados, o qual deverá ser elaborado de forma detalhada pela futura CONCESSIONÁRIA.

Os efluentes gerados na nova célula de resíduos de Classe II serão encaminhados pelo sistema de drenagem, até as lagoas de armazenamento na Estação de Tratamento de Efluentes prevista para o Módulo 6.

##### **a) Drenos de Lixiviados**

Os drenos principais e secundários serão compostos por tubos drenantes de PEAD perfurado, com diâmetro interno de 250 mm. Para o auxílio do sistema de drenagem de chorume, projetar-se-á, em conjunto com os drenos perfurados, o colchão drenante composto por brita nº 4, com altura de camada de 40 cm, instalado sobre o geotêxtil de tecido agulhado de filamentos contínuos de 100% poliéster, o qual ficará sobre a camada de solo de proteção mecânica da manta de PEAD do sistema de impermeabilização da célula, conforme ilustrado, a seguir.

**Seção Transversal Típica do Dreno de Chorume da Nova Célula de Resíduos de Classe II**



Os drenos secundários serão conectados com os drenos principais, de forma a montar o sistema espinha de peixe de drenagem no interior da camada do colchão drenante.

##### **a.1) Espaçamento Máximo entre os Drenos**

O espaçamento máximo entre os drenos de chorume foi estimado por meio do estudo de Richardson e Koener (1987), conforme a equação, a seguir:

$$L = \frac{2 \cdot hmáx}{\{ c1/2 [ (\tan 2\theta'/c) + 1 - (\tan \theta'/c) (\tan 2\theta' + c) 1/2 ] \}}$$

**Onde:**

- ✓  $L$  = espaçamento entre os drenos de lixiviados (m);
- ✓  $\tan$  = tangente;
- ✓  $hmáx$  = 0,30 m (altura máxima da lâmina de chorume entre os drenos adjacentes, determinado pela ABNT NBR 13896:1997);
- ✓  $\theta'$  = 0,57 graus (ângulo de declividade entre os drenos);
- ✓  $c$  = 0,00009 q/k (adimensional);
- ✓  $q$  = 0,00000009 cm/s (intensidade de infiltração/percolação ou vazão específica);
- ✓  $k$  = 0,0001 cm/s condutividade hidráulica [permeabilidade] dos RSUs compactados.

O valor variará entre  $10^{-3}$  a  $10^{-4}$  cm/s para o Brasil).



Logo, o espaçamento máximo entre os drenos, para evitar uma lâmina de lixiviados superior a 30 cm, será de 64,64 m.

#### a.2) Drenagem Externa

O encontro desses drenos estará localizado no ponto de menor cota dentro da célula e, por força da gravidade, o efluente captado no interior da célula será encaminhado para o sistema de tratamento previsto para o Módulo 6.

**Exemplo dos Drenos de Efluentes, Conforme os Existentes na Atual Célula do Aterro**



Após o processo de tratamento, os efluentes tratados serão encaminhados para o corpo hídrico receptor, nesse caso, o Rio Melchior. O lançamento dos efluentes tratados seguirá aos preceitos da outorga SEI/GDF - 52724285 da Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal.

#### 1.4.1.8. Sistema de Drenagem de Gases das Células

Considerando as tipologias dos resíduos que serão aportados em ambas as células, a destacar que a célula de Classe I somente receberá cinzas e a célula de Classe II, só rejeitos, sem a presença de fração orgânica, não haverá a geração de gases. Portanto, não está prevista a instalação de um sistema de coleta e drenagem de gases para estas células.

#### 1.4.1.9. Sistema de Drenagem Pluvial

O presente Memorial Descritivo tem como finalidade orientar a execução das drenagens pluviais que deverão ser construídas sobre os maciços das células de resíduos de Classes I e II.

O sistema de drenagem pluvial englobará a implantação de drenos, bueiros, valas drenantes e sarjetões, que possibilitarão o adequado manejo e a condução, o tanto quanto possível, das águas das chuvas relacionadas às precipitações que ocorrerem na área do ASB.

##### a) Serviços

O foco principal do projeto será distribuir as águas pluviais que não tenham contato com as pilhas de resíduos, para fora da área de disposição (o tanto quanto possível), no intuito de minimizar a geração de efluentes tratáveis, bem como, conduzir as águas pluviais que tenham contato ou interação com as pilhas de resíduos para o sistema de tratamento de percolados. Além disso, o sistema de drenagem auxiliará no controle de erosão das bordas e taludes em volta da célula.



Na falta ou diante de um deficiente sistema de drenagem superficial, a erosão (arraste de material e assoreamento de corpos d'água) poderá provocar sérios danos aos taludes naturais ou artificiais existentes no local da obra. Desta forma, poderão ocorrer instabilidades geotécnicas danosas ao contexto estrutural dos maciços.

Por tais motivos, será imprescindível a implantação de um eficaz sistema de drenagem de águas superficiais, construído desde o início das obras (drenagens provisórias e definitiva), de forma a evitar, ao máximo, o ingresso das águas pluviais no interior das células.

Enquanto estiver em operação, executar-se-á à drenagem superficial provisória. Após a finalização das etapas e execução da camada final do maciço, será realizada a drenagem superficial definitiva.

A vazão de escoamento superficial a ser drenada pelas canaletas de drenagem será calculada através do Método Racional:

$$Q = C \cdot i \cdot A$$

**Onde:**

- ✓  $Q$  = vazão ( $m^3/s$ );
- ✓  $C$  = coeficiente de escoamento superficial;
- ✓  $i$  = intensidade de chuvas ( $mm/mês$ );
- ✓  $A$  = área de contribuição do terreno ( $ha$ ).

Com as áreas definidas, foi calculada a vazão de escoamento superficial para cada área de drenagem, definindo, dessa forma, os diâmetros das canaletas de drenagem de círculo da célula.

O projeto e a execução dos serviços obedecerão aos preceitos estipulados na ABNT NBR 15645 - Execução de Obras de Esgoto e Drenagem com Tubos e Aduelas de Concreto.

**b) Drenagem Superficial Provisória**

Sempre que necessário, será previsto um sistema de drenagem superficial provisório, com o objetivo de captar o afluxo das águas oriundas, principalmente, das precipitações pluviométricas, em locais onde o sistema de drenagem definitivo ainda não estiver sendo construído e em locais onde as obras de terraplenagem ficarem expostas (de maneira provisória) à ação do tempo, tais como: plataformas, taludes e estradas de acesso.

Este sistema, basicamente, deverá ser composto por canaletas trapezoidais construídas por escavação mecânica e preenchidas com brita nº 3 devidamente apilada. Após a marcação dos locais a serem escavados, será dado início à abertura das valetas e o posterior revestimento. A profundidade de escavação não deverá exceder a 30 cm, com largura da base que poderá variar entre 20 e 30 cm.

Os drenos serão provisórios, em função de a célula ainda estar em operação, sendo preenchidos com resíduos. Desta forma, os drenos serão formados por canais de terra escavados em formato trapezoidal, com declividade de 1%, com a finalidade de conduzir as águas pluviais precipitadas sobre as bermas e taludes definitivos. Estes canais serão instalados no encontro da base dos taludes com as bermas, sendo que as águas recolhidas por esses drenos serão encaminhadas para os dispositivos de descidas e canais coletores.

As águas que se precipitarem a montante das células serão captadas no sistema drenante de base e crista de talude, evitando o seu escoamento através desses taludes e sua infiltração no maciço de resíduos. Para a separação física das áreas de cada etapa



de operação do ASB, recomenda-se a construção de um dique de terra temporário, para a contenção do escoamento pluvial de toda a área das células. Contudo, ao final da operação e o posterior encerramento, será necessária a remoção do dique provisório na célula, para evitar a interferência no sistema de drenagem de lixiviados.

A figura, a seguir, exemplifica a construção do canal trapezoidal escavado.

**Exemplo de Canal Coletor em Formato Trapezoidal, com Declividade de 1 a 3%  
Detalhe da Tipologia de Dreno na Base do Talude (pé)**



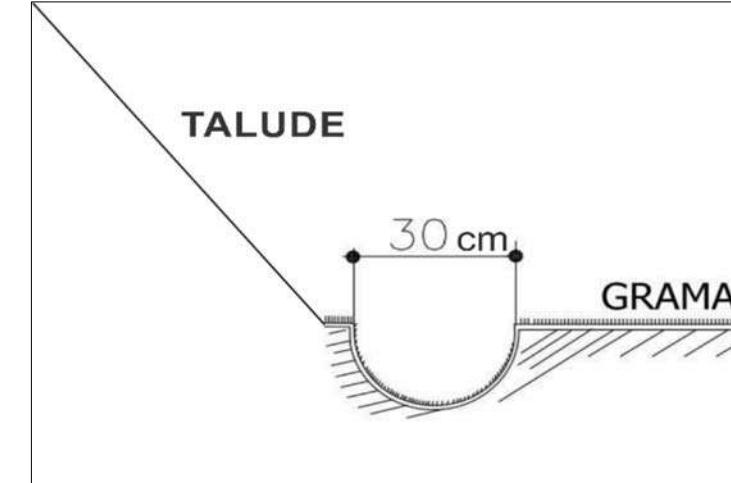
#### c) Drenagem Superficial Definitiva de Berma no Interior da Célula

Conforme os patamares com espessura (altura) de 5 m forem sendo construídos em cada célula, será necessária a implantação de drenos de bermas e drenos de taludes nas faces frontais (jusante) de cada patamar.

A declividade da berma deverá ser de 1% em direção ao eixo do dispositivo de coleta instalado sobre o talude, de forma a possibilitar o eficiente escoamento superficial das águas pluviais.

Em termos construtivos, os drenos de berma serão implantados em meia cana de concreto de 300 mm de diâmetro, conforme a figura, a seguir.

**Detalhe Construtivo do Dreno de Berma no Pé do Talude**

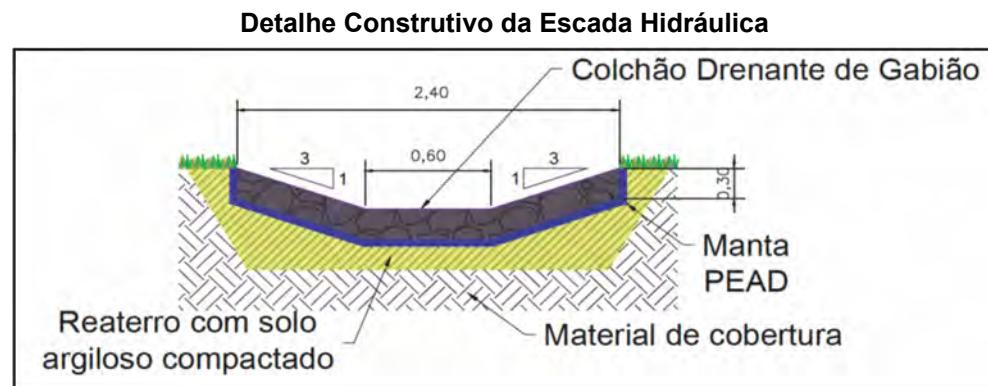


#### d) Escada Hidráulica

Devido à movimentação e reconformação dos taludes, serão instaladas descidas d'água tipo escadas hidráulicas. Estas unidades serão construídas nas terminações dos drenos coletores de base e terão como características, a coleta de água e o seu escoamento para as cotas altimétricas menores, ou mesmo o deságue em corpos d'água naturais.

As escadas hidráulicas consistirão em um canal aberto (para este caso), construído em forma de degraus nos taludes, visando coletar e conduzir as águas superficiais captadas pelos canais de terra escavados nas bases dos taludes da célula e usadas, principalmente, em encostas com inclinações elevadas, podendo transportar vazões consideráveis. São importantes dissipadores de energia, evitando a formação de erosões.

Serão executadas em colchão drenante de gabião e revestidas com geomanta, conforme mostradas nas figuras, a seguir.



#### 1.4.1.10. Operação da Célula de Classe I

A célula de resíduos de Classe I será operada a partir da construção de valas de preenchimento. Cada vala será separada temporariamente entre si por um dique de argila provisório com 1,00 m de altura, o qual terá como função a contenção das cinzas.

Quando houver o completo preenchimento da vala que estiver em operação, terá início à construção de uma nova vala. Para a construção da nova vala deverá ocorrer a remoção do dique de argila anterior. Desta forma, garantindo que as camadas de impermeabilização da base sejam contínuas.

Para iniciar a operação em cada vala, será necessária a construção de uma cobertura metálica, com fechamento em todos os seus lados, tendo apenas as aberturas operacionais para a entrada e saída de máquinas e pessoal.

Após o completo preenchimento da vala, a estrutura será retirada e o topo da vala será imediatamente selado com geomembrana de PEAD e, posteriormente, coberta com uma camada de solo argiloso compactado. A estrutura metálica retirada da vala encerrada será reinstalada na próxima vala que entrará em operação.

#### 1.4.1.11. Configuração Final do Maciço de Resíduos

##### a) Maciço da Célula de Resíduos de Classe I

O maciço de resíduos foi dimensionado para armazenar todo o volume de cinzas que será gerado pela Usina de Incineração, durante o período de Concessão.

A célula será constituída por meio de camadas consecutivas com 5,0 m de altura cada e bermas com largura de 5,0 m. As principais informações construtivas estão apresentadas, a seguir:

- ✓ Área: 33.080,28 m<sup>2</sup>;
- ✓ Cota topográfica da base: 998 m;
- ✓ Cota topográfica do topo: 1.015 m;
- ✓ Altura do maciço: 17,0 m;
- ✓ Profundidade da escavação: 2,0 m;



- ✓ Volume de material escavado: 54.538,60 m<sup>3</sup>;
- ✓ Volume da célula: 342.081,60 m<sup>3</sup>.

Como parâmetro de projeto foi considerado que 2,0% do volume total processado pela Usina de Incineração se transformarão em cinzas volantes, com densidade de 1,0 t/m<sup>3</sup> e, também, que a planta operará ininterruptamente por 330 dias por ano, sendo 35 dias destinados às manutenções.

Na tabela a seguir, está apresentada a estimativa de volume a ser ocupado anualmente na célula.

Previsão do Volume de Cinzas Depositadas Anualmente na Célula			
Ano da Concessão	Ano	Volume Ocupado Anualmente (m <sup>3</sup> )	Volume Acumulado (m <sup>3</sup> )
0	2023	-	-
1	2024	-	-
2	2025	-	-
3	2026	8.891,49	8.891,49
4	2027	8.920,16	17.811,65
5	2028	8.945,69	26.757,35
6	2029	8.968,05	35.725,40
7	2030	8.989,47	44.714,87
8	2031	9.240,00	53.954,87
9	2032	9.240,00	63.194,87
10	2033	9.240,00	72.434,87
11	2034	9.240,00	81.674,87
12	2035	9.240,00	90.914,87
13	2036	9.240,00	100.154,87
14	2037	9.240,00	109.394,87
15	2038	9.240,00	118.634,87
16	2039	9.240,00	127.874,87
17	2040	9.240,00	137.114,87
18	2041	9.240,00	146.354,87
19	2042	9.240,00	155.594,87
20	2043	9.240,00	164.834,87
21	2044	9.240,00	174.074,87
22	2045	9.240,00	183.314,87
23	2046	9.240,00	192.554,87
24	2047	9.240,00	201.794,87
25	2048	9.240,00	211.034,87
26	2049	9.240,00	220.274,87
27	2050	9.240,00	229.514,87

Previsão do Volume de Cinzas Depositadas Anualmente na Célula

Ano da Concessão	Ano	Volume Ocupado Anualmente (m <sup>3</sup> )	Volume Acumulado (m <sup>3</sup> )
28	2051	9.240,00	238.754,87
29	2052	9.240,00	247.994,87
30	2053	9.240,00	257.234,87

Fonte: MEIOESTE AMBIENTAL

### b) Maciço da Célula de Resíduos de Classe II

O maciço de resíduos foi dimensionado para armazenar todo o volume de rejeitos e escórias gerados durante o período de Concessão.

A célula será constituída por meio de camadas consecutivas com 5,0 m de altura cada e bermas com largura de 5,0 m.

As principais informações construtivas estão apresentadas, a seguir:

- ✓ Área: 127.431,70 m<sup>2</sup>;
- ✓ Cota topográfica da base: 998 m;
- ✓ Cota topográfica do topo: 1.030 m;
- ✓ Altura do maciço: 32,0 m;
- ✓ Profundidade da escavação: 2,00 m;
- ✓ Volume de material escavado: 249.612,67 m<sup>3</sup>;
- ✓ Volume da célula: 3.300.000,00 m<sup>3</sup>.

Como parâmetro de projeto foi considerado que 23,0% do volume total processado pela Usina de Incineração serão transformados em escórias, com densidade de 2,0 t/m<sup>3</sup> e, também, que a planta operará ininterruptamente por 330 dias por ano, sendo 35 dias destinados às manutenções.

Na tabela a seguir, está apresentada a estimativa de volume a ser ocupado anualmente na célula.


**Previsão do Volume de Escórias e Rejeitos Depositados Anualmente na Célula**

Ano	Resíduos das Paradas de Manutenção da Usina de Tratamento Térmico (m³/ano)	Rejeito de Afino do Tratamento Biológico (m³/dia)	Rejeito de Afino da Usina de Compostagem (m³/dia)	Escórias da Usina de Incineração (m³/dia)	Total de Resíduos Depositados na Célula 2 de RSUs (m³/ano)	Volume Acumulado de Resíduos Depositados na Célula 2 de RSUs (m³)
2020	-	-	-	-	-	
2021	-	-	-	-	-	
2022	-	-	-	-	-	
2023	-	-	-	-	-	
2024	-	-	-	-	-	
2025	-	-	-	-	-	
2026	-	-	-	154,93	51.126,08	51.126,08
2027	-	-	-	155,43	51.290,93	102.417,01
2028	-	-	-	155,87	51.437,74	153.854,75
2029	-	-	-	156,26	51.566,30	205.421,04
2030	-	-	-	156,63	51.689,43	257.110,48
2031	37.615,01	68,31	4,95	157,30	112.527,51	369.637,99
2032	37.794,74	68,87	4,99	158,05	113.144,88	482.782,87
2033	37.973,55	69,41	5,03	158,80	113.753,22	596.536,09
2034	38.154,43	69,94	5,07	159,55	114.359,60	710.895,68
2035	38.340,81	70,44	5,11	160,33	114.971,99	825.867,67
2036	39.837,73	70,92	5,14	161,51	117.017,88	942.885,55
2037	42.442,23	71,37	5,17	162,50	120.102,94	1.062.988,49
2038	44.911,21	71,81	5,21	163,44	123.027,77	1.186.016,26
2039	47.258,78	72,22	5,24	164,33	125.808,18	1.311.824,44
2040	49.505,74	72,61	5,26	165,18	128.467,47	1.440.291,90
2041	51.614,50	72,97	5,29	165,99	130.963,13	1.571.255,04
2042	53.579,75	73,31	5,31	166,73	133.289,11	1.704.544,15
2043	55.714,75	73,62	5,34	167,54	135.798,11	1.840.342,26
2044	57.370,96	73,92	5,36	168,17	137.760,34	1.978.102,60
2045	58.914,91	74,18	5,38	168,76	139.588,32	2.117.690,92
2046	60.323,12	74,43	5,40	169,30	141.255,65	2.258.946,57
2047	61.593,90	74,65	5,41	169,78	142.760,47	2.401.707,04
2048	62.728,67	74,85	5,43	170,21	144.104,49	2.545.811,53
2049	64.037,95	75,02	5,44	170,71	145.637,17	2.691.448,71
2050	64.860,60	75,18	5,45	171,02	146.614,40	2.838.063,11
2051	65.556,94	75,31	5,46	171,29	147.441,68	2.985.504,79
2052	66.144,59	75,41	5,47	171,51	148.138,94	3.133.643,73
2053	66.600,28	75,50	5,47	171,68	148.680,00	3.282.323,74

Fonte: MEIOESTE AMBIENTAL



### **1.4.1.12. Plano de Operação do Aterro**

O Plano de Operação das células do Aterro Sanitário de Brasília deverá seguir às diretrizes estabelecidas na Resolução nº 18, de 01 de agosto de 2018: Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal - ADASA.

Imediatamente, após a futura CONCESSIONÁRIA assumir a operação do Aterro, esta deverá atualizar o Plano de Operação vigente e submetê-lo à aprovação do PODER CONCEDENTE.

O Plano de Operação é o principal manual orientativo da rotina operacional do Aterro. Este documento deverá ser simples, mas organizado de forma sistemática, a fim de assegurar o seu correto funcionamento e garantir que a disposição final dos resíduos ocorra de forma ambientalmente adequada.

Todos os procedimentos realizados no Aterro deverão fazer parte do Plano de Operação, o qual deverá apresentar, no mínimo, as atividades descritas a seguir.

#### **a) Recepção dos Resíduos**

A recepção dos resíduos deverá ser realizada na portaria/guarita do Aterro Sanitário e consistirá na operação de inspeção preliminar, durante a qual os veículos coletores, previamente cadastrados e identificados, serão vistoriados por fiscal/balanceiro, treinado e instruído para o desempenho adequado dessa atividade.

Esse profissional deverá verificar e registrar a origem, a natureza e a classe dos resíduos que chegarão ao Empreendimento; orientar os motoristas quanto à unidade na qual os resíduos deverão ser descarregados; impedir que os resíduos incompatíveis com as características do Empreendimento ou provenientes de fontes não autorizadas

pelo SLU sejam lançados no mesmo; e promover a pesagem dos veículos, cuja entrada tenha sido por ele autorizada.

#### **b) Pesagem**

A pesagem dos veículos transportadores/coletores será realizada na balança rodoviária existente na guarita do Aterro. Durante a pesagem deverá ser realizado o registro dos veículos coletores na entrada e na saída, a fim de se ter o controle das quantidades diárias e mensais dispostas no local.

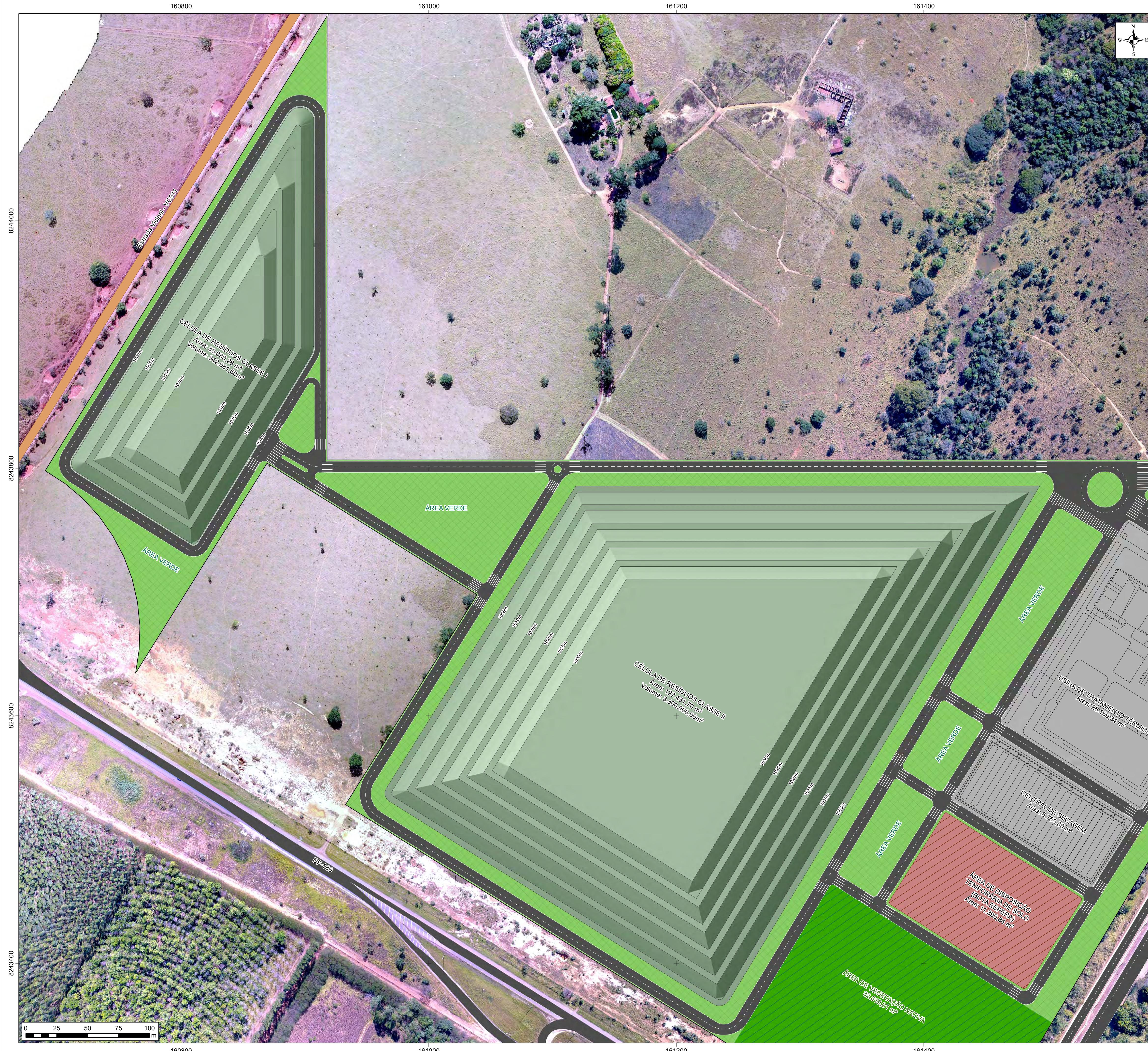
Os registros deverão ser realizados a partir de um sistema automatizado, salvando em um banco de dados operacional do Aterro.

#### **c) Área de Disposição**

A área de disposição de cada uma das células do Aterro deverá ser previamente delimitada por uma equipe técnica de topografia. No início de cada dia de trabalho deverão ser demarcados com estacas facilmente visualizadas pelo tratorista, os limites laterais, a altura projetada e o avanço previsto da frente de operação ao longo do dia.

A demarcação da frente de operação diária permitirá uma melhor manipulação dos resíduos, tornando o processo mais prático e eficiente.

Nos períodos de chuvas intensas, ou quando por qualquer motivo, a frente de operação estiver impedida de ser operada ou acessada, recomenda-se manter uma área para a descarga emergencial, previamente preparada de acordo com o projeto do Aterro Sanitário.



<b>EMPRESA HABILITADA:</b> MEIOESTE AMBIENTAL LTDA  CNPJ: 11.201.681/0001-72 RUA CONSELHEIRO MAFRA, 708 CAÇADOR/SC, CEP: 89.500-001	<b>ÓRGÃO CONCEDENTE:</b> SECRETARIA DE ESTADO DE PROJETOS ESPECIAIS  Praça do Buriti, Zona Cívico-Administrativa, Palácio do Buriti, Sala P50, Brasília/DF, CEP: 70.075-900
<b>MÓDULO 1 - PLANTA DE LOCALIZAÇÃO DAS NOVAS CÉULAS DE RESÍDUOS CLASSE I E CLASSE II</b>	
<b>OBJETO:</b> ESTUDO DE MODELAGEM TÉCNICA	<b>PROJETO:</b> PROCEDIMENTO DE MANIFESTAÇÃO DE INTERESSE - PMI EDITAL DE CHAMAMENTO PÚBLICO N° 02/2021 - SEPE/GAB/SEG
<b>ATIVIDADE:</b> CONCESSÃO DOS SERVIÇOS DE GESTÃO, OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO DE BRASÍLIA	<b>ENDEREÇO:</b> RODOVIA DF-180, km 21 BRASÍLIA - DISTRITO FEDERAL - BRASIL

**DATA:** NOVEMBRO, 2022    **FOLHA:** A1    **ESCALA:** 1:1.500    **SISTEMA DE COORDENADAS:** UTM-FUSO 23    **SISTEMA DE REFERÊNCIA:** SIRGAS2000



#### **d) Descarga**

Os caminhões transportadores/coletores deverão depositar os resíduos em “pilhas” na área de descarga, imediatamente a jusante da frente de operação demarcada, conforme definido pelo fiscal.

O desmonte dessas pilhas de resíduos deverá ser feito com o auxílio da lâmina do trator de esteira que, em seguida, procederá o seu espalhamento.

#### **e) Espalhamento e Compactação**

imediatamente após a descarga, os resíduos deverão ser espalhados e compactados com a utilização de equipamentos apropriados.

O espalhamento dos resíduos deverá ser realizado, preferencialmente, com um ou mais tratores de esteira.

Recomenda-se que, para melhorar a eficiência operacional e aumentar a vida útil da célula, a compactação dos resíduos ocorrerá com um compactador de resíduos específico para esta atividade.

A compactação deverá ser realizada com movimentos repetidos do equipamento, procedendo-se, no mínimo, 6 passadas sucessivas em camadas sobrepostas, até que todo o material disposto em cada camada esteja adequadamente adensado, ou seja, até que se verifique por controle visual, que o incremento do número de passadas não ocasiona a redução do volume aparente da camada.

#### **f) Recobrimento**

O recobrimento dos resíduos deverá ocorrer no final de cada jornada de trabalho e o lixo compactado deverá receber uma camada de terra devidamente espalhada, cobrindo toda a massa de resíduos.

No dia seguinte, antes do início da disposição dos resíduos, será feita uma raspagem da camada de solo da face coberta da frente de operação, para dar continuidade à formação do maciço de resíduos.

O solo raspado deverá ser armazenado para o aproveitamento nas camadas operacionais posteriores, tendo em vista possíveis dificuldades na obtenção de quantidades suficientes e adequadas de solo para o recobrimento.

A cobertura diária deverá ser feita com uma camada de terra ou material inerte com espessura de 15 a 20 cm, com o objetivo de impedir o arraste de materiais pela ação do vento e evitar a disseminação de odores desagradáveis e a proliferação de vetores, como moscas, ratos, baratas e aves.

O solo de cobertura diária poderá provir de área de empréstimo ou do material excedente das operações de cortes/escavações executadas na própria área do Aterro.

Esgotada a capacidade de recebimento de resíduos da plataforma do Aterro, proceder-se-á com a cobertura final, com uma camada de argila compactada com cerca de 60 cm de espessura (ou de acordo com a espessura definida no projeto técnico) sobre as superfícies que ficarão expostas, permanentemente (bermas, taludes e platôs definitivos).

Após o recobrimento, dever-se-á proceder ao plantio de gramíneas nos taludes definitivos e platôs, de forma a protegê-los contra a erosão.



### **g) Sistema de Drenagem Interna do Maciço de Resíduos**

Para o adequado funcionamento do sistema de drenagem interna de percolados e de gases, será fundamental a estabilidade do Aterro Sanitário.

A drenagem de percolados deverá estar inserida entre os resíduos, podendo ser interligada ao sistema de drenagem de gases.

As redes e as caixas de passagens que conduzem os percolados ao sistema de tratamento deverão estar sempre desobstruídos.

Os gases deverão ser coletados e encaminhados para a Central de Produção de Biometano prevista para o Módulo 5.

### **h) Sistema de Drenagem Pluvial**

A ineficiência do sistema de drenagem pluvial poderá provocar maior infiltração de água no maciço do Aterro, aumentando o volume de chorume gerado e contribuindo para a maior instabilidade do maciço.

Os dispositivos de drenagem pluvial previstos no projeto do Aterro Sanitário, tais como: canaletas, caixas de passagem e descidas d'água deverão ser mantidos desobstruídos, para impedir a entrada de água no maciço do Aterro.

O período que exigirá maior frequência de inspeção no sistema de drenagem pluvial coincidirá com as épocas de intensa pluviosidade.

As águas de chuva deverão ser drenadas para os Reservatórios de Qualidade e Quantidade, conforme estabelecido na Resolução nº 9 da ADASA, de 8 de abril de 2011.

Na tabela a seguir, está apresentada uma lista com as principais atividades que necessitarão de acompanhamento, durante a fase de operação do Aterro Sanitário.

**Lista das Principais Atividades de Acompanhamento na Fase de Operação do Aterro Sanitário**

Componente, Estrutura ou Equipamento do Aterro Sanitário	Frequência de Inspeção
igienização das edificações	Diária
Limpeza da unidade, com a remoção dos materiais espalhados pelo vento	Diária
Capina da área, para a manutenção do paisagismo	Mensal
Manutenção dos portões e cerca de isolamento	Mensal
Manutenção do cortinamento vegetal	Mensal
Limpeza e manutenção dos dispositivos de drenagem pluvial	Semanal
Limpeza e manutenção das estruturas de drenagem de chorume	Semanal
Manutenção dos dispositivos de coleta e encaminhamento dos gases	Diária
Verificação do sistema de cobertura das plataformas	Semanal
Limpeza e manutenção das vias de acesso	Semanal
Inspeção e manutenção dos instrumentos de monitoramento	Mensal
Limpeza e manutenção dos veículos e equipamentos	Diária
Sistema de fiscalização, controle e inspeção dos resíduos	Diária
Limpeza e manutenção do sistema de tratamento de chorume	Semanal
Controle da saúde dos funcionários	Semestral

### **i) Monitoramento**

A seguir, estão apresentados os principais instrumentos que a futura CONCESSIONÁRIA terá de instalar para realizar o monitoramento do maciço da célula de resíduos de Classe I.

Os fatores relevantes monitorados estão apresentados, a seguir.

#### **i.1) Águas Subterrâneas**

Para o monitoramento das águas subterrâneas no entorno da Célula de Inertes está proposta a instalação de quatro poços de monitoramento.

Os poços de monitoramento deverão ser alocados após o estudo hidrogeológico do local. Estes dispositivos de monitoramento deverão atender às exigências da ADASA e



estarem de acordo com a NBR 13895 - Construção de Poços de Monitoramento e Amostragem.

O poço de monitoramento deverá ser construído em PVC geomecânico, DN= 4", liso (revestimento) ou filtro, CAP fêmea rosca trapezoidal e CAP pressão. O tubo deverá sobressair, no mínimo, 20 cm em relação ao nível do solo.

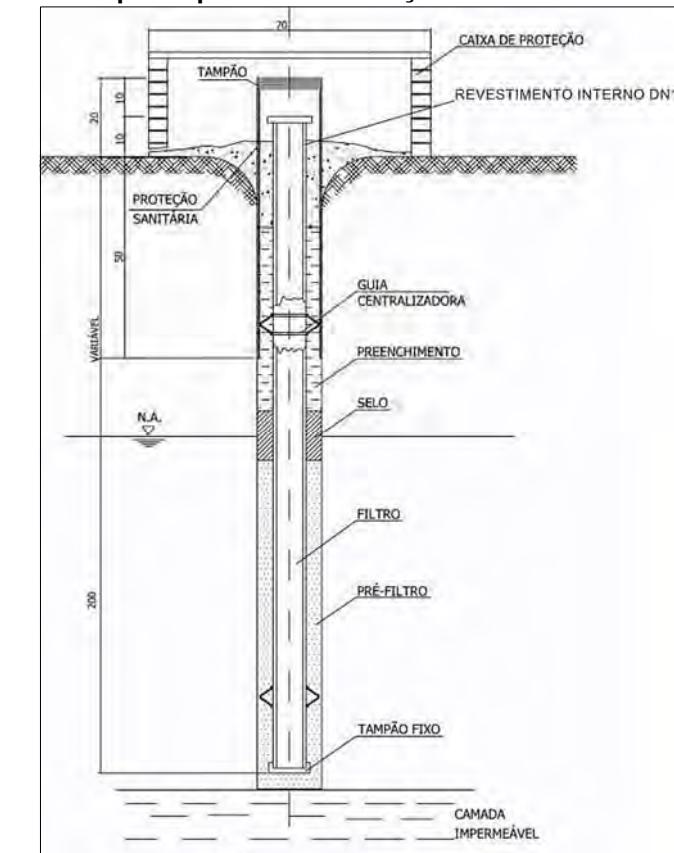
O instrumento deverá ser protegido na extremidade superior em caixa de alvenaria ou tubo de aço, com diâmetro mínimo de 100 mm, com a identificação de forma indelével, permanente e de fácil visualização em sua tampa ou laje de proteção sanitária. Na extremidade inferior constará uma câmara de tomada de pressão, materializada por uma placa ou ponteira porosa, ou por orifícios ou rasgos executados nas paredes do tubo.

O poço de monitoramento também deverá contar com:

- ✓ Filtro de PVC: ranhura deverá ser de 2 a 3 mm e a distância entre as ranhuras de, aproximadamente, 1 cm;
- ✓ Pré-filtro: entre o filtro e a parede de perfuração constituindo-se de areia lavada de grãos quartzos ou pedriscos de quartzo;
- ✓ Proteção sanitária: formada por selo sanitário em argamassa de cimento da extremidade superior do espaço anular com 30 cm e laje de proteção em piso de argamassa, construída com pequeno declive ao redor da boca do poço;
- ✓ Tampão: removível e com chaveamento;
- ✓ Preenchimento: entre a parede de perfuração e a superfície externa do tubo de revestimento com solo da escavação, em toda a extensão não saturada (acima do nível da água).

A figura, a seguir, apresenta um croqui esquemático do poço de monitoramento.

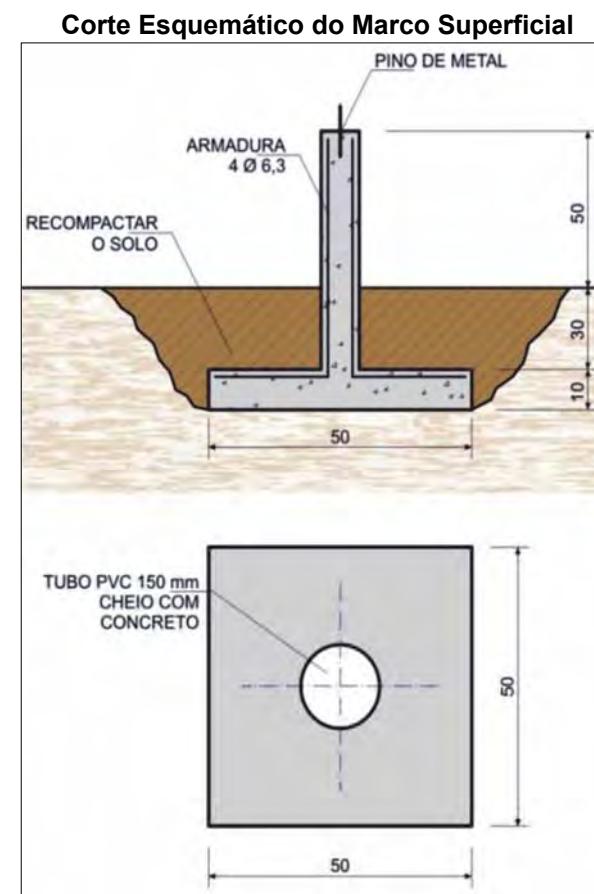
**Croqui Esquemático do Poço de Monitoramento**



## i.2) Geotécnico

O monitoramento geotécnico dos taludes das células terá de ser realizado a partir da instalação de 12 marcos de referência de recalque e dois marcos físicos.

Para o monitoramento do maciço serão utilizados marcos superficiais (instalados no maciço durante a fase de operação) juntamente com marcos fixos e irremovíveis, implantados fora da área do Aterro (referência de nível e posição relativa). A partir daí, serão observados, por levantamento topográfico, os deslocamentos horizontais e verticais (recalques) dos marcos superficiais. Portanto, a diferença de nível entre o marco superficial (dentro da célula) e o marco fixo (fora da célula) representa o recalque do maciço.



#### j) Desenlonador de Caminhões

Para aumentar a eficiência operacional durante o processo de carga e descarga dos veículos, a futura CONCESSIONÁRIA deverá prever a instalação de um desenlonador.

Ressalta-se que, os marcos superficiais deverão ser instalados, à medida em que os taludes serão finalizados totalmente sobre a camada impermeabilizante superior. Os marcos serão constituídos de concreto, com armação de 4 barras de 6,3 mm.

A estrutura possuirá dimensão quadrada de 50 x 50 cm e altura de 10 cm. No centro geométrico posicionar-se-á o tubo vertical de PVC de 150 mm com 80 cm de altura, preenchido com concreto e com pino metálico em sua ponta.

O marco deverá ser enterrado a 40 cm no solo (marco fixo) ou sobre o maciço de inertes (marco superficial), para que o tubo vertical fique 50 cm acima do nível do solo. Os marcos deverão ser devidamente identificados com as marcações (MF), para o marco fixo e (MS), para o marco superficial, em numeral conforme indicado em projeto.



## 1.4.2. Módulo 2 - Estação de Triagem de Recicláveis

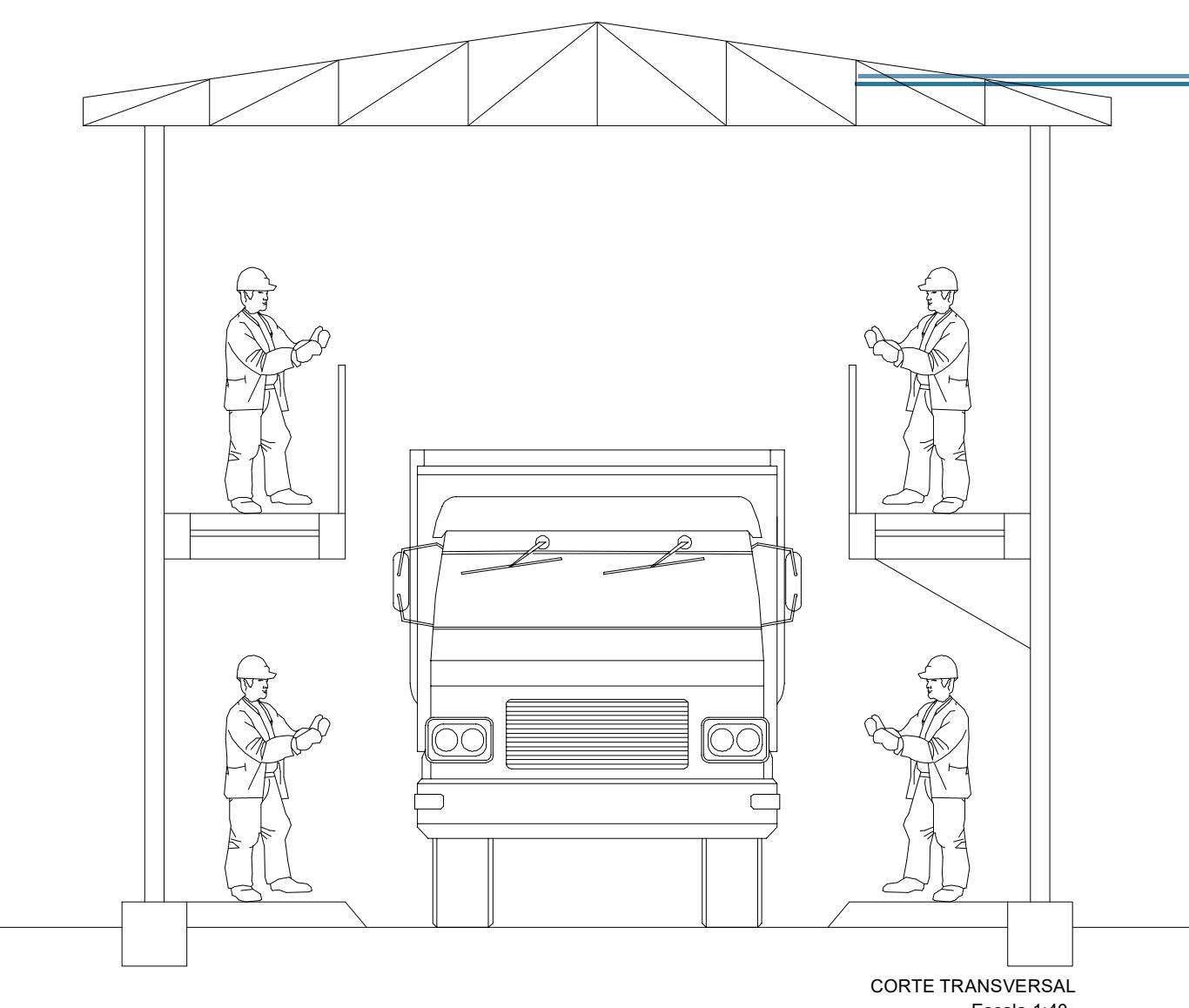
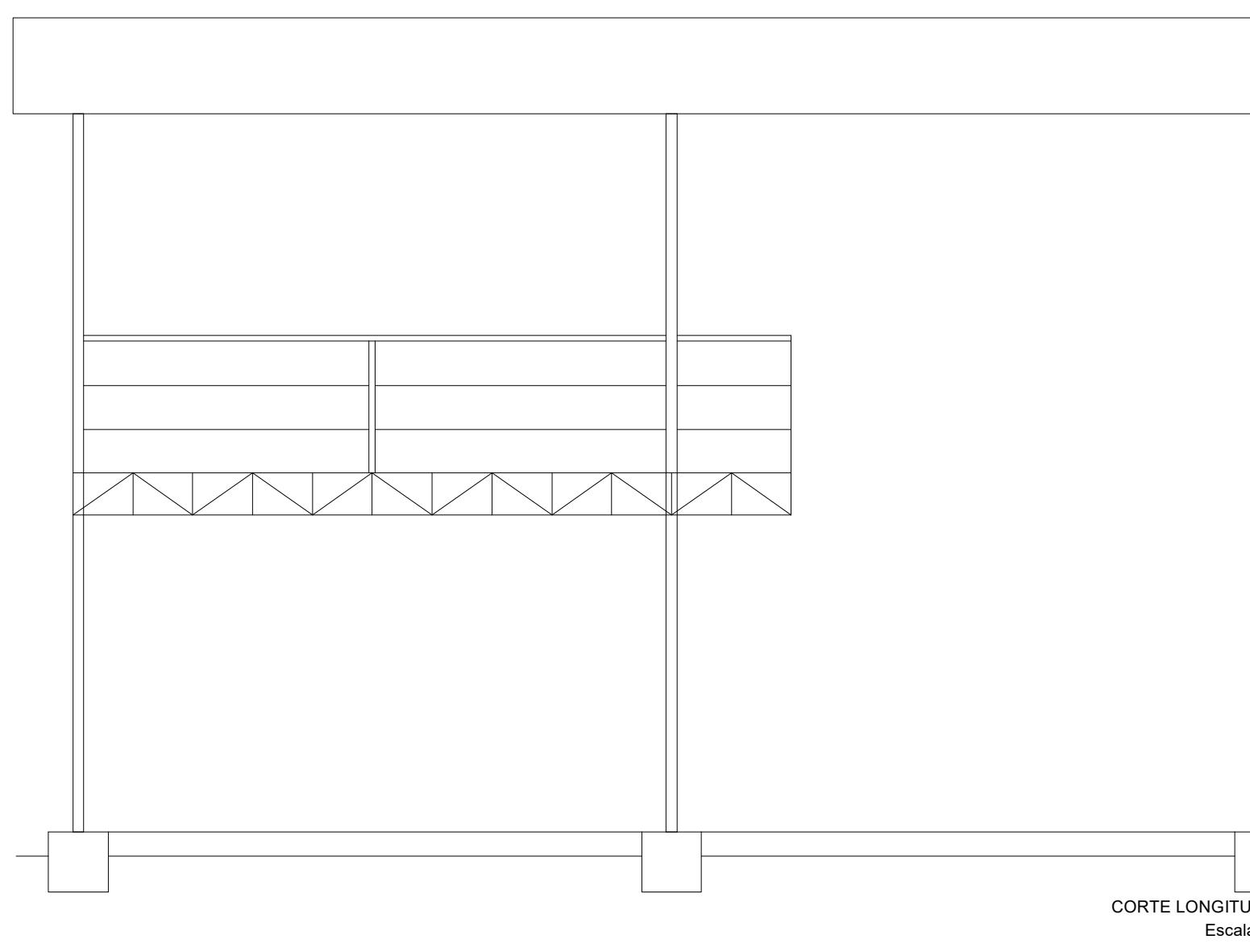
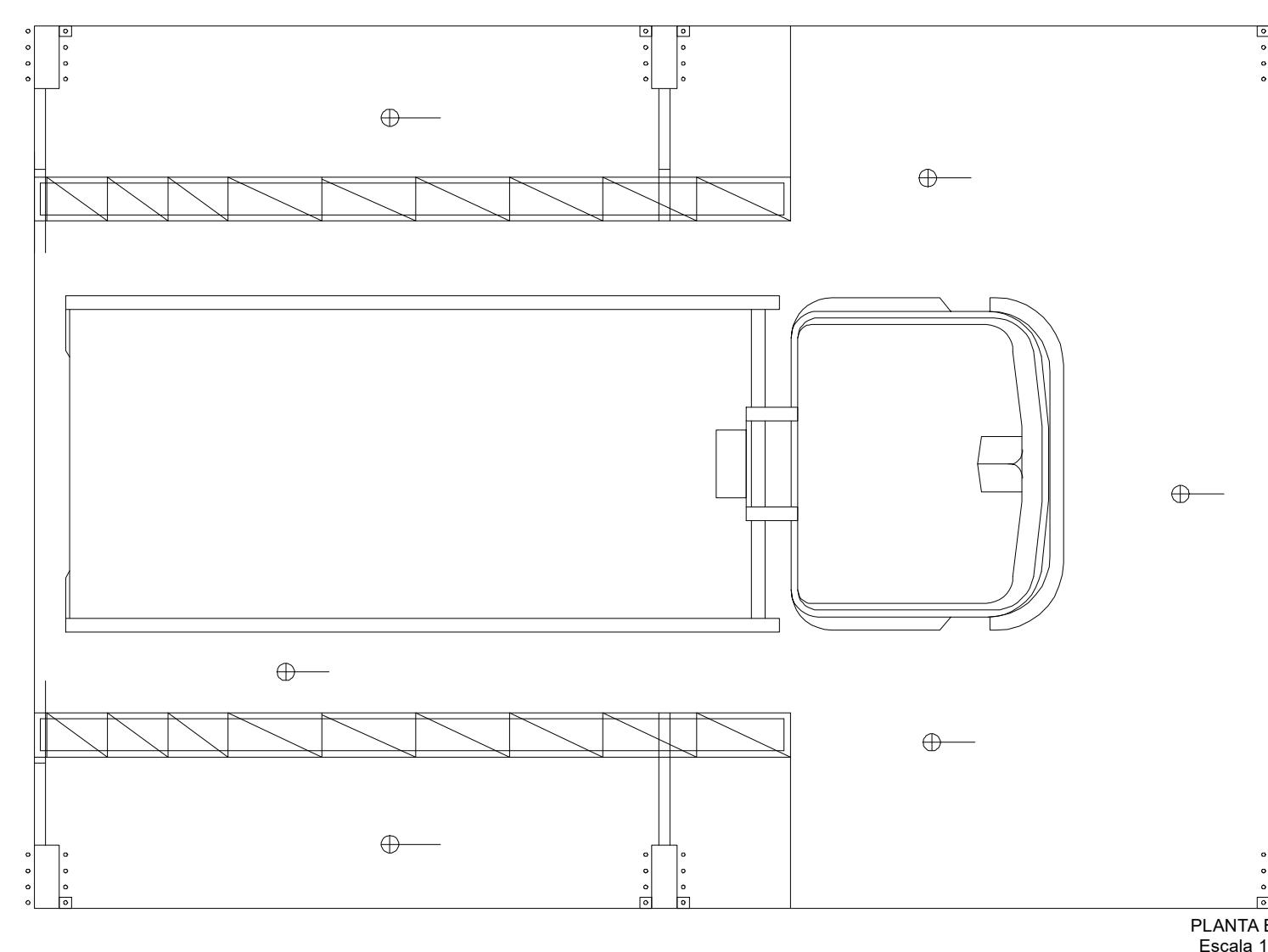
### 1.4.2.1. Introdução

Neste item está apresentada a descrição da tecnologia proposta para este Módulo Operacional, a qual compreenderá a instalação de uma Estação de Triagem de Recicláveis para processar os resíduos sólidos urbanos provenientes da coleta direta que não passará por tratamento prévio.

Da mesma forma, estão descritos os sistemas e componentes que fazem parte do arranjo tecnológico proposto, bem como os parâmetros adotados, condições e memorial de cálculo.

### 1.4.2.2. Localização

A Estação de Triagem de Recicláveis será construída no limite sul da atual área do ASB, próxima à atual área administrativa e oficina de manutenção.



PROJETO REALIZADO DO ACORDO COM AS SEGUINTE NORMAS TÉCNICAS:

- ABNT NBR 8419:1992 - APRESENTAÇÃO DE PROJETOS DE ATERROS SANITÁRIOS DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS - PROCEDIMENTO;
- ABNT NBR 13896:1997 - ATERROS DE RESÍDUOS NÃO PERIGOSOS - CRITÉRIOS PARA PROJETO, IMPLANTAÇÃO E OPERAÇÃO;
- ABNT NBR 10.157:1987 - ATERROS DE RESÍDUOS PERIGOSOS - CRITÉRIOS PARA PROJETO, CONSTRUÇÃO E OPERAÇÃO;
- ABNT NBR 8418:1984 - APRESENTAÇÃO DE PROJETOS DE ATERROS DE RESÍDUOS INDUSTRIAS PERIGOSOS - PROCEDIMENTO E ABNT NBR 10004:2004 - RESÍDUOS SÓLIDOS - CLASSIFICAÇÃO.



### 1.4.2.3. Descritivo Operacional e Capacidade de Processamento

A Estação de Triagem de Recicláveis promoverá o processo de seleção, de maneiras manual e mecanizada, convertendo eficientemente os resíduos sólidos urbanos brutos em recicláveis. Como resultado do processo de triagem, serão gerados três diferentes tipos de produtos: (1) Materiais Recicláveis, (2) Fração Orgânica de Resíduos Sólidos Urbanos (FORSU) e (3) Rejeitos, conforme descritos a seguir:

- ✓ Os materiais recicláveis, como: plásticos, papéis, vidros, metais e outros serão enfardados, pesados e comercializados com empresas recicadoras. A receita resultante da comercialização dos resíduos será destinada às cooperativas e associações de catadores do Distrito Federal;
- ✓ A FORSU será enviada para a Trituração na unidade de recebimento de orgânicos, para o posterior processamento na Usina de Biodigestão descrita no Módulo 3;
- ✓ Os materiais classificados como rejeitos serão enviados para o processamento na Usina de Tratamento Térmico descrita no Módulo 4.

A capacidade de processamento da Estação de Triagem de Recicláveis será de 620 t/dia, operando em dois turnos de 8 horas. Estarão divididas em duas linhas de processamento, cada uma com capacidade para processar 310 t/dia.

No primeiro ano de operação ocorrerá o processamento de 528,36 t/dia, e no último ano, 611,31 t/dia. Com o aumento da produtividade, não será necessário, ao longo da Concessão, ampliar a sua estrutura, nem o horário de funcionamento.

Cabe destacar que, em função da tecnologia adotada, do grau de automação dos equipamentos de seleção, e processo de aprendizado da equipe de coletores manuais, a performance no primeiro ano de operação da Planta, em 2026, está estimada em 7,5% de recuperação de resíduos recicláveis se comparados ao total bruto que entrará no

Módulo de Triagem. A performance será aumentada gradativamente 0,5% ao ano, até atingir a máxima eficiência de 12%, que será alcançada no ano de 2035.

Na tabela a seguir está apresentado o balanço de massas previsto para a operação da Estação de Triagem de Recicláveis, durante o período de Concessão.

Balanço de Massas para a Estação de Triagem de Recicláveis

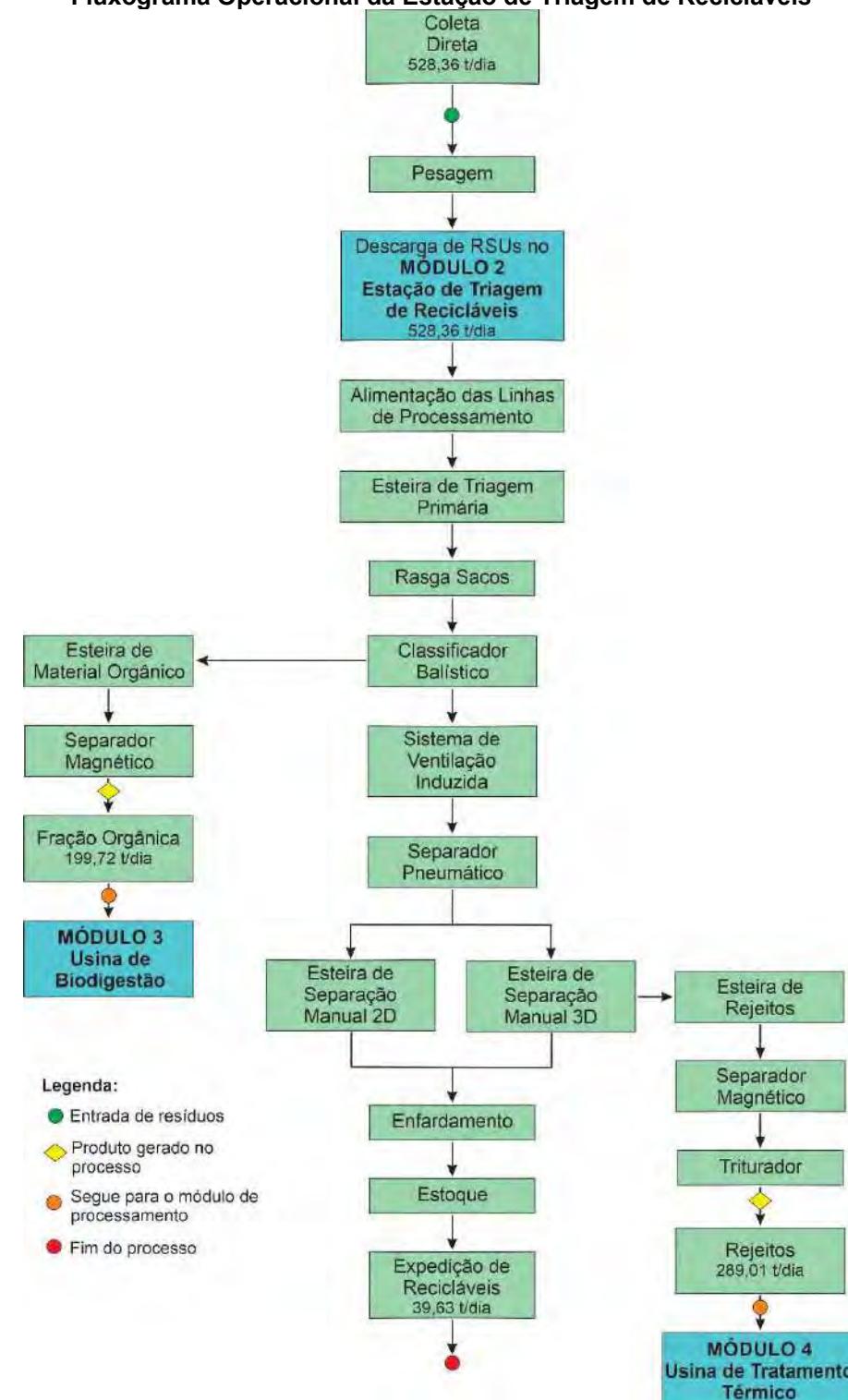
Ano da Concessão	Calendário	Resíduos da Coleta Direta (t/dia)	Performance no Aumento dos Recicláveis	Recicláveis (t/dia)	Fração Orgânica (t/dia)	Rejeitos (t/dia)
0	2023	-	-	-	-	-
1	2024	-	-	-	-	-
2	2025	-	-	-	-	-
3	2026	528,36	7,50%	39,63	199,72	289,01
4	2027	533,78	8,00%	42,70	201,77	289,31
5	2028	539,02	8,5%	45,82	203,75	289,46
6	2029	544,10	9,0%	48,97	205,67	289,46
7	2030	548,99	9,5%	52,15	207,52	289,32
8	2031	553,72	10,0%	55,37	209,31	289,04
9	2032	558,28	10,5%	58,62	211,03	288,63
10	2033	562,68	11,0%	61,90	212,69	288,09
11	2034	566,92	11,5%	65,20	214,29	287,43
12	2035	570,98	12,0%	68,52	215,83	286,63
13	2036	574,87	12,0%	68,98	217,30	288,58
14	2037	578,57	12,0%	69,43	218,70	290,44
15	2038	582,08	12,0%	69,85	220,03	292,21
16	2039	585,41	12,0%	70,25	221,29	293,88
17	2040	588,55	12,0%	70,63	222,47	295,45
18	2041	591,50	12,0%	70,98	223,59	296,93
19	2042	594,25	12,0%	71,31	224,63	298,31
20	2043	596,80	12,0%	71,62	225,59	299,59
21	2044	599,17	12,0%	71,90	226,49	300,78
22	2045	601,34	12,0%	72,16	227,31	301,87
23	2046	603,33	12,0%	72,40	228,06	302,87
24	2047	605,12	12,0%	72,61	228,74	303,77
25	2048	606,73	12,0%	72,81	229,34	304,58
26	2049	608,16	12,0%	72,98	229,88	305,29
27	2050	609,39	12,0%	73,13	230,35	305,92
28	2051	610,44	12,0%	73,25	230,75	306,44
29	2052	611,31	12,0%	73,36	231,07	306,88
30	2053	611,98	12,0%	73,44	231,33	307,22

Fonte: MEIOESTE AMBIENTAL



O fluxograma operacional da Estação de Triagem de Recicláveis com os destinos de cada subproduto gerado no processo e os quantitativos previstos para o primeiro ano de operação está apresentado na figura, a seguir.

**Fluxograma Operacional da Estação de Triagem de Recicláveis**



Fonte: MEIOESTE AMBIENTAL



#### 1.4.2.4. Dimensionamento da Estação de Triagem de Recicláveis

Neste tópico estão descritos os dimensionamentos do sistema e os componentes da estação de triagem, bem como o arranjo tecnológico proposto, que contempla as separações mecânica e manual.

Importante destacar que, estão disponíveis no mercado diversos equipamentos de triagem de recicláveis, de fabricações nacional e importada, e caberá à futura CONCESSIONÁRIA optar pela alternativa que ofereça a maior confiabilidade, performance e durabilidade e apresente a melhor relação custo x benefício.

Para o estudo deste PMI foram utilizados os equipamentos de empresas estabelecidas no mercado, com plantas em operação que apresentam bons índices de recuperação similares ao projetado.

##### 1.4.2.4.1. Estrutura Física

A área edificada da estação de triagem será de 4.332,00 m<sup>2</sup>, dividida em cinco áreas operacionais, conforme consta na tabela e nos croquis, a seguir.

**Áreas Operacionais da Estação de Triagem**

Áreas Operacionais	Dimensão (m)	Área (m <sup>2</sup> )
Área de descarga de RSUs	40,00 x 20,00	800,00
Área de triagem de RSUs	55,00 x 40,00	2.200,00
Área de carregamento de rejeitos	35,00 x 10,00	350,00
Área de carregamento de FORSU	35,00 x 10,00	350,00
Área de carregamento de materiais recicláveis	40,00 x 15,80	632,00
<b>Total</b>		<b>4.332,00</b>

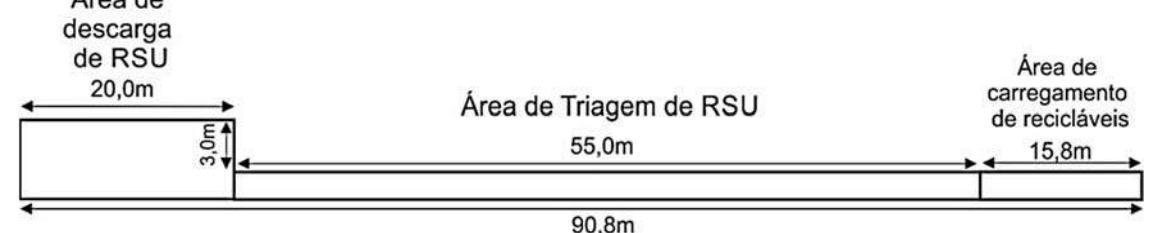
Fonte: MEIOESTE AMBIENTAL

**Croqui com o Arranjo Geral dos Compartimentos que Constituem a Edificação da Estação de Triagem de Recicláveis**



Fonte: MEIOESTE AMBIENTAL

**Croqui com a Seção Longitudinal da Edificação**



Fonte: MEIOESTE AMBIENTAL

A descrição pormenorizada de cada área operacional está apresentada, a seguir.

##### a) Área de Descarga

A área de descarga de RSUs brutos tem 800 m<sup>2</sup>, totalmente coberta, a base será construída sobre um piso de concreto armado impermeabilizado. Desta forma, facilitando a movimentação dos resíduos e a coleta de líquidos da lavagem dos pisos.



Os líquidos serão coletados em canaletas laterais instaladas sobre a base de concreto e direcionados para a caixa de coleta de lixiviados. Cabe destacar que, o piso de descarga será 3,0 m mais alto em relação aos demais Módulos Operacionais.

#### **b) Área de Triagem**

A área de triagem tem 2.400,00 m<sup>2</sup>, totalmente coberta e construída sobre um piso de concreto armado impermeabilizado com sistema de coleta de líquidos de lavagem dos pisos.

Nesta área serão instalados todos os equipamentos necessários para o eficiente processo de triagem dos RSUs, como esteiras, separadores, classificadores, trituradores, entre outros equipamentos.

#### **c) Área de Carregamento de Rejeitos**

A área de carregamento de rejeitos tem 350,00 m<sup>2</sup>, será coberta e com piso de concreto impermeabilizado.

Os rejeitos serão enviados para o processamento na Usina de Tratamento Térmico prevista no Módulo 4.

#### **d) Área de Carregamento de FORSU**

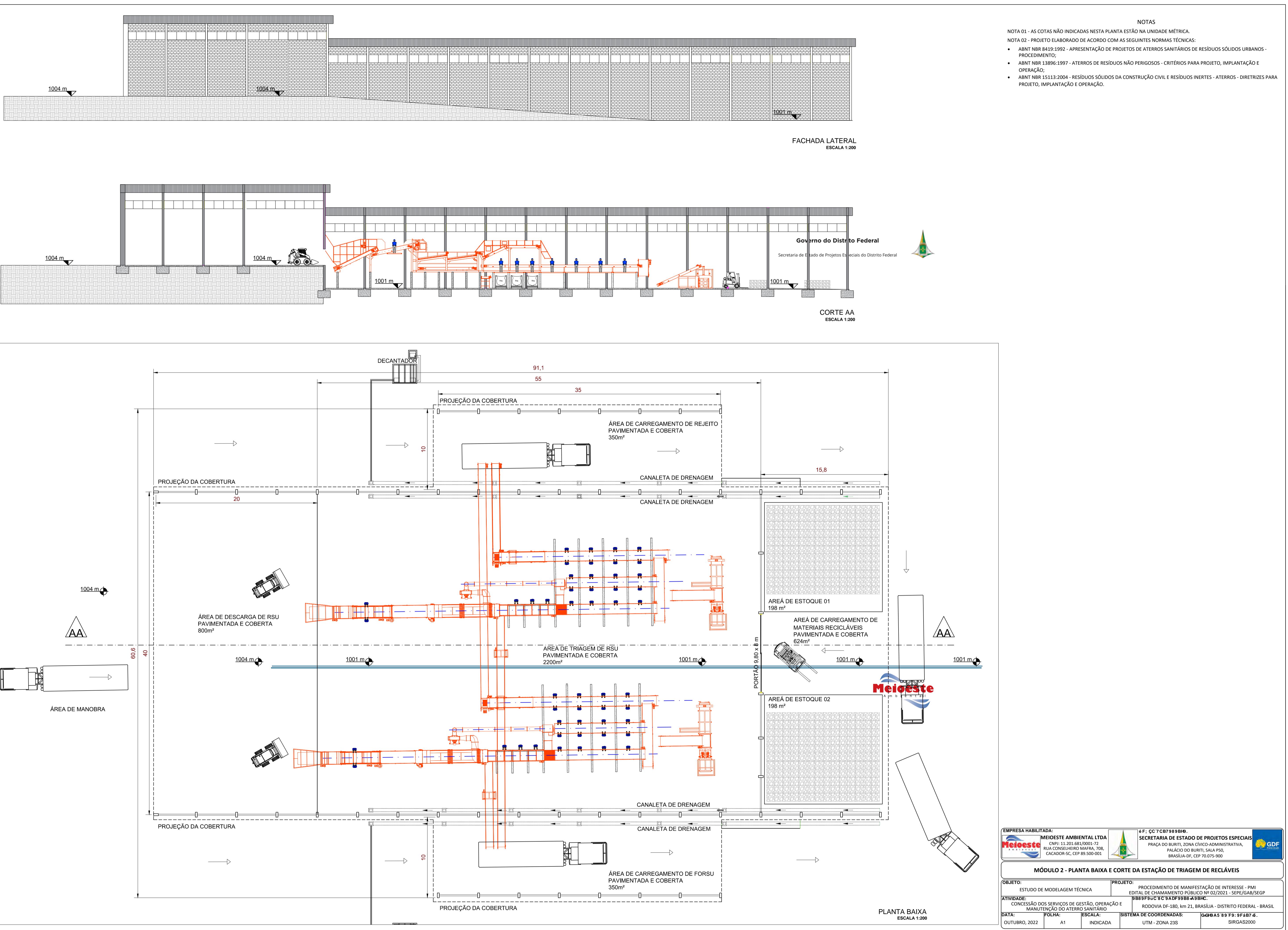
A área de carregamento de FORSU tem 350,00 m<sup>2</sup>, será coberta e com piso de concreto impermeabilizado.

A FORSU será enviada para o processamento na Usina de Biodigestão prevista no Módulo 3.

#### **e) Área de Carregamento de Materiais Recicláveis**

A área de carregamento de materiais recicláveis tem 632,00 m<sup>2</sup>, será coberta e devidamente impermeabilizada onde ocorrerá o estoque e o carregamento dos materiais recicláveis.

O desenho, a seguir, também está inserido no Anteprojeto da Estação de Triagem Mecânica - Planta Baixa e Corte e, também, no Volume Anexo ao Caderno Técnico 1.





#### 1.4.2.4.2. Aspectos Construtivos

O galpão da Estação de Triagem de Recicláveis será composto por uma estrutura de concreto armado impermeabilizado, fechamento vertical em alvenaria e fechamento superior em cobertura metálica ou equivalente.

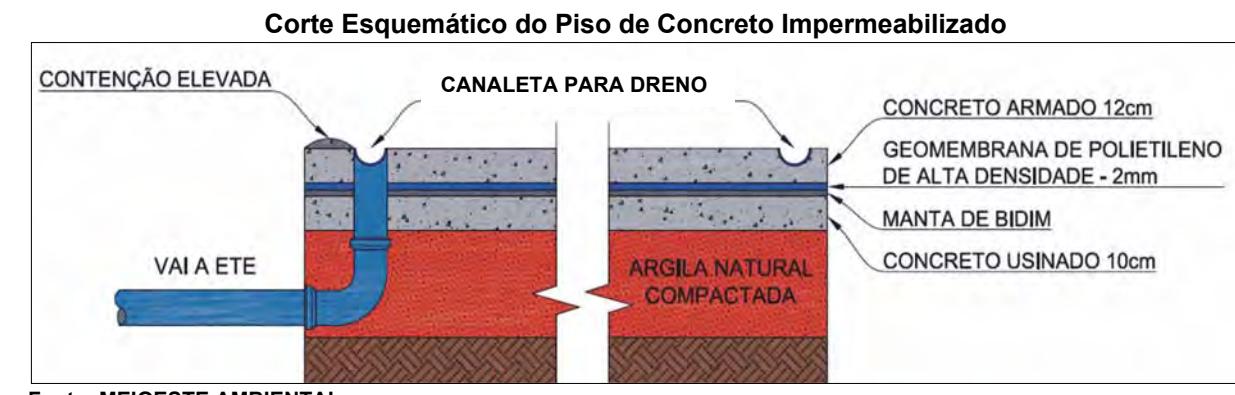
Os acessos de entorno para a chegada e saída dos caminhões transportadores de resíduos serão pavimentados, com a aplicação de concreto asfáltico em camada de rolamento ou similar.

A estrutura do galpão será dividida em dois níveis, sendo que as áreas de manobras e de descarga de RSUs estarão 3,00 m acima do restante das demais áreas úteis.

O galpão terá, minimamente, os seguintes elementos construtivos:

- ✓ Paredes externas: em blocos cerâmicos furados de 19 x 19 x 39 cm, com espessura de 19 cm. A alvenaria poderá ser substituída, total ou parcialmente, por sistemas de placas cimentícias ou similares, desde que mantenham os níveis mínimos de estanqueidade e conforto térmico/acústico. Acabamento em tinta látex acrílico ou equivalente;
- ✓ Paredes internas: em blocos cerâmicos furados de 14 x 19 x 39 cm, com espessura de 14 cm. A alvenaria poderá ser substituída, total ou parcialmente, por sistemas de placas cimentícias ou similares, desde que mantenham os níveis mínimos de estanqueidade e conforto térmico/acústico. Acabamento em tinta látex acrílico ou equivalente;
- ✓ Piso: será composto por diferentes camadas, sendo o conjunto formado por: (i) piso de concreto armado (12 cm), com canaleta para a drenagem e contenção elevada; (ii) geomembrana em PEAD (2 mm); (iii) manta de bidim; (iv) contrapiso de concreto (10 cm) e (v) argila natural compactada (15 cm). No WC e na área de lavagem será executada uma camada extra de revestimento em piso cerâmico ou equivalente.

A figura, a seguir, apresenta um croqui com o corte esquemático do piso de concreto que será construído para a estrutura.



Fonte: MEIOESTE AMBIENTAL

As áreas de triagem e carregamento de resíduos serão devidamente impermeabilizadas. Nos pisos serão instaladas canaletas metálicas de drenagem. Para tanto, o galpão possuirá canaletas de drenagem, conforme a figura, a seguir, para a coleta das águas residuais sobre o piso impermeabilizado e o posterior encaminhamento dos efluentes em direção à caixa decantadora, localizada próxima à área de carregamento da fração orgânica de RSUs, conforme pode ser visto nos exemplos da figura, a seguir.

Exemplo de Instalação de Canaletas em Piso de Concreto Impermeabilizado



Fonte: <http://sindipetro.com.br/site/canaletas-de-contencao>



Os efluentes originários da limpeza serão direcionados para as canaletas de contorno das paredes, que os encaminharão para a caixa de acumulação e o posterior tratamento a ser realizado na Estação de Tratamento de Efluentes prevista no Módulo 6.

Neste tipo de instalação será essencial o monitoramento das condições básicas de limpeza das canaletas, em virtude de possíveis obstruções por resíduos sólidos e sedimentos, os quais deverão ser removidos, periodicamente, durante a limpeza do piso do galpão.

O tanque decantador terá um volume útil de reserva de 8,75 m<sup>3</sup>, com dimensões úteis de 2,5 x 2,5 x 1,4 m e dimensões totais de 2,8 x 2,8 x 1,9 m.

Para reduzir o consumo de água nos processos de limpeza dos pisos e equipamentos, será realizado o aproveitamento das águas pluviais, que incidirão sobre o galpão de triagem. Consequentemente, a utilização desta fonte alternativa poderá colaborar para a redução dos custos mensais de consumo de água.

#### **1.4.2.4.3. Arranjo Tecnológico**

A triagem consiste em um conjunto de etapas somadas, as quais permitem que todos os resíduos sólidos urbanos sejam separados conforme a sua classificação, a partir de um processo de funcionamento baseado em princípios físicos, tais como: magnetismo, densidade, peso, força e deslocamento.

Os principais equipamentos eletromecânicos que compõem a Estação Triagem são os seguintes:

##### **a) Alimentador de Resíduos**

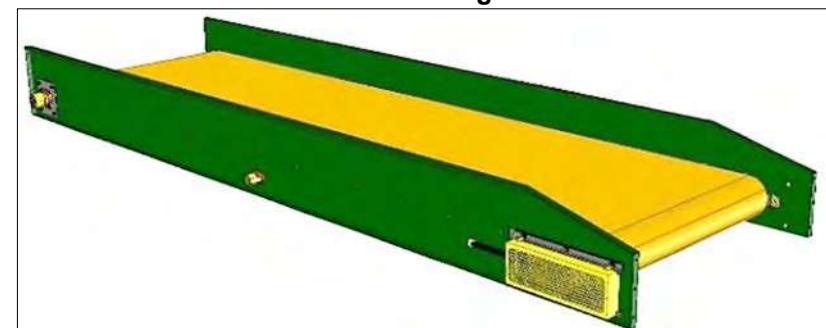
A entrada dos resíduos na planta de triagem ocorre no alimentador. Este equipamento será composto por moega, correntes transportadoras e reinjetores automáticos.

O equipamento é totalmente automatizado, dispondo de inversor de frequência para ajustes de velocidade, com sensores de segurança para o atendimento às Normas NR 10 e NR 12.

##### **b) Esteira**

Esteira de pickings de 60" acionada por redutores e lona de PVC com plataformas e estrutura de fixação, sensores de segurança para o atendimento às Normas NR 10 e da NR 12.

**Esteira de Pickings de 60"**





### c) Rasga Sacos

Rasgador de sacolas de 60" será acionado por motorredutor coaxial com inversor de frequência, rolamentos de carga radial e axial, rotor com dentes radiais e contradentes axiais de aço 1075, com estrutura de fixação com plataforma atendendo à Norma NR 12.



### d) Separador Balístico

A separação dos resíduos orgânicos será realizada por equipamento denominado de separador balístico de 60" acionado por motorredutores e interligados por correntes duplas asa 60, com rolamentos autocompensadores.

Inclui uma estrutura metálica que sustenta dois estágios de rolos balizadores, fixados em eixos compostos de discos primários e secundários, tendo cada um a mesma forma posicionado lateralmente em um eixo longitudinal alinhado com o disco menor em um eixo adjacente com plataforma metálica, atendendo à Norma NR 12.



### e) Separador Pneumático

Separador pneumático composto de câmeras internas metálicas, ventilador de vazão induzida em 21.000 m<sup>3</sup>/h, tangencial de separação com tela rotativa e válvula de descarga, motores com inversores de frequência, redutores e estrutura metálica e tubulações com plataformas e proteções atendendo às Normas NR 10 e NR 12.





#### f) Esteira Coletora

Esteira coletora de 36" dos resíduos orgânicos e rejeito lona em PVC e estrutura metálica e sensores de segurança, para o atendimento às Normas NR 10 e NR 12.

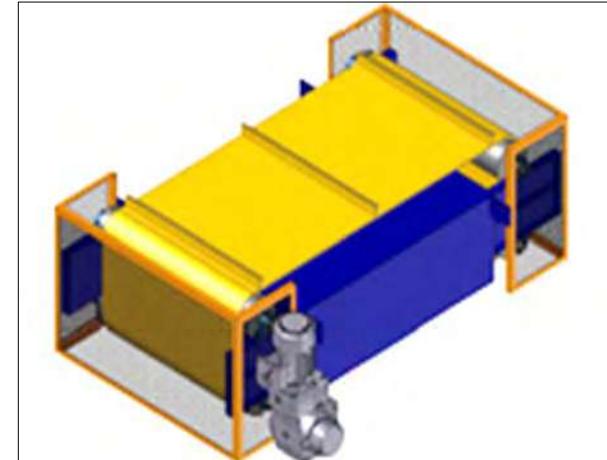
A dimensão dos materiais na entrada deverá ser < 800 mm e a capacidade será de, aproximadamente, 10 - 11 t/h com 90% < 50 mm, dependendo da característica do material e modo de alimentação.

#### g) Separador Magnético

Equipamento para a separação dos metais ferrosos. Sistema por indução que detecta aços inoxidáveis e metais residuais e os classificam pela separação magnética.

Terá capacidade de 16 horas/dia de operação, 2 turnos/dia, 6 dias/semana, o que corresponde a cerca de 5.000 horas/ano.

**Separador Magnético**

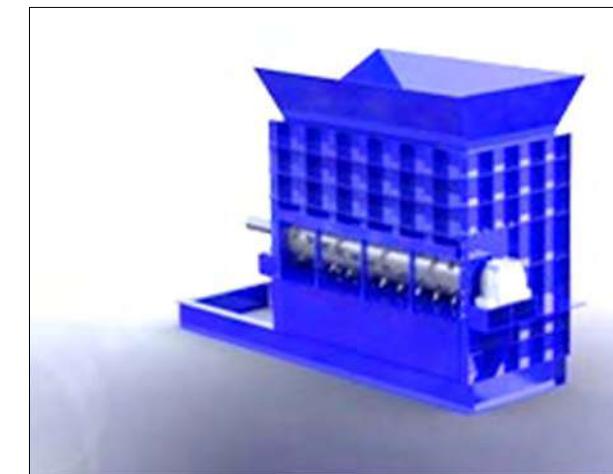


#### h) Trituradores

Equipamento para a Trituração dos resíduos não recicláveis, cuja forma de alimentação será por correia transportadora.

Os materiais terão umidade < 35% e densidade de entrada de, aproximadamente, 200 a 250 kg/m<sup>3</sup>.

**Triturador**



#### i) Desidratador

O desidratador é um equipamento adicional que será instalado na linha de triagem, que tem como função extrair de forma mecânica, a fração orgânica dos resíduos e separar as impurezas do material orgânico, aferindo mais qualidade e homogeneidade para a fração orgânica.

**Desidratador****Material Orgânico Gerado após o Processo de Desidratação do Resíduo, o qual Será Enviado para o Processamento na Usina de Biodigestão****Material Inorgânico Gerado após o Processo de Desidratação do Resíduo, o qual Será Enviado para o Processamento na Usina de Tratamento Térmico**

### **1.4.2.5. Descrição do Processo Operacional**

A Estação de Triagem de Recicláveis está estruturada de forma que todos os equipamentos operem devidamente encadeados em duas linhas de processamento de resíduos. A opção pelo processamento em duas linhas operacionais foi adotada para assegurar que a planta sempre opere com a capacidade plena, mesmo quando ocorrer o desligamento de um equipamento ou a paralisação de toda uma linha de processamento para a realização de manutenções.

Nos itens, a seguir, consta a descrição dos principais aspectos operacionais e dos equipamentos utilizados no processo de triagem.

#### **a) Área de Recepção de Resíduos**

Após a inspeção e a pesagem dos veículos coletores/transportadores de resíduos, estes serão encaminhados para a área de descarga de RSUs da unidade de triagem.

#### **b) Alimentação das Linhas de Processamento**

Com o auxílio de uma pá carregadeira, os resíduos serão direcionados para embocadura dos alimentadores automáticos das duas linhas de triagem, iniciando assim, o processo de seleção dos materiais.

#### **c) Esteira de Triagem Primária**

Na esteira de triagem primária ocorre a primeira etapa de seleção dos materiais, os quais serão inspecionados visualmente, podendo ocorrer a eventual retirada de resíduos não aproveitáveis.



#### **d) Rasgador**

Os resíduos transportados pela esteira primária serão enviados para o rasgador, o qual tem a função de promover a liberação dos resíduos que são acondicionados principalmente em sacolas.

#### **e) Classificador Balístico**

No classificador ou separador balístico ocorrerá a separação dos materiais nas frações caracterizadas como “finos”, “rolantes” e “planos”. O equipamento é constituído por um conjunto de barras perfuradas, que em movimento contínuo com trepidação separa os materiais.

Os materiais finos passam pelas perfurações das barras e, posteriormente, serão encaminhados por gravidade para uma caixa situada no piso inferior; já os materiais rolantes, que pelo seu volume, rolam no sentido mais baixo do classificador balístico. Por fim, os materiais com forma plana, mais leves e flexíveis, serão empurrados no sentido ascendente do balístico, devido ao atrito provocado pelo contato com as barras em movimento.

#### **f) Esteira de Saída de Material Orgânico**

A esteira de material orgânico tem a função de coletar o material orgânico segregado no separador balístico e enviar para a área de carregamento da FORSU. O material orgânico segregado nesta etapa do processo será transportado para processamento na Usina de Biodigestão prevista no Módulo 3.

#### **g) Sistema de Ventilação Induzida**

O sistema de ventilação induzida auxiliará na separação dos resíduos, por meio das diferenças de densidade em resposta ao fluxo de ar canalizado com velocidade e, assim, separando os resíduos de menor densidade daqueles de maior densidade.

#### **h) Separador Magnético**

No separador magnético ocorrerá a detecção de pequenas frações de aços inoxidáveis e metais residuais que possam estar presentes na fração orgânica, que será enviada para o processo de biodigestão e também no rejeito que será enviado para o processo de tratamento térmico.

#### **i) Esteira de Separação Manual**

Com a implementação de duas linhas de operação, serão instaladas seis esteiras de seleção manual. A triagem do material ocorrerá normalmente ao longo das esteiras, as quais serão reguladas, de tal modo a permitir uma seleção adequada e eficiente dos resíduos. Os materiais selecionados serão colocados sobre calhas localizadas em ambos os lados da esteira e, por gravidade, conduzidos e acondicionados nas divisórias para cada tipo de material.

#### **j) Trituradores**

Os trituradores serão instalados no final das linhas de triagem e utilizados para triturar a FORSU e os rejeitos, reduzindo o volume e facilitando o transporte destes materiais até os módulos de processamento.



### **k) Desidratador**

Após a Trituração da fração orgânica e dos rejeitos, o material será enviado para o desidratador, que tem a função de realizar a extração mecânica da fração orgânica dos resíduos que passaram pelos processos anteriores.

Esta etapa adicional do processo é importante para homogeneizar e separar as impurezas da fração orgânica, deixando-a na composição correta para a entrada nos biodigestores do Módulo 3.

### **l) Prensa Horizontal**

A prensa será utilizada para o enfardamento dos materiais recicláveis, nos padrões adotados pelo mercado de reciclados, assim reduzindo, o custo de transporte.

#### **1.4.2.6. Qualificação dos Coletores**

O sucesso da atividade de reciclagem depende principalmente dos profissionais que operam os equipamentos e efetuam a seleção manual dos materiais recicláveis na Estação de Triagem de Recicláveis. A qualificação e reconhecimento destes profissionais são premissas imprescindíveis para o bom funcionamento da atividade.

A CONCESSIONÁRIA deverá qualificar os profissionais oferecendo a possibilidade de evolução socioeconômica. Para isso, propõe-se um processo de qualificação baseados em dois Módulos:

- ✓ Manejo e beneficiamento de resíduos sólidos para a Reciclagem
  - Contempla a identificação dos materiais, técnicas de manejo, acondicionamento para transporte, descarte na coleta, transporte, triagem por seleção e por classificação, acondicionamento para a venda, pesagem, comercialização e descarte

pós-triagem de inservíveis. Práticas de saúde, higiene, segurança, manutenção e cuidado ambiental.

### ✓ Gestão dos resíduos sólidos do Distrito Federal

- Contextualiza a relação entre a Estação de Triagem do ASB e as cooperativas de catadores e IRRs. Aprendizado sobre as metas associadas à Política Nacional de Resíduos Sólidos. Desenvolvimento pessoal e de cidadania. Conhecimento das profissões envolvendo a reciclagem conforme a Classificação Brasileira de Ocupações. Educação sobre os aspectos sociais e ambientais e a importância da hierarquia do tratamento de resíduos.

A qualificação dos profissionais de triagem é essencial para atingimento de metas e sucesso do Empreendimento que pretende ser referência no Brasil em gestão dos seus recursos humanos e em eficiência e produtividade. Para isso, uma instrução que assegure o acesso, a permanência e o êxito do profissional no setor formal torna-se fator preponderante.

#### **1.4.2.7. Encaminhamento dos Subprodutos aos Demais Módulos do Empreendimento**

Ao final do processo de triagem, os subprodutos serão encaminhados para os seguintes Módulos do Empreendimento:

- ✓ A fração orgânica segregada dos resíduos sólidos urbanos será encaminhada para processamento na Usina de Biodigestão, conforme previsto no Módulo 3;
- ✓ Os rejeitos serão encaminhados para processamento na Usina de Tratamento Térmico do Módulo 4.



Para os materiais recicláveis estão apresentadas duas alternativas:

- ✓ Alternativa (A): destinar os materiais recicláveis diretamente às cooperativas e associações de catadores, em critério estabelecido pela SLU e sob a sua coordenação;
- ✓ Alternativa (B): destinar às cooperativas e associações de catadores os recursos financeiros advindos da comercialização dos recicláveis realizados pela CONCESSIONÁRIA. Neste caso, o gerenciamento dos recursos repassados às cooperativas também estará sob o gerenciamento e os critérios estabelecidos pela SLU.

A descrição detalhada das alternativas está apresentada nos itens, a seguir.

#### **1.4.2.8. Destinação das Alternativas**

Na proposição da Alternativa (A), a CONCESSIONÁRIA disponibilizará os materiais recicláveis às cooperativas e associações de catadores, as quais ficarão responsáveis por seu estoque e comercialização.

Quando se avalia a quantidade de cooperativas e catadores envolvidos no sistema, observa-se que há dificuldade operacional para realizar o rateio dos recicláveis entre as cooperativas, assim como a demanda por recursos financeiros que deve ser considerada nessa operação. Por essa razão, faz-se necessário o gerenciamento deste repasse pela SLU.

Considerando a quantidade de cooperativas envolvidas e a vasta área de abrangência da futura Concessão, apresenta-se a Alternativa (B), em um cenário em que a futura CONCESSIONÁRIA realizará a comercialização dos recicláveis, com a posterior repartição do saldo das receitas entre estas cooperativas e associações de catadores, seguindo uma lógica de planejamento via diagnóstico e plano de investimentos estrutu-

rante, a ser desenvolvido conjuntamente pelas cooperativas e associações de catadores, servidores da SLU, técnicos da CONCESSIONÁRIA e/ou seus parceiros especialistas, sob a diretriz do PODER CONCEDENTE.

Para embasar a melhor proposição e sustentar a tomada de decisão do PODER CONCEDENTE, estão abordadas as principais características de cada Alternativa.

##### **1.4.2.8.1. Caracterização da Alternativa (A) - Destinação dos Recicláveis Triados**

A repartição física dos recicláveis captados pela CONCESSIONÁRIA entre as cooperativas e associações de catadores, mesmo obedecendo aos parâmetros estabelecidos pelo PODER CONCEDENTE, transferirá às cooperativas e associações de catadores a responsabilidade pela sua comercialização, tal qual já executam com o material da coleta seletiva. Entretanto, envolverão como negativos os seguintes aspectos relevantes:

- ✓ Complexidade de estabelecer critérios equânimes de destinação, pois o critério não seria por simples pesagem, pois deveria levar em consideração, principalmente, o valor de comercialização de cada partida distribuída entre as cooperativas e associações de catadores, uma vez que o preço de venda de cada material reciclável (R\$/kg) variará significativamente;
- ✓ A distribuição física entre as partidas dependeria, essencialmente, da quantidade total triada no período, obrigando a ensaios e simulações diferenciados a cada distribuição;
- ✓ A distribuição física justa dos materiais entre as partidas poderia ser impactada por dias ou zonas de coleta compostos por pessoas de classes sociais diferentes, o que poderia acarretar reclamações por conta da qualidade, quantidade e valor dos materiais, em função das zonas de origem;



- ✓ Em função da qualidade inferior dos recicláveis triados nas instalações do ASB, em comparação àquela obtida na coleta seletiva, seus preços unitários também seriam inferiores, podendo causar dificuldade de comercialização ou até possíveis reclamações;
- ✓ As reclamações, contestações ou outras manifestações das cooperativas e associações de catadores possivelmente atingirão a boa imagem do PODER CONCEDENTE e da CONCESSIONÁRIA.

#### **1.4.2.8.2. Caracterização da Alternativa (B) - Destinação da Receita Advinda da Comercialização dos Recicláveis Triados**

Todos os aspectos negativos anteriormente elencados não se aplicarão à Alternativa (B), pois a interface da CONCESSIONÁRIA com as cooperativas e associações de catadores dar-se-á somente pelo aporte financeiro, através do PODER CONCEDENTE.

Outras vantagens serão também relevantes, a saber:

- ✓ As cooperativas e associações de catadores não dependerão do material a ser entregue pela CONCESSIONÁRIA, para dimensionar a sua força de trabalho. Em caso contrário, poderiam questionar o resarcimento por eventual ociosidade;
- ✓ Não ocasionará o excesso de material estocado sem processamento no ASB. Esse estoque temporário poderá ser processado pela própria CONCESSIONÁRIA nos Módulos Operacionais;
- ✓ Em situação contrária, o material com dificuldade de comercialização não ficaria estocado nas cooperativas e associações de catadores, podendo haver um atrito interno devido a não comercialização ou venda por valor supostamente baixo. Permanecendo na Estação de Triagem de Recicláveis, esse tipo de material poderá ser vendido sem maior atenção ao preço ou baixa demanda, ou simplesmente destinado às outras células operacionais do ASB, caso se mostre mercadologicamente inviável;

- ✓ Por se tratar de aporte financeiro periódico, mas não em valor fixo, pode-se melhor gerenciar os recursos financeiros, com a distribuição dirigida às ações específicas estruturantes para cada cooperativa e associação de catadores, como aplicação em manutenção predial ou mecânica, aquisições de equipamentos, contratações de terceiros, entre outras.

Cabe destacar que, neste estágio dos estudos, compete à PROPONENTE apresentar diferentes alternativas, assim como suas vantagens e desvantagens. Contudo, caberá ao PODER CONCEDENTE e à futura CONCESSIONÁRIA determinar a melhor alternativa a ser implementada.

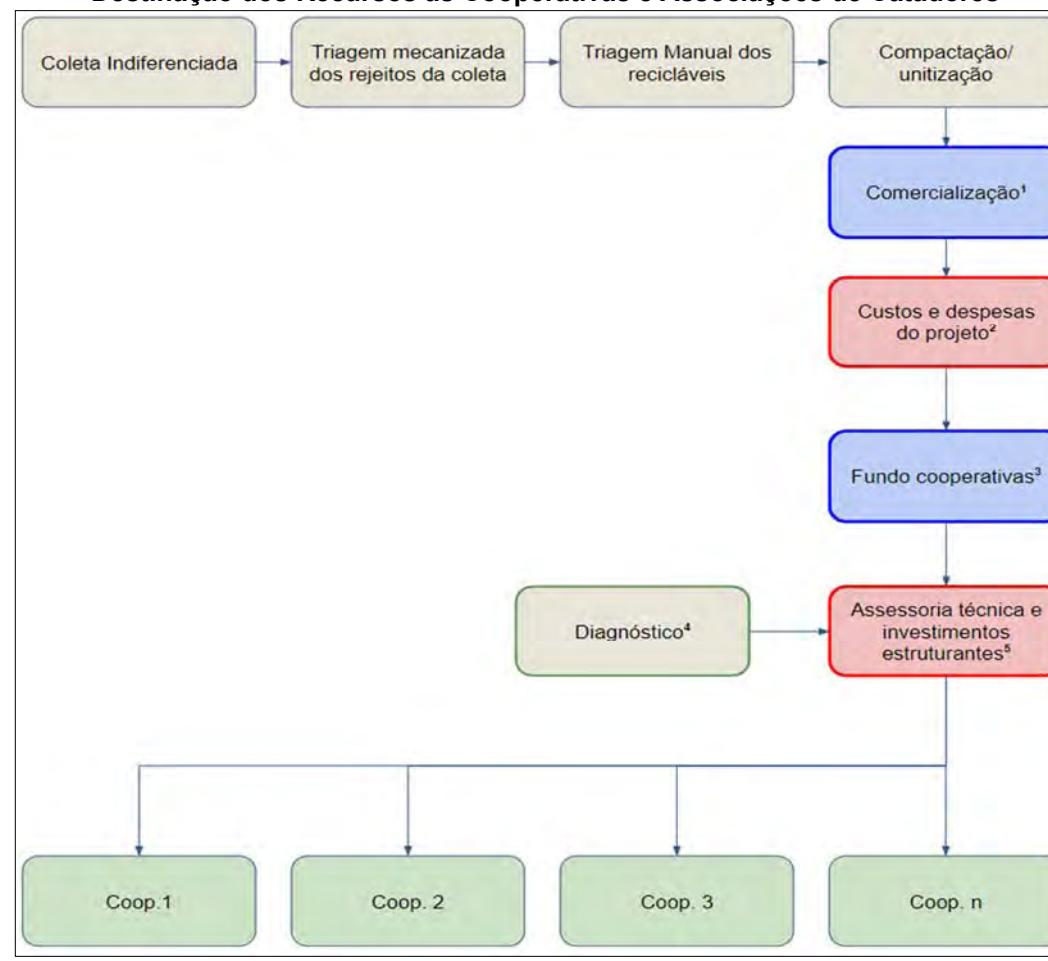
#### **1.4.2.9. Destinação dos Recursos Financeiros Advindos da Comercialização dos Resíduos para as Cooperativas e Associações de Catadores**

Neste item estão apresentadas as principais Premissas acerca da destinação dos recursos financeiros para o benefício às cooperativas e associações de catadores, os fluxos para a orientação dos recursos e quais as suas destinações ideais, sendo esta a alternativa elencada pela PROPONENTE como a mais adequada para o GDF.

A seguir, o fluxo simplificado ilustra a operação, desde a coleta de resíduos até a destinação de recursos financeiros para as cooperativas e associações de catadores.



**Fluxograma Operacional desde o Recebimento dos Resíduos pela CONCESSIONÁRIA até a Destinação dos Recursos às Cooperativas e Associações de Catadores**



A seguir, estão listados os principais tópicos do fluxograma:

- ✓ Considera-se como fonte de receita, a comercialização dos materiais recicláveis e dos resultados de logística reversa advindos desta reciclagem;
- ✓ São definidos como custos e despesas do projeto:
  - Custo operacional da triagem mecanizada (insumos, mão de obra, manutenção, depreciação e impostos incidentes sobre a venda);
  - Ações de comunicação para a conscientização da população e aumento de adesão à coleta seletiva;
  - Uso do auditório do ASB para as ações específicas de conscientização da população e aumento de adesão à coleta seletiva;

- Execução da assessoria técnica às cooperativas e associações de catadores, com destaque para as ações involucradas no diagnóstico situacional e efetivação do plano de investimentos estruturantes dessas cooperativas e associações de catadores.
- ✓ O fundo para investimentos em cooperativas e associações de catadores será composto pelo resultado financeiro do total de receitas (materiais + logística reversa), abatidos os custos e as despesas do projeto. Este fundo deverá ser administrado pelo PODER CONCEDENTE;
- ✓ O diagnóstico situacional das cooperativas e associações de catadores deverá gerar como resultado final uma visão detalhada da situação cadastral e administrativa das cooperativas e associações de catadores, bem como de sua infraestrutura e capacidade produtiva, incluindo uma avaliação de capacitação dos cooperados que as compõem. O diagnóstico em questão deverá culminar na entrega de um plano de ação e investimentos individualizado, por cooperativa e associação de catadores, considerando a necessidade de elevar o nível de segurança e a capacidade produtiva e administrativa dessas cooperativas;
- ✓ A assessoria técnica e os investimentos estruturantes deverão ser condizentes com o plano que será apresentado no Módulo 7 deste Documento.

#### 1.4.2.9.1. Gestão dos Custos e Despesas do Projeto

Com a nova orientação de negócio, a questão referente à gestão dos custos e despesas merece atenção, pois a simples inclusão de valores com débito da CONCESSIONÁRIA implicaria no aumento de tarifa para os usuários, sem ganho perceptível para os contribuintes.

Como exposto anteriormente, entende-se justo e viável o resarcimento, para a futura CONCESSIONÁRIA, de seus custos diretos e indiretos envolvidos no processamento dos resíduos.



O estabelecimento de um preço unitário contratual, do tipo R\$/kg comercializado, não se mostra adequado, entre outras, pelas seguintes razões de maior relevância:

- ✓ O relacionamento da futura CONCESSIONÁRIA com as cooperativas e associações de catadores extrapola o simples aporte financeiro, sendo de primordial necessidade a implementação das ações e investimentos para elevar o padrão operacional das cooperativas adequados à imagem do PODER CONCEDENTE. Essa ação é de grande complexidade e duração e, necessariamente, deverá ser conduzida por profissionais especializados, assim não devendo permitir, nesta fase de Licitação, uma correta avaliação do montante envolvido;
- ✓ Paradoxalmente, quanto mais intensa for a campanha de conscientização, maior deverá ser a adesão da população, aumentando o percentual de coleta seletiva e, consequentemente, diminuindo a parcela de recicláveis na coleta convencional e a respectiva receita;
- ✓ Assim, entende-se como válida a alternativa de apontamento de custo de serviços diretos, trabalhos técnicos, investimentos, manutenções e outros a detalhar e seu acompanhamento e aprovação, tornando fluida a auditoria técnica e financeira do processo.

Dentro da interface do PODER CONCEDENTE e a CONCESSIONÁRIA, poderá ser criada uma pequena estrutura para a governança dessa tarefa.

#### **1.4.2.9.2. Fundo para a Destinação de Recursos às Cooperativas e Associações de Catadores**

Como já mencionado, para a eficiente e transparente gestão dos recursos financeiros advindos da triagem e comercialização dos resíduos do ASB, a serem entregues às cooperativas e associações de catadores, dever-se-á criar um fundo, com governança multipartite, no qual serão destinadas todas as receitas e realizadas todas as despesas, invariavelmente, mediante as melhores práticas comerciais, com o registro de orçamentos e a emissão de notas fiscais.

#### **1.4.2.9.3. Venda dos Materiais Recicláveis**

Os materiais recicláveis deverão ser vendidos ao mercado com a emissão de nota fiscal. O valor recebido por quilograma comercializado deverá ser compatível com os preços de mercado.

Para que se alcance um volume ideal de receita com a comercialização desses materiais, dever-se-á considerar a orientação seguinte para a definição dos produtos finais oriundos dessa operação.

**Classificação dos Tipos de Resíduos que Poderão Ser Comercializados**

Categoria	Tipo de Resíduo
Plástico	PET Transparente
	PET Óleo
	PET Verde
	PET Colorido
	PEAD Branco
	PEAD Colorido
	PP Branco
	PP Colorido
	PS
	PVC
	Rígidos Volumosos
	Flexível Cristal
	Flexível Colorido
	Ráfia
	Cápsulas de Café
Celulósico	Papel Branco
	Papel Misto
	Papelão
	Longa Vida
	Alumínio Lata
Metal	Alumínio Aerossol
	Sucata Ferro
	Sucata Mista
	Vidro Misto
Vidro	Vidro Incolor

Fonte: MEIOESTE AMBIENTAL



#### **1.4.2.9.4. Plano de Investimentos para as Ações Estruturantes e Geradoras de Adicionalidade**

Considerando-se o atual estágio de desenvolvimento das cooperativas e associações de catadores que compõem o sistema formal dos serviços de limpeza urbana do Distrito Federal e a demanda por eficiência e competitividade deste mercado, faz-se necessária a realização de investimentos que elevem a capacidade produtiva, de segurança e gestão das cooperativas, com o objetivo de salvaguardar as condições desses negócios.

Deste modo, direcionar os recursos financeiros advindos da operação de separação e venda de recicláveis das operações do ASB passa a ser um importante componente para o avanço dessas estruturas produtivas, sempre orientado por um planejamento elaborado e revisado periodicamente, a partir de um diagnóstico de situação qualificado.

O presente Plano envolvendo a CONCESSIONÁRIA no compartilhamento de material ou receitas oriundas da comercialização de recicláveis ampliarão o seu compromisso com todo o sistema de gerenciamento de resíduos do Distrito Federal, atuando de forma integrada com os demais agentes deste complexo sistema.



## 1.4.3. Módulo 3 - Usina de Biodigestão

### 1.4.3.1. Introdução

Neste item está apresentada a descrição da alternativa tecnológica proposta para este Módulo Operacional, a qual compreende a instalação de um sistema de biodigestão anaeróbia em rota úmida.

A biodigestão anaeróbia ou biodigestão de materiais orgânicos é um processo fermentativo, em que as complexas moléculas que formam a matéria orgânica são degradadas a compostos mais simples. Assim, constituindo uma maneira eficiente para tratar grandes quantidades de resíduos orgânicos, reduzindo o seu poder poluente.

O processo de biodigestão ocorre por meio da ação de diversos grupos de micro-organismos, principalmente os que não necessitam de oxigênio para o seu desenvolvimento são conhecidos como micro-organismos anaeróbicos. O composto de gases resultantes do processo de degradação da matéria orgânica é chamado de biogás, o qual é constituído principalmente por metano ( $\text{CH}_4$ ) e dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), contendo também em menores quantidades hidrogênio ( $\text{H}_2$ ), amônia ( $\text{NH}_3$ ) e outros gases.

O processo de digestão anaeróbia é comum no meio ambiente, pois ocorre naturalmente com toda matéria orgânica que entra em decomposição, tais como: resíduos acumulados em lixões, aterros sanitários ou em lagoas de armazenamento de efluentes. Nesses casos, a parte do resíduo ou efluente que está em contato com o ar é digerida por micro-organismos aeróbios, e a parte que não está em contato com o ar, por micro-organismos anaeróbios.

Assim, temos que a digestão anaeróbia é um processo mediado pela ação microbiana, por meio da atividade conjunta de vários grupos de células anaeróbias, em diferentes níveis tróficos, que convertem matéria orgânica complexa em gases e lodo.

No entanto, a digestão aeróbia é realizada por organismos que necessitam de oxigênio para a conversão da matéria orgânica (aeróbicos), tem como produtos o gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ), água ( $\text{H}_2\text{O}$ ) e lodo.

Porém, com tecnologias adequadas, como os biodigestores, a biodigestão anaeróbia pode ser utilizada para o tratamento de resíduos sólidos e líquidos, pois há um processo de reciclagem e recuperação desses materiais, que acaba por produzir, além do biogás, uma parte líquida digerida, conhecida como digestato.

Portanto, a bioestabilização da fração orgânica dos resíduos tem sido largamente estudada nas últimas décadas e aplicada no tratamento de resíduos orgânicos de diversas origens, com o intuito de desenvolver alternativas tecnológicas de aproveitamento energético e de redução de impactos ambientais.

Por fim, como grande parte do biogás é composto por metano ( $\text{CH}_4$ ) isso lhe confere características de alto poder calorífico, podendo ser utilizado como fonte de energia para a geração de energia elétrica, térmica e na produção de biometano e gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ).

### 1.4.3.2. Biodigestão Anaeróbia

Para a produção de biogás por meio da biodigestão anaeróbica, o primeiro passo é conhecer as características dos substratos que serão utilizados no processo e, analisar



as possibilidades de misturas para melhorar o potencial de produção de biogás. O segundo passo é preparar o substrato para que o processo no interior do biodigestor ocorra com mais eficiência, o que é chamado de pré-tratamento do substrato (biomassa).

Após isso o substrato pode ser destinado ao biodigestor para que então se inicie os processos de biodigestão anaeróbia, podendo para tanto serem utilizadas diversas tecnologias.

Devido aos seus inúmeros benefícios a codigestão também é um processo muito utilizado para melhorar os rendimentos da digestão anaeróbia de resíduos sólidos urbanos. Como por exemplo para a diluição de compostos tóxicos, o aumento da carga de matéria orgânica biodegradável, o melhor equilíbrio de nutrientes, o efeito sinergético de micro-organismos e o melhor rendimento na produção de biogás.

O processo de mistura de substratos demanda um estudo mais aprofundado das características, disponibilidade dos substratos e um pré-tratamento mais avançado.

Contudo, é interessante para alcançar maior estabilidade na biodigestão, eficiência na produção de biogás, controle da sazonalidade da disponibilidade de substratos, e na melhoria das características do digestato.

#### **1.4.3.3. Caracterização dos Substratos e Potencial de Produção de Biogás**

Conforme já descrito, os substratos utilizados no processo podem ser provenientes de diversas fontes. Portanto, é importante conhecer os substratos que serão utilizados no processo, pois a sua composição influenciará na escolha do biodigestor, manejo a ser adotado e eficiência na produção de biogás.

O principal componente que define o potencial de produção de biogás de um substrato é a concentração de Sólidos Voláteis (SV). Este parâmetro está relacionado a fração orgânica biodegradável do substrato. Os Sólidos Totais (ST) indicam a quantidade de matéria orgânica e mineral do substrato.

O potencial de produção de metano de um substrato pode ser apresentado em metros cúbicos de metano por quilo de substrato ( $m^3/\text{CH}_4/\text{kg}(\text{substrato})$ ). Na tabela a seguir são apresentadas as principais características do substrato que será utilizado neste projeto e o potencial máximo de produção de metano. Cabe destacar que para este projeto serão utilizados os substratos oriundos da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos segregados na central de triagem de recicláveis, resíduos de caixa de gordura e animais mortos.

**Características Gerais dos Substratos Oriundos dos Resíduos Sólidos Urbanos**

Classe	Substratos	ST(%)	SV/ST(%)	$m^3/\text{CH}_4/\text{kg}$ (SV)	$m^3/\text{CH}_4/\text{kg}$ (substrato)
Resíduos Sólidos Urbanos	Resíduos municipais (misturados)	30 - 40	50 - 60	0,270 - 0,390	0,41 - 0,094
	Resíduos municipais (separados)	30 - 40	70 - 80	0,210 - 0,227	0,044 - 0,089
	Restos de alimentos	15 - 20	85 - 95	0,467 - 0,510	0,059 - 0,097
	Resíduos de caixa de gordura	25 - 45	90 - 95	0,650 - 0,780	0,146 - 0,333

Fonte: CIBiogás

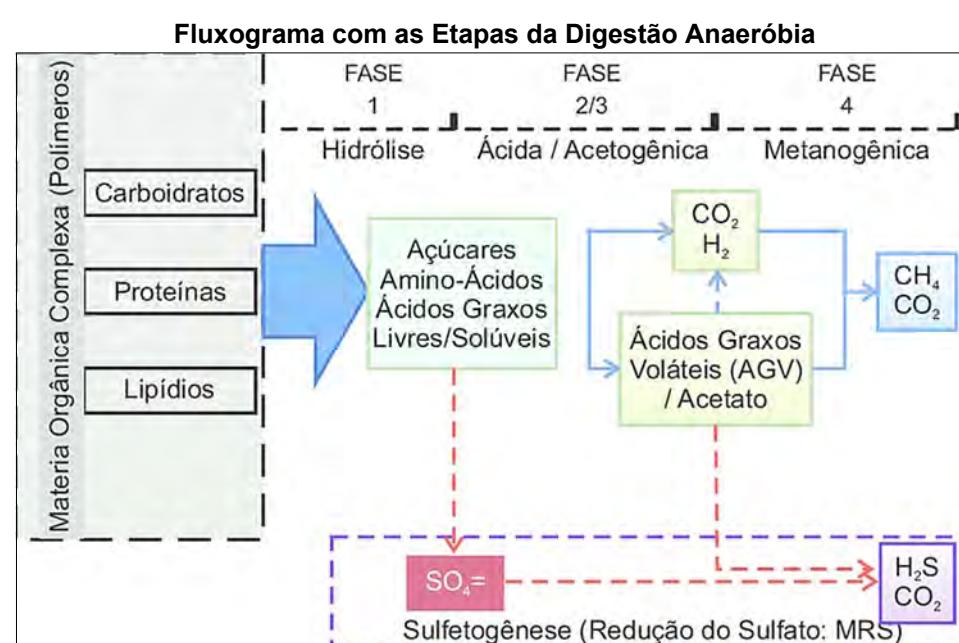
Salienta-se que estes parâmetros têm como referência ensaios de laboratório, realizados ambiente controlado e monitorado. Portanto, podem ocorrer variações quando reproduzido em escala industrial. Deve-se considerar também que cada tecnologia de biodigestão suporta diferentes quantidades de sólidos totais, o que pode demandar a necessidade de diluição de alguns tipos de substratos. Por fim, é importante que nas análises laboratoriais o potencial de produção de biogás seja elevado, pois na prática, a produção real será menor, podendo variar conforme o tipo de biodigestor utilizado, temperatura, manejo, pH, entre outros.



#### 1.4.3.4. Processo de Biodigestão Anaeróbia

O mecanismo de decomposição anaeróbia e a consequente geração de biogás, desenvolve-se pela ação de micro-organismos que agem de forma independente na conversão da matéria orgânica e na síntese de novas células bacterianas, assegurando a energia e os nutrientes necessários para o seu próprio crescimento e reprodução.

A biodigestão anaeróbia é um processo complexo devido ao número de reações químicas envolvidas e pela quantidade de micro-organismos envolvidos, a qual é dividida em quatro etapas: (1) Hidrólise, (2) Acidogênese, (3) Acetogênese e (4) Metanogênese, conforme pode ser observado no fluxograma da figura, a seguir.



- ✓ Na Fase 1 (Hidrólise)
 

As bactérias liberam as enzimas extracelulares, as quais irão promover a hidrólise das partículas e a transformação das moléculas maiores em moléculas menores e solúveis ao meio.

- ✓ Nas Fases 2 e 3 (Acidogênese e Acetogênese)

As bactérias produtoras de ácidos transformam moléculas de proteínas, gorduras e carboidratos em ácidos orgânicos (ácido láctico, ácido butílico), etanol, amônia, hidrogênio e dióxido de carbono e outros.

- ✓ Na Fase 4 (Metanogênica)

As bactérias metanogênicas atuam sobre o hidrogênio e o dióxido de carbono, transformando-os em metano ( $\text{CH}_4$ ). Nesta fase ocorre a formação de microbolhas de metano e de dióxido de carbono em torno da bactéria metanogênica, isolando-a do contato direto com a mistura em digestão e reduzindo a velocidade da reação. Por esta razão, a agitação é muito importante para o processo.

#### 1.4.3.5. Sistema de Biodigestão (Tipo de Biodigestão)

Considerando as características do substrato que será processado no sistema, o qual será exclusivamente de materiais orgânicos oriundos de resíduos sólidos urbanos, os quais possuem composição muito diversificada e também considerando a máxima eficiência na produção de biogás, optou-se pela utilização do sistema de reatores de biodigestão Continuous Stirred Tank Reactor, CSTR, ou (reator com tanque agitado continuamente).

Este modelo de biodigestor suporta elevadas cargas orgânicas e volumétricas, sendo caracterizado por ter seu conteúdo em homogeneização devido a presença de um sistema de agitação.

Esta configuração de biodigestor é muito utilizada em plantas de biogás, sobretudo quando se trata de codigestão (mistura de substratos) e com concentração de sólidos mais elevada.



Os biodigestores do tipo CSTR apresentam aproximadamente 90% dos reatores instalados na Europa.

Os Reatores CSTR são tanques de paredes rígidas de formato cilíndrico com sistemas de agitação para manter a biomassa em constante movimentação e controle de temperatura e pH, recomendados para tratamento de biomassas com alto teor de sólidos (6 a 15%).

#### **1.4.3.6. Localização**

A Usina de Biodigestão será construída no limite sul da atual área do ASB, próxima à Central de Biometanização.



PROJETO REALIZADO DO ACORDO COM AS SEGUINTE NORMAS TÉCNICAS:

- ABNT NBR 8419:1992: APRESENTAÇÃO DE PROJETOS DE ATERROS SANITÁRIOS DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS - PROCEDIMENTO;
- ABNT NBR 13896:1997: ATERROS DE RESÍDUOS NÃO PERIGOSOS - CRITÉRIOS PARA PROJETO, IMPLANTAÇÃO E OPERAÇÃO;
- ABNT NBR 10.157:1987 - ATERROS DE RESÍDUOS PERIGOSOS - CRITÉRIOS PARA PROJETO, CONSTRUÇÃO E OPERAÇÃO;
- ABNT NBR 8418:1984 - APRESENTAÇÃO DE PROJETOS DE ATERROS DE RESÍDUOS INDUSTRIAL PERIGOSOS - PROCEDIMENTO E ABNT NBR 10004:2004 - RESÍDUOS SÓLIDOS - CLASSIFICAÇÃO.

<b>EMPRESA HABILITADA:</b> MEIOESTE AMBIENTAL LTDA  CNPJ: 11.201.681/0001-72 RUA CONSELHEIRO MAFRA, 708 CAÇADOR/SC, CEP: 89.500-001	<b>ÓRGÃO CONCEDENTE:</b> SECRETARIA DE ESTADO DE PROJETOS ESPECIAIS  PRAÇA DO BURITI, ZONA CÍVICO-ADMINISTRATIVA, PALÁCIO DO BURITI, SALA P50, BRASÍLIA/DF, CEP: 70.075-950
<b>MÓDULO 3 - PLANTA DE LOCALIZAÇÃO DA USINA DE BIODIGESTÃO E COMPOSTAGEM</b>	
<b>OBJETO:</b> ESTUDO DE MODELAGEM TÉCNICA	<b>PROJETO:</b> PROCEDIMENTO DE MANIFESTAÇÃO DE INTERESSE - PMI EDITAL DE CHAMAMENTO PÚBLICO N° 02/2021 - SEPE/GAB/SEGP
<b>ATIVIDADE:</b> CONCESSÃO DOS SERVIÇOS DE GESTÃO, OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO DE BRASÍLIA	<b>ENDEREÇO:</b> RODOVIA DF-180, km 21, BRASÍLIA - DISTRITO FEDERAL - BRASIL
<b>DATA:</b> NOVEMBRO 2022	<b>FOLHA:</b> A1 <b>ESCALA:</b> 1:700 <b>SISTEMA DE COORDENADAS:</b> UTM-FUSO 23 <b>SISTEMA DE REFERÊNCIA:</b> SIRGAS2000



### 1.4.3.7. Descritivo Operacional e Capacidade de Processamento

A usina de Biodigestão utilizará no processo de biodigestão a fração orgânica segregada no processo de triagem, e também os Resíduos Sólidos Orgânicos - RSO separados na origem.

A primeira etapa do processo tem início na unidade de triagem com a Trituração e homogeneização dos substratos orgânicos. Após a Trituração o material é enviado para mistura e diluição no tanque de hidrólise.

Na etapa seguinte, parte do material é transferido para o tanque de biodigestão, iniciando assim o processo de biodigestão. O processo de biodigestão produzirá dois tipos de produtos, o Biogás, e o Digestato, conforme descrito a seguir.

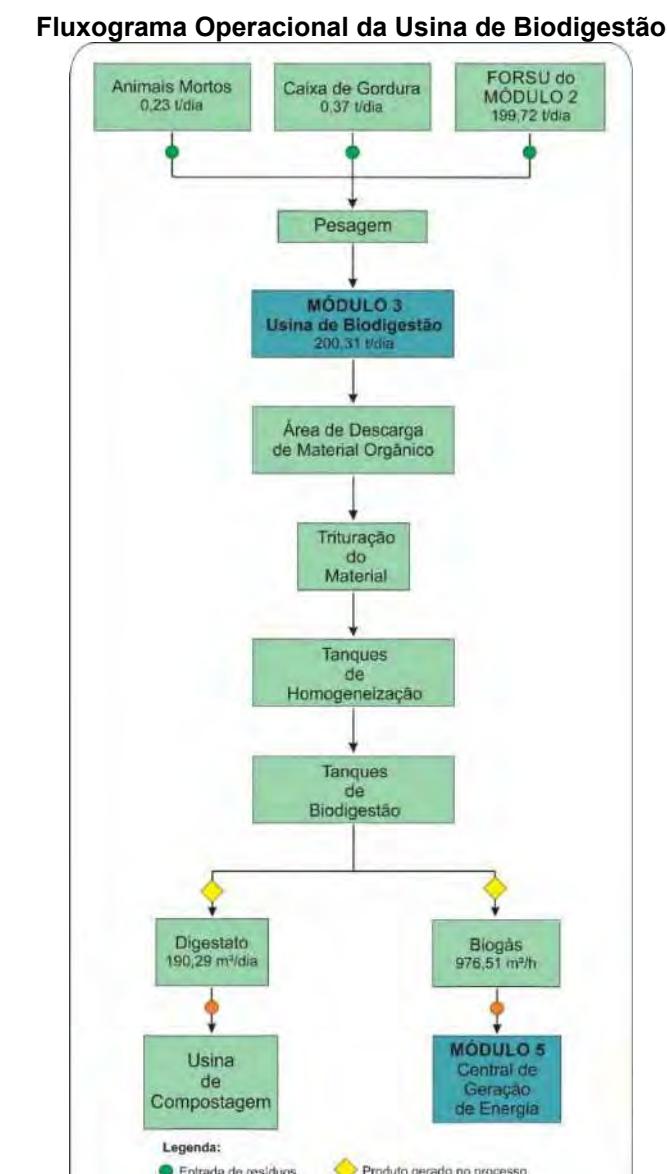
O biogás produzido no tanque de biodigestão será coletado e enviado para a Usina da Biometanização a ser instalada no Módulo 5.

O material digestato, terá uma composição aproximada de 5% de sólidos e 95% de líquido. Parte deste material será recirculado no próprio módulo de biodigestão e outra parte será enviada para ser tratada na usina de compostagem, a qual também faz parte do Módulo 3.

A capacidade máxima de processamento da Usina de Biodigestão é de 250 t/dia. As estimativas projetam que no primeiro ano de operação ocorrerá o processamento de 200,31 t/dia e no último ano da Concessão serão processados 232,02 t/dia de material orgânico. Para suprir a capacidade de processamento excedente, a planta poderá receber substrato orgânico de outras fontes, como por exemplo de grandes geradores, caso surja demanda para este serviço.

Cabe destacar que nesta fase inicial, mais de 99% do material processado será proveniente da fração orgânica segregada da Estação de Triagem de Recicláveis, e menos de 1% será de resíduos de caixa de gordura e animais mortos.

O fluxograma operacional da usina de biodigestão com os destinos de cada subproduto gerado no processo e os quantitativos previstos para o primeiro ano de operação são apresentados na figura, a seguir.



Fonte: MEIOESTE AMBIENTAL



Na tabela a seguir, está apresentado o balanço de massas previsto para a operação da estação de triagem durante o período de Concessão.

<b>Balanço de Massa da Usina de Biodigestão</b>				
Ano da Concessão	Ano	Resíduos de Caixa de Gordura, Animais Mortos e Fração Orgânica da Estação de Triagem (t/dia)	Produção de Biogás (m³/h)	Produção de Digestato (t/dia)
0	2023	-	-	-
1	2024	-	-	-
2	2025	-	-	-
3	2026	200,31	976,51	190,29
4	2027	202,36	986,53	192,25
5	2028	204,35	996,23	194,14
6	2029	206,28	1005,61	195,96
7	2030	208,13	1014,65	197,73
8	2031	209,93	1023,41	199,43
9	2032	211,66	1031,82	201,07
10	2033	213,32	1039,95	202,66
11	2034	214,93	1047,78	204,18
12	2035	216,47	1055,29	205,65
13	2036	217,94	1062,47	207,05
14	2037	219,35	1069,31	208,38
15	2038	220,68	1075,81	209,65
16	2039	221,94	1081,97	210,85
17	2040	223,13	1087,77	211,98
18	2041	224,25	1093,21	213,04
19	2042	225,29	1098,29	214,03
20	2043	226,26	1103,02	214,95
21	2044	227,16	1107,39	215,80
22	2045	227,98	1111,41	216,58
23	2046	228,73	1115,07	217,30
24	2047	229,41	1118,39	217,94
25	2048	230,02	1121,37	218,52
26	2049	230,56	1124,00	219,04
27	2050	231,03	1126,29	219,48
28	2051	231,43	1128,22	219,86
29	2052	231,76	1129,82	220,17
30	2053	232,02	1131,07	220,41

Fonte: MEIOESTE AMBIENTAL

### 1.4.3.8. Dimensionamento da Usina de Biodigestão

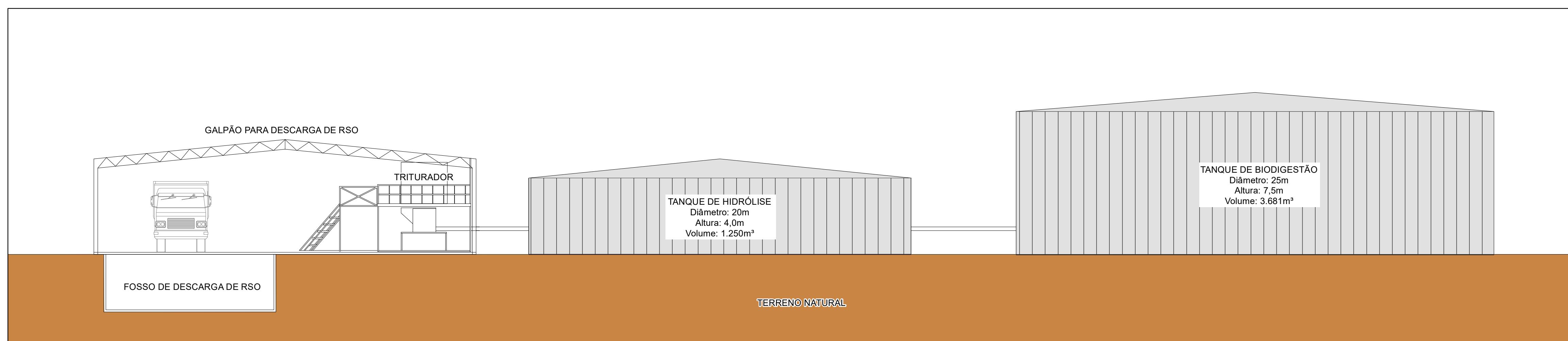
Nesta etapa estão descritos os dimensionamentos dos sistemas e os principais componentes da Usina de Biodigestão, nos quais estão explicitados o arranjo tecnológico e as tecnologias, bem como quais foram os parâmetros, considerações e, quando necessário, o memorial de cálculo.

#### 1.4.3.8.1. Estrutura Física

A Usina de Biodigestão constituída das seguintes estruturas:

- ✓ Um galpão para o recebimento do material orgânico, com área de 1.053,90 m<sup>2</sup>;
- ✓ Dois tanques de hidrólise em formato circular. Cada um com 20 m de diâmetro e 4,0 m de altura, com capacidade de armazenamento de 1.250 m<sup>3</sup>;
- ✓ Dois tanques de biodigestão em formato circular, cada um com 25 m de diâmetro e 7,5 m de altura, com capacidade de armazenamento de 3.681 m<sup>3</sup>.

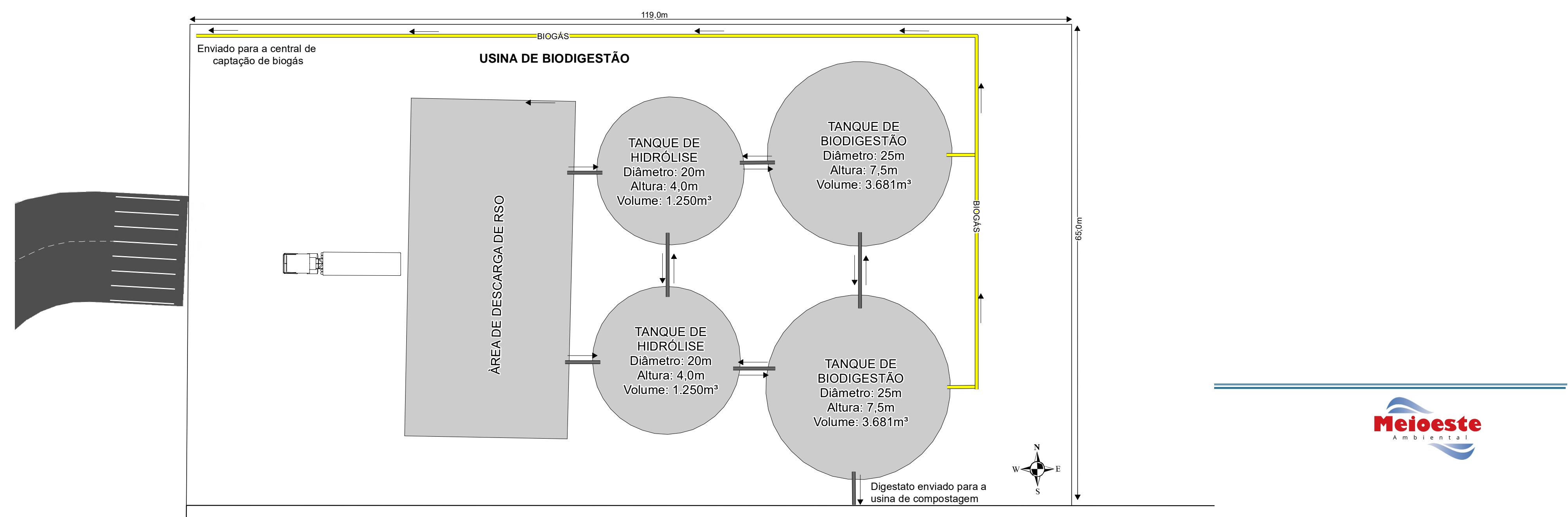
Os tanques de homogeneização e biodigestão serão construídos em concreto armado impermeabilizado.



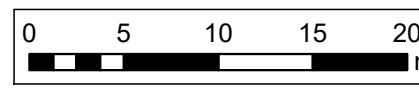
PROJETO REALIZADO DO ACORDO COM AS SEGUINTE NORMAS TÉCNICAS:

- ABNT NBR 8419:1992: APRESENTAÇÃO DE PROJETOS DE ATERROS SANITÁRIOS DE RESÍDUOS SOLIDOS URBANOS - PROCEDIMENTO;
- ABNT NBR 13896:1997: ATERROS DE RESÍDUOS NÃO PERIGOSOS - CRITÉRIOS PARA PROJETO, IMPLANTAÇÃO E OPERAÇÃO;
- ABNT NBR 10.157:1987 - ATERROS DE RESÍDUOS PERIGOSOS - CRITÉRIOS PARA PROJETO, CONSTRUÇÃO E OPERAÇÃO;
- ABNT NBR 8418:1984 - APRESENTAÇÃO DE PROJETOS DE ATERROS DE RESÍDUOS INDUSTRIAS PERIGOSOS - PROCEDIMENTO E ABNT NBR 10004:2004 - RESÍDUOS SÓLIDOS - CLASSIFICAÇÃO.

Governo do Distrito Federal  
Secretaria de Estado de Projetos Especiais do Distrito Federal



**Meioeste**  
Ambiental



EMPRESA HABILITADA: <b>Meioeste Ambiental LTDA</b> CNPJ: 11.201.681/0001-72 RUA CONSELHEIRO MAFRA, 708 CAÇADOR/SC, CEP: 89.500-050		ÓRGÃO CONCEDENTE: <b>SECRETARIA DE ESTADO DE PROJETOS ESPECIAIS</b> PRAÇA DO BURITI, ZONA CÍVICO-ADMINISTRATIVA, PALACIO DO BURITI, SALA P50. BRASÍLIA/DF, CEP: 70.075-900	
<b>MÓDULO 3 - PLANTA BAIXA E DE CORTE DA DA USINA DE BIODIGESTÃO</b>		<b>PROJETO:</b> ESTUDO DE MODELAGEM TÉCNICA	
OBJETO:	ESTUDO DE MODELAGEM TÉCNICA	PROJETO:	PROCEDIMENTO DE MANIFESTAÇÃO DE INTERESSE - PMI EDITAL DE CHAMAMENTO PÚBLICO N° 02/2021 - SEPE/GAB/SEGP
ATIVIDADE:	CONCESSÃO DOS SERVIÇOS DE GESTÃO, OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO DE BRASÍLIA	ENDERECO:	RODOVIA DF-180, km 21 BRASÍLIA - DISTRITO FEDERAL - BRASIL
DATA:	FOLHA: A1	ESCALA: INDICADA	SISTEMA DE COORDENADAS: UTM- FUSO 23
			SISTEMA DE REFERÊNCIA: SIRGAS2000



### 1.4.3.9. Arranjo Tecnológico

A seguir, estão apresentados os principais elementos que compõem o arranjo tecnológico proposto para que ocorra máxima eficiência operacional.

#### 1.4.3.9.1. Área de Recebimento de Resíduos Sólidos Orgânicos

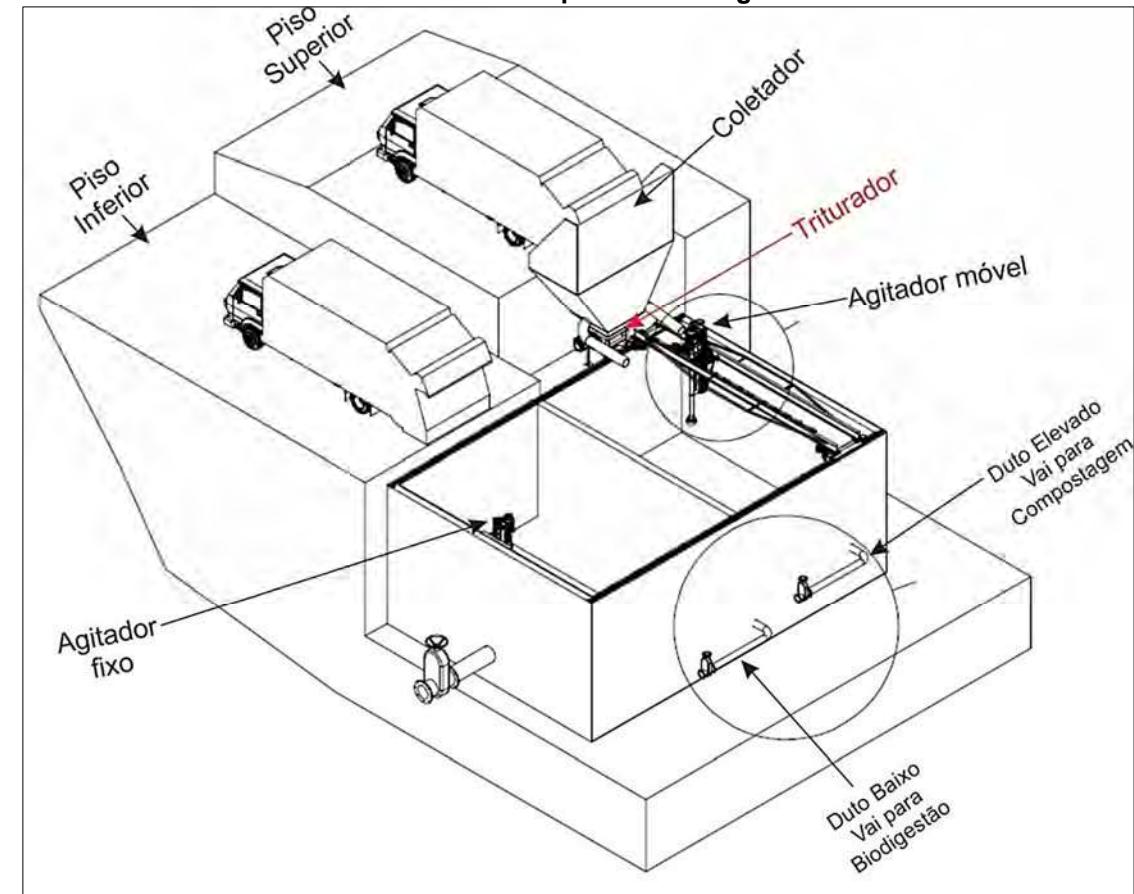
O material orgânico será enviado para um barracão com área de 1.053,90 m<sup>2</sup>. Neste local será construída uma moega para recebimento da fração orgânica segregada da estação de triagem, resíduos de caixa de gordura e animais mortos, além de resíduos orgânicos segregados na origem como por exemplo de grandes geradores.

A moega de será construída em dois níveis de descarregamento. O nível inferior receberá somente o material em estado líquido ou pastoso, não havendo a necessidade de passar pelo triturador. O nível superior receberá os resíduos orgânicos em estado sólido, os quais necessitam de Trituração, como por exemplo animais mortos e resíduos de grandes geradores, entre outros tipos de resíduos orgânicos que necessitem ser triturados. A Trituração do substrato torna a superfície mais acessível ao processo de biodegradação e, consequentemente, à produção de metano.

Após a Trituração da fração sólida ocorrerá a mistura e a homogeneização das frações (líquido + sólido) dos níveis inferior e superior da moega de descarga e posterior envio para do material para os tanques de hidrólise.

Cabe destacar que caso não seja possível enviar o material para os tanques hidrólise, (por estarem em manutenção ou por qualquer outro motivo), este será enviado diretamente para a usina de compostagem. Desta forma, não haverá material acumulado/armazenado na moega de recebimento de RSOs, dando continuidade ao fluxo normal de entrada de material na planta e evitando qualquer tipo de paralização do sistema.

Vista Isométrica dos Pisos Inferior e Superior da Moega de Recebimento de RSOs



Fonte: MEIOESTE AMBIENTAL

#### 1.4.3.9.2. Aspectos Construtivos da Moega de Recebimento de RSOs

As caixas de recebimento de RSOs dos níveis inferior e superior serão construídas em concreto armado impermeabilizado. O acabamento dos pisos será feito em concreto polido para facilitar a higienização. Ambos os pisos serão construídos com inclinação para o interior das caixas de armazenamento, também serão instaladas caneletas laterais para auxiliar na drenagem e escoamento dos líquidos da lavagem dos pisos.

Para evitar possíveis transbordamentos líquidos para a área externa dos pisos será construída uma bacia de contenção.



A caixa de recebimento foi dimensionada para atender ao volume de material orgânico que será enviado para o processamento, durante o período de Concessão. Mesmo que ocorra a parada do sistema de biodigestão para as manutenções, a caixa de armazenamento continuará recebendo resíduos e armazenando-os por até 3 dias.

Para além deste período, o sistema operacional possibilitará a destinação dos resíduos orgânicos para serem tratados na usina e compostagem, ou ainda depositados na célula do Aterro Sanitário, caso haja parada técnica do sistema de biodigestão para manutenção.

A figura a seguir apresenta um modelo de caixa de recebimento de resíduos orgânicos.

**Ilustração de Caixa de Recebimento de Resíduos Sólidos Orgânicos**



Fonte: [www.agrивert.co.uk](http://www.agrивert.co.uk)

O envio do material orgânico, triturado e homogeneizado das caixas de armazenamento para os tanques de hidrólise será realizado por sistema de bombeamento.

#### 1.4.3.9.3. Triturador

O triturador tem a função de fragmentar os resíduos, buscando uniformidade de tamanho entre as partículas e facilitar o processo de alimentação do substrato no sistema de biodigestão.

A robustez desse equipamento é primordial, uma vez que os resíduos de grande porte precisarão ser fragmentados.

Assim, será utilizado um triturador do tipo moinho, que possuirá as características necessárias para o processo, conforme mostradas nas figuras, a seguir.

**Exemplo de Triturador de Resíduos Sólidos Orgânicos**



Fonte: Lindner Universo



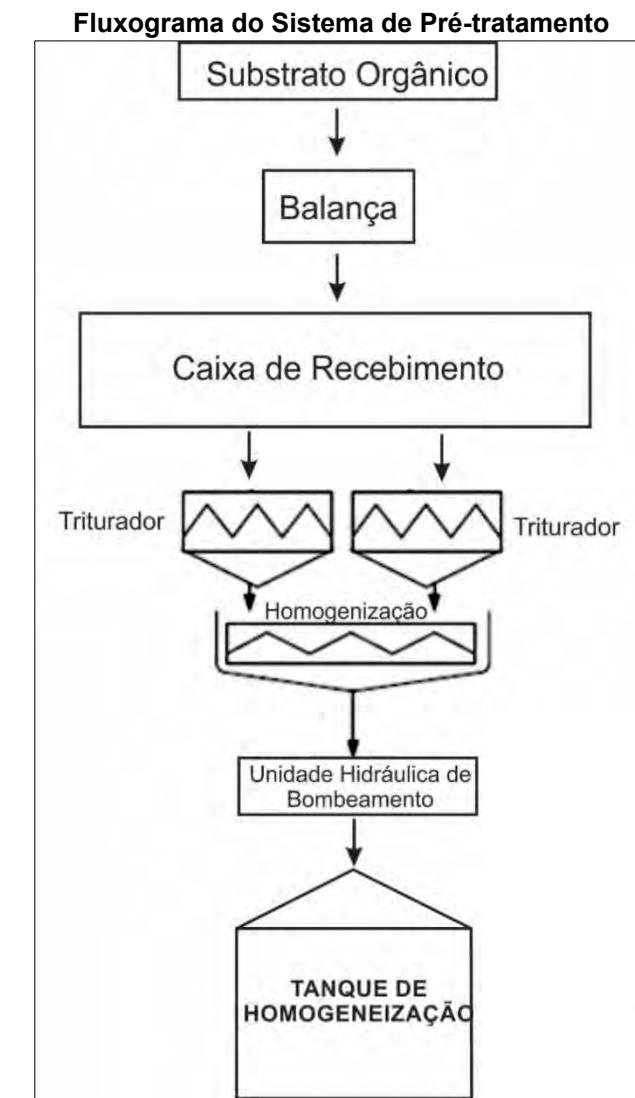
#### **1.4.3.9.4. Alimentação do Sistema de Biodigestão**

Após a Trituração, os substratos estarão com partículas de até 12 mm, com índices de sólidos totais em torno de 20% e consistência pastosa. Conforme já mencionado anteriormente, para realizar o transporte deste substrato, até o tanque de homogeneização, será utilizada uma unidade hidráulica, conforme ilustrado na figura a seguir.

## **Exemplo da Unidade Hidráulica de Bombeamento**



**Fonte:** Universal Pump



**Fonte: MEIOESTE AMBIENTAL**

#### **1.4.3.9.5. Sistema de Biodigestão**

As etapas de processamento que os resíduos orgânicos serão submetidos antes do envio para os tanques de biodigestão estão apresentadas no fluxograma, a seguir.

O sistema de biodigestão tem a função de degradar a matéria orgânica presente no substrato e produzir Biogás. A escolha do de biodigestor mais adequado levou em consideração os seguintes aspectos:

- ✓ Volume de matéria orgânica disponível;
  - ✓ Potencial para a produção de Biogás;
  - ✓ Comportamento do material durante o processo de biodigestão.



Portanto, consideradas tais características para o substrato que será processado, foi adotado o sistema de retores de biodigestão Continuous Stirred Tank Reactor, CSTR, ou (reator com tanque agitado continuamente), conforme já mencionado anteriormente.

#### a) Tanques de Hidrólise

Os tanques de hidrólise foram dimensionados considerando o volume de substrato orgânico previsto para ser processado diariamente durante todo o período de Concessão, assim como o tempo de retenção necessário para esta etapa do processo.

Nos tanques de hidrólise ocorrerá a diluição completa do substrato orgânico e as primeiras etapas do processo de biodigestão, as quais são mais rápidas neste estágio, necessitando de um menor tempo de retenção, o qual será de aproximadamente 6 dias. A água utilizada no processo será toda de recirculação, sendo necessária a aplicação de fonte externa apenas na partida do sistema.

Para atender a demanda de entrada e armazenamento do substrato nesta etapa do processo está previsto a construção de dois tanques de hidrólise, cada um com capacidade de 1.250 m<sup>3</sup> com dimensões de 20,0 m de diâmetro e 4,0 m de altura.

As principais características construtivas e os equipamentos utilizados para operar o tanque de hidrólise estão apresentados na tabela, a seguir.

**Principais Características Construtivas e Equipamentos Necessários para Operar os Tanques de Hidrólise**

Descrição dos Equipamentos	Características
Material construtivo do tanque	Concreto Armado 100%
Dimensões (diâmetro e altura)	20 m/4,0 m
Volume de substrato	1.250 m <sup>3</sup>
Sistema de Agitação	Agitador 11 KW, com ajustes vertical e horizontal
Gasômetro	Sim em PVC 1,05 mm, membrana Dupla
Janela de inspeção	2 x de 20 cm com limpador
Método de alimentação	Bomba NEMO BF Netzsch

**Principais Características Construtivas e Equipamentos Necessários para Operar os Tanques de Hidrólise**

Descrição dos Equipamentos	Características
Bomba de saída	Nemo 63
Bomba de recirculação lagoa	Nemo 45
Sensor de nível	Ultrassônico
Sistema de aquecimento	Mangueiras PEX na parede
Sensor de temperatura	PT100

Fonte: MEIOESTE AMBIENTAL

#### a) Tanques de Biodigestão

Os tanques de biodigestão foram dimensionados considerando o volume de substrato que será transferido diariamente dos tanques de hidrólise e o tempo de retenção do material nesta etapa do processo.

Nos tanques de biodigestão ocorreram os principais processos de biodigestão como acidogênese, acetogênese e metanogênese. Estes processos ocorreram de maneira mais lenta que nas etapas predecessoras, desta forma necessitando de um maior tempo de retenção, o qual é estimado em 22 dias.

Para atender a demanda de entrada e armazenamento do substrato nesta etapa do processo está previsto a construção de dois tanques de biodigestão, cada um com capacidade de 3.681 m<sup>3</sup> com dimensões de 25,0 m de diâmetro e 7,5 m de altura.

As principais características construtivas e os equipamentos utilizados para operar o tanque de biodigestão estão apresentados na tabela, a seguir.

**Principais Características Construtivas e Equipamentos Necessários para Operar os Tanques de Biodigestão**

Descrição dos Equipamentos	Características
Material construtivo do tanque	Concreto armado acima do solo
Dimensões (Diâmetro, Altura)	25 m/7,5 m
Volume de substrato	3.681 m <sup>3</sup>
Sistema de agitação	Agitador de 11 KW, 1 com ajustes vertical e horizontal e 2 com ajuste vertical.
Sistema de filtragem e armazenamento de gases	1 Gasômetro, membrana dupla / ¼ de esfera



#### Principais Características Construtivas e Equipamentos Necessários para Operar os Tanques de Biodigestão

Descrição dos Equipamentos	Características
Sistema de filtragem	Rede de dessulfurização
Analisador de gases	MRU on-line SGW100 biogás
Sistema de alívio de pressão mecânico	+5mbar, inox
Bomba de entrada de substratos	Nemo 63, idem bomba de saída receptor
Bomba de saída de substratos	Nemo 63, idem bomba de saída receptor
Sistema de Aquecimento	Serpentinhas com mangueiras PEX
Necessidade térmica do biodigestor	100.000 Kcal/hora
Isolamento térmico e chapas de proteção	Sim Isopor e chapas verdes
Tabulações de substratos	PVC 4"
Tubulação de Biogás	PVC 4"
Sensor de Temperatura	PT100
Sensor de temperatura externa	PT 100
Sensor de nível	Ultrassônico
Sensor de pressão	Calibrado na Alemanha
Sensor de vazão de substrato	Não
Sensor de vazão de biogás	Sim, térmico
Instalações elétricas	Subterrâneas
Painel elétrico e software	Sim
Monitoramento on-line	Até 6 meses após atingir 70% da produção estimada, gratuito
Laboratório análises biológicas	Pequeno laboratório para análises de FOS/TA, ST e SV

Fonte: MEIOESTE AMBIENTAL

A figura a seguir apresenta um exemplo dos reatores de biodigestão, conforme previsto para o projeto desta PMI.

Exemplo de Biodigestores Tipo CSTR



Fonte: Energias Renováveis

#### 1.4.3.9.6. Descrição dos Principais Sistemas Operacionais

Nos itens a seguir estão descritos os principais sistemas operacionais propostos visando melhor eficiência operacional do sistema e a consequente geração de biogás.

##### a) Sistema de Agitação

A agitação é fundamental para a estabilidade do processo de biodigestão. Em reatores CSTR, a utilização de um sistema de agitação implica em um ganho de 15 a 30% na produtividade de Biogás.

A agitação possibilita o contato intenso entre as bactérias e o substrato, aumentando a eficiência da produção de biogás. Em sistemas de biodigestão que não são equipados com agitadores, após um breve período, observa-se a separação de fases em virtude da diferença de densidade entre as várias substâncias que compõem o substrato e pelo empuxo provocado pela formação de biogás.

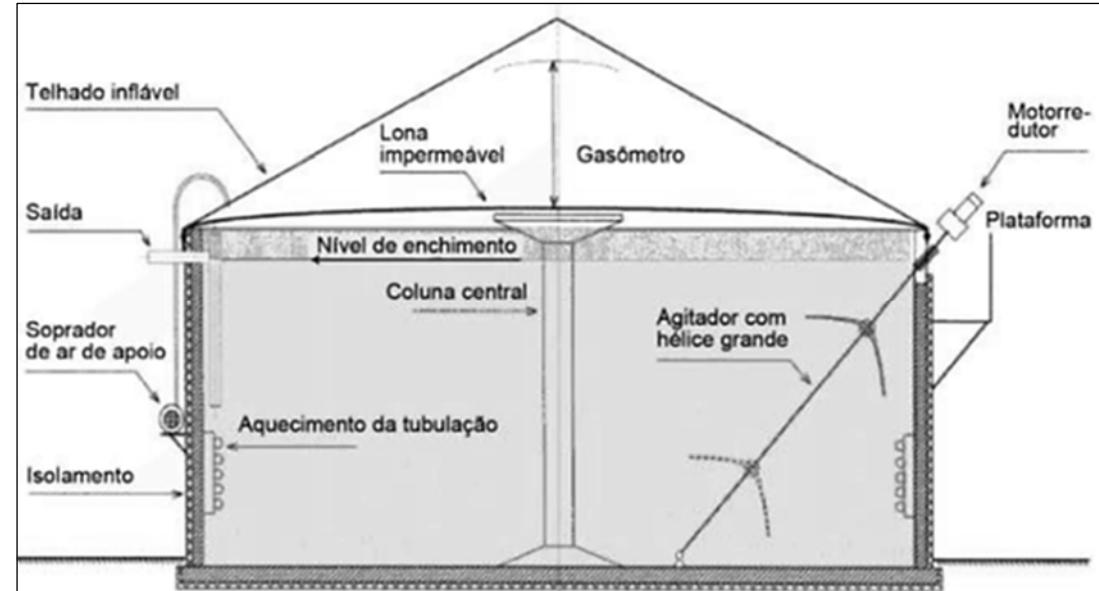
A massa de bactérias possui densidade maior do que o substrato em decomposição, o que faz com que a maior parte se encontre na parte inferior do reator, fazendo com que o substrato em decomposição frequentemente se acumule na camada superior. Isso faz com que a área de contato entre essas duas camadas fique restrita ao ponto em que elas se tocam e a taxa de decomposição é muito baixa.

Além disso, pode ocorrer a formação de sobrenadante de sólidos flutuantes, o que dificulta a saída do biogás (tamponamento). Dessa forma, é importante possibilitar o contato entre as bactérias e o substrato, por meio da agitação.



A agitação intensa deve ser evitada, pois as bactérias formam colônias, as quais podem ser destruídas por agitações muito intensas, o que pode afetar negativamente a decomposição anaeróbia.

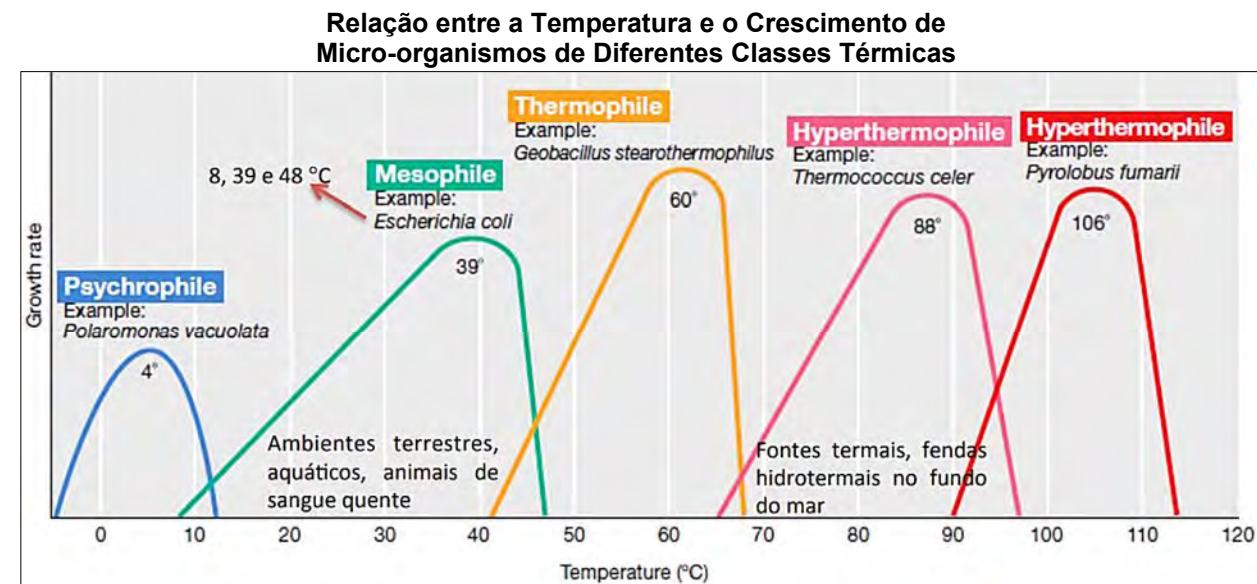
**Exemplo de Agitador de Eixo Longo e Fixação Lateral no Interior dos Reatores**



Fonte: CIBIOGÁS

### b) Sistema de Aquecimento

Os processos anaeróbicos, como muitos outros sistemas biológicos, são fortemente dependentes da temperatura, pois a velocidade de reação dos processos biológicos depende da velocidade de crescimento dos micro-organismos e, por sua vez, da temperatura do meio, conforme apresentado na figura, a seguir.



Fonte: [www.edisciplinas.usp.br](http://www.edisciplinas.usp.br)

A temperatura é um dos fatores mais importantes na seleção das espécies de micro-organismos, não influenciando apenas na atividade metabólica da população de micro-organismos, mas, também, no equilíbrio iônico e na solubilidade dos substratos.

Para a atividade microbiana, são, normalmente, consideradas 3 faixas termais de temperatura: psicrófilo, mesófilo e termófilo. Dentro de cada faixa de temperatura, existe um intervalo para o qual ocorre a máxima taxa de crescimento, que é a determinação da temperatura ótima em cada uma das faixas de operação, conforme apresentado na tabela a seguir.

**Faixa Termal e Tempo de Retenção Típico Durante o Processo de Digestão Anaeróbico**

Micro-organismo de Acordo com a Classe Termal	Temperatura (°C)			Tempo Mínimo de Retenção
	Mínima	Ótima	Máxima	
Psicrófilos	4 a 10	15 a 18	20 a 25	70 a 100 dias
Mesófilos	15 a 20	25 a 35	35 a 45	30 a 60 dias
Termófilos	25 a 45	50 a 60	75 a 80	15 a 20 dias

Fonte: [www.edisciplinas.usp.br](http://www.edisciplinas.usp.br)



Os micro-organismos produtores de gás metano (metanogênicos) apresentam um crescimento máximo na faixa mesófila e na faixa termófila, mas, no geral, são mais sensíveis às flutuações de temperatura do que outros micro-organismos no processo.

Em geral, o aumento da temperatura ambiente leva ao aumento da velocidade de crescimento dos micro-organismos devido a aceleração do processo de digestão, favorecendo a maior produção de biogás.

Portanto, o controle da temperatura é fator importante para obtenção da melhor eficiência na produção de biogás, a qual deve prevista no projeto, considerando para tanto o sistema de isolamento térmico para os tanques.

### c) Sistema de Isolamento Térmico dos Tanques

Para assegurar a constância na temperatura dos tanques de biodigestão, estes possuem isolante térmico nas paredes, os cálculos térmicos, foram realizados considerando com isolamento de isopor EPS nas paredes com proteção em chapa zincada em verde.

As principais características são:

- ✓ Chapas de EPS: 5 cm de espessura;
- ✓ Fixadores em INOX;
- ✓ Chapas trapezoidais conforme a NBR 14514: 0,43 mm;
- ✓ Material: galvalume;
- ✓ Chapas pintadas em verde ou outra.

### d) Sistema de Filtragem e Armazenamento de Biogás

Neste tópico são descritos os principais sistemas que serão utilizados para o armazenamento, filtragem e controle de pressão do biogás gerado nos tanques de hidrólise e biodigestão.

- ✓ Gasômetro

O biogás produzido nos tanques de hidrólise e principalmente no tanque de biodigestão serão armazenados em estruturas chamadas de gasômetros. O gasômetro será construído sobre os tanques, a partir de uma membrana flexível, que quando inflada terá o formato de cúpula atuando como reservatório de biogás.

O movimento de (inflar e desinflar) das cúpulas ocorrerá pela diferença de pressão, volume de biogás armazenado, ou seja, conforme o biogás vai sendo produzido a pressão na cúpula aumenta, inflando a cúpula do gasômetro e consequentemente causando o aumento do volume armazenado e, conforme o gás é consumido ou retirado da cúpula, a pressão diminui e o gasômetro reduz de tamanho, conforme apresentado no exemplo da figura a seguir.

**Exemplo de Gasômetros**



Fonte: ARCHEA



As principais características do gasômetro dimensionado para o projeto são:

- ✓ Formato dos gasômetros: ¼ de esfera ou ½ esfera;
- ✓ Quantidade de membranas: 1 membrana;
- ✓ Fixada com barras chatas de inox 304, com chumbadores em inox 304 na parede do tanque;
- ✓ Controle de alívio pressão mecânico para -2mbar, +8mbar;
- ✓ Cintas para reforço fixadas na lateral do fermentador para evitar a instabilidade em ocorrência de ventos fortes;
- ✓ Membranas Fabricadas no Brasil, 5 anos de garantia;
- ✓ No gasômetro do fermentador será instalado um sistema de sub/sobre pressão para evitar o rompimento de membrana caso a pressão exceda mesmo com o flare trabalhando.
- ✓ Sistema de Filtragem

A filtragem do biogás é de suma importância, principalmente para a remoção do H<sub>2</sub>S (dessulfurização). Este gás é corrosivo em meio gasoso, e seu potencial de corrosão aumenta ainda mais em meio aquoso, isso causa danos aos equipamentos. Portanto, é necessário um sistema para reduzir esta concentração.

Sistemas que funcionam pelo princípio de dessulfurização biológica, pela inserção de ar no processo de biodigestão apresentam um ótimo custo benefício a longo prazo, pois utilizam o ar como consumível para o processo. Sendo assim, este é o sistema que foi considerado para ser utilizado neste projeto.

Este sistema de dessulfurização insere apenas a quantidade de ar necessária em determinados períodos conforme a leitura de H<sub>2</sub>S através de sensores, visando manter o balanço de O<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>S na parte gasosa do biodigestor, ou seja, o sistema possui um controle automático destas concentrações, garantindo a segurança operacional e de produção de biogás da unidade.

Desta forma, em caso de problemas na produção de biogás, ou eventuais entradas não previstas de cargas de oxigênio no biodigestor, o sistema é capaz de detectar e interromper inserções desnecessárias, inclusive alertando que o sistema está com problemas desta natureza para que possa ser realizada intervenção em tempo hábil sem que ocorra um colapso no processo biológico devido a inibição das bactérias anaeróbias que produzem o gás metano (CH<sub>4</sub>).

#### ✓ Flare

O principal sistema de segurança, relacionado ao controle de pressão do gasômetro é o flare. Os equipamentos responsáveis pelo armazenamento de biogás estão sujeitos a sobrepressões, principalmente em caso de interrupção do consumo de biogás, o qual pode ocorrer por diversos fatores.

Desta forma, para garantir a segurança operacional será necessária a instalação de alguns equipamentos para permitir a saída do biogás em caso de sobrepressões do sistema.

Contudo, uma das premissas em sistemas de geração de energia renovável é a redução da emissão de gases de efeito estufa (GEE), por esta razão o biogás antes de ser liberado para a atmosfera, deve passar pelo processo de combustão para ser transformado em óxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e vapor d'água (H<sub>2</sub>O).

Para isso é necessário que o sistema possua um queimador de biogás, conhecido como flare. O flare consiste basicamente numa tubulação livre de obstruções para passagem do biogás até sua extremidade aberta à atmosfera, onde um ignitor posicionado em sua seção de saída entra em contato com o biogás, criando assim os três elementos base para que ocorra a combustão, o combustível (oxigênio do ar atmosférico), o combustível (metano presente no biogás) e a ignição.



A extremidade aberta ainda deve ser protegida de tal forma que a relação estequiométrica para queima do metano fique a mais próxima possível do ideal, evitando assim que a chama se apague por quantidades excessivas de vento e, também controlando a chama para que ela não se propague para locais indesejados.

O equipamento deve possuir um sistema que impeça o retorno da chama gerada no local de combustão de volta ao processo, causando a combustão no interior dos biodigestores. Desta forma, para atender às demandas do projeto, este equipamento foi dimensionado para realizar a combustão de biogás a uma vazão de 350 m<sup>3</sup>/h.

A altura do flare será superior a 10 m e inferior a 15 m em relação ao nível da base civil de instalação. Possuirá isolamento térmico de todas as partes à jusante da válvula corta chamas. Este isolamento deverá ser com manta de lã de rocha e acabamento em chapas de alumínio.

Além do queimador, serão instaladas válvulas de alívio de pressão em cada biodigestor. Atuando como uma redundância do sistema principal (flare), garantindo a segurança dos equipamentos em caso de sobrepressões.

As principais características do flare dimensionado para o projeto são:

- ✓ Estrutura em aço inox 304;
- ✓ Capacidade de queima: 350 m<sup>3</sup>/h;
- ✓ Altura do ponto de queima: 10 m do solo;
- ✓ Sistema de sub/sobrepressão mecânico;
- ✓ Temperatura de acendimento: 750°C;
- ✓ Válvula de segurança para retorno de chama com homologação internacional;
- ✓ Compressor à prova de explosão;
- ✓ Diâmetro: 50 mm;
- ✓ Velocidade de saída dos gases: 9,0 m/s.

Na figura a seguir, está apresentada uma imagem ilustrando um modelo de flare.

**Imagen Ilustrativa**

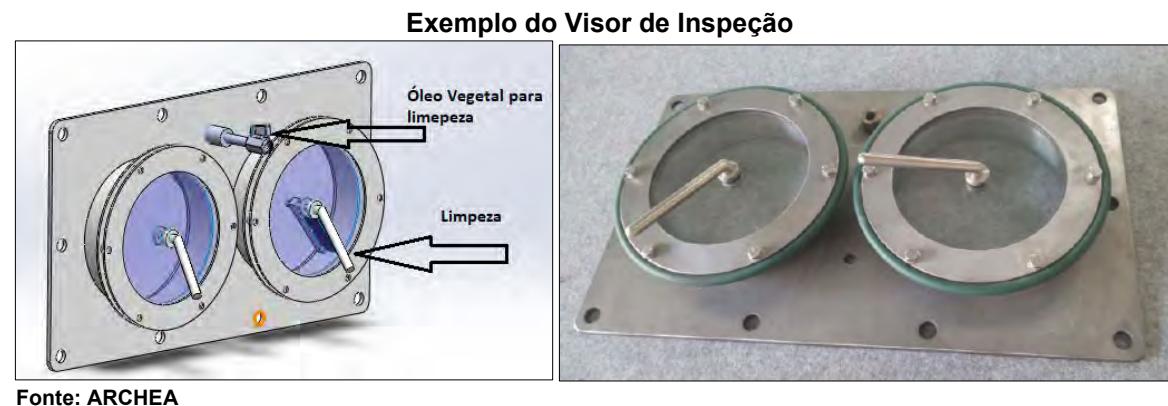


Fonte: ARCHEA

✓ Sistema de Inspeção Visual

Além de todo o sistema automático de monitoramento e controle operacional dos tanques de biodigestão, será instalado um sistema de inspeção visual para monitorar a eficiência dos processos de fermentação, agitação e controle do nível de substrato, o qual possui as seguintes características:

- ✓ Diâmetro da janela: 20 cm;
- ✓ Quantidade de janelas: 2;
- ✓ Sistema de limpeza de vidros com limpador e adição de óleo vegetal;
- ✓ Material do visor: Inox 304 e vidro temperado;
- ✓ Sistema de entrada de óleo para diminuição de espuma.



**Círculo Amarelo na Parte Superior com o Visor de Inspeção Instalado no Tanque de Biodigestão**



#### e) Sistema de Circulação do Digestato no Interior dos Tanques

Os principais equipamentos utilizados para realizar a circulação do digestato no interior dos tanques serão as bombas de parafuso excêntrico NEMO ou em alguns casos bomba submersível.

As válvulas para a abertura das bombas serão guilhotinadas manuais e automáticas.

#### f) Sistema de Circulação do Biogás

O transporte do biogás poderá ser aéreo ou subterrâneo.

No modo aéreo será utilizada tubulação de inox AISI 304, no modo subterrâneo será utilizada tubulação PP ou PVC, ambas com diâmetro de 100 mm.

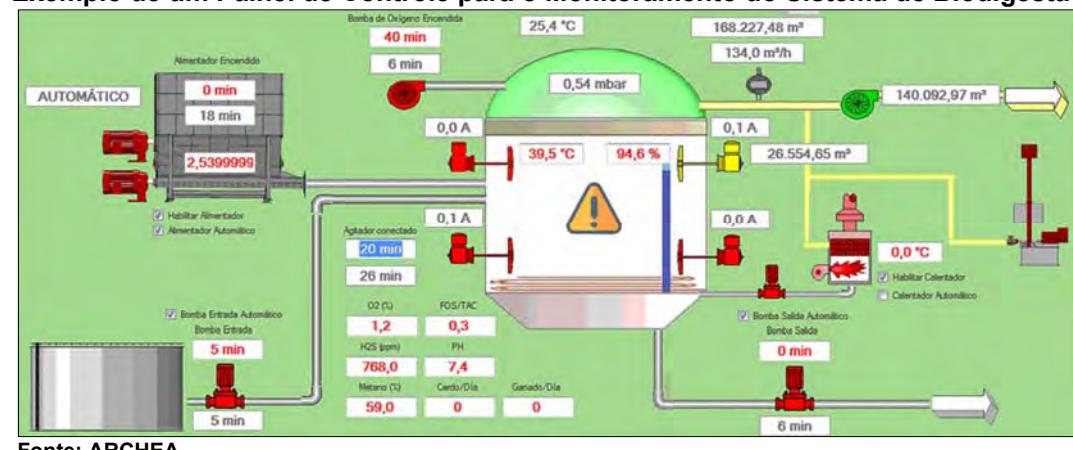
#### g) Sistema de Controle e Monitoramento Automático

O monitoramento e o controle do sistema de biodigestão poderá ser realizado remotamente pelo fabricante e pelo operador da planta.

Se detectada alguma anormalidade com qualquer parâmetro monitorado, o gerente da planta e o engenheiro operacional da fabricante receberão um aviso.



**Exemplo de um Painel de Controle para o Monitoramento do Sistema de Biodigestão**



#### **4.3.9.7. Encaminhamento dos Produtos Gerados na Biodegradação para os Demais Módulos Operacionais do Empreendimento**

Os produtos gerados no final do processo de biodigestão serão encaminhados para os seguintes Módulos Operacionais do Empreendimento:

- ✓ O biogás será enviado para ser convertido em biometano na Usina de Biometanização prevista no Módulo 5;
  - ✓ O digestato será enviado para ser tratado na Usina de Compostagem pertencente ao Módulo 3, conforme descrito a seguir.

#### **1.4.3.10. Usina de Compostagem**

Neste item estão apresentados os principais aspectos técnicos e construtivos da Usina de Compostagem que será implantada junto ao Módulo 3.

#### **1.4.3.10.1. Localizações**

A Usina de Compostagem será construída no limite sul da atual área do ASB, próxima à Usina de Biodigestão.

#### **1.4.3.10.2. Descritivo Operacional e Capacidade de Tratamento**

O Módulo de Compostagem utilizará no processo o digestado oriundo da usina de biodigestão, o qual será misturado aos substratos como (maravalha, serragem, palha), desta forma ocorrendo o tratamento do digestato pelo processo de compostagem e, como consequência deste processo ocorrerá a evaporação da água e a formação de um composto orgânico que poderá ser doado ou comercializado pela futura CONCESSIONÁRIA.

Considerando o arranjo tecnológico proposto, o qual será detalhado nos itens a seguir, foi estruturado o balanço de massas previsto para a operação da Usina de Compostagem durante o período de Concessão, conforme apresentado na tabela, a seguir.

## Balanço de Massas Previsto para a Usina de Compostagem

Ano da Concessão	Ano	Biofertilizante (t/dia)	Rejeito de Afino (t/dia)
0	2023	-	-
1	2024	-	-
2	2025	-	-
3	2026	24,57	6,14
4	2027	24,82	6,21
5	2028	25,07	6,27
6	2029	25,30	6,33
7	2030	25,53	6,38
8	2031	25,75	6,44
9	2032	25,96	6,49
10	2033	26,17	6,54
11	2034	26,36	6,59
12	2035	26,55	6,64
13	2036	26,73	6,68
14	2037	26,91	6,73
15	2038	27,07	6,77
16	2039	27,22	6,81
17	2040	27,37	6,84
18	2041	27,51	6,88
19	2042	27,63	6,91
20	2043	27,75	6,94
21	2044	27,86	6,97
22	2045	27,96	6,99
23	2046	28,06	7,01



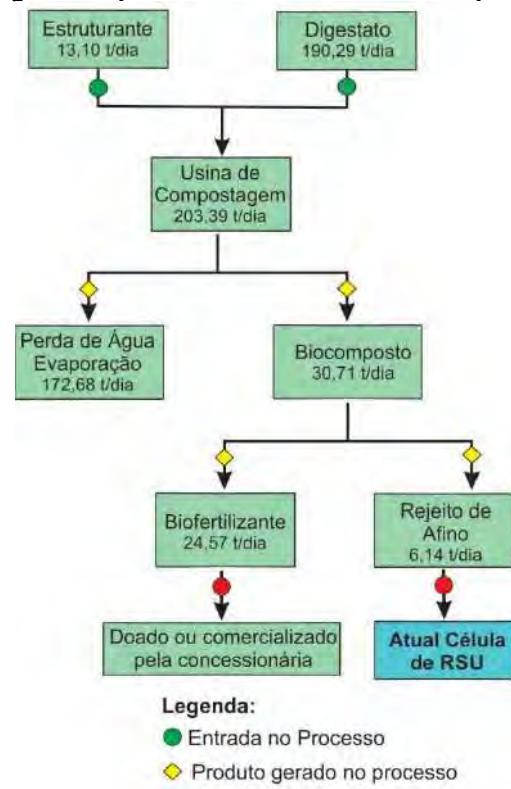
Balanço de Massas Previsto para a Usina de Compostagem

Ano da Concessão	Ano	Biofertilizante (t/dia)	Rejeito de Afino (t/dia)
24	2047	28,14	7,04
25	2048	28,21	7,05
26	2049	28,28	7,07
27	2050	28,34	7,08
28	2051	28,39	7,10
29	2052	28,43	7,11
30	2053	28,46	7,11

Fonte: MEIOESTE AMBIENTAL

O fluxograma operacional da Usina de Compostagem com os destinos de cada subproduto gerado no processo e os quantitativos previstos para o primeiro ano de operação estão apresentados na figura, a seguir.

Fluxograma Operacional da Usina de Compostagem



Fonte: MEIOESTE AMBIENTAL

Os processos apresentados no fluxograma anterior estão detalhados nos itens, a seguir.

#### 1.4.3.10.3. Introdução

O tratamento dos resíduos sólidos orgânicos via processo de compostagem é uma alternativa adequada e ambientalmente correta para a destinação do digestado produzido nos tanques de biodigestão.

O digestato é transformado do estado líquido para o estado sólido, através da mistura com os substratos secos como maravilha, serragem, palha e outros componentes, com grande relação de C/N.

A finalidade deste processo é a produção do composto orgânico e a redução do volume de resíduos através da eliminação da água contida no digestato, via processos térmicos desenvolvidos na compostagem, concentrando os nutrientes e reduzindo a quantidade de resíduos produzidos.

A compostagem é definida como a decomposição biológica e a estabilização das substâncias orgânicas sob condições que permitam o aumento das temperaturas como resultado da produção biológica de calor pelas bactérias termofílicas, resultando em um produto final suficientemente estável para a estocagem e aplicação agrícola, sem gerar efeitos adversos ao meio ambiente.

A mistura destes componentes em formulação adequada produzirá um composto orgânico que pode ser aplicado em áreas de produção de grãos, flores, reflorestamento, pastagens entre outros.

A compostagem é considerada um processo controlado de decomposição microbiana de oxidação e oxigenação de uma massa heterogênea de matéria orgânica no estado sólido e úmido, passando pelas seguintes fases: fase inicial do composto cru ou imaturo,



seguida de uma fase de semicura ou bioestabilização, e por fim pela fase de cura, maturação ou mais tecnicamente, a humificação, acompanhada da mineralização de determinados componentes da matéria orgânica.

Durante o processo de compostagem ocorre a produção de calor e o desprendimento, principalmente de gás carbônico e vapor d'água.

Na composteira o digestato será disposto de forma fracionada sobre o leito da unidade de compostagem até a saturação líquida do substrato seco. A mistura permanece na unidade de compostagem para o tratamento por um período compreendido de 3 a 4 meses, até sua maturação total (relação C/N < 20).

Durante este processo ocorre o tratamento do digestato pela ação de bactérias aeróbias que se desenvolvem durante o processo de fermentação das leiras de compostagem. Este processo naturalmente resulta em calor, que por consequência provoca o aquecimento de toda a massa em compostagem.

Com a ocorrência natural na elevação da temperatura, a fração líquida presente na massa em compostagem é retirada pelo processo de evaporação, e a matéria orgânica é degradada lentamente em função da sua exposição por longo período de tempo a uma temperatura superior a 45°C.

A exposição da matéria orgânica por um período prolongado de tempo a essa temperatura, possibilita também a eliminação de praticamente 100% dos micro-organismos patogênicos, além de sementes indesejadas presentes na massa em compostagem.

#### 1.4.3.10.4. Dimensionamento da Usina de Compostagem

Neste tópico estão descritos os dimensionamentos do sistema de compostagem e o arranjo tecnológico proposto. Cabe destacar que estão disponíveis no mercado diversos equipamentos que podem ser utilizados, e caberá à futura CONCESSIONÁRIA optar pela alternativa que ofereça a maior confiabilidade, performance, durabilidade e apresente a melhor relação custo x benefício.

O barracão de compostagem foi dimensionado para realizar o tratamento de todo o volume de digestado que será gerado pela usina de biodigestão. Cabe destacar que, o volume máximo de digestato ocorrerá no último ano da concessão totalizando aproximadamente 220,41 t/dia. Considerando uma margem de segurança operacional optou-se por utilizar um valor acima da geração estimada de digestato, a qual foi estabelecida como 225,0 t/dia.

Portanto, os principais parâmetros utilizados para o dimensionamento do barracão de compostagem estão apresentados na tabela, a seguir.

**Principais Parâmetros para o Dimensionamento do Barracão de Compostagem**

Descrição	Quantidade
Capacidade esperada de incorporação por kg de substrato	14kg
Tipo de substrato considerado	Serragem
Densidade do substrato	240 kg/m <sup>3</sup>
Período de compostagem (T)	90 dias

Fonte: MEIOESTE AMBIENTAL

O cálculo utilizado para determinar o volume da composteira está apresentado na equação, a seguir:

$$V1 = \frac{V \times T}{S}$$

**Onde:**

- ✓  $V_1$  = volume de substrato necessário para o tratamento do digestato produzido no período (T);
- ✓  $V$  = volume de digestato produzido (kg/dia);
- ✓  $T$  = período esperado para a utilização das leiras de compostagem (dias);
- ✓  $S$  = capacidade de absorção do lodo pelo processo de compostagem (litros/kg).

Aplicando-se a fórmula:

$$V_1 = \frac{250.000 \times 90}{14}$$

$$V_1 = \frac{22.500.000}{14}$$

$$V_1 = 1.607.142 \text{ kg}$$

Obs.: Considerando uma densidade de 240 kg de serragem por metro cúbico, temos:

$$V_1 = \frac{160.714}{240}$$

$$V_1 = 6.696,42 \text{ m}^3$$

O volume anterior comprehende a necessidade de área/volume para tratamento de 250,00 t/dia de digestato para um período de, aproximadamente, 90 dias.

Portanto, para realizar o armazenamento de 6.696,42 m<sup>3</sup> pelo período de 90 dias e, considerando a máxima eficiência operacional da Usina, propõem-se que a futura CONCESSIONÁRIA deverá construir dois barracões de compostagem com 95 m de comprimento e 18 m de largura, totalizando uma área construída de 2.000 m<sup>2</sup> e um volume útil de 3.420 m<sup>3</sup> cada barracão, conforme apresentado na tabela, a seguir.

Dimensionamento dos Barracões de Compostagem	
Descrição	Quantidade
Número de barracões	2
Altura do pé direito	9,00 m a partir do piso
Dimensões totais de cada barracão	Comprimento: 100,0 m Largura: 20,0 m Altura da parede: 2,30 m
Tamanho total da área construída	2.000 m <sup>2</sup>
Dimensões úteis de cada barracão	Comprimento: 95,0 m Largura: 18,0 m Altura da parede: 2,00 m
Volume útil de cada barracão	3.420 m <sup>3</sup>
Tipo operacional	Intercalada por leiras
Número de vão utilizados em cada barracão	6,00 leiras
Dimensões úteis de cada leira	Comprimento: 95,00 m Largura: 3,00 m Altura: 2,00 m
Capacidade cúbica utilizada por leira	570,00 m <sup>3</sup>
Capacidade cúbica de cada barracão	3.420,00 m <sup>3</sup>
Capacidade cúbica do sistema (considerando dois barracões)	6.840,00 m <sup>3</sup>

Fonte: MEIOESTE AMBIENTAL

#### 1.4.3.10.5. Materiais Utilizados como Substrato Seco

O material selecionado para ser utilizado como substrato deve apresentar características específicas, tais como: boa capacidade higroscópica, rico em carbono, ter partículas de tamanho médio (material picado ou triturado), baixa condutividade térmica, liberar facilmente para o ar a umidade absorvida, não servir de veículo para micro-organismos patogênicos, ter baixo custo e disponibilidade.

A seguir, estão listados alguns tipos de substratos que podem ser utilizados no processo de compostagem:

- ✓ Maravilha
  - Formada por raspas de madeira, obtida de forma industrial ou do beneficiamento de madeiras da indústria de móveis, com partículas de tamanho aproximado de 3 cm de madeiras como pinheiro, pinus, canela, entre outros.



- ✓ Serragem
  - Subproduto do beneficiamento da madeira, obtida do “fio de serra” com partículas de diâmetro média aproximado de 2 mm.
- ✓ Palha
  - Constituída de restos culturais de gramíneas, obtidas após colheita de culturas como arroz, trigo, azevém e milho.
- ✓ Sabugo de milho Triturado
  - Material obtido após a retirada dos grãos.
- ✓ Poda de Árvores
  - Constituída de material celulósico, obtidos no corte de galhos e árvores. Os resíduos de poda, de acordo com a Norma Técnica NBR 10.004/2004 - Resíduos Sólidos: classificação, podem ser considerados como resíduos sólidos de Classe II, não perigosos.

#### **1.4.3.10.6. Aspectos Operacionais**

Neste tópico estão descritos os principais aspectos relacionados à operação da Usina de Compostagem.

##### **1.4.3.10.6.1. Revolvedor Automatizado**

As leiras de compostagem serão removidas de forma automática, a partir de um revolvedor.

O equipamento será produzido em ligas de ferro e aço, com pintura anticorrosiva.

##### **1.4.3.10.6.2. Manejo do Digestato sobre as Leiras de Compostagem**

O digestato gerado diariamente nos tanques de biodigestão será direcionado diretamente para as leiras do módulo de compostagem.

A distribuição do digestato sobre a leira de compostagem será feita diariamente em espaços (vãos de compostagem) diferentes, tendo como objetivos:

- ✓ Possibilitar a distribuição do digestato em pontos determinados, dando condições de corrigir o excesso de umidade e redução de temperatura;
- ✓ Otimizar a utilização do revolvedor, não precisando revolver diariamente 100% da massa em compostagem, mas somente a parte onde foi depositado o digestato naquele dia;
- ✓ Proporcionar aos micro-organismos as condições ideais de fermentação;
- ✓ Manter a temperatura interna da massa em compostagem;
- ✓ Garantir através da temperatura da massa em compostagem, o máximo possível de evaporação independente do revolvimento;
- ✓ Intercalar a retirada do substrato compostado/saturado.

##### **1.4.3.10.6.3. Revolvimento e Homogeneização da Massa em Compostagem**

O revolvimento da massa em compostagem será realizado de maneiras distintas:

- ✓ Movimento de rotação será realizado pelo rolo, que movimenta o substrato do fundo para a superfície da leira, permitindo a descompactação, homogeneização e aeração de toda a leira de compostagem, além de auxiliar na evaporação;
- ✓ Movimentos de avanço e retorno do revolvedor permitirá atingir toda a extensão longitudinal da leira de compostagem.



O processo de revolvimento periódico da massa em compostagem produzirá um ambiente ideal para a proliferação dos micro-organismos aeróbios que degradarão a matéria orgânica e gerar o calor necessário para auxiliar no processo de evaporação da água presente no digestato.

O revolvimento também resultará na produção de um adubo orgânico de boa qualidade.

#### **1.4.3.10.6.4. Monitoramento do Volume de Efluente**

Durante o processo de compostagem, deverá ser realizado o constante monitoramento do volume de efluente nas leiras de compostagem, conforme apresentado na tabela, a seguir.

<b>Controle do Volume de Efluente</b>	
<b>Especificação</b>	<b>Descrição</b>
Finalidade	Identificar se está ocorrendo excesso de produção de efluente
Periodicidade	Verificação diária dos níveis de acúmulo de efluente nas caixas de captação
Possíveis causas da geração de efluente	Redução da capacidade de absorção do substrato Excesso de umidade na leira de compostagem Redução significativa da temperatura da leira de compostagem Grandes períodos de umidade com excessos de chuvas Grande incidência de frio Grandes períodos sem a incidência de sol

#### **1.4.3.10.6.5. Manejo do Substrato**

##### **a) Adição de Substrato Novo na Massa em Compostagem**

- ✓ Finalidade

Corrigir excesso de umidade ou desequilíbrio na temperatura da leira de compostagem.

- ✓ Instrumento  
Adição do substrato a partir de carrinhos ou sacos.
- ✓ Periodicidade  
Adição do material deverá ser realizada quando necessária, seguindo às orientações da equipe técnica responsável pela operação da Unidade de Compostagem.

##### **b) Processo de Retirada do Material Tratado e Decomposto**

Na fase de impregnação ocorre a incorporação do digestato ao substrato até atingir o limite da absorção.

Após a fase de impregnação, a leira de compostagem sofrerá o processo de maturação. A Fase de maturação também denominada de fase de compostagem ou estabilização do composto ocorre logo após a fase de impregnação. Ela começa depois da máxima incorporação do digestato à serragem. A saturação é considerada quando a serragem não tem mais capacidade de absorver o digestato.

Na fase de maturação à biomassa ficará retida no leito de compostagem (leira). Nesta fase ocorrerá somente o revolvimento da leira, para que o processo de secagem seja acelerado. Finalizada esta etapa do processo, o material será retirado e poderá ser doado ou comercializado pela futura CONCESSIONÁRIA.

#### **1.4.3.10.6.6. Monitoramento Necessários para a Correta Operação do Sistema de Compostagem**

Para que todo o processo de compostagem ocorra de maneira eficiente, os seguintes itens necessitam ser constantemente monitorados.



### a) Umidade

A compostagem como processo de bio-oxidação aeróbia exotérmica de um substrato orgânico (digestato), no estado sólido ou semissólido, caracteriza-se pela produção de CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>O, liberação de substâncias minerais e orgânica estável.

Durante o processo de compostagem, ocorre perda de água para o meio ambiente em função da produção de calor originado pela atividade microbiana.

O conteúdo de umidade do processo pode afetar as características físico-químicas do composto, níveis de umidade entre 50-60% são as mais indicadas para que o processo possa ocorrer com maior eficiência.

Deverão ser realizados testes diários para medir o nível de umidade da massa em compostagem. Caso perceba-se um excesso de umidade nos pontos monitorados deverá ser providenciado às medidas para a correção deste problema.

### b) Percolação

A percolação ocorrerá quando a massa em compostagem estiver em fase de saturação ou por causa do excesso de umidade. Este item deverá ser monitorado diariamente através da verificação do volume de efluente acumulado na caixa de captação. Caso este volume venha a aumentar constantemente deverá ser providenciado às medidas para a correção deste problema.

### c) Temperatura

O calor gerado no interior da biomassa em compostagem é necessário para estabilizar o digestato, transformando este resíduo em húmus, reduzindo sua carga patogênica e

facilitando a evaporação da água contida no digestato. O calor necessário para incrementar a concentração dos nutrientes é obtido, em parte, durante a fase termofílica da compostagem.

Nesta etapa do processo de estabilização do digestato, a temperatura no interior da biomassa atinge valores superiores a 60°C. Deste modo, o digestato estabilizado por compostagem, por estar na forma sólida devido à redução no seu teor de umidade, possui menor potencial para a geração e liberação de maus odores, além de reduzir significativamente os riscos de contaminação dos recursos hídricos.

A temperatura obtida durante o processo de compostagem está ligada diretamente com a taxa de oxigenação, o que garante o equilíbrio biológico e a eficiência do processo. Com a manutenção das temperaturas entre 40-60°C, ocorre o desenvolvimento de uma população bacteriana diversificada, aumentando assim a taxa de decomposição da matéria orgânica e a eliminação dos micro-organismos patogênicos, originando um produto de aspectos bacteriológicos seguro.

### d) Aeração

No processo de compostagem denominado aeróbio, a aeração é essencial para geração de calor metabólico dos micro-organismos aeróbios.

O suprimento de ar adequado ao material a ser compostado é essencial para fornecer O<sub>2</sub> e retirar CO<sub>2</sub> produzido.

### e) Homogeneização

O processo de homogeneização da compostagem é realizado através do revolvedor mecânico. A homogeneização tem como objetivo tornar o material que está sendo compostado semelhante em toda a extensão das leiras. Deste modo, a homogeneização



possibilita que o digestato fique bem misturado com o substrato, aumentando assim, a área de exposição ao ataque dos micro-organismos. Além disso, o processo facilita a aeração, que é fundamental para a decomposição do digestato.

A importância do revolvimento para garantir o sucesso do processo se dá pelos seguintes elementos:

- ✓ O revolvimento provoca a homogeneização do substrato com o digestato, não permitindo a criação de crostas de impermeabilização ocasionada pela deposição da parte sólida do digestato sobre a superfície da massa de compostagem;
- ✓ O revolvimento provoca a descompactação de 100% da massa em compostagem, permitindo que a leira não fique compactada, evitando a ocorrência de anaerobiose;
- ✓ Com o revolvimento é possível realizar a aeração de 100% da leira de compostagem, tornando ideais as condições do ambiente para o trabalho dos micro-organismos aeróbios, responsáveis pela degradação ativa da matéria orgânica e pela geração de calor;
- ✓ O revolvimento é muito importante para realizar a eliminação da água presente na leira através da liberação do vapor.

O revolvimento poderá ser utilizado para o eventual resfriamento de uma determinada parte da leira que esteja com a temperatura fora dos padrões ideais para a compostagem.

#### **1.4.3.10.6.7. Processo de Evaporação Constante**

O sistema de tratamento do digestato através do sistema mecanizado de compostagem baseia sua eficiência de eliminação da água, por meio da utilização de elementos naturais e mecânicos, assim descritos:

- ✓ Temperatura da Leira de Compostagem  
Com o trabalho dos micro-organismos aeróbios na degradação natural da matéria orgânica ocorre a liberação de calor que provoca a elevação da temperatura da massa em compostagem, proporcionando a evaporação da água presente no meio em compostagem.
- ✓ Revolvimento Mecânico  
Em decorrência do calor interno, a massa em compostagem ao ser revolvida mecanicamente pelo rolo do revolvedor, liberará grandes quantidades de vapor, contribuindo sensivelmente para a redução da umidade e eliminação de água na leira em compostagem.

Cabe destacar que, o processo de tratamento do digestato pelo método de compostagem é muito eficiente e seguro, pois:

- ✓ Elimina da água responsável pela composição média de 95% do digestato;
- ✓ Elimina os micro-organismos patogênicos pelo longo período de tempo expostos a altas temperaturas;
- ✓ Degrada a matéria orgânica e a transforma em composto de boa qualidade.

O processo de compostagem utilizado será planejado, operado e monitorado de forma que se garanta a incorporação de, no mínimo, 14 litros de digestato em cada kg de substrato de massa de compostagem. Este resultado é obtido independente de épocas de frio, chuva ou tempo de exposição do material em compostagem, sendo uma média a ser atingida ao longo do ano.



O sistema de compostagem terá um rígido controle para não ocorrer a proliferação de moscas e demais insetos. Durante o processo ocorrerá a esterilização pelo calor dos ovos depositados e enterrados na massa em compostagem. Também está prevista a instalação de iscas químicas que auxiliarão na redução da proliferação deste vetor.

#### **1.4.3.10.6.8. Controle das Deficiências do Processo**

As duas únicas deficiências possíveis de ocorrer com possibilidade de comprometer a qualidade do processo de tratamento, são o excesso de umidade e a baixa temperatura na leira de compostagem. Estes dois problemas devem ser monitorados e controlados pela futura CONCESSIONÁRIA, através do acréscimo de massa seca (substrato) e aumento do tempo de revolvimento do local onde estejam ocorrendo tais deficiências.

#### **1.4.3.10.6.9. Retirada, Secagem, Estocagem e Aplicação do Composto Orgânico**

- ✓ **Retirada**

Após o período de tratamento e compostagem, o digestato, juntamente com a massa utilizada como substrato estará transformada em composto orgânico (adubo).

A retirada deste material das leiras será feita por pá carregadeira ou outro equipamento similar, removendo para fora da leira 100% do composto pronto.

- ✓ **Secagem**

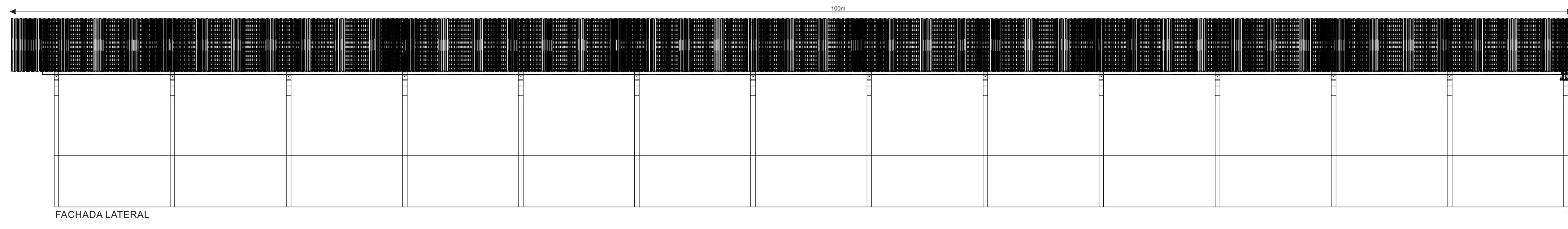
O composto após estar pronto e na umidade correta deverá ser retirado e devidamente armazenado.

- ✓ **Estocagem**

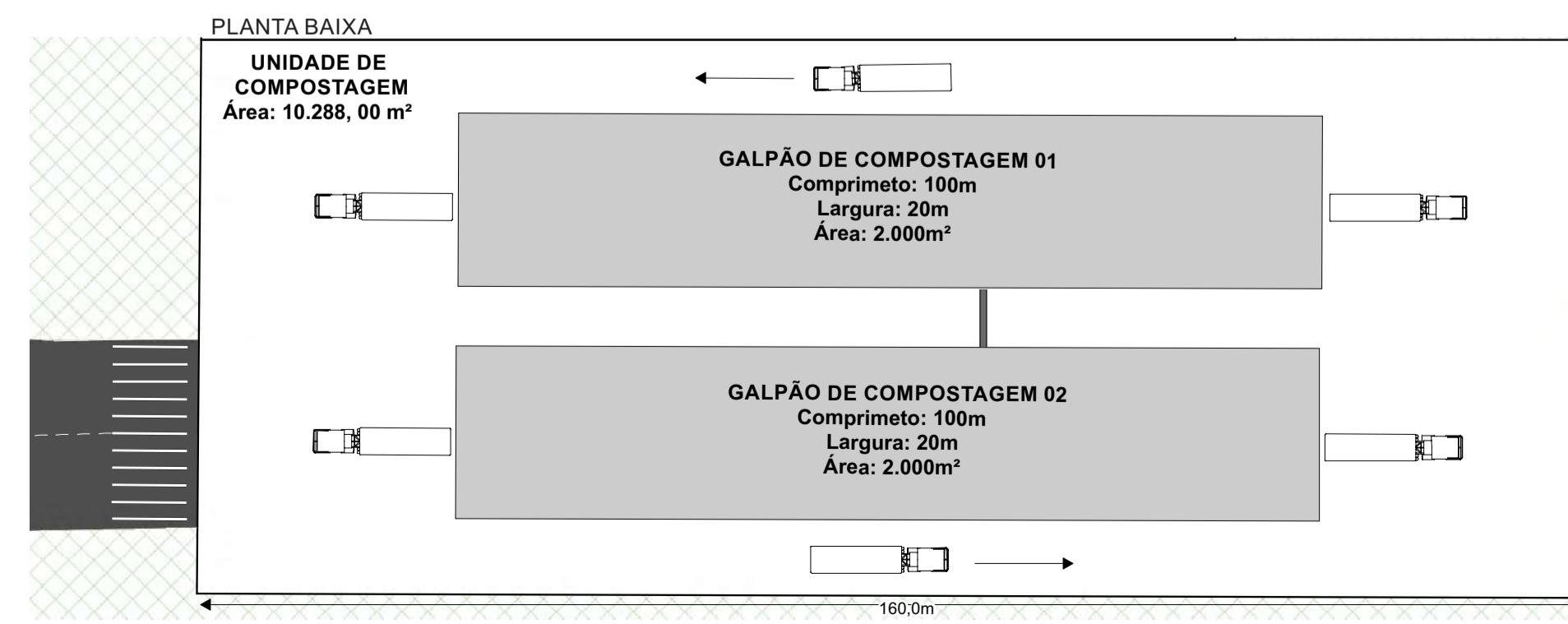
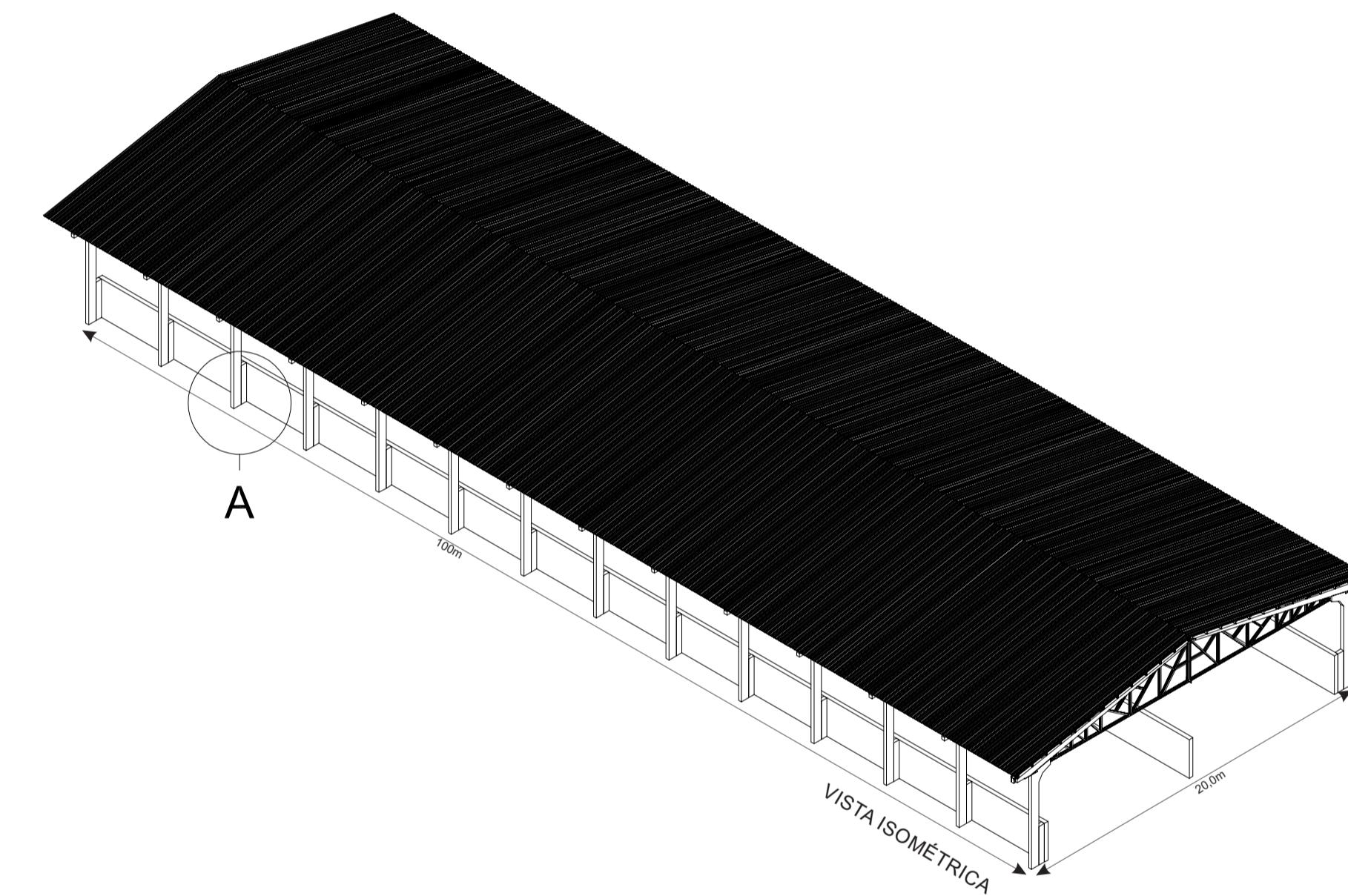
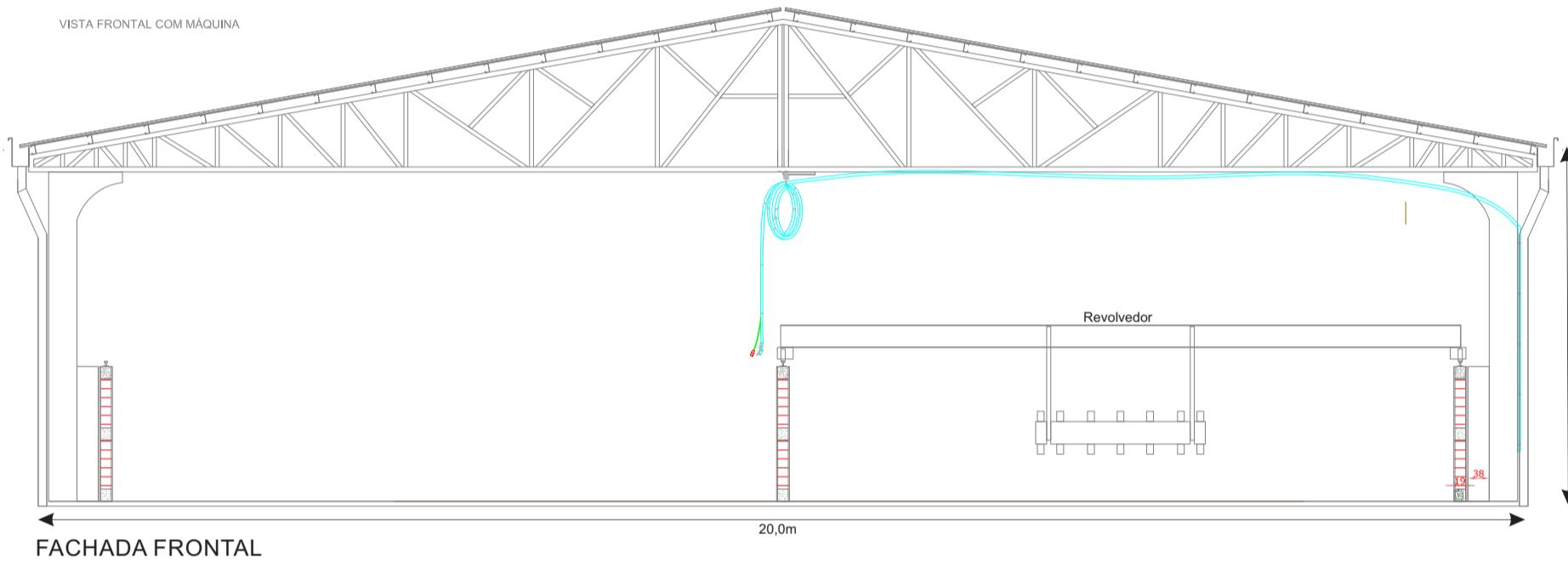
O composto deverá ser estocado em lugar coberto, ventilado e livre e infiltração de água, onde poderá permanecer em fase final de compostagem até o momento de ser doado ou comercializado pela CONCESSIONÁRIA.

- ✓ **Aplicação**

A aplicação do composto deverá ser precedida de análise de nutrientes, permitindo a racionalização do uso dos nutrientes, evitando o excesso ou a deficiência de nutrientes no solo onde será feito o plantio.



Governo do Distrito Federal  
Secretaria de Estado de Projetos Especiais do Distrito Federal



**Meioeste**  
Ambiental



ÓRGÃO CONCEDENTE:  
SECRETARIA DE ESTADO DE PROJETOS ESPECIAIS  
PRÁÇA DO BURITI, ZONA CÍVICO-ADMINISTRATIVA,  
PALÁCIO DO BURITI, SALA P50,  
CNPJ: 11.201.401/0001-72



OBJETO:	ESTUDO DE MODELAGEM TÉCNICA	PROJETO:	PROCEDIMENTO DE MANIFESTAÇÃO DE INTERESSE - PMI EDITAL DE CHAMAMENTO PÚBLICO N° 02/2021 - SEPE/GAB/SEGP
ATIVIDADE:	CONCESSÃO DOS SERVIÇOS DE GESTÃO, OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DO ATERRAMENTO SANITÁRIO	ENDEREÇO DO EMPREENDIMENTO:	RODOWIA DF-180, km 21, BRASÍLIA - DISTRITO FEDERAL - BRASIL