

POCCA

Plano de
Controle
Ambiental

Revisão 02
Janeiro/2020



Consórcio Caminhos do Tibagi
Aterro sanitário de Imbaú



**CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL CAMINHOS DO TIBAGI
RESERVA – PR**

**PLANO DE CONTROLE AMBIENTAL
Aterro sanitário de Imbaú
Revisão 02**

Janeiro/2020

APRESENTAÇÃO	7
EMPREENDEDOR	8
EQUIPE TÉCNICA	9
1. MEMORIAL TÉCNICO	11
1.1. RESÍDUOS E VIDA ÚTIL	11
1.2. CONCEPÇÃO E JUSTIFICATIVA DO PROJETO	13
1.3. DESCRIÇÃO E ESPECIFICAÇÕES DO PROJETO	15
1.3.1. DISPOSIÇÃO DOS RESÍDUOS	23
1.3.2. ACESSO E ISOLAMENTO DA ÁREA DO ATERRO SANITÁRIO	28
1.3.3. EMPRÉSTIMO DE MATERIAL PARA COBERTURA	32
1.3.4. SISTEMA DE DRENAGEM SUPERFICIAL	34
1.3.5. SISTEMA DE DRENAGEM DO CHORUME	37
1.3.6. PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS E MÉTODOS CONSTRUTIVOS DO SISTEMA DE TRATAMENTO DO CHORUME	38
1.3.7. SISTEMA DE IMPERMEABILIZAÇÃO	45
1.3.8. ESTABILIDADE DE TALUDES	47
1.3.9. PROCEDIMENTO OPERACIONAL E MÉTODOS CONSTRUTIVOS DO SISTEMA DE DRENAGEM DE GÁS	50
1.3.10. INSTALAÇÕES DE APOIO	59
1.3.10.1. Dimensionamento do sistema de tratamento do esgoto sanitário	59
1.3.10.1.1. Fossa séptica	61
1.3.10.2. Sumidouro	64
1.4. OPERAÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO	69
1.4.1. EQUIPE DE TRABALHO E EQUIPAMENTOS	69
1.4.2. PLANO DE OPERAÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO	77
1.5. USO FUTURO DA ÁREA DO ATERRO SANITÁRIO	81
2. PROGRAMAS AMBIENTAIS	83
3. ESTIMATIVA DE CUSTO	84
4. CRONOGRAMA	86
5. REPRESENTAÇÃO GRÁFICA	92
6. REFERÊNCIAS	93
7. ANEXOS	95



LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – LOCALIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO.	17
FIGURA 2 – PLANTA COM A DISPOSIÇÃO GERAL DAS ESTRUTURAS DO ATERRO SANITÁRIO DE IMBAÚ.	20
FIGURA 3 – MAPA DAS ESTRUTURAS PREVISTAS PARA O EMPREENDIMENTO.	21
FIGURA 4 – FLUXOGRAMA DE FUNCIONAMENTO DO EMPREENDIMENTO.	22
FIGURA 5 – REPRESENTAÇÃO DAS CAMADAS E COTAS DO ATERRO SANITÁRIO.	23
FIGURA 6 – LEIRA DOS RESÍDUOS ORGÂNICOS EM FORMA TRAPEZOIDAL.	24
FIGURA 7 – VISTA GERAL DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL.	24
FIGURA 8 – INTERSECÇÃO ENTRE A PR-160 (A E B), SINALIZAÇÃO (C) E VIA SECUNDÁRIA DE ACESSO (D).	29
FIGURA 9 - MAPA DE LOCALIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO E VIA DE ACESSO.	30
FIGURA 10 – PLANTA COM A DISPOSIÇÃO DA ÁREA DE DEPÓSITO DE MATERIAL EXCEDENTE.	34
FIGURA 11 – DRENAGEM PLUVIAL GERAL.	36
FIGURA 12 - DRENAGEM PLUVIAL NA CÉLULA DE RESÍDUOS.	36
FIGURA 13 - CORTE FRONTAL DA BACIA DE RETENÇÃO.	37
FIGURA 14 – DRENAGEM DAS CÉLULAS DE ATERRO.	38
FIGURA 15 - FLUXOGRAMA DE OPERAÇÃO DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE CHORUME.	39
FIGURA 16 – PERFIL DA LAGOA AERADA E DA LAGOA ANAERÓBIA.	40
FIGURA 17 – PERFIL DA LAGOA FACULTATIVA.	41
FIGURA 18 – LOCALIZAÇÃO DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE EFLUENTES.	45
FIGURA 19 – EXEMPLO DE IMPERMEABILIZAÇÃO DA CÉLULA COM MANTA PEAD.	46
FIGURA 20 - DRENO DE GÁS INTERLIGADO AO DRENO DE PERCOLADOS.	51
FIGURA 21 – EXEMPLO DE DRENOS DE LÍQUIDOS E GASES EM ATERRO SANITÁRIO.	52
FIGURA 22 – DETALHE DO QUEIMADOR DE GASES.	53
FIGURA 23 – VAZÃO DE METANO AO LONGO DE 30 ANOS DE DECOMPOSIÇÃO DOS RESÍDUOS.	55
FIGURA 24 – PRODUÇÃO DE ENERGIA AO LONGO DE 30 ANOS DE DECOMPOSIÇÃO DOS RESÍDUOS.	55
FIGURA 25 - EXEMPLO DE UM MOTOR GERADOR A BIOGÁS QUE PODERÁ SER UTILIZADO NA PLANTA DO ATERRO SANITÁRIO.	56
FIGURA 26 – FLUXOGRAMA DE OPERAÇÃO DO SISTEMA DE DRENAGEM DO BIOGÁS.	58
FIGURA 27 – LOCAIS DE INFILTRAÇÃO DO ESGOTO SANITÁRIO	67
FIGURA 28 – LOCAIS DE INFILTRAÇÃO DO ESGOTO SANITÁRIO.	68
FIGURA 29 – MODELO DE TANQUE DE DIESEL A SER INSTALADO NO EMPREENDIMENTO.	71
FIGURA 30 – LOCALIZAÇÃO DO TANQUE DE DIESEL.	72
FIGURA 31 – SAO COMERCIAL A SER IMPLANTADO NO EMPREENDIMENTO.	73
FIGURA 32 – PROJETO DO SAO COMERCIAL A SER IMPLANTADO NO EMPREENDIMENTO.	74
FIGURA 33 – FORMAS GEOMÉTRICAS E DIMENSÕES PARA SINALIZAÇÃO DE EMERGÊNCIA.	76

FIGURA 34 - SINALIZAÇÃO COMPLEMENTAR E DE ALERTA.	76
FIGURA 35 – EXEMPLO DE DESCARGA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS.	77
FIGURA 36 – EXEMPLO DE ESPALHAMENTO DOS RESÍDUOS.	77
FIGURA 37 – EXEMPLO DE RECOBRIMENTO DIÁRIOS DOS RESÍDUOS.	78
FIGURA 38 – PLANTA BAIXA E PERFIL DA IMPLANTAÇÃO DAS CÉLULAS DE RSU.	80
FIGURA 39 – LOCALIZAÇÃO DAS ESTRUTURAS DO CANTEIRO DE OBRAS.	87
FIGURA 40 – CRONOGRAMA DE IMPLANTAÇÃO DAS ESTRUTURAS ADMINISTRATIVAS.	89
FIGURA 41 - CRONOGRAMA DE IMPLANTAÇÃO DAS ESTRUTURAS DE APOIO DE ACESSO AO EMPREENDIMENTO.	89
FIGURA 42 – CRONOGRAMA DE IMPLANTAÇÃO DAS ESTRUTURAS DE GALPÃO PARA OFICINA.	90
FIGURA 43 – CRONOGRAMA DE IMPLANTAÇÃO DAS ESTRUTURAS DE GALPÕES DE APOIO.	90
FIGURA 44 – CRONOGRAMA DE IMPLANTAÇÃO DAS PRIMEIRAS CÉLULAS DO ATERRO.	91
FIGURA 45 – CRONOGRAMA DE IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE EFLUENTES.	91



LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - PROJEÇÃO DA ANÁLISE GRAVIMÉTRICA DOS RSU.	12
TABELA 2 - DISTÂNCIA PARA ACESSO ENTRE SEDE MUNICIPAL E LOCAL PREVISTO PARA O ATERRO SANITÁRIO DE IMBAÚ.	16
TABELA 3 - VOLUMES DE CORTE E ATERRO POR CÉLULA DE DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS.	25
TABELA 4 - PROJEÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS GERADOS NOS MUNICÍPIOS CONSORCIADOS E PERCENTUAL DE OCUPAÇÃO DO ATERRO EM 15 ANOS DE OPERAÇÃO.	26
TABELA 5 - DIMENSIONAMENTO DAS CÉLULAS DO ATERRO.	27
TABELA 6 - CAPACIDADE E VIDA ÚTIL DE CADA CÉLULA DO ATERRO.	28
TABELA 7 - VOLUMES DE CORTE E ATERRO POR CÉLULA DE DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS.	32
TABELA 8 - QUANTIDADE DE GEOMEMBRANA NECESSÁRIA PARA A IMPERMEABILIZAÇÃO DO ATERRO E ÁREA DE COMPOSTAGEM.	47
TABELA 9 - POTENCIAL DE GERAÇÃO DE ENERGIA ATRAVÉS DO BIOGÁS.	57
TABELA 10 - CRONOGRAMA DA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO DO BIOGÁS.	58
TABELA 11 - ESTRUTURAS DE APOIO.	59
TABELA 12 - CONTRIBUIÇÕES UNITÁRIAS DE ESGOTOS (C) E DE LODO FRESCO (Lf).	60
TABELA 13 - RESULTADOS DA ESTIMATIVA DE GERAÇÃO DE ESGOTO SANITÁRIO NO ATERRO.	61
TABELA 14 - TEMPO DE DETENÇÃO PARA FOSSA SÉPTICA.	61
TABELA 15 - TAXA DE ACUMULAÇÃO DE LODO.	62
TABELA 16 - DIMENSIONAMENTO DO VOLUME DAS FOSSAS SÉPTICAS.	63
TABELA 17 - DIMENSIONAMENTO DAS FOSSAS SÉPTICAS.	63
TABELA 18 - CÁLCULO DA ÁREA DE INFILTRAÇÃO EM SUMIDOUROS.	65
TABELA 19 - DIMENSIONAMENTO DE SUMIDOUROS.	66
TABELA 20 - DESCRIÇÃO DOS INVESTIMENTOS PREVISTOS.	84



APRESENTAÇÃO

O presente Plano de Controle Ambiental (PCA) visa embasar o processo de licenciamento ambiental para implantação do Aterro sanitário de Imbaú, em planejamento no município de Imbaú pelo Consórcio Intermunicipal Caminhos do Tibagi. O Consórcio Caminhos do Tibagi é uma associação pública sem fins econômicos, criado no ano de 2012 com a finalidade de propiciar o desenvolvimento político, econômico e social, sustentável e integrado nos municípios integrantes. Com o projeto do aterro sanitário de Imbaú, o Consórcio visa proporcionar o tratamento de resíduos orgânicos e de construção civil, bem como dar destinação adequada aos resíduos sólidos urbanos de sete municípios (Imbaú, Ortigueira, Reserva, Tamarana, Telêmaco Borba e Ventania) de forma consorciada.

O PCA segue o termo de referência apresentado no anexo VIII da Portaria IAP nº 260/2014, conforme solicitado na condicionante da Licença Prévia nº 148660, expedida pelo IAP e válida até 30/09/2020.

O PCA é um instrumento do licenciamento ambiental para apresentar o detalhamento das medidas que visam à preservação do meio ambiente durante a operação do empreendimento.



EMPREENDEDOR

	
Razão social:	Consórcio Intermunicipal de Desenvolvimento Regional Caminhos do Tibagi
Nome fantasia:	Consórcio Caminhos do Tibagi
CNPJ:	17.058.641/0001-08
Inscrição estadual:	Isento
Endereço:	Rua Generoso Marques, nº 1035, Centro, Reserva, PR. CEP: 84.320-000.
Telefone/fax:	(42) 3276-2623 / (42) 9909-9030
E-mail:	caminhosdotibagi@hotmail.com
Representante legal:	Ricardo Hornung (Presidente)
CPF:	033.527.109-02
Endereço:	Rua Marechal Floriano Peixoto, nº 616, Centro, Reserva, PR.
Profissional para contato:	Claudiomir Schneider (Secretário Executivo)
CPF:	646.097.669-49
Endereço:	Rodovia PR 239, km 01, s/n, Bairro Anta Magra, Reserva, PR.
Telefone/fax:	(42) 3276-2623
E-mail:	caminhosdotibagi@hotmail.com



Razão social:	Assessoria Técnica Ambiental Ltda.
Nome fantasia:	Cia Ambiental
CNPJ:	05.688.216/0001-05
Inscrição Estadual:	Isenta
Inscrição Municipal:	07.01.458.871-0
Registro do CREA-PR:	41043
Número do CTF IBAMA:	2997256
Endereço:	Rua Marechal José Bernardino Bormann, nº 821, Curitiba, PR CEP: 80.730-350.
Telefone/fax:	(41) 3336-0888
E-mail:	ciaambiental@ciaambiental.com.br

Coordenação da elaboração do PCA

Pedro Luiz Fuentes Dias

Engenheiro florestal

Registro profissional: CREA-PR 18299/D

CTF IBAMA: 100593

ART nº: 20185647468



Elaboração do PCA

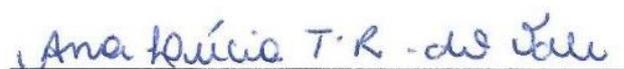
Ana Lúcia Twardowsky Ramalho do Vale

Engenheira química e de segurança do trabalho, especialista em gestão dos recursos naturais

Registro profissional: CREA-PR 90865/D

CTF Ibama: 1889954

ART nº 20185649452



Clarissa Oliveira Dias

Engenheira ambiental

Registro profissional: CREA-PR 106422/D

CTF Ibama: 4892607

ART nº 20185648588



Equipe de apoio

Diandra Christine Vicente de Lima

Engenheira ambiental e de segurança do trabalho, especialista em perícia e auditoria ambiental

(apoio na elaboração do PCA)

Jackson Goldbach

Geógrafo

(apoio no geoprocessamento)



1. MEMORIAL TÉCNICO

1.1. Resíduos e vida útil

O empreendimento irá operar em horário comercial (das 8h00 às 18h00), e irá receber resíduos sólidos urbanos dos municípios de Imbaú, Ortigueira, Reserva, Tamarana, Telêmaco Borba, Tibagi e Ventania.

O empreendimento em planejamento consiste em um aterro sanitário, incluindo os seguintes sistemas:

- Tratamento de resíduos de construção civil (RCC);
- Compostagem de resíduos orgânicos (principalmente vegetal);
- Disposição em aterro sanitário de resíduos urbanos (caracterizados como classe II, conforme NBR ABNT 10.004);
- Tratamento de efluentes (chorume);
- Geração de biogás e energia através da decomposição dos resíduos em aterro.

O aterro sanitário terá capacidade total para receber cerca de 600.000 toneladas de resíduos a ser distribuídos em 10 células de aterro ao longo de sua vida útil. As células de aterro sanitário foram projetadas com capacidade para disposição de 100 a 120 toneladas por dia, aumentando conforme crescimento populacional dos municípios ao longo dos anos de operação do aterro. A unidade de compostagem terá capacidade para tratamento de 15 a 20 toneladas por dia de resíduos orgânicos. Já a estação de tratamento de resíduos da construção civil (RCC) foi projetada com a capacidade de reciclagem de 120 toneladas por dia.

Com relação ao fluxo das cargas de resíduos por dia são previstos:

- Resíduos sólidos urbanos para aterramento: 13 cargas por dia em caminhão transportador proveniente da coleta municipal e das unidades de transbordo existentes nos municípios.
- Resíduos orgânicos: 07 cargas por dia em caminhões caçamba.
- Resíduos de construção civil: 10 cargas por dia.

Estima-se que os resíduos sólidos urbanos recebidos sejam compostos majoritariamente pela fração não reciclável (cerca de 50% dos resíduos gerados nos municípios) visto que a coleta seletiva e segregação dos recicláveis deverá ser efetuada em centros de triagem em cada município.

Baseando-se na análise gravimétrica realizada em 2013 pelo município de Tamarana, foi elaborada uma projeção da quantidade de resíduos sólidos gerados e coletados diariamente na região do consórcio, conforme apresentado na tabela 1.

Tabela 1 - Projeção da análise gravimétrica dos RSU.

Município	RSU *(t/d)	Matéria orgânica (49%)	Papel (21%)	Plástico (10%)	Metal (2,81%)	Vidro (1,19%)	Outros (16%)
Imbaú	4,0	1,96	0,84	0,40	0,112	0,048	0,64
Ortigueira	8,0	3,92	1,68	0,80	0,225	0,095	1,28
Reserva	8,0	3,92	1,68	0,80	0,225	0,095	1,28
Tamarana	3,6	1,76	0,76	0,36	0,105	0,045	0,57
Telêmaco Borba	65,0	31,85	13,65	6,50	1,82	0,78	10,40
Tibagi	9,0	4,41	1,89	0,9	0,25	0,11	1,44
Ventania	2,60	1,27	0,55	0,26	0,07	0,03	0,42
Total	100,2	49,09	21,05	10,02	2,807	1,203	16,03

*RSU – Resíduos Sólidos Urbanos.

Fonte: Tecnoplan, 2016.

Para o projeto, utilizou-se a massa específica média de $0,77 \text{ kg/m}^3$ para o material não compactado, e $1,2 \text{ ton/m}^3$ para materiais segregados e compactados.

1.2. Concepção e justificativa do projeto

O projeto do aterro sanitário de Imbaú tem como objetivo geral viabilizar uma opção de destinação final dos resíduos sólidos domiciliares gerados em sete municípios integrantes do Consórcio Intermunicipal Caminhos do Tibagi (com parceria da empresa Klabin), mais próxima à fonte de geração e seguindo princípios de desenvolvimento regional e sustentável, pois hoje a maior parte destes municípios dispõe seus resíduos em lixões, sem qualquer controle ambiental.

A solução consorciada para gestão de resíduos sólidos em pequenos municípios vai ao encontro da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e do Plano de Gestão Integrada e Associada de Resíduos Sólidos Urbanos do Estado do Paraná – PEGIRSU (2013). Conforme a PNRS, a atuação por meio de consórcio deve ser incentivada, pois proporciona a elevação das escalas de aproveitamento e a redução dos custos envolvidos. Da mesma forma, o PEGIRSU incentiva a criação de consórcios e apresenta uma proposta de divisão do estado em regiões para atuação de forma integrada na gestão de resíduos.

O projeto de aterro sanitário consorciado faz parte do Plano Intermunicipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PIGIRS) dos municípios, elaborado em 2015 (TECNOPLAN, 2015), que tem como objetivo atender a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e o Plano de Gestão Integrada e Associada de Resíduos Sólidos Urbanos do Estado do Paraná – PEGIRSU. O PIGIRS previu, além da elaboração do projeto de aterro sanitário consorciado, a readequação dos Planos Municipais de Gestão de

Resíduos; o dimensionamento de sistema de coleta e destinação de recicláveis; o desenvolvimento de programa de compostagem; a elaboração de projetos de remediação e encerramento dos atuais aterros e lixões municipais, e a elaboração de projetos para estações de transbordo municipais a fim de otimizar o sistema logístico. Dessa forma, o atual projeto se enquadra dentro de um contexto maior de planejamento da gestão de resíduos dos municípios do Consórcio Caminhos do Tibagi.

A concepção do empreendimento partiu de uma iniciativa conjunta do Consórcio Caminhos do Tibagi e da empresa Klabin. A Klabin, empresa produtora e exportadora de papéis fundada em 1899, inaugurou nova fábrica de celulose no município de Ortigueira no ano de 2016 (Projeto Puma). Como contrapartida deste empreendimento e seguindo o compromisso da Klabin com o desenvolvimento sustentável da região, a empresa financiou os projetos de engenharia e estudos para licenciamento ambiental da implantação do novo aterro sanitário.

O projeto selecionado para o aterro sanitário de Imbaú contempla diversas alternativas tecnológicas para o tratamento/destinação dos resíduos. A compostagem foi escolhida como tecnologia para tratamento dos resíduos orgânicos, por ser um processo simples, eficiente e viável economicamente. Além disso, fornece como subproduto um composto orgânico que pode ser comercializado como adubo orgânico.

Para tratamento dos resíduos da construção civil será implantada uma estação de tratamento de resíduos da construção civil que possui como objetivo deixar todo material homogêneo (com a mesma granulometria) para venda a empresas que fabricam manilhas, pavers, palanques, etc.

É importante considerar que nem todos os resíduos são passíveis de tratamento, sendo caracterizados como rejeitos, cuja disposição final adequada remete sempre aos aterros sanitários. Dessa forma, a planta do empreendimento também contempla células de aterro sanitário para disposição destes resíduos.

Será também implantado no aterro um sistema de captação de gases e geração de energia elétrica, sistema de tratamento de efluentes e sistema de drenagem de chorume e gases.

Todos estes sistemas e estruturas que serão implantados no aterro sanitário de Imbaú visam reduzir impactos ao meio ambiente e contribuem para tornar a operação do aterro sanitário mais eficiente e segura.

1.3. Descrição e especificações do projeto

A área selecionada para a implantação do aterro sanitário de Imbaú localiza-se em área rural do município de Imbaú, na margem direita da PR-160 no sentido Imbaú-Telêmaco Borba, com acesso por estrada rural secundária, situada aproximadamente no km 228¹ da PR-160 com coordenadas: SIRGAS 2000 - 22 J 530535,85 m E 7301597.59 m S ou 24°23'55.34"S 50°41'55.87"O, distante aproximadamente 2,3 km da rodovia.

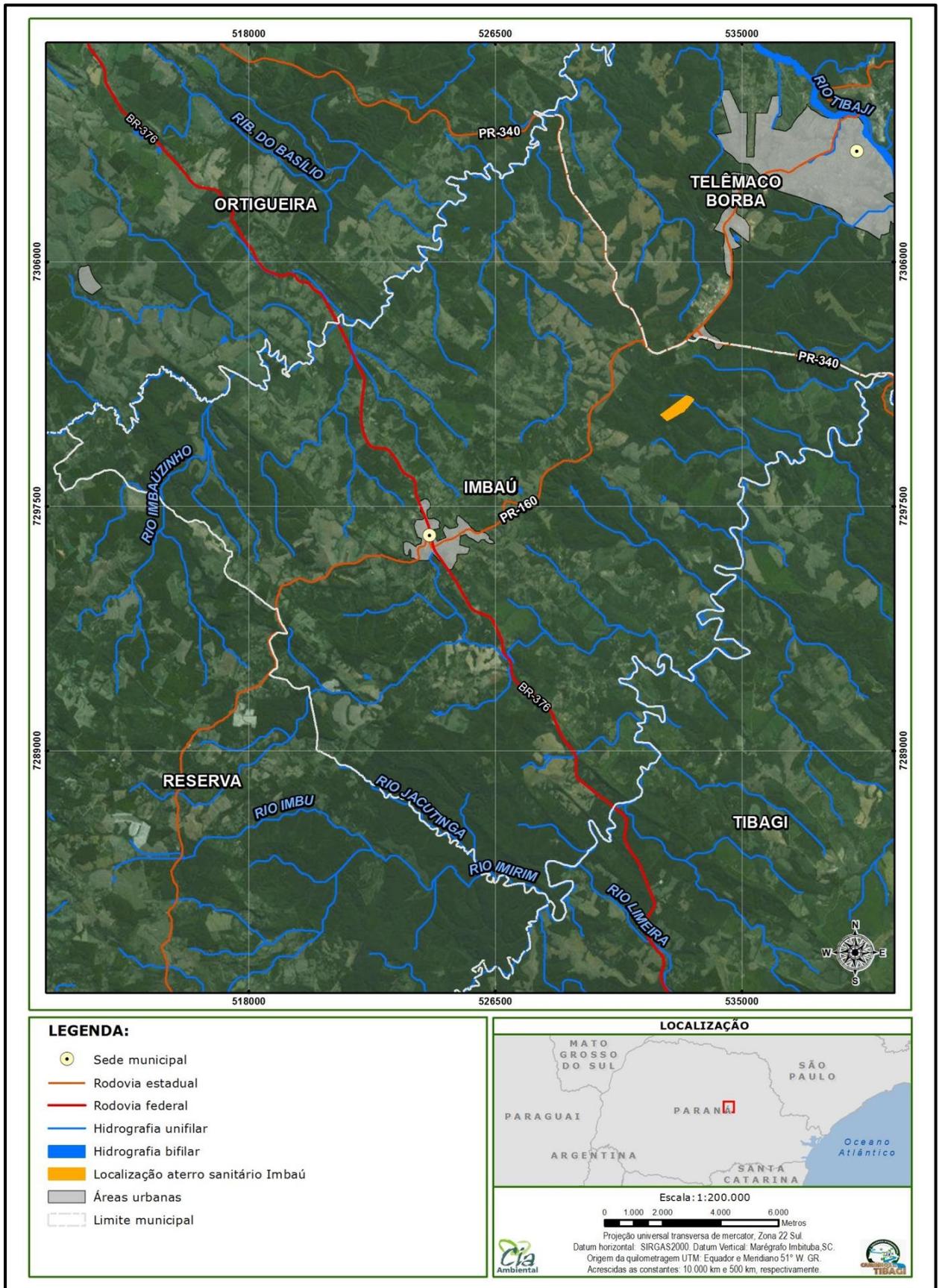
¹ Informação estimada obtida a partir do Sistema Rodoviário Estadual – 2017 (DER-PR, 2017), considerando o trecho 160S0370EPR entre Entr. Rod. Municipal (P/Ortigueira)(Não Pav.) até a Entr. BR-376 PR-082 (Plan.) (Imbaú)(A) - do km 225,61 ao 237,97, totalizando no trecho 12,36 km. Considerando que o acesso está pela rodovia a aproximadamente 2,5 km do ponto de origem do trecho, chegou-se a estimativa do km 228 da PR-160.

A distância da área de implantação em relação a sede de cada município do Consórcio é apresentada na tabela a seguir.

Tabela 2 – Distância para acesso entre sede municipal e local previsto para o aterro sanitário de Imbaú.

Municípios	Distância para acesso (km)
Imbaú	10,3
Ortigueira	49,3
Reserva	64,5
Tamarana	129,6
Telêmaco Borba	17,5
Tibagi	43,1
Ventania	80,1

Fonte: Tecnoplan, 2016.



A área total do terreno onde está prevista a implantação do empreendimento é de 38,5 ha. Desse total serão utilizadas 7,8 ha para instalação de áreas de apoio e de tratamento de resíduos de construção civil, 15 ha para as células de disposição de resíduos e 1,3 ha para a compostagem. O restante da área, 14,4 ha, corresponde a áreas de preservação permanente, acessos, áreas de circulação interna e área livre.

O aterro sanitário de Imbaú será constituído pelas seguintes unidades:

- Sistema de disposição final – células de aterro sanitário com capacidade para disposição de 100 a 120 toneladas por dia, aumentando conforme crescimento populacional dos municípios ao longo dos anos de operação do aterro;
- Unidade de compostagem – capacidade para tratamento de 15 a 20 toneladas por dia;
- Estação de tratamento de resíduos da construção civil (RCC) – capacidade de reciclagem de 120 toneladas por dia.

Para disposição dos resíduos sólidos provenientes dos serviços de coleta regular dos municípios (domiciliares, comerciais e de varrição de logradouros públicos, incluindo podas) serão implantadas células de aterro construídas conforme as normas brasileiras aplicáveis, contemplando impermeabilização por solo argiloso e mantas de polietileno de alta densidade (PEAD). O resíduo orgânico, por sua vez, será enviado para uma unidade de compostagem, cujo sistema será de fermentação aeróbia, composto por leiras ao ar livre controlado.

Além disso, está prevista a implantação de estação de tratamento de resíduos de construção civil, que receberá apenas os resíduos de concreto, compostos de diferentes concentrações de resíduos inertes de areia, brita, cimento, consolidados ou não em diversas granulometrias; e resíduos

mistos, compostos de diferentes concentrações de resíduos inertes de cor cinza (concreto), resíduos inertes de cor vermelha (cerâmicos crus ou cozidos, de tamanhos diversos e parte de solos ou argila), madeiras, compensados e metais (ferro).

O chorume proveniente das células de aterro e do sistema de compostagem será tratado na própria área do aterro através de um sistema de tratamento de efluentes. O biogás gerado nas células de aterro será extraído através de tubos de sucção vertical para alimentação de motogeradores e produção de energia elétrica, que será utilizada no próprio aterro ou dependendo da produção até mesmo comercializada para concessionária de fornecimento de energia elétrica do Estado do Paraná.

Além destas unidades, o aterro sanitário de Imbaú contará também com a estrutura de apoio, composta por guarita, balança, área administrativa, refeitório, vestiário, dois galpões, sendo um para oficina e garagem e outro para seleção de material de RCC, além de poço artesiano para suprir as necessidade de abastecimento de água. Ainda será implantado no aterro sistemas de proteção ambiental como sistema de tratamento de efluentes e sistema de captação de gases e geração de energia elétrica.

O transporte dos resíduos sólidos urbanos, principalmente os domésticos e aqueles que não passaram pelo processo de coleta seletiva será realizado majoritariamente pela frota das prefeituras dos municípios consorciados ou de forma terceirizada, em conformidade com a norma NBR nº 13.221 – Transporte Terrestre de Resíduos. A forma de coleta e transporte dos resíduos para o aterro, bem como a operação do aterro, se terceirizada ou não, será definida em conjunto pelos municípios integrantes do Consórcio Caminhos do Tibagi seguindo diretrizes do Plano Intermunicipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PIGIRS).

Em todos os municípios atualmente a coleta dos resíduos domiciliares é pública e existe coleta seletiva. Os municípios mais distantes, caso de Tamarana e Ventania são também aqueles com menor geração de resíduos (3,6 e 2,6 toneladas por dia, respectivamente). A forma de transporte nestes casos deve ser avaliada em conjunto pelos municípios do Consórcio considerando a possibilidade de instalação ou utilização de estações de transbordo já existentes em locais estratégicos que permitam redução de gastos com transporte.

Nas figuras a seguir é apresentada a disposição geral das estruturas do empreendimento.

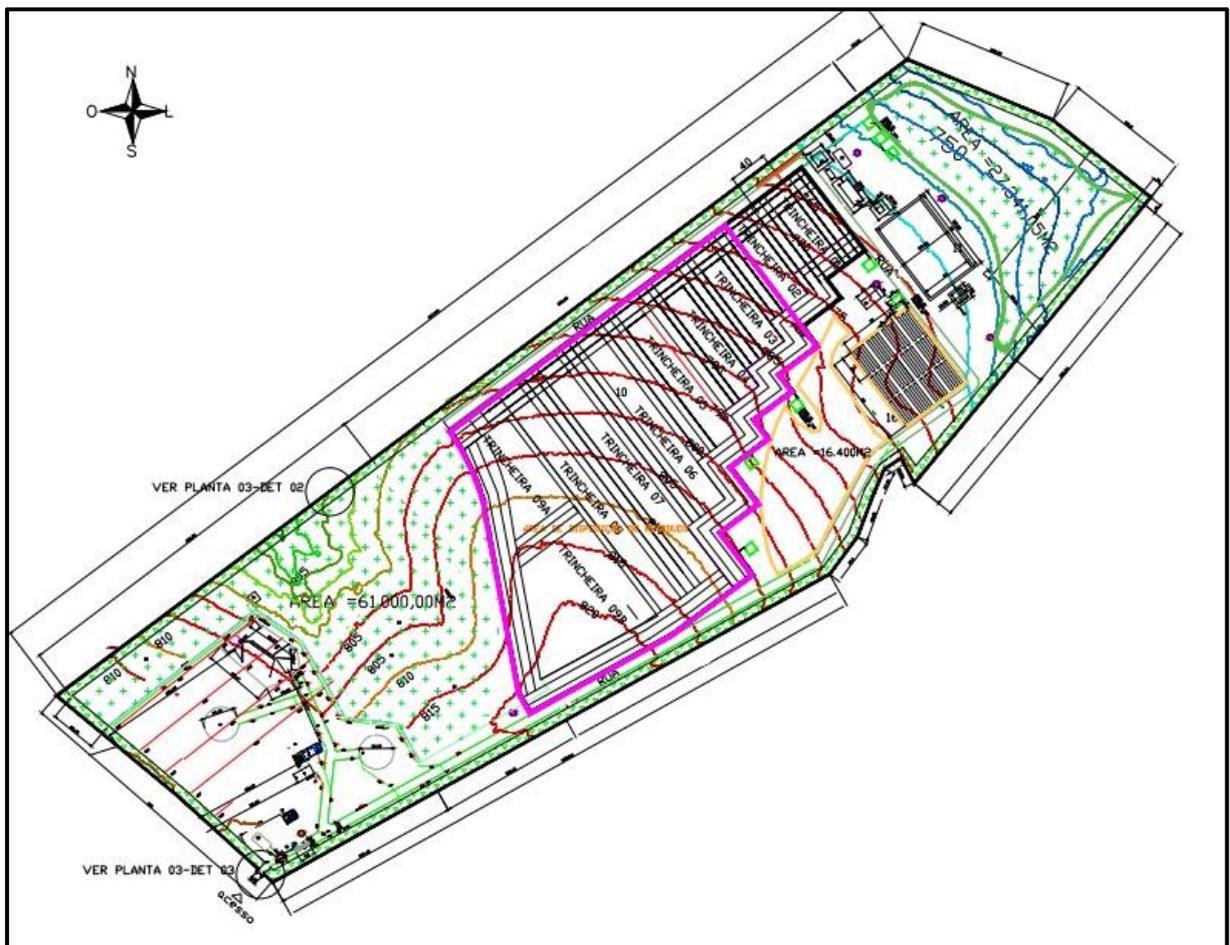


Figura 2 – Planta com a disposição geral das estruturas do aterro sanitário de Imbaú.

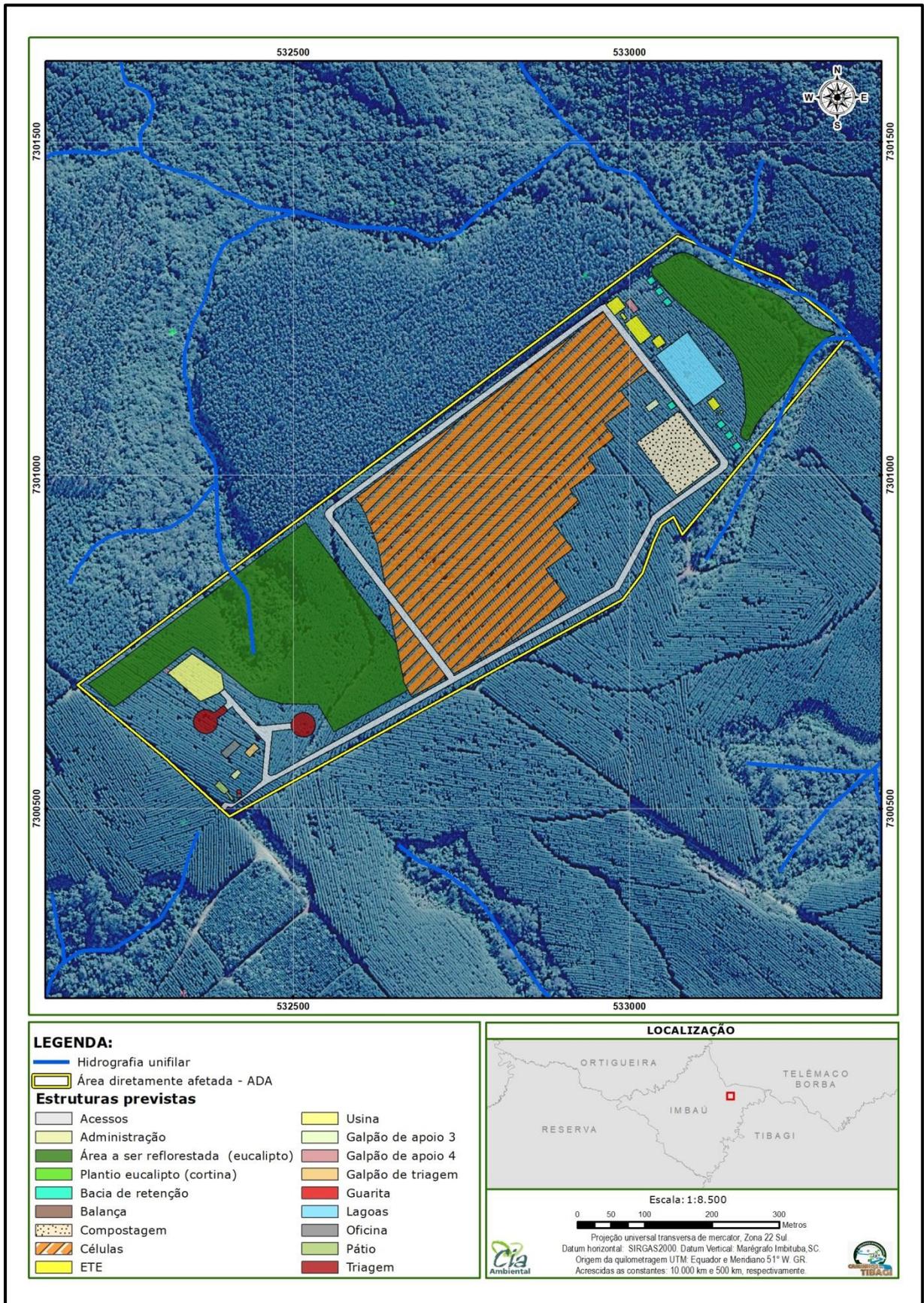


Figura 3 – Mapa das estruturas previstas para o empreendimento.

Conforme fluxograma apresentado a seguir, os resíduos sólidos serão recebidos no aterro e passarão pela primeira avaliação para identificação e classificação do material, através da verificação de sua origem e da inspeção visual do resíduo recebido. Resíduos domiciliares comuns serão encaminhados para as células de aterro sanitário, os resíduos orgânicos serão enviados para o processo de compostagem e os resíduos da construção civil para estação de tratamento para resíduos de construção civil. Todo o efluente gerado nas células do aterro e no sistema de compostagem será encaminhado para um sistema de tratamento de efluente líquido que será instalado na planta do empreendimento. Para aproveitamento do biogás produzido no aterro sanitário será implantado um sistema de captação de gases para produção de energia elétrica, que será utilizada na área do aterro como fonte de iluminação, acionamento de motores e componentes.

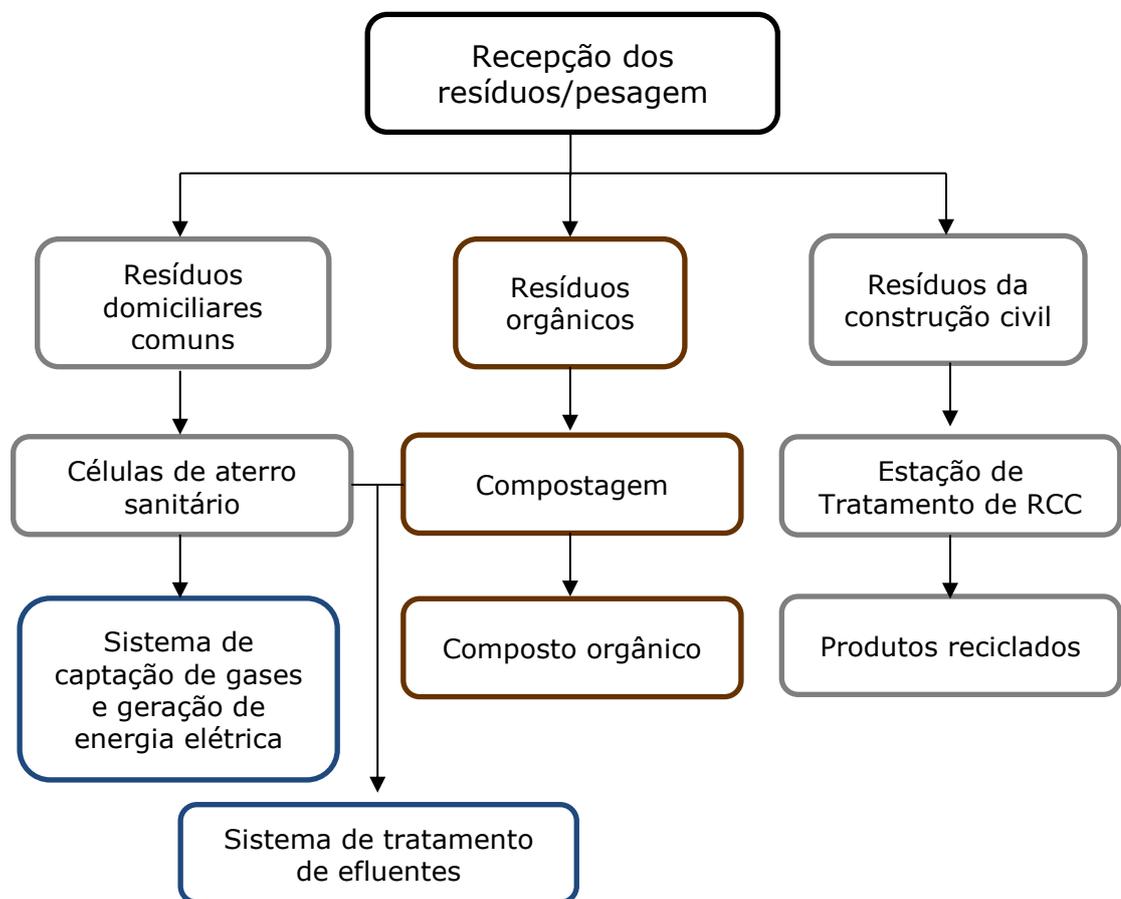


Figura 4 – Fluxograma de funcionamento do empreendimento.

1.3.1. Disposição dos resíduos

O aterro sanitário terá capacidade de receber cerca de 600.000 toneladas de resíduos. O recebimento diário de resíduos será de 100 a 120 toneladas, conforme a progressão estimada da geração de resíduos nos municípios. A extensão total da área utilizada para as células de aterro sanitário será de 148.000 m² e será composta por 10 células de resíduos, com, em média, 250 m de comprimento, 40 m de largura e 7,5 m de altura, iniciando-se na cota 763 m até aproximadamente a cota de 820 m, conforme apresentado na figura a seguir.

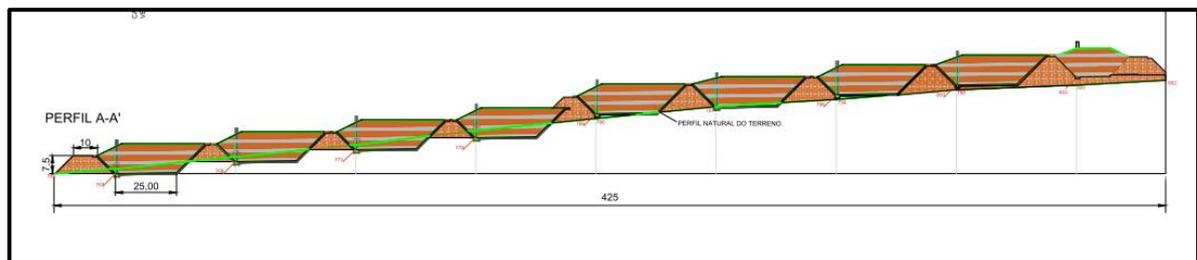


Figura 5 – Representação das camadas e cotas do aterro sanitário.

Fonte: Tecnoplan, 2019.

Para compostagem de material orgânico, o enleiramento será realizado na forma trapezoidal, com base de 3 m de largura, altura média de 2 m e comprimento variável, em média 30 metros. A figura 6 apresenta o exemplo de leira trapezoidal para resíduos orgânicos. O produto resultante deste processo, o fertilizante orgânico, poderá ser utilizado na agricultura, projeto de paisagismo, hortas orgânicas, entre outros. A unidade de compostagem foi dimensionada para o recebimento de 15 a 20 toneladas por dia de resíduos orgânicos.

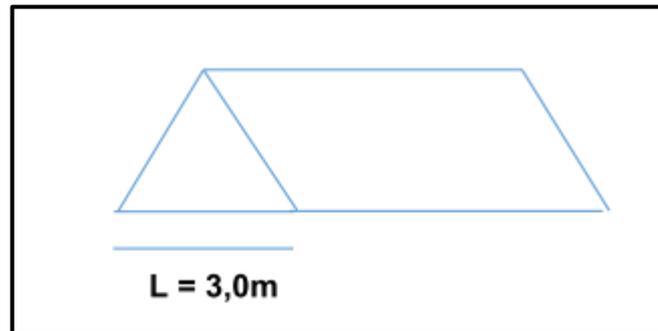


Figura 6 – Leira dos resíduos orgânicos em forma trapezoidal.

A estação de tratamento de resíduos da construção civil, por sua vez, terá capacidade de processamento de 120 toneladas por dia. A figura 7 apresenta a vista geral da estação.

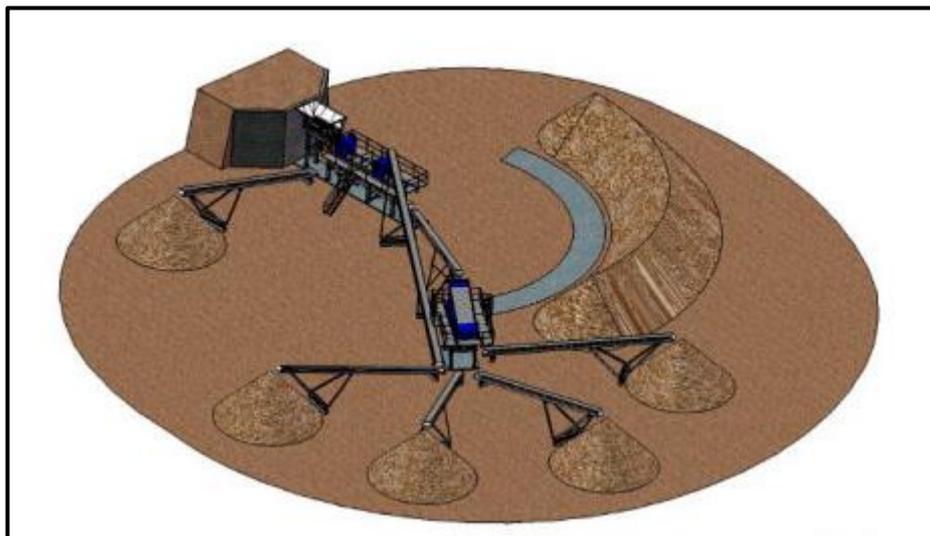


Figura 7 – Vista geral da estação de tratamento de resíduos da construção civil.

Fonte: Tecnoplan, 2016.

Toda a área do empreendimento será submetida a um sistema de drenagem superficial, constituída por berma, sargentões, canaletas de concreto e caixas de passagem, a fim de permitir a condução adequada das águas pluviais para fora das áreas operacionais para um local adequado (bacia de retenção), evitando assim a formação de processos erosivos.

O chorume proveniente das células de aterro e das leiras de compostagem é encaminhado para o sistema de tratamento, constituído por três etapas: primário (físico-químico), secundário (biológico) e terciário. O sistema terá capacidade de tratar 110 m³/dia de efluente bruto. Após tratado, todo efluente será reutilizado na planta do aterro para lavagem de equipamentos/veículos e limpeza em geral. A descrição do sistema será apresentada no item 1.3.6 deste documento.

A base do aterro será toda impermeabilizada com geomembrana (PEAD) com espessura de 1,5 mm, que possui alta resistência a hidrocarbonetos, solventes e intempéries, evitando assim a contaminação do solo e da água superficial.

As obras de terraplanagem deverão gerar volumes de corte e aterro conforme tabela a seguir, onde uma parte do solo será utilizada para a execução do sistema de impermeabilização de base e outra parte será armazenada em área previamente preparada, dentro do empreendimento, para ser utilizada na cobertura diária dos resíduos dispostos nas células do aterro sanitário.

Tabela 3 – Volumes de corte e aterro por célula de disposição de resíduos.

Célula	Volume de corte (m³)	Volume de aterro (m³)
1	8.984,00	13.190,40
2	20.116,60	16.390,40
3	25.662,00	19.520,00
4	29.864,80	22.176,00
5	35.827,40	25.216,00
6	46.690,00	31.176,00
7	58.576,00	37.896,00
8	58.576,00	34.195,20
9A	28.641,20	18.400,00
9B	68.875,20	29.030,40
Total	381.813,20	247.190,40

Fonte: Tecnoplan, 2016.

Cabe ressaltar que as escavações serão realizadas gradualmente, segundo o desenvolvimento da camada em operação, de modo a armazenar somente a quantidade de solo necessária, evitando assim que grandes quantidades fiquem sujeitas a intempéries.

A vida útil do aterro foi estimada através da projeção taxa de crescimento populacional (1,33%) em 15 anos, considerando as piores condições possíveis, com todos os resíduos sendo aterrados, sem a implantação de reciclagem ou compostagem. Esta estimativa é apresentada na tabela a seguir.

Tabela 4 – Projeção de resíduos sólidos gerados nos municípios consorciados e percentual de ocupação do aterro em 15 anos de operação.

Nº	Ano	População	Geração de resíduos sólidos (t/ano)	Percentual de ocupação do aterro (%)
1	2016	182.000	36.500,0	6,0
2	2017	184.421	36.884,2	12,1
3	2018	186.874	37.374,8	18,3
4	2019	189.359	37.871,8	24,5
5	2020	191.877	38.375,4	30,8
6	2021	194.429	38.885,8	37,3
7	2022	197.015	39.403,0	43,8
8	2023	199.635	39.927,0	50,3
9	2024	202.290	40.458,0	57,0
10	2025	204.980	40.996,0	63,8
11	2026	207.706	41.541,2	70,6
12	2027	210.468	42.093,6	77,6
13	2028	213.267	42.653,4	84,6
14	2029	216.103	43.220,6	91,7
15	2030	218.977	43.795,4	98,9

Fonte: Tecnoplan, 2016.

A projeção realizada estima que ao longo de 15 anos o aterro receberá cerca de 600.000 toneladas de RSU, o que representa um volume de aproximadamente 780.000 m³ para aterramento e 600.000 m³ compactado nas células, sendo que as células de disposição terão

capacidade máxima de 717.390 m³. Esta estimativa permite indicar que o aterro sanitário terá vida útil de pelo menos 20 anos, considerando que os resíduos orgânicos serão enviados para compostagem, os resíduos da construção civil serão enviados para a estação de tratamento e os resíduos recicláveis da coleta seletiva municipal serão coletados na origem.

Nas tabelas a seguir é apresentado o dimensionamento das células de aterro, prevendo a capacidade de resíduos de cada célula e sua vida útil, considerando a constante de compactação $K = 0,77$ a $1,2 \text{ t/m}^3$ (dependendo do equipamento a ser utilizado pra compactação e o número de vezes que os resíduos serão compactados).

Tabela 5 – Dimensionamento das células do aterro.

Células	Lado superior (m)	Lado da base (m)	Compr. superior (m)	Comprimento da base (m)	Área da base (m²)	Área superior (m²)	Altura de resíduos na trincheira
1	40	25	75	60	1500	3000	12,5
2	40	25	100	85	2125	4000	12,5
3	40	25	125	110,3	2757,5	5000	12,5
4	40	25	147	132,4	3310	5880	12,5
5	40	25	172	157,5	3937,5	6880	12,5
6	40	25	221	206,4	5160	8840	12,5
7	40	25	277	262,3	6557,5	11080	12,5
8	40	25	277	262,3	6557,5	11080	12,5
9a					3125	5530	12,5
9b					10172	13438	12,5

Tabela 6 – Capacidade e vida útil de cada célula do aterro.

Trincheiras	Capacidade de resíduos a serem aterrados volume (m³)	Quantidade de resíduos (ton)	Vida útil (meses)
1	28.800	24110,625	7
2	38.400	32147,5	10
3	48.000	40184,37	12
4	56.450	47256,82	14
5	66.050	55293,70	17
6	84.850	71045,97	21
7	106.370	89048,57	27
8	106.370	89048,57	27
9 ^a	53.100	44443,91	13
9 ^b	129.000	107999,52	32
Total	717.390	600579,59	180

1.3.2. Acesso e isolamento da área do aterro sanitário

O acesso do empreendimento será via PR-160 e por meio de via secundária (figura 8), situada aproximadamente no km 228 da PR-160 – em um trecho de aproximadamente 2 km –, a qual é utilizada para acesso a duas propriedades, como também tem utilidade para escoamento de produção da silvicultura, logo com circulação de caminhões de carga – inclusive com sinalização na PR-160 de entrada e saída de caminhões. A figura a seguir apresenta a interseção entre a PR-160 e a via secundário, bem como a sinalização e a configuração da via secundária.



Figura 8 – Intersecção entre a PR-160 (A e B), sinalização (C) e via secundária de acesso (D).

A figura a seguir apresenta o mapa de localização do empreendimento e via de acesso.

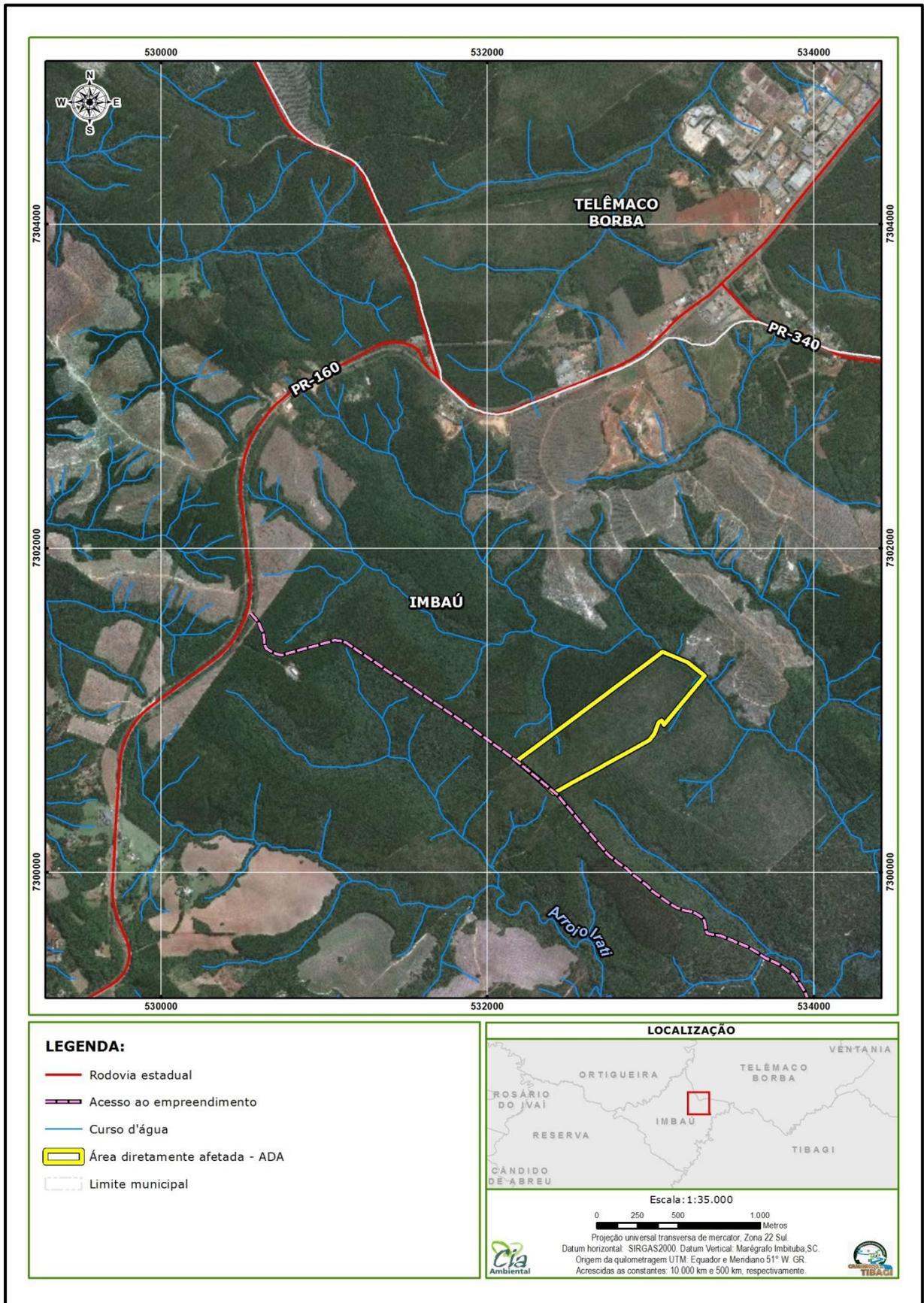


Figura 9 - Mapa de localização do empreendimento e via de acesso.

As prováveis rotas a serem executadas na operação para o transporte dos resíduos dos municípios da AII até o aterro sanitário são as seguintes.

- Imbaú: PR-160; e via de acesso secundária.
- Ortigueira: BR-376 ou PR-340; PR-160; e via secundária de acesso;
- Reserva: PR-441; BR-376; PR-160; e via secundária de acesso;
- Tamarana: PR-445; BR-376; PR-160; e via secundária de acesso;
- Telêmaco Borba: PR-160; e via secundária de acesso;
- Tibagi: PR-340; PR-160; e via secundária de acesso;
- Ventania: BR-153; PR-160; e via secundária de acesso.

Deve-se salientar que as rodovias relatadas apresentam boa relação entre capacidade e volume de tráfego existente, inclusive de caminhão, como também são dotadas de pavimentação asfáltica. Ressalta-se que na PR-160 no trecho entre Telêmaco Borba e Imbaú foram realizadas obras de revitalização e atualmente está em andamento a implantação de uma terceira faixa (AEN-PR, 2016 e 2017).

Na intersecção entre a rodovia PR-160 e a estrada rural de acesso ao empreendimento haverá a necessidade de adequação viária para entrada e saída de caminhões. Esta adequação e outras relacionadas ao tráfego na estrada rural foram avaliadas em estudo de tráfego e são apresentadas junto ao programa de segurança viária integrante do Projeto Básico Ambiental do empreendimento.

No que se refere ao isolamento e dispositivos de segurança o aterro sanitário contará com cercamento no seu perímetro e monitoramento através de circuito interno de câmeras de segurança (CFTV) conectado à guarita para vigilância, bem como vigias no período de 24 horas por dia, tais medidas também fazem parte do programa de gerenciamento de riscos do aterro sanitário.

1.3.3. Empréstimo de material para cobertura

As obras de terraplanagem para implantação do empreendimento deverão gerar volumes de corte e aterro conforme tabela a seguir, onde uma parte do solo será utilizada para a execução do sistema de impermeabilização de base e outra parte será armazenada em área previamente preparada, dentro do empreendimento (planta nº 02), para ser utilizada na cobertura diária dos resíduos dispostos nas células do aterro sanitário.

Tabela 7 - Volumes de corte e aterro por célula de disposição de resíduos.

Célula	Volume de corte (m³)	Volume de aterro (m³)
1	8.984,00	13.190,40
2	20.116,60	16.390,40
3	25.662,00	19.520,00
4	29.864,80	22.176,00
5	35.827,40	25.216,00
6	46.690,00	31.176,00
7	58.576,00	37.896,00
8	58.576,00	34.195,20
9A	28.641,20	18.400,00
9B	68.875,20	29.030,40
Total	381.813,20	247.190,40

Cabe ressaltar que as escavações serão realizadas gradualmente, segundo o desenvolvimento da camada em operação, de modo a armazenar somente a quantidade de solo necessária, evitando assim que grandes quantidades fiquem sujeitas a intempéries.

O material de cobertura será proveniente das escavações do próprio aterro (célula produzida) e do sistema de tratamento de efluentes e não haverá utilização de jazidas externas à área.

No sistema de tratamento de efluentes haverá volumes significativos para aproveitamento no recobrimento das trincheiras, taludes e outras atividades, nas lagoas anaeróbia e facultativas. Nas demais, os solos retirados, podem ser utilizados para fortalecimento dos taludes, das beiradas das lagoas e de suporte para implantação da geomembrana.

A estabilidade das lagoas está garantida, tanto pelo processo de construção, pois o solo será "compactado" manualmente, inclinação do talude da lagoa 2/1, como a utilização da geomembrana, impedindo infiltração dos efluentes no solo, e também impedindo o processo de erosividade provocado pela movimentação das operações e movimentação dos efluentes.

Cabe ressaltar que para a instalação das estruturas do haverá a remoção da camada orgânica do solo, uma camada de 30 a 50 cm, que é imprópria para material de cobertura e compactação de resíduos, por conter vegetação, sementes de gramíneas e material orgânico, prejudicando posteriormente a compactação e a confecção do sistema de tratamento.

O volume de escavação na área do sistema de tratamento de efluentes será de 36.700 m³, sendo que 6.750,50 m³ se referem a camada orgânica e 29.949,50 m³ se referem ao solo disponível para uso como cobertura.

O material excedente também será armazenado em área no interior do empreendimento e será separado em duas partes:

- Material que servirá para plantio de cobertura vegetal e enleiramento (será disposto a montante da região de compostagem, já que está prevista também a retirada de material e plantio).
- Material da retirada das trincheiras e do sistema de tratamento, também na região de compostagem (já que a região de compostagem não será totalmente utilizada no início do processo, pois será instalada gradualmente) e na área a montante da compostagem.

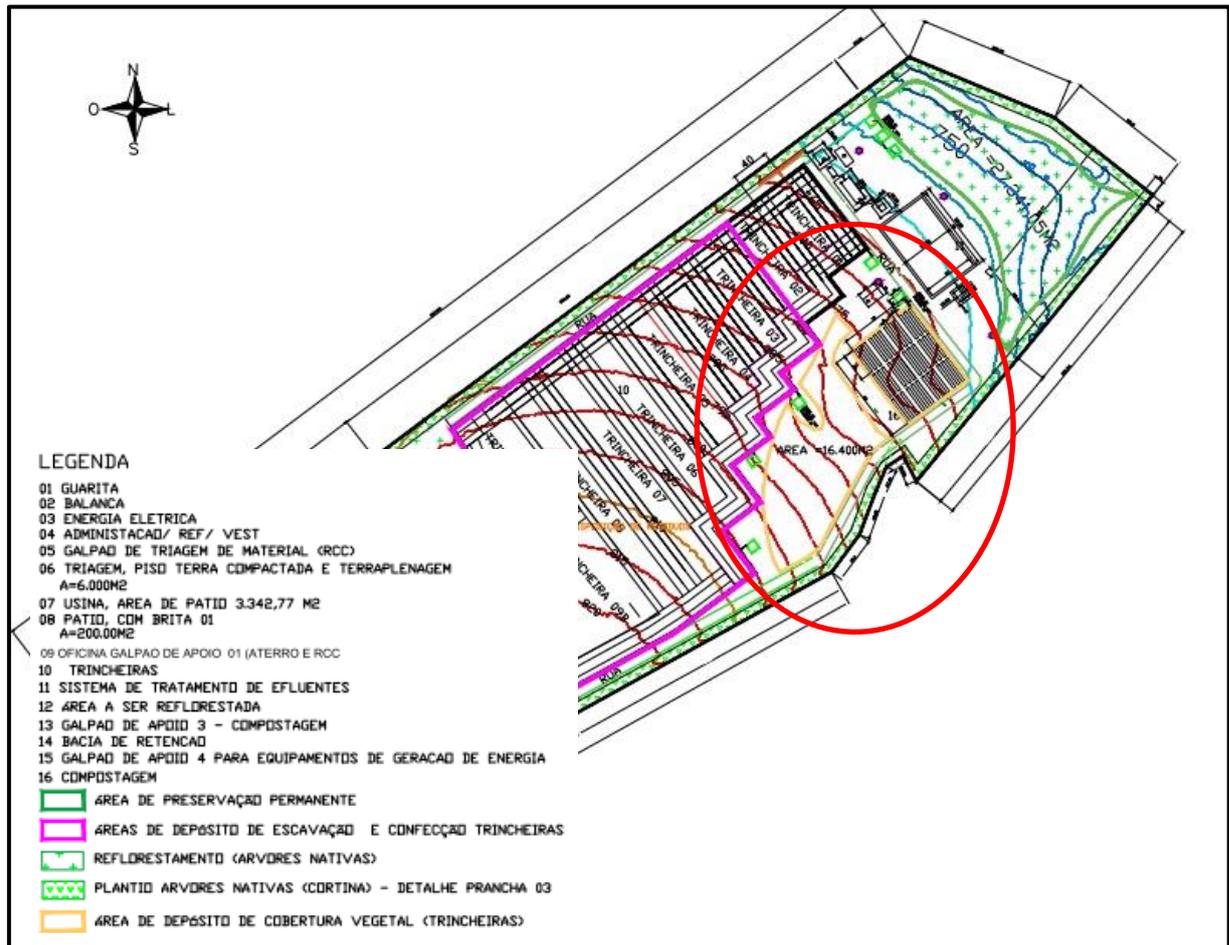


Figura 10 – Planta com a disposição da área de depósito de material excedente.

Fonte: Tecnoplan, 2019.

Na área de armazenamento serão construídas drenagens secundárias (cavas), para evitar que o material seja carregado facilmente pelas águas de chuva e possa provocar processos erosivos. Além disso, o material depositado passará por pequena compactação para evitar este processo.

1.3.4. Sistema de drenagem superficial

O sistema de drenagem superficial de águas pluviais tem como objetivo impedir a infiltração de água no maciço de resíduos aterrados, minimizando a geração de percolato e a erosão das camadas de selamento e taludes.

Dentre os dispositivos de drenagem mais comuns estão a canaletas de berma, sarjetões, descidas d'água nos taludes, canaletas de concreto, descidas d'água em degraus, caixas de passagem, entre outras.

O sistema a ser instalado no aterro sanitário prevê um sistema de drenagem secundário composto por canaletas, para o escoamento superficial na área interna ao aterro sanitário.

O fluxo proveniente das canaletas será direcionado ao sistema de drenagem principal, que será composto por canaletas construídas em concreto e com caixas de passagem (PVS), que também escoará a água pluvial da área externa ao aterro.

A água pluvial coletada pela drenagem principal será direcionada primeiramente a pequenas áreas de infiltração e posteriormente para uma bacia de retenção com a finalidade de regular a vazão e evitar a formação de processos erosivos. As figuras a seguir apresentam a localização da drenagem geral do projeto, a drenagem na célula de resíduos e o corte frontal da bacia de retenção.

As figuras a seguir apresentam as plantas das estruturas de drenagem previstas. Estas plantas são também apresentadas em anexo em escala adequada.

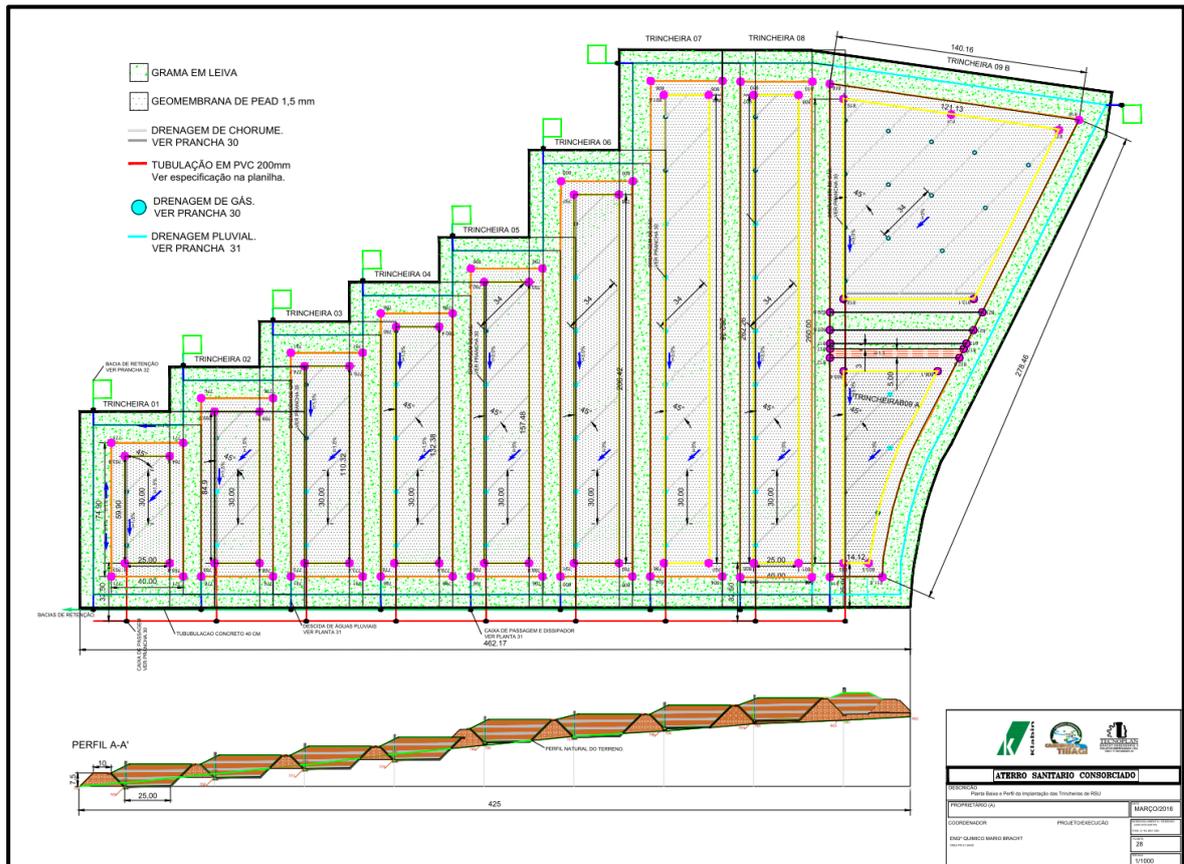


Figura 11 – Drenagem pluvial geral.

Fonte: Tecnoplan, 2019.

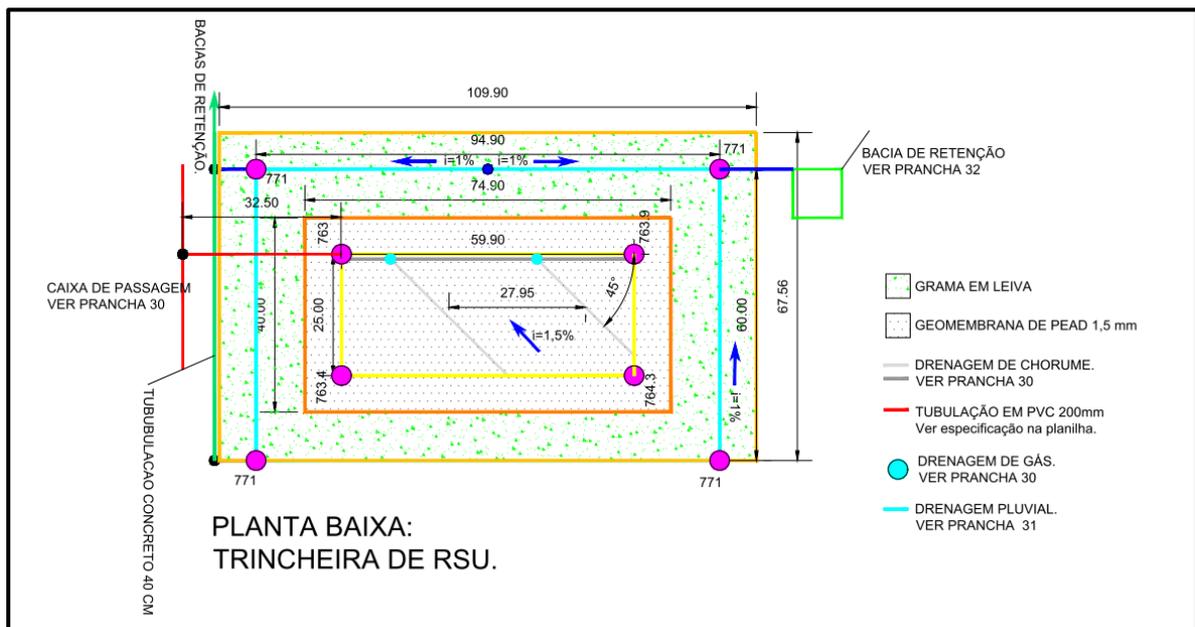


Figura 12 - Drenagem pluvial na célula de resíduos.

Fonte: Tecnoplan, 2019.

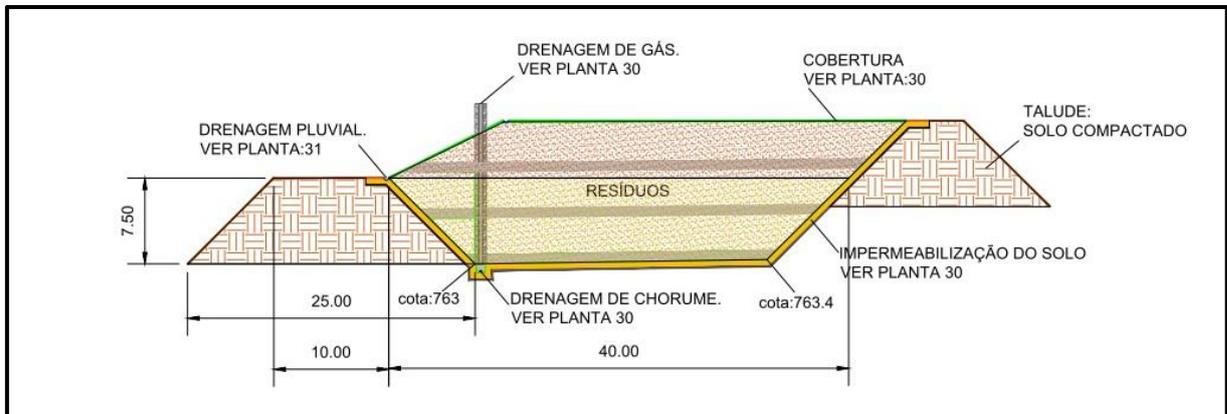


Figura 13 - Corte frontal da bacia de retenção.

Fonte: Tecnoplan, 2019.

1.3.5. Sistema de drenagem do chorume

O processo de decomposição dos resíduos aterrados gera um percolado denominado de chorume, que é um líquido escuro, de forte odor e com alta carga de matéria orgânica em sua composição. Este efluente (estimado em média 110 m³/dia) será coletado nas células de aterro através de um sistema de drenagem e será enviado para recirculação no próprio aterro para controle da umidade e o excedente será encaminhado para o sistema de tratamento de efluentes.

A quantidade de chorume a ser recirculada para o aterro é muito variável, visto que o volume de chuvas interfere no volume de chorume produzido. Todavia, considerando a média histórica de chuvas na região do aterro, pode-se estimar uma faixa de variação de 0% a 70% de recirculação de chorume. Em função disto, o sistema de tratamento de chorume foi dimensionado, considerando 0% de recirculação para o aterro.

Após a impermeabilização da superfície do terreno onde será implantado o aterro sanitário será construído um dreno principal e uma rede de drenos

do tipo “espinha de peixe” que será responsável pela coleta do percolato gerado na célula de resíduos.

A declividade mínima prevista é de 1,5% (nas células de 1 a 4), 3% (na célula 05) e 4% (nas células 6, 7, 8 e 9A e B), a seção desse dreno será de 0,80 m x 0,8 m de altura sendo recheado por “rachão” e após, recomposto com resíduo compactado até ser atingido o topo original da célula. O percolato coletado nesse sistema de drenagem será direcionado para sistema de tratamento de efluentes do aterro sanitário.

Nas figuras a seguir é apresentado o sistema de drenagem das células de aterro do empreendimento.

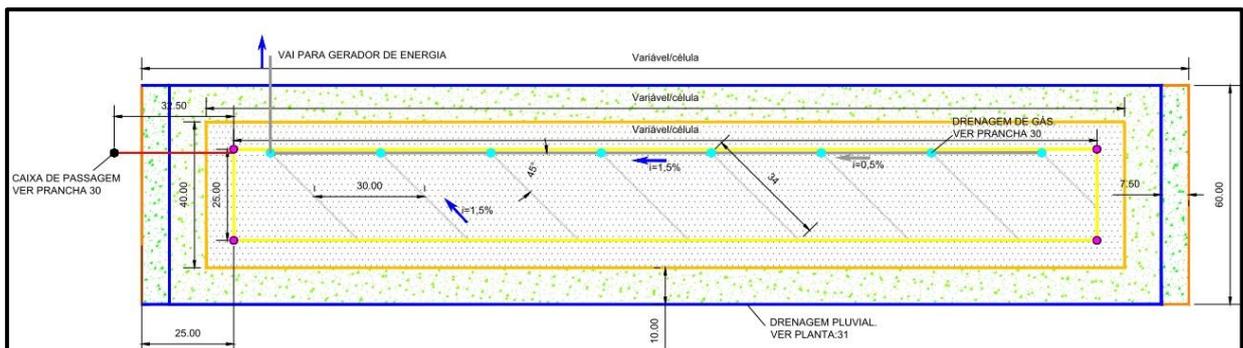


Figura 14 – Drenagem das células de aterro.

Fonte: Tecnoplan, 2016.

1.3.6. Procedimentos operacionais e métodos construtivos do sistema de tratamento do chorume

O sistema de tratamento do chorume será realizado através do envio do chorume da drenagem das células de aterro e das leiras de compostagem para o sistema de tratamento constituído por três etapas, tratamento biológico, tratamento físico-químico, e tratamento terciário.

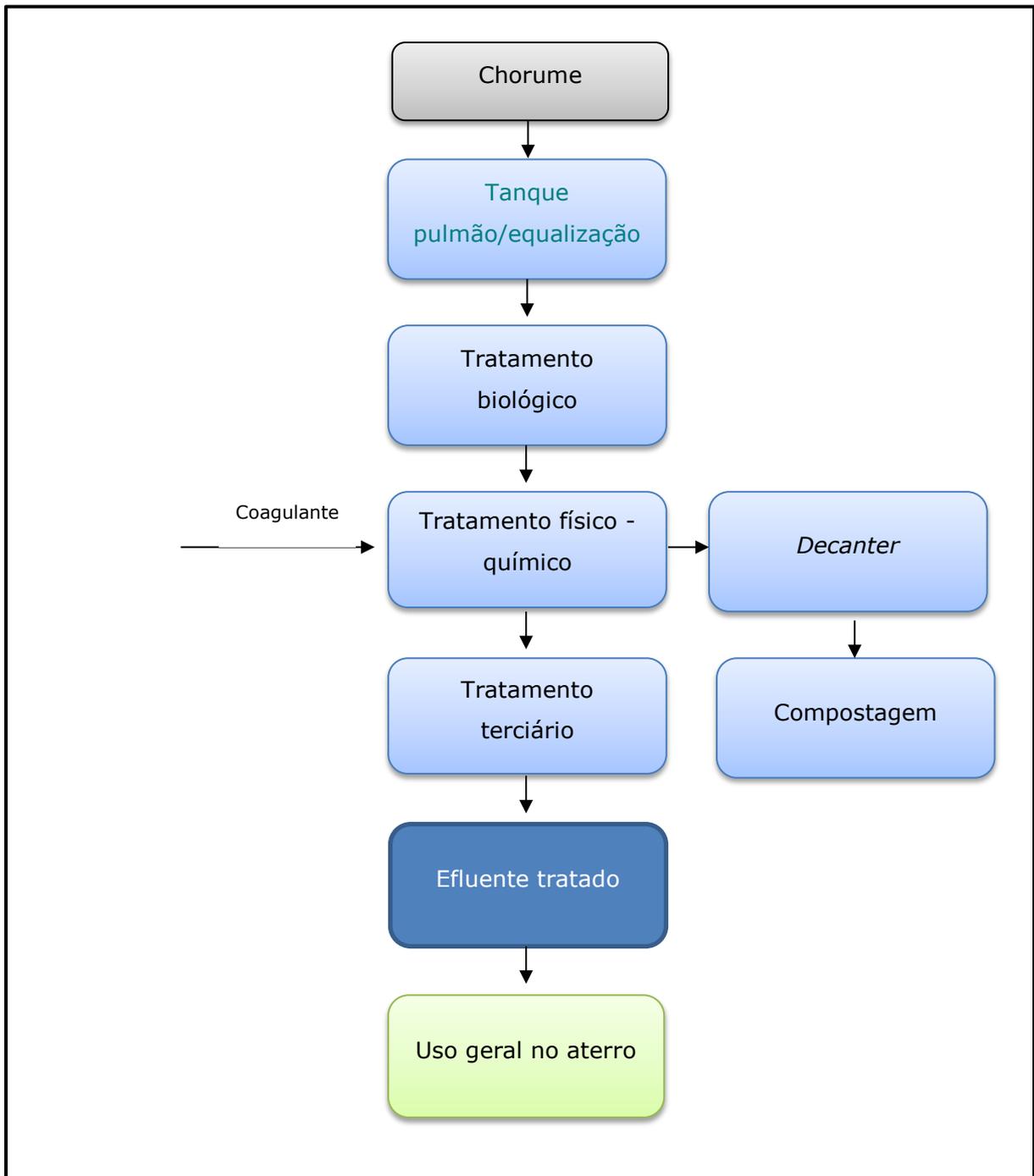


Figura 15 - Fluxograma de operação do sistema de tratamento de chorume.

O efluente gerado no aterro sanitário será primeiramente encaminhado para um tanque pulmão/equalização, para apropriada mistura, estabilização do pH, homogeneização da carga e equalizações das vazões. Parte do chorume quando necessário será enviado do tanque pulmão para

as valas de aterro sanitário com o objetivo de regular a umidade do material nelas contido.

Após o efluente será encaminhado para o tratamento biológico através de lagoas de estabilização compostas por uma lagoa anaeróbia, uma lagoa aerada e duas lagoas facultativas.

Nas lagoas anaeróbias e aeradas ocorrerá a biodegradação da matéria orgânica através da ação dos microorganismos, além da desnitrificação e a remoção de sólidos.

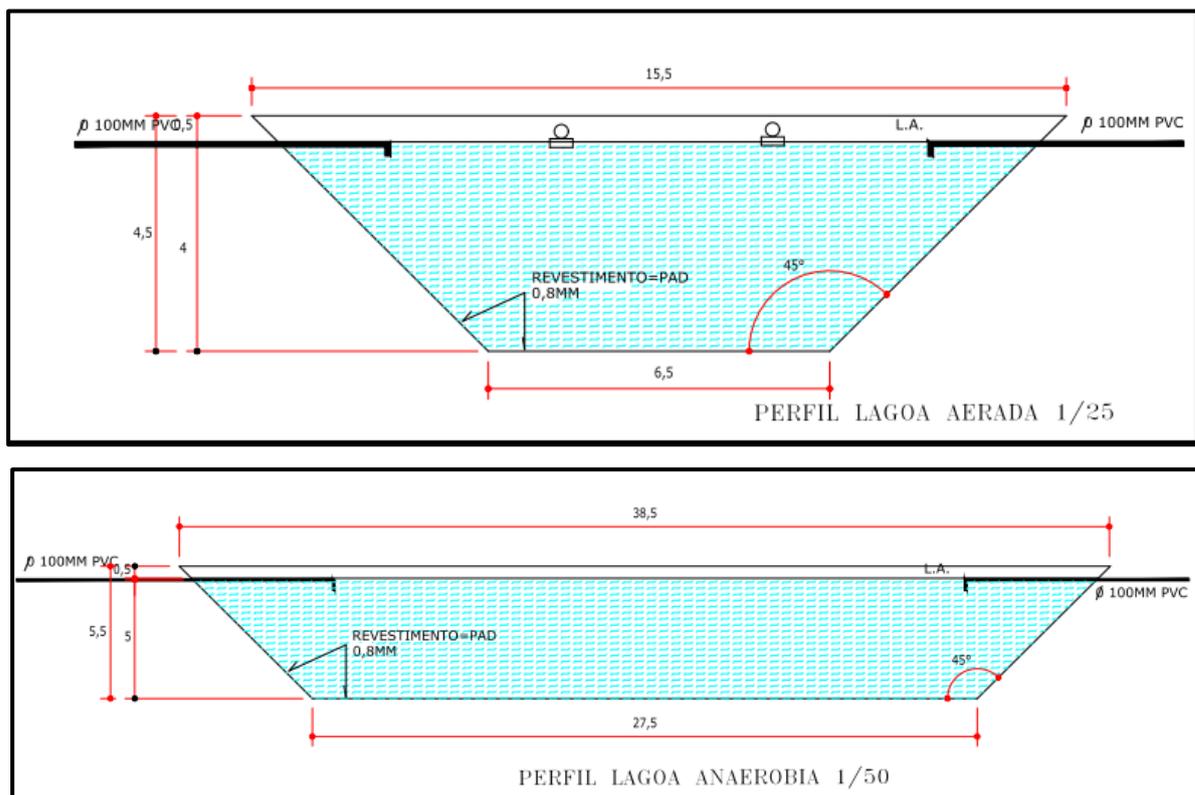


Figura 16 – Perfil da lagoa aerada e da lagoa anaeróbia.

Nas lagoas facultativas a carga orgânica solúvel e finamente particulada será consumida/estabilizada por micro-organismos aeróbios dispersos no meio líquido, ao passo que a carga orgânica suspensa tenderá a sedimentar, sendo estabilizada por micro-organismos anaeróbios

- Vazão de projeto:
 - Vazão média de chorume: 110 m³/dia;
 - Vazão máxima horária de chorume: 110 m³/hora.

- Vazão a ser recirculada e para reuso
 - Vazão de efluente a ser recirculada = 0,08 m³/dia/trincheira;
 - Vazão de efluente para reuso = 46,8 m³/dia/trincheira(sendo 3,5 m³/dia para lavagem de caminhões, 2 m³/dia para lavagem de pisos e arruamentos e 41,2 m³/dia para irrigação).

- Características do chorume a ser tratado:
 - DQO: 22.000 mg/l;
 - DBO: 13.000 mg/l;
 - Óleos e graxas: 170 mg/l;
 - Sólidos suspensos: 1.460 mg/l.

A lagoa pulmão ou tanque de equalização foi projetada para vazão máxima de chorume de 110 m³/hora e tempo de detenção de 8 horas.

A lagoa anaeróbica foi projetada para a vazão de entrada de 110 m³/dia e tempo de detenção de 36 dias, com eficiência na remoção de DBO estimada em 65%, de forma que o efluente final da lagoa deverá ter DBO de 4.550,0 mg/l. A lagoa foi dimensionada com altura total de 5,50 m e útil de 5,0 m, comprimento de 45,3 m no topo e 46,3 m na base e largura de 24,8 m no topo e 25,8 m na base, com volume útil de 4.608 m³.

A lagoa aerada também foi projetada para a vazão afluente de 110 m³/dia, com tempo de detenção de 4 dias e 65% de eficiência na remoção do DBO. A lagoa será quadrada com altura total de 4,50 m e útil de 4,0

m, comprimento e largura de 15,5 m no topo e 6,5 m na base, com volume útil de 574 m³.

A primeira lagoa facultativa, também para a vazão de entrada de 110 m³/dia, foi projetada com profundidade total de 2,50 m e útil de 2,0 m, comprimento de 134,3 m no topo e 133,3 m na base e largura de 82,9 m no topo e 81,9 m na base, com volume útil de 26.497 m³. A eficiência teórica de remoção de DBO é de 79%.

A segunda lagoa facultativa terá 5.650 m³ de volume útil, altura útil de 2 m, comprimento de 62,7 m no topo e 61,7 m na base e largura de 40 m no topo e 39 m na base. O tempo de detenção será de 40 dias e a eficiência teórica de remoção de DBO é prevista em 79%.

O flotador terá capacidade de 110 m³/hora e eficiência de 75% na remoção de DBO e DQO, 60% para óleos e graxas e 75% para sólidos suspensos. Dessa forma, os parâmetros de saída do flotador serão: DBO de 18 mg/l e 146 mg/l de sólidos suspensos.

O tratamento terciário contará um clorador, um filtro de areia e carvão ativado e ultrafiltração com capacidades de 110 m³/dia.

A eficiência global estimada do sistema de tratamento de efluentes é equivalente a 80% a 95%.

Após o tratamento o efluente será encaminhado a um caminhão pipa que irá receber o material tratado enviará para usos gerais no empreendimento.

O efluente após tratado apresentará concentrações reduzidas dos poluentes. Mesmo não precisando atender os padrões de lançamento

estabelecidos na Resolução CONAMA nº 430/11, pois não será lançado em corpo hídrico, estima-se que o efluente final estará de acordo com esta norma. Além disso, o efluente final deverá estar adequado para os serviços de lavagens de pisos/ acessos, máquinas, veículos e no processo de regulagem da umidade do aterro, pois a má qualidade implica em danos ao meio ambiente e aos veículos/equipamentos.

Ressalta-se que o lodo gerado no sistema de tratamento do chorume será destinado para o processo de compostagem.

Para prevenir a infiltração do efluente no solo e, por consequência, contaminação do lençol freático, todas as lagoas serão impermeabilizadas com mantas de PEAD.

O local de implantação do sistema de tratamento de efluentes será próximo à célula 01, conforme apresentado na figura 18.

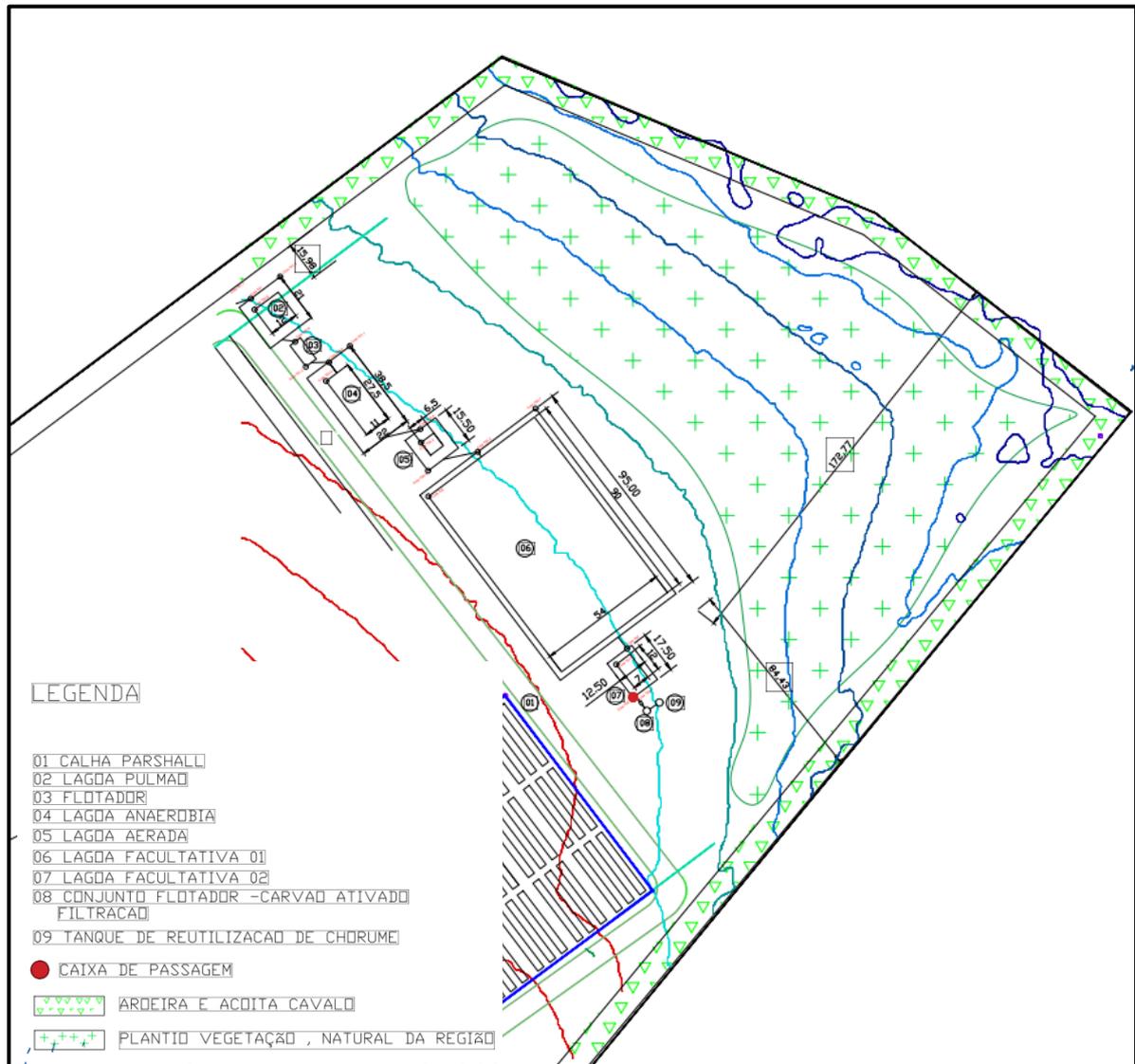


Figura 18 – Localização do sistema de tratamento de efluentes.

O detalhamento do cotidiano da operação do sistema de tratamento de efluentes será estabelecido após a implantação das estruturas e apresentado no processo de licença de operação do empreendimento.

1.3.7. Sistema de impermeabilização

Entende-se por impermeabilização o procedimento que tem como objetivo reduzir a permeabilidade do solo, seja por meio da realização do recobrimento com camadas de solo argiloso, seja pela utilização de

elementos sintéticos, do tipo geomembrana. Embora existam outros tipos de revestimentos, a utilização destas alternativas de forma isolada ou combinada é a mais frequente nos aterros sanitários brasileiros.

Ainda, com o objetivo de atender o estabelecido no art. 18 da Resolução da CEMA nº 94/14, que exige a utilização de geomembranas ou sistemas de impermeabilização similares na lateral e no fundo do aterro, o aterro sanitário de Imbaú irá receber além da compactação do solo a implantação de sua base através de uma geomembrana de PEAD com espessura de 1,5 mm e alta resistência.

Para instalação da geomembrana, o terreno (fundos e laterais da trincheira) será previamente limpo e regularizado, retirando-se pedras, galhos e outros materiais que poderão perfurar a manta. Sobre a geomembrana será colocada uma camada de proteção de solo, a fim de proteger o material contra possíveis danos gerados pela instalação da camada de drenagem, das ações decorrentes da compactação e movimentação de resíduos.



Figura 19 – Exemplo de impermeabilização da célula com manta PEAD.

Fonte: Tecnoplan, 2016.

A seleção da geomembrana a ser utilizada na impermeabilização da base das trincheiras levou em consideração as especificações constantes no Manual Brasileiro de Geossintéticos:

- Densidade (g/cm^3): 0,94 a 0,96;
- Temperatura de fusão ($^{\circ}\text{C}$): 134 a 135;
- Resistência a rasgos (N): 187;
- Espessura: 1,5 mm;
- Alta resistência a hidrocarbonetos, solventes e intempéries.

Tabela 8 - Quantidade de geomembrana necessária para a impermeabilização do aterro e área de compostagem.

Células	Capacidade de resíduos a serem aterrados (m^3)	Necessidade de geomembrana para as células (m^2)
1	28.800,00	4.628,00
2	38.400,00	5.933,00
3	48.000,00	7.245,50
4	56.450,00	8.396,40
5	66.050,00	9.703,90
6	84.850,00	12.259,20
7	106.370,00	15.179,90
8	106.370,00	15.179,90
9a	53.100,00	7.953,00
9b	129.000,00	15.775,20
Total	717.390,00	102.254,00

Fonte: Tecnoplan, 2019.

1.3.8. Estabilidade de taludes

Para avaliação da estabilidade dos taludes deve-se levar em conta os seguintes parâmetros:

- Ângulo dos taludes de 45°
- Geomembrana de 1,5 mm

- Taludes reforçados com compressão manual
- Solo argiloso em sua maioria
- Profundidade máxima de escavamento 7,5 m e altura máxima da trincheira 12,5m
- Tensões Cisalhantes < Resistência ao Cisalhamento dos taludes

As hipóteses, os parâmetros e as fórmulas utilizadas para o cálculo de estabilidade de taludes, bermas de equilíbrio e recalques diferenciais são apresentadas a seguir:

Tensões Cisalhantes < Resistência ao Cisalhamento dos Materiais

Fator de Segurança (FS)

$FS = (\text{somatória das forças resistentes}) / (\text{somatória das forças atuantes}) = EQ1$

Forças Resistentes [Resistência ao cisalhamento disponível] = $(c + y' \cdot h \cdot \cos^2 i \cdot \text{tg} \beta)$

Forças Atuantes [Resistência mobilizada] = $(y_{\text{sat}} \cdot h \cdot \text{sen} i \cdot \text{cos} i)$

$FS = [c + y' \cdot h \cdot \cos^2 i \cdot \text{tg} \beta] / [y_{\text{sat}} \cdot h \cdot \text{sen} i \cdot \text{cos} i] = EQ2$

Cálculo do Fator de Segurança (FS): Método do Talude Infinito

Valores Típicos Considerando Aterro Compactado (silte arenoso-argiloso) (Fonte: GeoRIO 2000)

y (Kn/m ³)	17 -21	kN/m ³	conforme bibliografia especializada - Geo2000
β (graus)	32 -45	°	conforme bibliografia especializada - Geo2000
c (Kpa)	0 - 20	kpa	conforme bibliografia especializada - Geo2000

Parâmetros estimados

Antes da chuva

y	1,7	tf/m ³	1tf = 10 kN
c	2	kpa	
y'	0,9	tf/m ³	

Vale considerar também, que no método construtivo, as células apresentam em sua base e em sua altura final, quando de sua cobertura final, inclinação de 1,5%, reduzindo muito o seu arraste, além do intervalo de escavação ser maior no sentido longitudinal, células mais estreitas onde a inclinação do seu terreno original do terreno é maior. Como as células serão confeccionadas de acordo com a necessidade de aterramento, será efetuado o acompanhamento e controle geotécnico das mesmas.

1.3.9. Procedimento operacional e métodos construtivos do sistema de drenagem de gás

O aterro sanitário pode ser conceituado como um reator bioquímico, sendo suas principais entradas os resíduos sólidos e água e suas saídas o biogás e os líquidos lixiviados. A produção de biogás situa-se entre 200 e 250 m³/tonelada úmida de matéria orgânica – MO em 10 a 15 anos de vida do aterro sanitário. O biogás produzido em aterros sanitários é composto de 45 a 60% de metano, a porcentagem restante é composta de CO₂, vapor de água e alguns gases traço. A composição do biogás é extremamente variável e está associada diretamente com a idade do resíduo, diferença em sua composição, propriedades físico-químicas, temperatura do aterro, entre outras.

Deste modo, o projeto das células de aterro sanitário contemplou a implantação de um sistema adequado de drenagem de gases gerados no interior do maciço de resíduos, com o objetivo de evitar a formação de “bolsões” internos de gases.

Este sistema de drenagem de gases será caracterizado por drenos verticais com 0,60 m de diâmetro, adequadamente distribuídos na massa

de resíduos, espaçados de 30 a 50 m, aproximadamente, um do outro. Para a construção desses drenos serão feitas escavações na base do terreno existente com profundidade variável e serão construídos tubos camisa para esta operação.

Cada dreno será prolongado à medida que a altura do alteamento de resíduos for avançando, ou seja, conforme o desenvolvimento das camadas.

Os drenos verticais de gases serão interligados ao sistema de drenagem de líquidos percolados, direcionando o fluxo ascendente de gases para fora do maciço e o fluxo descendente de líquidos percolados coletados nas camadas para os drenos de base da célula de aterro sanitário. Na figura a seguir é apresentado o dreno de gás (azul claro) interligado ao dreno de percolados (cinza).

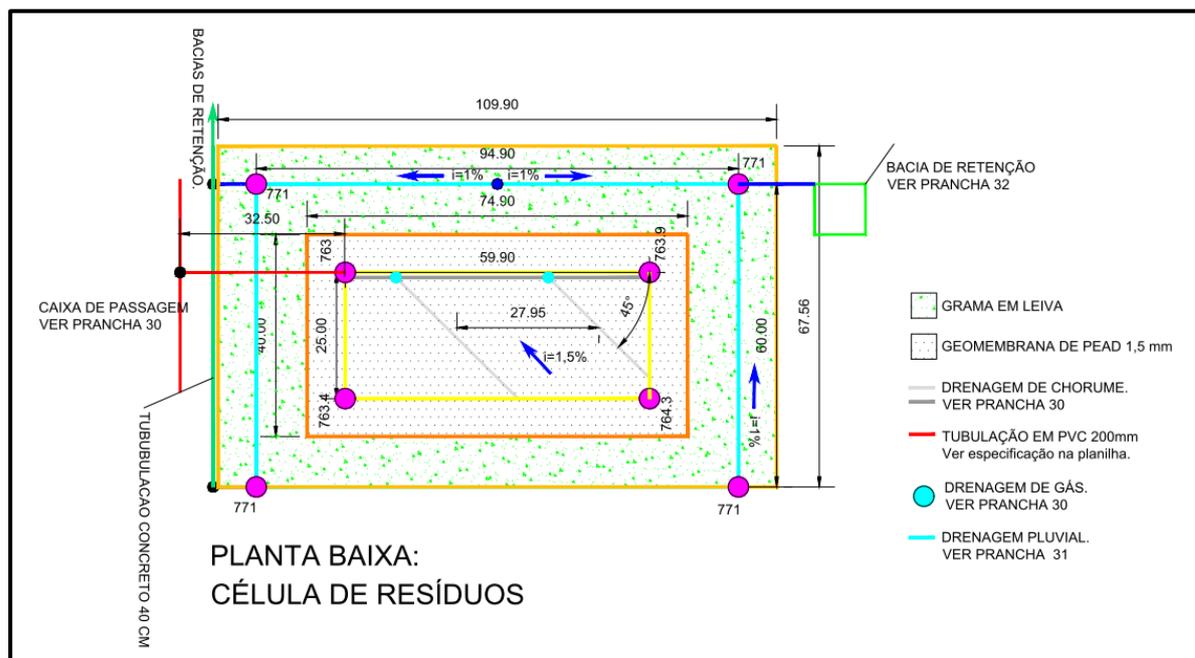


Figura 20 - Dreno de gás interligado ao dreno de percolados.

Fonte: Tecnoplan, 2016.



Figura 21 – Exemplo de drenos de líquidos e gases em aterro sanitário.

Fonte: Tecnoplan, 2016.

Com relação aos aspectos construtivos, os drenos de gases serão constituídos por um tubo de concreto perfurado, com diâmetro de 0,60 m, envolto por uma tela de aço contendo rachão. Nas extremidades superiores na saída dos drenos verticais serão instalados “flares” para a queima dos gases gerados na célula de aterro sanitário, para queima do excesso de gás ou mesmo para ser utilizado durante os períodos de manutenção dos equipamentos de recuperação energética. Na figura a seguir é apresentado o detalhe deste queimador.

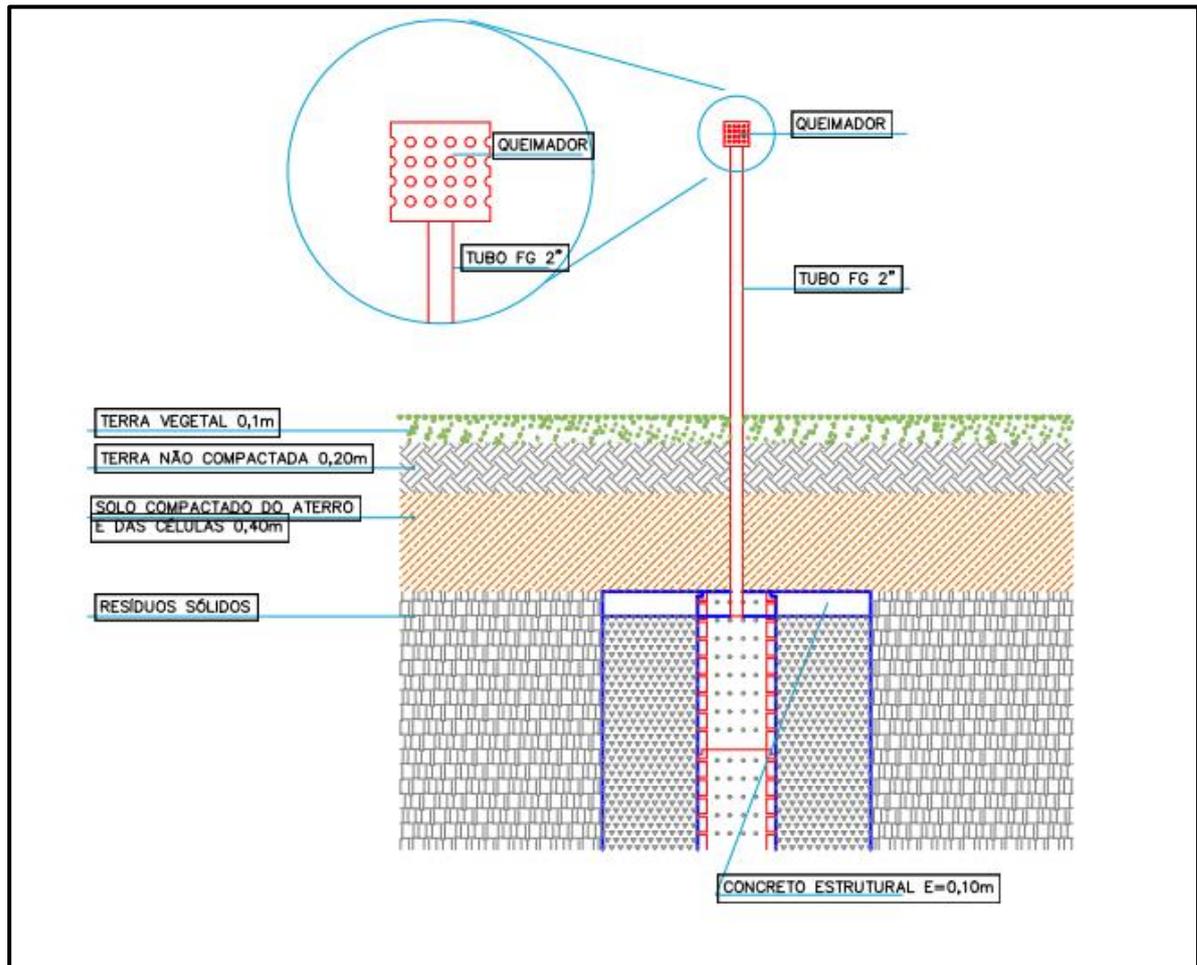


Figura 22 – Detalhe do queimador de gases.

Fonte: Tecnoplan, 2016.

A geração do biogás é diretamente influenciada pela decomposição dos resíduos e segundo Tchobanoglous et al.(1993) e Bidone (1999) apud Tecnoplan (2016) ocorre em cinco fases.

Na primeira fase ocorre o ajuste inicial, pois a biodegradação é aeróbia, devido à presença de ar junto com o resíduo.

A segunda fase é considerada com fase de transição, onde as condições anaeróbias começam a prevalecer e formam CO_2 e H_2 (fase acidogênica).

A terceira fase é a fase ácida, pois ocorre a conversão de ácidos graxos voláteis em ácido acético. As reações iniciadas na fase de transição são aceleradas com a produção de quantidades significativas de ácidos orgânicos e quantidades menores de gás hidrogênio.

Na quarta fase ou fase metanogênica predominam os microorganismos estritamente anaeróbios que convertem ácido acético e gás hidrogênio em CO_2 e CH_4 em uma proporção de 34-50% e de 45-60% respectivamente. A formação de metano e de ácido segue simultaneamente, embora a formação de ácido seja reduzida.

Na quinta fase ou de maturação a taxa de geração de gás diminui consideravelmente, pois a maioria dos nutrientes restante possui degradação lenta. Condições aeróbias, pequenas quantidades de nitrogênio e oxigênio, podem voltar a ocorrer dependendo da suscetibilidade do aterro a condições atmosféricas.

A duração de cada etapa pode variar, pois depende do tipo de resíduo aterrado, nutrientes, quantidade de água presente, massa de resíduos e especialmente pela compactação dada à camada. Em média a primeira fase dura cerca de 1h a uma semana, a segunda fase de 1 a 6 meses, a terceira fase de 3 meses a 3 anos, a quarta fase de 8 a 40 anos e a quinta e última fase de 1 a mais de 40 anos (Augenstein e Pacey, 1991, apud Tecnoplan, 2016).

Conforme apresentado previamente a geração de biogás nos primeiros anos de operação do aterro é inconstante, pois massa de resíduos não produz gás suficiente para gerar energia elétrica. A partir do final da terceira fase e início da quarta fase de degradação dos resíduos, entre o terceiro e oitavo ano a partir do início da disposição de resíduos, as condições existentes na massa de resíduos são mais favoráveis para

produção de gás que torna-se constante e suficiente para a geração de energia elétrica, conforme apresentado nas figuras a seguir.

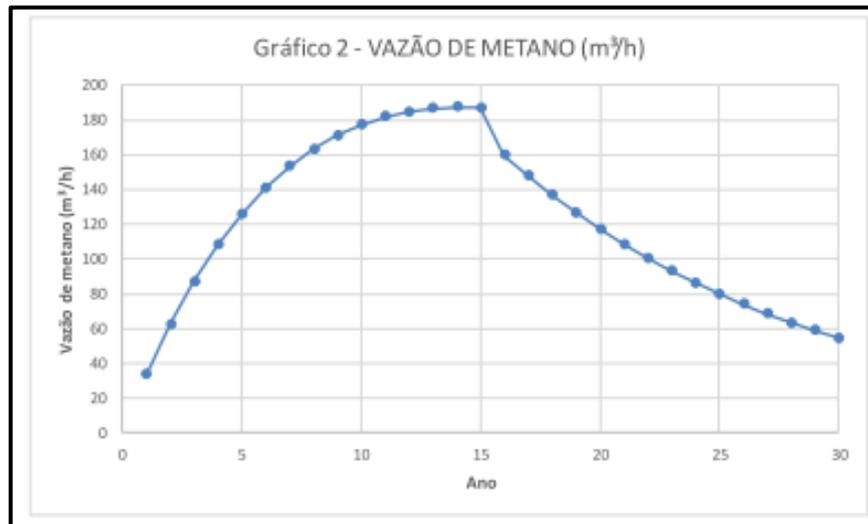


Figura 23 – Vazão de metano ao longo de 30 anos de decomposição dos resíduos.

Fonte: Tecnoplan, 2019.

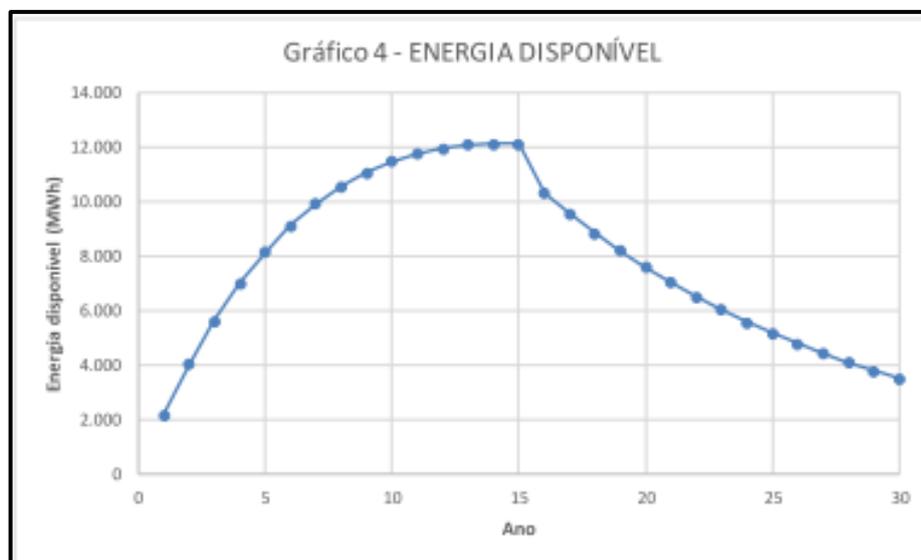


Figura 24 – Produção de energia ao longo de 30 anos de decomposição dos resíduos.

Fonte: Tecnoplan, 2019.

No início da operação do empreendimento até o terceiro ano haverá queima do biogás nos *flares*. Esta geração de gás no aterro será

monitorada com o objetivo de verificar quando o gás poderá ser utilizado para geração de energia, que ocorrerá por meio do envio do gás para um motor. Haverá ainda um *flare* de emergência para queima do excesso do biogás e para uso durante os períodos de manutenção dos equipamentos.

Após a coleta e antes de entrar no motor o gás passará por um sistema de purificação. Posteriormente, o gás será enviado para um gerador para produção de energia elétrica, com capacidade de gerar a partir do quinto ano em torno de 8.000 MWh de energia (tabela 9), que será utilizada na própria área do aterro, para iluminação e acionamento de motores e seus componentes. Na figura a seguir é apresentado um exemplo de um motor gerador a biogás que poderá ser utilizado na planta do aterro sanitário



Figura 25 - Exemplo de um motor gerador a biogás que poderá ser utilizado na planta do aterro sanitário.

Fonte: Projeto executivo do aterro sanitário, 2016.

Tabela 9 – Potencial de geração de energia através do biogás.

Ano de operação	Potencial de geração de energia (MWh)	Energia disponível* (MWh)	Ano de operação	Potencial de geração de energia (MWh)	Energia disponível* (kWh)
1	2169	850,32	16	10343	4.054,40
2	4038	1582,9	17	9576	3753,93
3	5643	2212,02	18	8867	3475,73
4	7011	2748,39	19	8210	3218,14
5	8168	3201,73	20	7601	2979,64
6	9135	3580,87	21	7038	2758,82
7	9933	3893,83	22	6516	2554,36
8	10581	4147,85	23	6033	2365,06
9	11096	4349,51	24	5586	2189,78
10	11492	4504,77	25	5172	2027,50
11	11783	4619,01	26	4789	1877,24
12	11982	4697,09	27	4434	1738,12
13	12101	4743,41	28	4105	1609,30
14	12148	4761,92	29	3801	1490,04
15	12133	4756,19	30	3519	1379,61

* Eficiência do motor de 39,2%.

Fonte: Tecnoplan, 2016.

Com relação ao monitoramento deste biogás, o mesmo será realizado antes do início da geração de energia, para verificar se o teor de metano (CH₄) está adequado para geração de energia. A partir desta verificação, o monitoramento, terá frequência anual, e consistirá na determinação das concentrações de amônia (NH₃), gás sulfídrico (H₂S), dióxido de carbono (CO₂) e metano (CH₄) e será realizado no âmbito do programa de monitoramento meteorológico e de emissões atmosféricas.

O detalhamento do cotidiano da operação do sistema de drenagem de gás será estabelecido após a implantação das estruturas e apresentado no processo de licença de operação do empreendimento. A seguir é apresentado um fluxograma de operação após a produção de biogás.

Tabela 10 - Cronograma da implantação do sistema de aproveitamento do biogás.

Ação	Implantação do sistema de aproveitamento do biogás (anos)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Queima do biogás nos flares												
Monitoramento do biogás para verificar se o teor de metano (CH ₄) está adequado para iniciar a geração de energia												
Início da produção de biogás para geração de energia (previsto)												

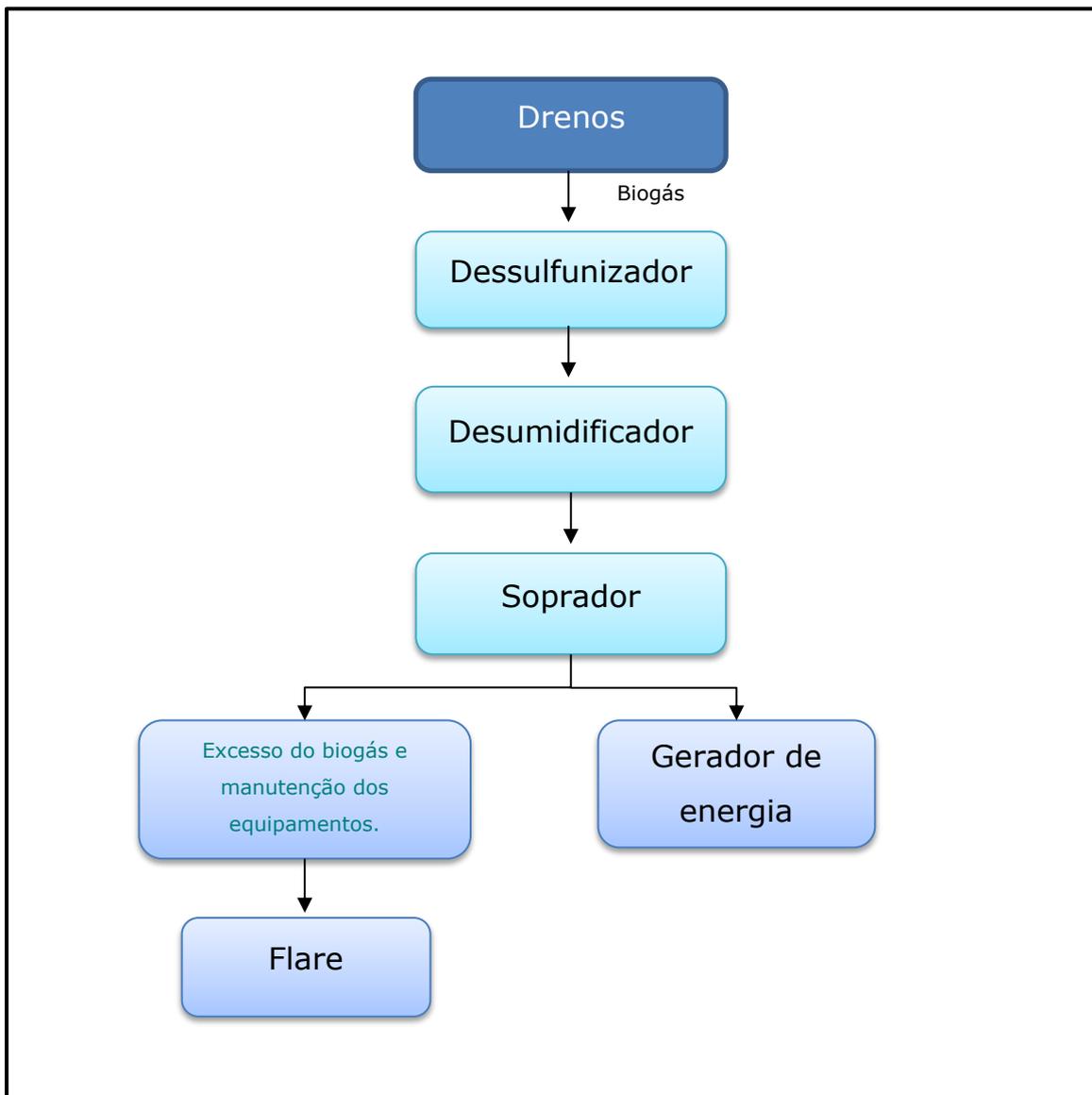


Figura 26 – Fluxograma de operação do sistema de drenagem do biogás.

1.3.10. Instalações de apoio

As estruturas de apoio, e suas respectivas áreas, são apresentadas na tabela a seguir, e podem ser visualizadas na planta 02 do projeto (anexo 2).

Tabela 11 – Estruturas de apoio.

Identificação	Estrutura	Área
1	Administração	99,02 m ²
2	Guarita	25,0 m ²
3	Galpão oficina	251,49 m ²
4	Galpão de triagem de material RCC	220,16 m ²

A estrutura administrativa irá possuir sanitários, chuveiros e um pequeno refeitório, para uso comum. Será também construído um poço para suprir as necessidades de água no local.

1.3.10.1. Dimensionamento do sistema de tratamento do esgoto sanitário

O esgoto sanitário proveniente das instalações fixas passará por tratamento a ser implantado composto minimamente por fossa séptica (tanque séptico), caixa de inspeção, e infiltração em solo através de sumidouro. Este conjunto pode ser substituído por estações de tratamento comerciais, projetadas para atendimento de uma determinada população, e com eficiência equivalente ou superior, comprovada pelo fornecedor.

Com o objetivo de atender a vazão máxima de esgoto gerada no empreendimento, o dimensionamento das estruturas de tratamento será realizado de acordo com a ABNT NBR 7229:1993 e NBR 13969:1997.

A geração de esgoto no aterro pode ser estimada através do número de colaboradores e motoristas, conforme critérios da norma NBR 7229:1993.

Segundo a norma, a contribuição diária de esgoto para ocupantes de escritório é de 50L, conforme apresentado na tabela a seguir.

Tabela 12 - Contribuições unitárias de esgotos (C) e de lodo fresco (Lf).

Prédio	Unidade	Contribuição (L/d)	
		Esgotos (C)	Lodo fresco (Lf)
<i>Ocupantes permanentes</i>			
Hospitais	leitos	250	1,00
Apartamentos	pessoa	200	1,00
Residências	pessoa	150	1,00
Escola - internatos	pessoa	150	1,00
Casas populares - rurais	pessoa	120	1,00
Hotéis (sem cozinha e lavanderia)	pessoa	120	1,00
Alojamentos provisórios	pessoa	80	1,00
<i>Ocupantes temporários</i>			
Fábricas em geral	operário	70	0,3
Escritórios	pessoa	50	0,2
Edifícios públicos ou comerciais	pessoa	50	0,2
Escolas - externatos	pessoa	50	0,2
Restaurantes e similares	refeição	25	0,1
Cinema, teatro e templos	lugar	2	0,02

O aterro possuirá 24 colaboradores na fase de operação do empreendimento, além dos 30 motoristas que circularão no local diariamente, perfazendo um total de 54 usuários. Este público estará dividido em 6 sistemas de tratamento de esgoto sanitário.

Desta forma, a geração de esgoto sanitário do aterro pode ser, a partir destes dados básicos, quantificada pelo método da contribuição diária de esgoto estimado através da contribuição por ocupantes, conforme apresentado na fórmula a seguir:

Geração diária = Fator de geração por pessoa x nº de pessoas

Geração diária = 54 x 50 = 2.700 L/dia ou 2,7 m³/dia

Na tabela a seguir é apresentado os resultados da estimativa de geração de esgoto sanitário gerado no empreendimento, dividido sistemas de tratamento de esgoto sanitário.

Tabela 13 - Resultados da estimativa de geração de esgoto sanitário no aterro.

Fatores de cálculo	Volume de esgoto sanitário gerado por sistema					
	Guarita	Adm/ vestiário	Oficina	Galpão de triagem	Galpão de apoio 3	Galpão de apoio 4
Pessoas	30	16	2	2	2	2
Fator de geração por pessoa (L/dia)	50	50	50	50	50	50
Geração diária (m ³ /dia)	1,5	0,8	0,1	0,1	0,1	0,1

Estas estimativas consideram o quantitativo de trabalhadores previstos para a fase de operação do empreendimento.

1.3.10.1.1. Fossa séptica

Para o dimensionamento de uma fossa séptica, variáveis como período de detenção e a taxa de acumulação de lodo são essenciais:

Tabela 14 - Tempo de detenção para fossa séptica.

Contribuição diária (L)	Período de detenção	
	Horas	Dias
Até 1500	24	1
1501 a 3000	22	0,92
3001 a 4500	20	0,83
4501 a 6000	18	0,75
6001 a 7500	16	0,67
7501 a 9000	14	0,58
Mais que 9000	12	0,5

Tabela 15 - Taxa de acumulação de lodo.

Intervalo entre limpezas (anos)	Valores de K por faixa de temperatura ambiente (t) em °C		
	t ≤ 10	10 < t ≤ 20	t > 20
1	94	65	57
2	134	105	97
3	174	145	137
4	214	185	177
5	254	225	217

O intervalo de limpeza proposto é de 1 ano e a temperatura mais restritiva foi selecionada ($t \leq 10^{\circ}\text{C}$), considerando os dados climáticos da região de Imbaú. O volume é dado por:

$$V = 1000 + N \times (C \times T + k \times Lf)$$

Sendo:

V = Volume útil da fossa séptica (L);

N = Número de contribuintes;

C = Despejo por contribuinte (L/d);

T = Período de detenção (d);

K = Taxa de acumulação de lodo digerido em dias, equivalente ao tempo de acumulação de lodo fresco (L);

Lf = Contribuição de lodo fresco por pessoa (L/d);

Aplicando a equação para as condições selecionadas têm-se:

Tabela 16 - Dimensionamento do volume das fossas sépticas.

Parâmetros	Dimensionamento do volume das fossas sépticas					
	Guarita	Adm/ vestiário	Oficina	Galpão de triagem	Galpão de apoio 3	Galpão de apoio 4
N (adm)	30	16	2	2	2	2
C (L/dia)	50	50	50	50	50	50
NxC (L)	1.500	800	100	100	100	100
T (dias)	1	1	1	1	1	1
K (L)	94	94	94	94	94	94
Lf (L/d)	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
V(L)	3.064	2.100	1.400	1.400	1.400	1.400
Volume (m³)	3,06	2,10	1,40	1,40	1,40	1,40

Tabela 17 - Dimensionamento das fossas sépticas.

Parâmetros	Dimensionamento das fossas sépticas					
	Guarita	Adm/ vestiário	Oficina	Galpão de triagem	Galpão de apoio 3	Galpão de apoio 4
Profundidade útil (m)	2,2	2,2	1,2	1,2	1,2	1,2
Área da base do tanque (m ²)	1,4	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9
Raio útil (m)	0,7	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5
Diâmetro interno útil (m)	1,3	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1

1.3.10.2. Sumidouro

O sumidouro possui a função de infiltrar o esgoto sanitário após passar pelo tratamento prévio (fossa). A seguir é apresentado o dimensionamento do sumidouro.

Segundo a norma ABNT NBR 13969:1997, a área de infiltração é dada por:

$$A = (C \times N) / C_i$$

Sendo:

A = Área de infiltração, em m²

N = Número de contribuintes;

C = Despejo por contribuinte (L/d);

C_i = coeficiente de infiltração (m³/m².dia).

Para solo argiloso medianamente compacto de cor amarela, vermelha ou marrom, variando a argilas pouco siltosas e/ou arenosas, o coeficiente de infiltração C_i é de aproximadamente 0,053 m³/(m².dia), conforme Jordão (2005). Este valor é relacionado à baixa permeabilidade, garantindo um dimensionamento conservador de estruturas de infiltração.

$$A = 2,7 / 0,053 = 50,94 \text{ m}^2$$

Tabela 18 - Cálculo da área de infiltração em sumidouros.

Parâmetro	Guarita	Adm/ vestiário	Oficina	Galpão de triagem	Galpão de apoio 3	Galpão de apoio 4
N (adm)	30	16	2	2	2	2
C (L/dia)	50	50	50	50	50	50
NxC (L/dia)	1.500	800	100	100	100	100
Ci (m ³ /m ² .dia)	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053
A total(m ²)	28,30	15,10	1,88	1,88	1,88	1,88
Nº de sumidouros	2	1	1	1	1	1
Área individual (m ²)	14,15	15,10	1,88	1,88	1,88	1,88

Desta forma calcula-se a altura útil do sumidouro através da equação:

$$A = 2 \times \pi \times r \times H$$

Sendo:

A = Área de infiltração, em m²;

r = Raio do cilindro;

H = Altura útil do sumidouro em m.

O cálculo do volume útil do sumidouro é dado através da equação:

$$V = \pi \times r^2 \times H$$

Sendo:

V = Volume útil do sumidouro, em m³;

r = Raio do cilindro;

H = Altura útil do sumidouro em m.

Desta forma considera-se que o empreendimento terá seis sumidouros em seu projeto conforme volumes apresentados na tabela a seguir.

Tabela 19 - Dimensionamento de sumidouros.

Parâmetro	Guarita	Adm/ vestiário	Oficina	Galpão de triagem	Galpão de apoio 3	Galpão de apoio 4
Nº de sumidouros	02	01	01	01	01	01
H (m)	2,25	2,40	0,30	0,30	0,30	0,30
r (m)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
D (m)	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Volume (m³)	7,06	7,55	0,94	0,94	0,94	0,94

Nas figuras a seguir é apresentado os locais de infiltração do esgoto sanitário.

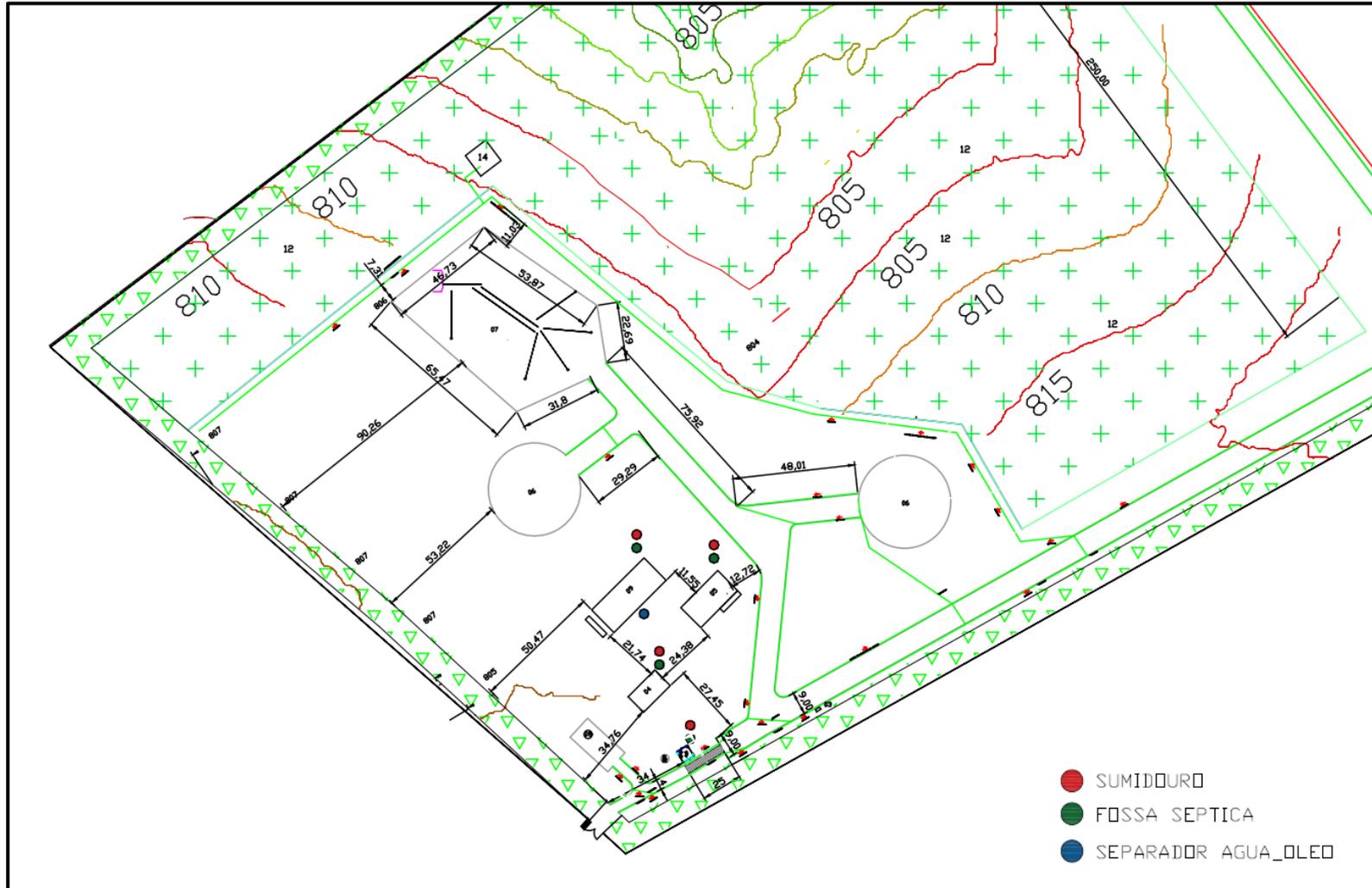
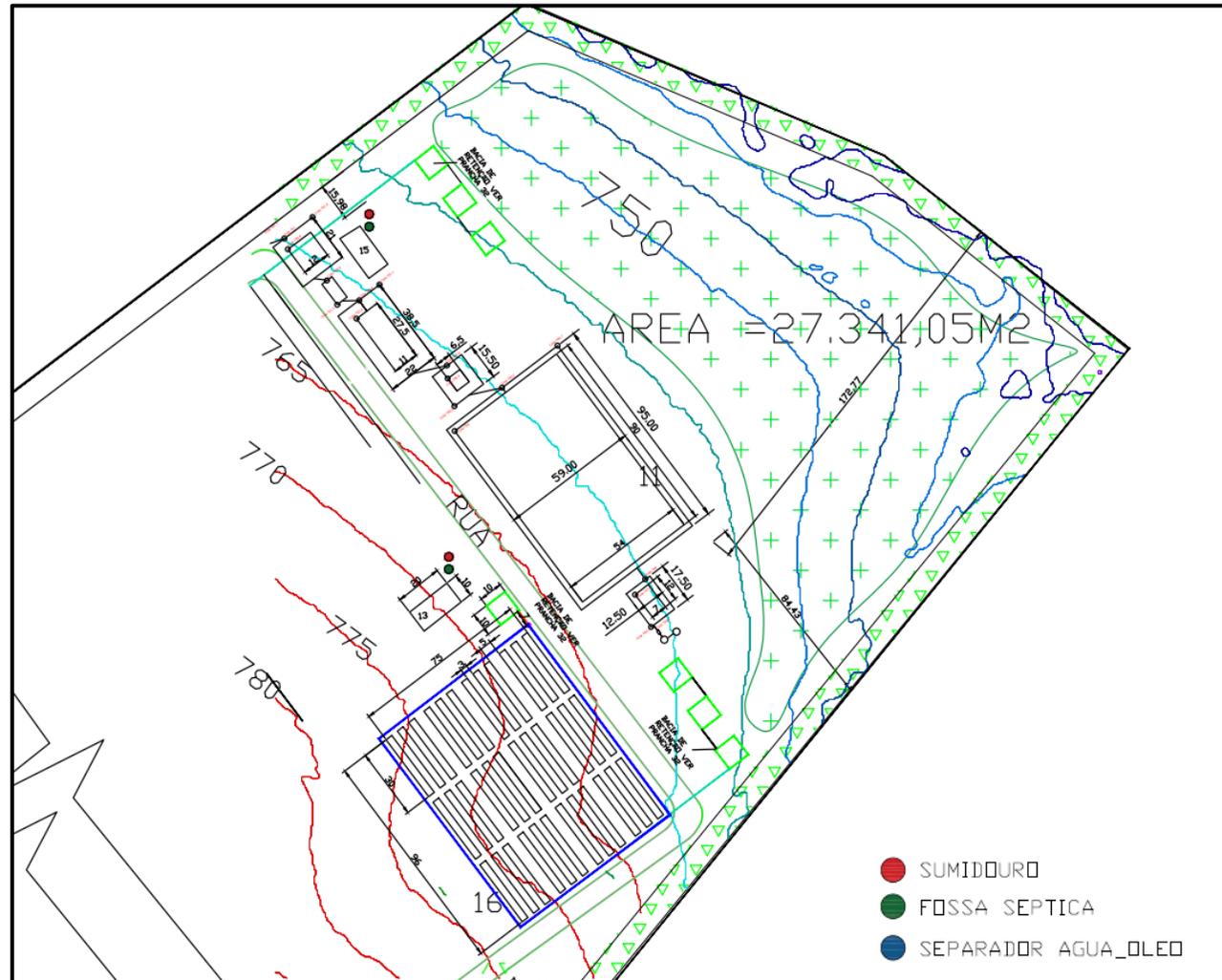


Figura 27 – Locais de infiltração do esgoto sanitário



1.4. Operação do aterro sanitário

1.4.1. Equipe de trabalho e equipamentos

Para a obra do aterro sanitário de Imbaú estima-se a contratação de 61 colaboradores, incluindo:

- 52 pedreiros e serventes;
- 03 mestres de obras;
- 02 soldadores mecânicos;
- 02 montadores;
- 02 eletricitas.

Para operação do aterro sanitário de Imbaú será necessário à contratação de trabalhadores distribuídos nos setores gerencial, administrativo, operacional, controle e manutenção.

Para execução de atividades administrativas e de recebimento e tratamento de resíduos de construção civil, são previstos os seguintes profissionais:

- 01 operador balança;
- 03 vigias (03 turnos);
- 03 operadores RCC;
- 01 operador pá carregadeira RCC;
- 01 operador caminhão.

Para execução de atividades de destinação dos resíduos, prevê-se a necessidade de:

- 03 Vigias/operadores de balança;
- 02 agentes administrativos;
- 03 operadores de máquina pesada (retro escavadeira e trator de esteiras);
- 02 auxiliares de serviços gerais;

- 01 pedreiro;
- 02 operadores de máquina costal;
- 01 encarregado de aterro (técnico nível médio);
- 01 engenheiro (responsável técnico).

Entre os equipamentos utilizados na operação do aterro sanitário são:

- Trator de esteiras;
- Motoniveladora;
- Pá carregadeira;
- Rolo compactador;
- Escavadeira hidráulica;
- Caminhões basculantes e irrigador.

Para a operação da estação de tratamento de resíduos da construção civil serão necessários:

- Britador;
- Motores de 50, 15, 10 e 7,5 hp;
- Eletroímã separador de metais;
- Peneira vibratória;
- Transportador de correias.

Os equipamentos utilizados na unidade de compostagem são:

- Triturador de galhos;
- Peneiras rotativas;
- Balança pesqueira;
- Balança de chão;
- Máquinas de fechamento de sacos de estopa.

Para a operação do tratamento de efluentes, são necessários:

- Calha Parshall;
- Flotador;

- Aeradores de superfície;
- Misturador.

Já para a geração de biogás no aterro sanitário, os seguintes equipamentos são necessários:

- Conjunto moto gerador 80 kVA;
- Compressor radial vazão 1,8 m³/min;
- Quadro elétrico de distribuição.

Além disso, será implantado tanque fixo de diesel (capacidade de 10,0 m³, tipo *skid*, com diâmetro de 1,910 m, comprimento de 5,4 m e espessura de 4,75 mm) para abastecimento dos caminhões utilizados na operação do empreendimento, conforme modelo apresentado nas figuras a seguir.



Figura 29 – Modelo de tanque de diesel a ser instalado no empreendimento.

Fonte: Projeto executivo do aterro sanitário, 2019.

No mapa a seguir é apresentada a localização do tanque de diesel na área do empreendimento e sua planta em escala adequada é apresentada em anexo.



Figura 30 – Localização do tanque de diesel.

Para a operação do tanque de diesel será implantado um sistema de separação água e óleo comercial, com capacidade de até 2 m³/h de efluente conforme apresentado a seguir e no projeto em anexo.



Figura 31 – SAO comercial a ser implantado no empreendimento.

O tratamento por meio de um separador água e óleo se inicia por meio de uma caixa de areia para retirada de sólidos grosseiros, após a mistura de água e óleo é enviada para um bloco de placas coalescentes onde ocorre a separação por meio da ação da gravidade. O óleo separado flui por cima das placas até a saída para um coletor, já a água tratada deixa o bloco de placas por meio de outra tubulação, que enviará a água tratada para usos gerais no aterro. O óleo será enviado para rerrefino, por meio de empresas especializadas e licenciadas.

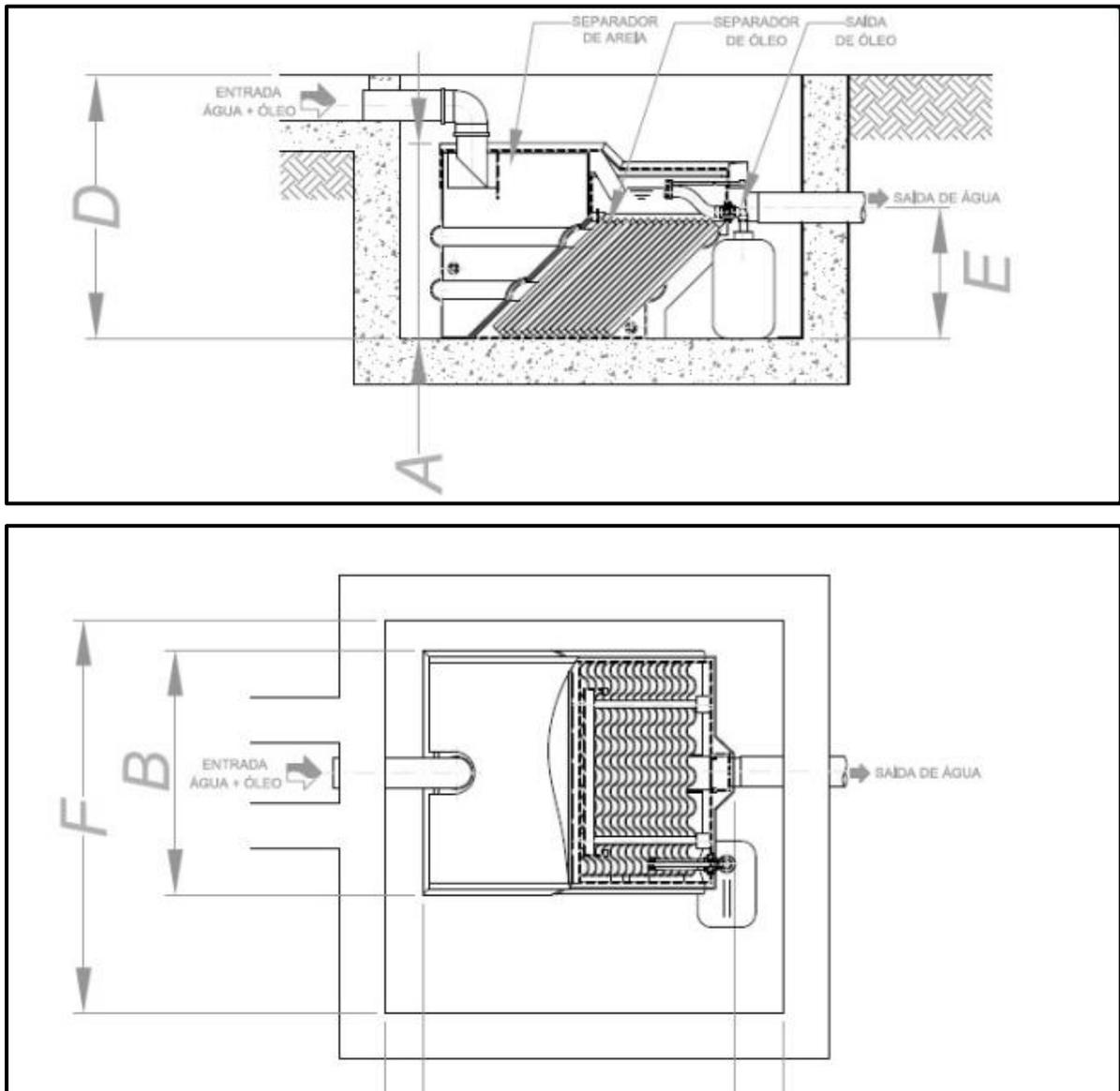


Figura 32 – Projeto do SAO comercial a ser implantado no empreendimento.

Simbologia de segurança

A simbologia de segurança a risco de incêndio é abordada na NPT 20 do Corpo de Bombeiros do Paraná e na ABNT NBR 13434:2004.

Segundo a NBR 13434:2004 e NPT 20 a sinalização de emergência tem por objetivo reduzir os riscos de ocorrência de incêndio, alertando para os riscos existentes e a adoção de ações adequadas em caso de incêndio.

A sinalização de emergência faz uso de símbolos, mensagens e cores e serão implantadas no tanque de combustíveis, com o objetivo de informar o risco da atividade.

As sinalizações podem ser classificadas como básicas de proibição, de alerta, de orientação e salvamento e de equipamento de combate e alarme; e complementares de indicação de rotas de saída, riscos de obstáculos e mensagens escritas.

As sinalizações de segurança serão implantadas de acordo com o risco do produto armazenado, para garantia de segurança contra incêndio na área do tanque de diesel. As sinalizações de segurança básicas serão instaladas em locais visíveis com altura mínima de 1,8 m, já as complementares serão instaladas adjacente à sinalização que complementa no idioma português.

A figura a seguir apresenta as dimensões das placas de sinalização.

Sinal	Forma geométrica	Cota (mm)	Distância máxima de visibilidade (m)											
			4	6	8	10	12	14	16	18	20	24	28	30
Proibição		D	101	151	202	252	303	353	404	454	505	606	706	757
Alerta		L	136	204	272	340	408	476	544	612	680	816	951	1019
Orientação, salvamento e equipamentos		L	89	134	179	224	268	313	358	402	447	537	626	671
		H (L=2,0H)	63	95	126	158	190	221	253	285	316	379	443	474

Figura 33 – Formas geométricas e dimensões para sinalização de emergência.

Fonte: ABNR NBR 13434:2004 e NPT 20.

Nas figuras a seguir são apresentados exemplos de sinalização de segurança a serem utilizadas na área do tanque de diesel.



Figura 34 - Sinalização complementar e de alerta.

1.4.2. Plano de operação do aterro sanitário

Os resíduos sólidos serão trazidos diariamente por caminhões e após passar pelos procedimentos de recepção e pesagem, serão depositados na célula em operação, já devidamente preparada e com os sistemas de proteção ambiental implantados.



Figura 35 – Exemplo de descarga dos resíduos sólidos.

Para a adequada compactação dos resíduos, o trator executará de 3 a 5 passadas sobre o material disposto. Ao final de cada dia de trabalho, a célula de resíduos, correspondente a essa jornada, será recoberta com uma camada de solo, preferencialmente de argila, de 15 a 20 cm de espessura. Assim evita-se a presença de vetores como ratos, baratas e aves e que o lixo se espalhe em dias de ventania.



Figura 36 – Exemplo de espalhamento dos resíduos.

A última camada de célula terá a superfície final recoberta com uma camada de 0,60 m de solo compactado, constituindo a cobertura definitiva da célula do aterro sanitário. A cobertura também será executada ao longo das áreas cuja superfície ficará exposta permanentemente (bermas e taludes definitivos). Será realizado o recobrimento vegetal (gramíneas) em toda extensão das células encerradas e dos taludes originados dos cortes e aterros, garantindo assim proteção contra chuvas, aumento da estabilidade e diminuição dos processos erosivos na área.

Durante a formação da camada de resíduos, será realizada a cobertura temporária da frente de descarga com uma manta de sacrifício (geomembrana de PEAD de 0,5mm de espessura), ao final do dia de trabalho, sendo a mesma retirada no início da próxima jornada.



Figura 37 – Exemplo de recobrimento diários dos resíduos.

O solo para a cobertura dos resíduos será proveniente do próprio terreno, resultante das operações de corte e regularização da área. A escavação será planejada de forma que avance na medida do desenvolvimento do aterro, a fim de minimizar o volume de solo que será armazenado favorecendo a racionalização do seu uso. As atividades serão iniciadas na área mais baixa do terreno, avançando para as mais elevadas.

Quando houver necessidade de estocagem de solo escavado, será utilizada a própria área em local próximo da frente de trabalho da célula de aterro sanitário, a uma distância não superior à 800 m.

No final da operação nas células de aterro sanitário serão implantados sistemas definitivos de drenagem e plantio de grama nos taludes.

Após o encerramento de uma célula será executada a cobertura final que consiste em uma camada de solo de baixa permeabilidade a ser assentada sobre a camada de resíduos. A espessura compactada de recobrimento com solo deverá ser de no mínimo 60 centímetros de solo argiloso, como substrato para plantio de gramíneas na superfície acabada do aterro. A cobertura será executada ao longo das áreas cuja superfície ficará exposta permanentemente (bermas e taludes definitivos).

A camada de cobertura final será concebida de maneira a evitar a proliferação de vetores de doenças, a infiltração de líquidos e o escape de gases para a atmosfera, bem como reduzir fenômenos erosivos e problemas de poluição atmosférica (poeira), além de possibilitar a reintegração ambiental da área, minimizando os impactos visuais.

Será executado o recobrimento vegetal de toda extensão compreendida pelas células encerradas, bem como dos taludes originados dos cortes e aterros, garantindo assim sua proteção contra chuvas, aumento da estabilidade e diminuição dos processos erosivos na área. A gramínea utilizada será a Grama-Esmeralda (*Zoysia japonica*).

A Grama-Esmeralda foi escolhida por diversos fatores, entre eles: facilidade de plantio, baixo índice de manutenção, desenvolve-se tanto no sol, como em locais semi-sombreados, bom desenvolvimento em climas quentes, ótima resistência ao pisoteio, não exige podas muito frequentes,

e sua grande densidade contribui com a baixa incidência de ervas daninhas que aparecem apenas nas épocas de plantio, enraizamento abundante com estolões penetrantes e folhas bem entrelaçadas.

A figura a seguir apresenta a planta baixa e o perfil de implantação das células de RSU. A planta em escala adequada é apresentada em anexo (anexo 2 – projeto de engenharia).

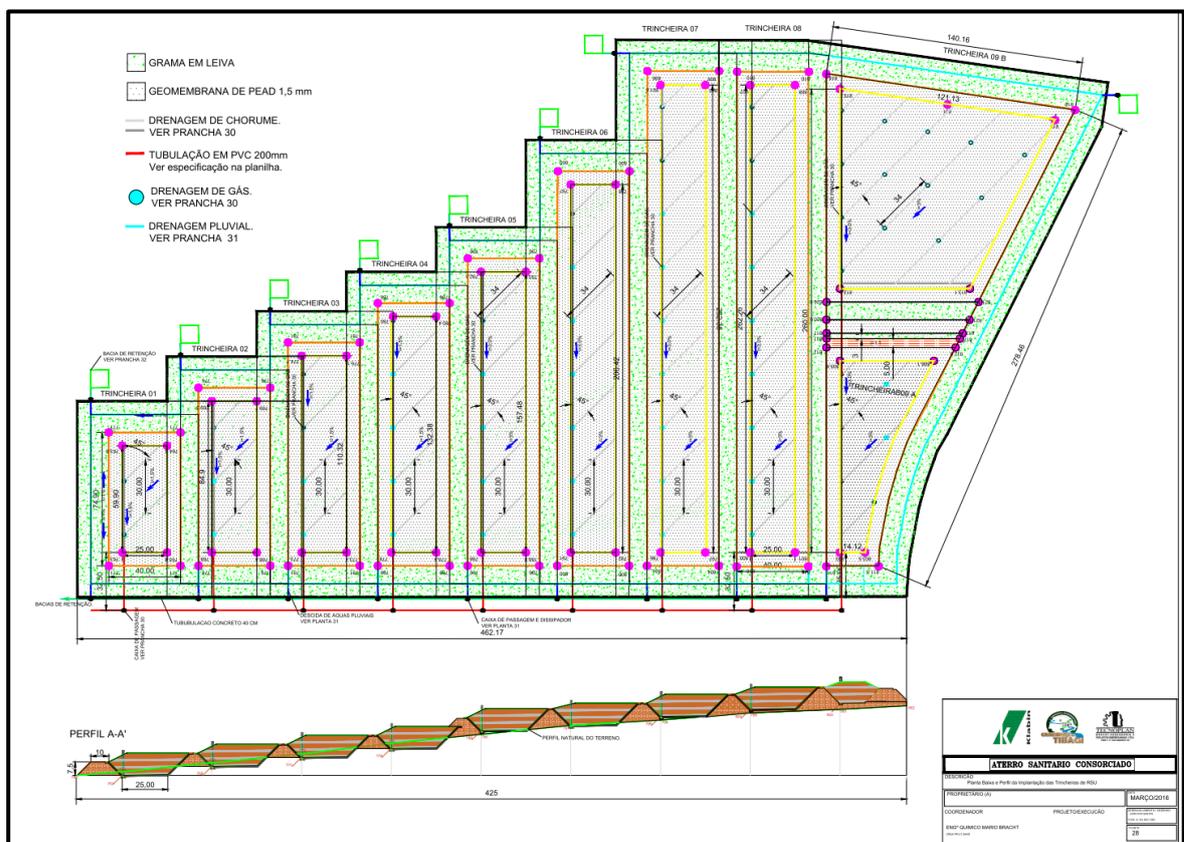


Figura 38 – Planta baixa e perfil da implantação das células de RSU.

Fonte: Tecnoplan, 2019.

Todas as operações diárias realizadas no aterro sanitário serão registradas por meio de relatórios operacionais contendo informações sobre veículos e pessoas que circulam no aterro, entrada de materiais, serviços de manutenção, preenchimento de camadas inclusive a quantidade de material de cobertura e qualquer outro tipo de evento significativo.

Haverá também manutenções periódicas nas vias internas do aterro sanitário, visando garantir a efetiva operação do aterro, mesmo em dias de precipitação intensa.

Na operação do aterro sanitário serão ainda executados programas ambientais relacionados à operação do empreendimento, conforme cronograma apresentado no PBA. Além disso, após a instalação dos equipamentos será fixado um cronograma com as ações de operação e manutenção.

1.5. Uso futuro da área do aterro sanitário

As atividades a serem executadas para encerramento do aterro sanitário estão vinculadas ao programa de encerramento e recuperação ambiental da área de disposição final de resíduos sólidos previsto no Projeto Básico Ambiental (PBA) do empreendimento.

Ao final de sua vida útil, encerrado o recebimento de resíduos, deverão ser mantidos os monitoramentos de geração de percolato e gases, recursos hídrico, solos e geotécnico durante o período de estabilização das células de disposição de resíduos, a fim de garantir as condições de segurança ambiental da área, até que a mesma apresente viabilidade para outros usos.

A área estará apta para utilização apenas após a estabilização da decomposição dos resíduos, quando as deformações do aterro e a geração de gases e líquidos estiverem estabilizadas. A estabilização da decomposição deve ser monitorada através das avaliações de recalques, volume de gás e percolato liberados e estabilidade do chorume gerado. Porém, mesmo após atingir a estabilização, o maciço de resíduos

apresentará uma baixa capacidade de suporte de forma que a implantação de edificações sobre aterros sanitários desativados é desaconselhável.

Dessa forma, um dos usos futuros mais indicados para áreas de aterro de resíduos é a implantação de área verde. É importante considerar também que a área requalificada deve ser integrada ao seu entorno e, principalmente, atender às necessidades da comunidade local.



2. PROGRAMAS AMBIENTAIS

Os programas ambientais listados a seguir serão executados durante a implantação e operação do aterro sanitário, e são apresentados junto ao Projeto Básico Ambiental (PBA) do empreendimento:

- Programa de Gestão e Supervisão Ambiental (PGSA);
- Programa Ambiental de Construção (PAC);
- Programa de gerenciamento de resíduos e controle de efluentes na operação;
- Programa de monitoramento meteorológico e de emissões atmosféricas;
- Programa de monitoramento de qualidade das águas superficiais;
- Programa de monitoramento da qualidade da água subterrânea e solo;
- Programa de monitoramento geotécnico;
- Programa de monitoramento de ruídos na operação;
- Programa de monitoramento da fauna e bioindicadores;
- Programa de afugentamento da fauna;
- Programa de controle de vetores;
- Programa de educação ambiental;
- Programa de educação ambiental ao trabalhador;
- Programa de priorização da contratação de mão de obra e fornecedores locais;
- Programa de comunicação social;
- Programa de segurança viária e manutenção das vias;
- Programa de compensação ambiental;
- Programa de encerramento e recuperação ambiental da área de disposição final de resíduos sólidos;
- Programa de gerenciamento de riscos ambientais;
- Programas de proteção ao patrimônio cultural.

3. ESTIMATIVA DE CUSTO

Para a implantação de todos os sistemas previstos, incluindo os equipamentos necessários para operação é previsto um investimento total de R\$ 5.496.781,44 (valor base para fevereiro de 2016).

Tabela 20 – Descrição dos investimentos previstos.

Descrição	Valor (reais)
Implantação de área de apoio e estação de tratamento de RCC	R\$ 1.299.564,14
Implantação da Área da Compostagem	R\$ 653.433,40
Implantação das Células 1 e 2 (aterro de RSU)	R\$ 2.754.636,06
Implantação do Sistema de Tratamento de Efluentes	R\$ 611.981,96
Implantação do Sistema de Captação e de Geração de Energia	R\$ 177.165,88
Total	R\$ 5.496.781,44

No que se refere à operação e manutenção do aterro sanitário, considerando que se trata de um aterro sanitário consorciado que eventualmente passará por processo de concessão para implantação e operação, cabe informar que o Consórcio Caminhos do Tibagi iniciou procedimento de manifestação de interesse (PMI), em dezembro de 2018, com objetivo de receber e analisar petições de pessoas jurídicas interessadas em elaborar estudos a serem eventualmente utilizados pelo Consórcio para embasar o processo de planejamento físico, técnico-operacional, gerencial, econômico e institucional do empreendimento, entre outros objetivos associados à prestação de serviços público de saneamento básico (Consórcio Caminhos do Tibagi, 2018).

Dessa forma, os estudos associados ao procedimento de manifestação de interesse serão utilizados para balizar as análises econômicas a respeito de custos operacionais e de manutenção do aterro sanitário. Neste

sentido, tais informações detalhadas poderão ser apresentadas ao órgão ambiental depois de findada as análises e estudos técnicos operacionais e econômicos atualmente em elaboração.

O processo de PMI foi iniciado em dezembro de 2018, com liberação do edital de chamamento público, os requerimentos de credenciamento foram apresentados até o dia 22 de janeiro de 2019 e a partir da divulgação dos credenciados será contato prazo de trinta dias para apresentação de estudos técnicos, contemplando, entre outros, o levantamento de informações referentes ao custo de operação da disposição de resíduos e a projeção de investimentos para as diferentes fases do projeto (incluindo encerramento).



4. CRONOGRAMA

Para o início da implantação, o canteiro de obras contará com barracão provisório ou contêineres com banheiros, central de resíduos, com áreas de lazer e para aquecer e servir refeições, que podem ser implantados e deslocados próximos às obras civis e ambientes a serem construídos, conforme apresentado na figura a seguir.



Figura 39 – Localização das estruturas do canteiro de obras.

As obras para implantação das células de disposição de resíduos seguirão as seguintes etapas:

- Desmatamento e limpeza do terreno, com a função de liberar a área da vegetação existente e da camada superior do solo bem como de quaisquer outros objetos e materiais indesejáveis para a implantação do projeto.
- Escavação, carga e transporte de solo argiloso.
- Revestimento da base e lateral das células com geomembrana para impermeabilização.
- Compactação de aterros para proteção do sistema de impermeabilização de base.
- Escavação Mecânica de Valas e Reaterro Mecânico de Valas, para a execução de tubulações de condução do percolado até o sistema de tratamento existente, e de águas pluviais até as caixas de retenção, visto que o local não possui nenhum outro sistema de drenagem.
- Construção dos drenos de líquidos e gases.

Para a construção das demais estruturas serão necessárias as seguintes atividades:

- Limpeza e conformação do terreno;
- Instalação das impermeabilizações e sistema de drenagem;
- Construção de estruturas, instalações elétricas e hidro-sanitárias.
- Revestimentos de parede, piso e teto;
- Serviços complementares e limpeza final.

A estimativa de período de execução das obras é de 150 dias (5 meses), conforme cronogramas a seguir.

ADMINISTRATIVO	PRAZO DE EXECUÇÃO (em dias)				
	30	60	90	120	150
INSTALAÇÕES PRELIMINARES	█				
INFRA-ESTRUTURA	█				
SUPRA-ESTRUTURA			█		
ALVENARIA E PAINÉIS		█			
ESQUADIAS			█	█	
IMPERMEABILIZAÇÕES	█				
COBERTURA			█		
INSTALAÇÕES ELETRICAS		█	█		
INSTALAÇÕES HIDRO-SANITÁRIAS				█	
REVESTIMENTOS DE PAREDE, PISO E TETO			█	█	
JANELAS E VIDROS				█	
PINTURAS				█	█
SERVIÇOS COMPLEMENTARES/LIMPEZAS					█

Figura 40 – Cronograma de implantação das estruturas administrativas.

GUARITA	PRAZO DE EXECUÇÃO (em dias)				
	30	60	90	120	150
INSTALAÇÕES PRELIMINARES	█				
INFRA-ESTRUTURA	█				
SUPRA-ESTRUTURA		█			
ALVENARIA E PAINÉIS	█				
ESQUADIAS			█		
IMPERMEABILIZAÇÕES	█	█			
COBERTURA		█			
INSTALAÇÕES ELETRICAS			█		
INSTALAÇÕES HIDRO-SANITÁRIAS			█		
REVESTIMENTOS DE PAREDE, PISO E TETO		█	█		
JANELAS E VIDROS			█		
PINTURAS			█		
SERVIÇOS COMPLEMENTARES/LIMPEZAS			█		

Figura 41 - Cronograma de implantação das estruturas de apoio de acesso ao empreendimento.

GALPÃO - OFICINA	PRAZO DE EXECUÇÃO (em dias)				
	30	60	90	120	150
INSTALAÇÕES PRELIMINARES	█				
INFRA-ESTRUTURA	█				
SUPRA-ESTRUTURA		█	█		
ALVENARIA E PAINÉIS			█	█	
ESQUADIAS			█		
IMPERMEABILIZAÇÕES	█				
COBERTURA			█		
INSTALAÇÕES ELETRICAS			█	█	
INSTALAÇÕES HIDRO-SANITÁRIAS			█		
REVESTIMENTOS DE PAREDE, PISO E TETO			█	█	
JANELAS E VIDROS				█	
PINTURAS				█	█
SERVIÇOS COMPLEMENTARES/LIMPEZAS					█

Figura 42 – Cronograma de implantação das estruturas de galpão para oficina.

GALPÕES DE APOIO	PRAZO DE EXECUÇÃO (em dias)				
	30	60	90	120	150
INSTALAÇÕES PRELIMINARES	█				
PRÉ-MOLDADO	█				
INFRA-ESTRUTURA	█				
SUPRA-ESTRUTURA			█		
ALVENARIA E PAINÉIS		█	█		
IMPERMEABILIZAÇÕES	█				
COBERTURA	█				
INSTALAÇÕES ELETRICAS			█	█	
INSTALAÇÕES HIDRO-SANITÁRIAS				█	
REVESTIMENTOS DE PAREDE, PISO E TETO			█	█	
SERVIÇOS COMPLEMENTARES/LIMPEZAS					█

Figura 43 – Cronograma de implantação das estruturas de galpões de apoio.

INSTALAÇÃO DAS CÉLULAS 1 E 2		PRAZO DE EXECUÇÃO (em dias)				
		30	60	90	120	150
1	INSTALAÇÕES PRELIMINARES	█				
2	INFRA-ESTRUTURA	█				
3	ESCAVAÇÃO - SERVIÇO DE TERRAPL.	█	█	█		
4	IMPLANTAÇÃO DA IMPERMEABILIZAÇÃO		█	█	█	
5	DRENAGENS E ACESSOS			█	█	

Figura 44 – Cronograma de implantação das primeiras células do aterro.

ETE		PRAZO DE EXECUÇÃO (em dias)				
		30	60	90	120	150
1	LIMPEZA DA ÁREA	█				
2	ESCAVAÇÃO E TERRAPLANAGEM	█				
3	OBRAS CIVIS E IMPERMEABILIZAÇÃO		█			
4	INSTALAÇÃO DE EQUIPAMENTOS E AUXILIARES		█	█		
5	TESTES			█	█	

Figura 45 – Cronograma de implantação do sistema de tratamento de efluentes.

No que se refere à operação do aterro sanitário, há previsão de uma vida útil de 15 a 20 anos, sendo que cada célula terá uma vida útil de 18 a 24 meses. A operação seguirá os procedimentos já descritos no item 1.4.2 (Plano de operação do aterro sanitário).

Os cronogramas detalhados para a fase de operação serão elaborados com base nas informações procedentes do procedimento de manifestação de interesse (PMI) que está sendo conduzido pelo Consórcio Caminhos do Tibagi no primeiro semestre de 2019, conforme descrito no capítulo anterior.

5. REPRESENTAÇÃO GRÁFICA

A representação gráfica é apresentada no anexo 3 deste documento, onde são encontrados os seguintes mapas:

- Planta da concepção geral e estruturas a serem implantadas até a conclusão do aterro;
- Planta com indicação das áreas de deposição de resíduos sólidos, sistema de drenagem superficial, drenagem de efluentes gasosos e drenagem de chorume;
- Planta do detalhamento da drenagem pluvial;
- Planta do detalhamento da drenagem de gases e chorume;
- Planta do perfil do solo na área de implantação das células;
- Planta do sistema de tratamento de efluentes;
- Planta com representação do isolamento da área e projeto de paisagismo da área;
- Planta de monitoramento.

Uma vez que o material de cobertura será proveniente das escavações do próprio aterro, que não haverá utilização de jazidas externas à área, que o material excedente será armazenado em área no interior do empreendimento e que as escavações serão realizadas gradualmente, de modo a armazenar somente a quantidade de solo necessária, não se faz necessária a apresentação de planta específica com representação destas áreas.

O projeto de engenharia do aterro sanitário, contemplando também outras plantas para detalhamento das estruturas previstas, é apresentado no anexo 2.

6. REFERÊNCIAS

AEN-PR – AGÊNCIA ESTADUAL DE NOTÍCIAS DO PARANÁ. **Revitalização da PR-160 beneficia 90 mil moradores dos Campos Gerais.** Curitiba: AEN-PR, 2016. Disponível em: <<http://www.aen.pr.gov.br/modules/noticias/article.php?storyid=91073&tit=Revitalizacao-da-PR-160-beneficia-90-mil-moradores-dos-Campos-Gerais&ordem=110>>. Acesso em junho de 2017.

_____. **Moradores de Telêmaco Borba elogiam andamento das obras na PR-160.** Curitiba: AEN-PR, 2017. Disponível em: <<http://www.aen.pr.gov.br/modules/noticias/article.php?storyid=93217&tit=Moradores-de-Telemaco-Borba-elogiam-andamento-das-obras-na-PR-160>>. Acesso em junho de 2017.

CONSÓRCIO CAMINHOS DO TIBAGI. **Edital de Chamamento Público. Procedimento de Manifestação de Interesse – PMI – 001/2019.** Reserva, dezembro, 2018. Disponível em: <<http://consorciocaminhosdotibagi.com.br/category/editais/>>. Acesso em fevereiro de 2019.

DER-PR – DEPARTAMENTO ESTADUAL DE ESTRADAS DE RODAGEM DO PARANÁ. **Sistema Rodoviário Estadual – 2017.** Curitiba: SEIL, DER-PR, novembro de 2017. Disponível em: <<http://www.infraestrutura.pr.gov.br/arquivos/File/SRE060418.pdf>>. Acesso em fevereiro de 2019.

ESCOLA POLITÉCNICA DA USP. **Análise de Estabilidade de Taludes.** PEF 2409. Geotecnia Ambiental. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/2100229/mod_resource/content>

t/1/An%C3%A1lise%20de%20estabilidade%20de%20taludes%20A.pdf>.
Acesso em: nov. 19

JORDÃO, E. P.; PESSOA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos**. 4ª ed. Rio de Janeiro: ABES, 932 p. 2005.

MARAGNON, M. **Tópicos em Geotecnia e Obras da Terra**. Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora, 2008.

SECRETARIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE DO PARANÁ – SEMA-PR. **PEGIRSU – PR Plano de Gestão Integrada e Associada de Resíduos Sólidos Urbanos do Estado do Paraná**. Junho de 2013. Disponível em: <http://www.residuossolidos.sema.pr.gov.br/modules/documentos/index.php?curent_dir=7>. Acesso em: jul. 2016.

TECNOPLAN. **Estudo para Definição da Nova Área do Aterro Sanitário**. 2015.

TECNOPLAN. **Projeto Executivo Aterro Sanitário para Resíduos Sólidos Urbanos para os Municípios Integrantes do Consórcio Intermunicipal Caminhos do Tibagi**. Fevereiro, 2016.



7. ANEXOS

- Anexo 1 – ARTs e CTFs do IBAMA;
- Anexo 2 – Projeto de engenharia;
- Anexo 3 – Plantas e mapas temáticos.