



**PRODUTO 4 – ANÁLISE TÉCNICA COMPARATIVA DAS
ALTERNATIVAS DE RECUPERAÇÃO AMBIENTAL APLICÁVEIS AO
ANTIGO LIXÃO DO ROGER, JOÃO PESSOA/PB**

"ESTUDOS E PROJETOS DE RECUPERAÇÃO
AMBIENTAL DO LIXÃO DO ROGER E A
ELABORAÇÃO DE PROJETOS PARA A CRIAÇÃO
DO PARQUE SOCIOAMBIENTAL, na Cidade de
João Pessoa, estado da Paraíba (PB).

VERSÃO FINAL

julho 2022



EMPRESA RESPONSÁVEL PELO EMPREENDIMENTO			
Contrato Administrativo nº 02.012/2021 – UEP/SEGGOV			
Razão Social:	Prefeitura de João Pessoa	Representante Legal:	Márcio Diego Fernandes Tavares
CNPJ:	08.778.326/0001-56	Fiscal do Contrato	Luiz Daniel Barboza Monte - Mat. 886-9
Endereço:	Rua Diógenes Chianca, nº 1.777, Água Fria, João Pessoa/PA		

CONSÓRCIO			
TERRA MEIO AMBIENTE – PROMON ENGENHARIA E AMBIENTE LTDA			
Razão social:	TERRA Ltda.	Diretor Executivo:	Tony Carlos Dias da Costa
CNPJ:	04.015.340/0001-47	Diretor Operacional	Daniel Meninea Santos
CTDAM:	1114		
Belém / PA - terra@terrameioambiente.com.br www.terrameioambiente.com.br Av. Governador José Malcher, 2306, 3º Andar – São Brás – CEP: 66.060 – 232. Belém- Pará- Brasil Tel. (91) 3212 0294			
Razão social: PROMON ENGENHARIA E AMBIENTE LTD. Diretor Executivo: Mário A Tavares Russo CNPJ: 41.982.767/0001-40 mariorusso@mrt-engenharia.com mariorusso@promon.pt			
Rua Amadeo de Sousa Cardoso, nº 100: Gondomar 4510 492 Fânzeres Portugal Avenida Governador José Malcher nº 153 sala 12. Belém/PA, Brasil +351 224808944 +351 967641935 e +55 (91) 991641935			

CONTROLE INTERNO DE REVISÕES		
PRODUTO 4: Análise Técnica comparativa das alternativas de recuperação ambiental aplicáveis		
Controle de Revisões	nº	Data Envio
Emissão Inicial	Draft 01	22 julho 2022
Emissão final	Versão Final	10 agosto de 2022

ESTA EQUIPE PARTICIPOU DA ELABORAÇÃO DESTE DOCUMENTO E RESPONSABILIZA-SE TECNICAMENTE POR SUAS RESPECTIVAS ÁREAS		
PROFISSIONAL	FORMAÇÃO	RESPONSABILIDADE
Mário Augusto Tavares Russo	Eng. Civil, Mestre Hidráulica, Doutorado Eng. Civil	Coordenador Geral
Tony Carlos Costa	Licenciado em Geologia, Mestre em Eng Civil e Doutorado em Geociências	Coordenador Adjunto
José Fernando Thomé Jucá	Eng. Civil, Mestre e Doutor em Eng Civil	Especialista Aterro Sanitário
José Mauro Sodré Lima	Engenheiro Eletricista	Engº Pleno responsável Projeto BIM
Maria Odete Holanda Mariano	Eng. Civil, Mestre e Doutora em Eng, Civil	Eng. Pleno Sênior
Camila de Melo Tavares	Eng. Civil, Mestre em engenharia Civil. Doutoranda em Engenharia Civil.	Equipe Técnica de apoio
Ilton dos Reis Moraes Júnior	Desenhista	Equipe de apoio Desenhista Projetista
Lara Zahalan	Auxiliar de escritório	Equipe de apoio Auxiliar de escritório
PRODUÇÃO GRÁFICA		TERRA MEIO AMBIENTE

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	<i>Associação Brasileira de Normas Técnicas</i>
ANVISA	<i>Agência Nacional de Vigilância Sanitária</i>
ASCARE	<i>Associação de Catadores de Resíduos de João Pessoa</i>
AS	<i>Aterro Sanitário</i>
CAGEPA	<i>Companhia de Água e Esgotos da Paraíba</i>
CETESB	<i>Companhia Ambiental do Estado de São Paulo</i>
CONAMA	<i>Conselho Nacional de Meio Ambiente</i>
COPAM	<i>Conselho de Proteção Ambiental</i>
DBO	<i>Demanda Bioquímica de Oxigênio</i>
DQO	<i>Demanda Química de Oxigênio</i>
EMLUR	<i>Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana</i>
EPI	<i>Equipamento de Proteção Individual</i>
GPS	<i>Global Positioning System</i>
IBAMA	<i>Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais</i>
IEX	<i>Índice de Exclusão/Inclusão Social</i>
IPHAN	<i>Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional</i>
ITEP	<i>Instituto de Tecnologia de Pernambuco</i>
OMS	<i>Organização Mundial da Saúde</i>
PMJP	<i>Prefeitura Municipal de João Pessoa</i>
POP	<i>Poluentes Orgânicos Persistentes</i>
RDC	<i>Resolução de Diretoria Colegiada</i>
SCIENTEC	<i>Associação para Desenvolvimento da Ciência e Tecnologia</i>
SNIS	<i>Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento</i>
SPT	<i>Standard Penetration Test</i>
TM	<i>Tratamento Mecânico</i>
TMB	<i>Tratamento Mecânico e Biológico</i>
USEPA	<i>United States Environment Protection Agency</i>
UFPB	<i>Universidade Federal da Paraíba</i>
VMP	<i>Valor Máximo Permitido</i>

ÍNDICE

1	<u>PREÂMBULO</u>	<u>10</u>
2	<u>ÁREA DE ESTUDO</u>	<u>11</u>
3	<u>INTRODUÇÃO</u>	<u>12</u>
4	<u>ALTERNATIVA DE RECUPERAÇÃO SEM REMOÇÃO DE RESÍDUOS</u>	<u>15</u>
4.1	GERAÇÃO E SISTEMA DE DRENAGEM DE BIOGÁS.....	16
4.1.1	GERAÇÃO DE BIOGÁS	16
4.1.2	SISTEMA DE DRENAGEM DE BIOGÁS.....	22
4.1.2.1	Drenagem Passiva do Biogás	23
4.1.2.2	Drenagem Forçada do Biogás.....	24
4.2	DRENAGEM DE LIXIVIADOS.....	42
4.2.1	BOMBAS SUBMERSÍVEIS DE FURO PARA LIXIVIADOS EM POÇOS DE BIOGÁS	44
4.3	METODOLOGIA DE EXECUÇÃO DOS TRABALHOS.....	44
4.4	CUSTOS	45
4.5	DESGASEIFICAÇÃO PASSIVA	47
4.5.1	CUSTOS	49
5	<u>ALTERNATIVA DE REMOÇÃO DOS RESÍDUOS.....</u>	<u>50</u>
5.1	ALTERNATIVA DE REMOÇÃO TOTAL DOS RESÍDUOS	51
5.1.1	CÁLCULO DA CÉLULA PARA RECEBER OS RESÍDUOS.....	53
5.1.2	OPERAÇÃO DE TRANSFERÊNCIA DOS RESÍDUOS	57
5.1.3	EMISSÕES GASOSAS EMITIDAS EM EQUIVALENTE DE CO ₂	59
5.1.4	CUSTOS	60
5.2	ALTERNATIVA DE REMOÇÃO PARCIAL DOS RESÍDUOS.....	61
5.2.1	CUSTOS	62
5.2.2	EMISSÕES GASOSAS EMITIDAS EM EQUIVALENTE DE CO ₂	63
6	<u>ALTERNATIVA DE MINERAÇÃO DOS RESÍDUOS (LANDFILL MINING)</u>	<u>65</u>
6.1	METODOLOGIA PARA MINERAÇÃO DA ÁREA DO ANTIGO LIXÃO DO ROGER	70
6.1.1	DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE MINERAÇÃO DE RESÍDUOS	72
6.1.1.1	Equipamentos e fluxograma de massas	73
6.1.1.2	Equipamentos de separação do TM para mineração de resíduos	78
6.1.2	CUSTOS E RECEITAS DA MINERAÇÃO DE RESÍDUOS.....	83
6.1.2.1	Emissão gasosa da mineração dos resíduos.....	92
7	<u>RESUMO DA ESTIMATIVA DE CUSTOS</u>	<u>93</u>
8	<u>MATRIZ DE DECISÃO.....</u>	<u>94</u>
8.1	METODOLOGIA	95

8.2	AVALIAÇÃO – MATRIZ DE DECISÃO	101
9	<u>CONCLUSÕES.....</u>	<u>109</u>
10	<u>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u>	<u>111</u>

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2.1 – LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	11
FIGURA 4.1 – TELA DE APRESENTAÇÃO DO SOFTWARE UTILIZADA NA ESTIMATIVA DE GERAÇÃO DE BIOGÁS NO LIXÃO	19
FIGURA 4.2 – TELA DE INTRODUÇÃO DE DADOS DE BASE PELO USUÁRIO, REFERENTES AO LOCAL (JOÃO PESSOA)	20
FIGURA 4.3 – ESTIMATIVA DE GERAÇÃO DE BIOGÁS NO EX-LIXÃO DO ROGER	20
FIGURA 4.4 – ESTIMATIVA DE GERAÇÃO DE BIOGÁS APÓS O ENCERRAMENTO	21
FIGURA 4.5 – PRODUÇÃO DE GÁS DURANTE UM PERÍODO DE CINCO ANOS A PARTIR DE MATERIAIS ORGÂNICOS RAPIDAMENTE E LENTAMENTE DECOMPOSTOS NUM ATERRO	21
FIGURA 4.6 – ESQUEMA DA LIGAÇÃO DA TUBULAÇÃO DE EXTRAÇÃO HORIZONTAL COM O TUBO VERTICAL DO POÇO DE BIOGÁS	24
FIGURA 4.7 – PORMENOR DE UM POÇO DE CONDENSADOS	25
FIGURA 4.8 – PLANTA DE LOCALIZAÇÃO E IMPLANTAÇÃO DOS DRENOS DE GASES, COM O RAIOS DE INFLUÊNCIA DE 25,00M	26
FIGURA 4.9 – LINHAS DE DESGASEIFICAÇÃO DOS POÇOS DO BIOGÁS E POÇOS E RESPECTIVAS ÁREAS DE INFLUÊNCIA.....	27
FIGURA 4.10 – ESQUEMA DE NÍVEIS DE LIXIVIADO NO FUNDO DA CÉLULA, SEM BOMBEAMENTO (ACUMULA) E COM BOMBEAMENTO.....	28
FIGURA 4.11 – ESQUEMA DO POÇO COM BOMBA E O EFEITO NO NÍVEL COM EXTRAÇÃO DO LIXIVIADO..	29
FIGURA 4.12 – CORTE ESQUEMÁTICO DAS CAIXAS DE VISITA (CV) E CABEÇA DE POÇO DE BIOGÁS	30
FIGURA 4.13 – SESSÃO TRANSVERSAL DO POÇO E DO DRENO VERTICAL PEAD DO BIOGÁS	31
FIGURA 4.14 – ESQUEMA EM CORTE DA CABEÇA DO POÇO DE BIOGÁS E LIGAÇÕES VERTICAIS E HORIZONTAIS	32
FIGURA 4.15 – EXEMPLO DE TUBO PEAD RANHURADO PARA DRENAGEM DE BIOGÁS	32
FIGURA 4.16 – DIAGRAMA DE BLOCOS DO MÓDULO DE MEDIÇÃO, PRESSÃO E REGULAÇÃO (MPR) ...	35
FIGURA 4.17 – PLANTA DO MÓDULO EM CONTENTOR COM QUEIMADOR INCORPORADO.....	36
FIGURA 4.18 – CORTE ESQUEMÁTICO DO MÓDULO E QUEIMADOR.....	36
FIGURA 4.19 – IMAGEM 3D DO FABRICANTE DO EQUIPAMENTO	37
FIGURA 4.20 – PAINEL DE TUBOS DAS LINHAS DO BIOGÁS NO CONTENTOR (MPR) COM DISPOSITIVOS DE CONTROLE, MEDIÇÃO E REGULAÇÃO.....	38
FIGURA 4.21 – MÓDULO MPR EM CONTENTOR	39
FIGURA 4.22 – CAIXA DE CONCRETO ADJACENTE AO MPR	39
FIGURA 4.23 – CORTE DA CHEGADA DAS LINHAS AO MPR E LINHA VERTICAL NO INTERIOR DO CONTENTOR	40
FIGURA 4.24 – FOTO DAS LINHAS MPR E LINHA VERTICAL	40
FIGURA 4.25 – FOTO DE UM MÓDULO COMPACTO DE MEDIÇÃO, REGULAÇÃO E QUEIMA CENTRALIZADA	42
FIGURA 4.26 – ESQUEMA DA CONTENÇÃO PERIFÉRICA E DRENO PERIMETRAL AO MACIÇO	43

FIGURA 4.27 – CAIXA DE VISITA DA CABEÇA DE POÇO C/ DRENO DE BIOGÁS E DE EXTRAÇÃO DO LIXIVIADO	44
FIGURA 4.28 – REDE DE DRENAGEM DO BIOGÁS EM VALA COM 5.023 M DE EXTENSÃO	47
FIGURA 4.29 – ESTRATIGRAFIA DE UMA VALA DRENANTE DE GASES NO LIXÃO.....	48
FIGURA 4.30 – DETALHE DA INSTALAÇÃO DO POSTE SOBRE A BRITA DA VALA DRENANTE	49
FIGURA 5.1 – LOCALIZAÇÃO POTENCIAL DE ÁREA PARA UMA CÉLULA DE RECEBIMENTO DOS RESÍDUOS DO ANTIGO LIXÃO DO ROGER – ATERRO SANITÁRIO METROPOLITANO	51
FIGURA 5.2 – CORTE LONGITUDINAL PARA DETERMINAÇÃO OTIMIZADA DAS DIMENSÕES DA CÉLULA....	55
FIGURA 5.3 – PLANTA COM DIMENSÕES DA ÁREA MÉDIA E ÁREA FINAL (MODELO GEOMÉTRICO).	55
FIGURA 5.4 – MODELO CONCEPTUAL DE OPERAÇÃO DO ATERRO: DIQUE PERIMÉTRICO DE CONTENÇÃO.	56
FIGURA 5.5 – SEÇÃO TRANSVERSAL DO DIQUE PERIMÉTRICO.	57
FIGURA 5.6 – EQUIPAMENTOS RECOMENDADOS PARA A OPERAÇÃO NA NOVA CÉLULA	58
FIGURA 6.1 – PERFIL DE 3 POÇOS DE SONDAGENS REALIZADAS NO LOCAL.....	72
FIGURA 6.2 – EXEMPLO DE CRIVO ROTATIVO EM OPERAÇÃO NUM ATERRO PARA MINERAÇÃO DOS RESÍDUOS.....	74
FIGURA 6.3 – QUADRICULA 100X100 PARA EXPLORAÇÃO DA MINERAÇÃO DO ANTIGO LIXÃO DO ROGER	74
FIGURA 6.4 – ILUSTRAÇÃO DA OPERAÇÃO DE ESCAVAÇÃO E CARGA DE RESÍDUOS EM MINERAÇÃO DE RESÍDUOS E A BOMBAGEM DOS LIXIVIADOS QUE SE TORNA NECESSÁRIO PROCEDER.	75
FIGURA 6.5 – FLUXOGRAMA DE MASSAS DA UNIDADE DE LANDFILL MINING DE JOÃO PESSOA.....	76
FIGURA 6.6 – EXEMPLO DO EQUIPAMENTO CRIVO DE DISCOS DINÂMICOS (CDD)	79
FIGURA 6.7 – TRITURADOR PRIMÁRIO DE 4 EIXOS PARA RESÍDUOS	80
FIGURA 6.8 – PENEIRA VIBRATÓRIA DE ALTA EFICIÊNCIA NA SEGREGAÇÃO DE PARTÍCULAS DE RESÍDUOS COM MATERIAIS ADERIDOS.....	81
FIGURA 6.9 – TRITURADORA SECUNDÁRIA LINDNER KOMET HP PARA CDR	81

LISTA DE TABELAS

TABELA 4.1 – PROJEÇÃO DA POPULAÇÃO DE JOÃO PESSOA E GERAÇÃO E RESÍDUOS NO LIXÃO DO ROGER	17
TABELA 4.2 – LOCALIZAÇÃO DOS POÇOS DE EXTRAÇÃO	27
TABELA 4.3 – RESUMO DOS CUSTOS ESTIMADOS DA ALTERNATIVA DE DESGASEIFICAÇÃO FORÇADA ...	46
TABELA 5.1 – RESÍDUOS DESCARTADOS NO LIXÃO DO ROGER, SEGUNDO DADOS DA EMLUR	52
TABELA 5.2 – DADOS DE BASE E CÁLCULOS DA ALTERNATIVA REMOÇÃO DOS RESÍDUOS	53
TABELA 5.3 – RESUMO DOS CUSTOS DA SOLUÇÃO DE REMOÇÃO TOTAL DE RESÍDUOS	60
TABELA 5.4 – RESUMO TOTAL DA OPERAÇÃO: TRANSFERÊNCIA DO ROGER E OPERAÇÃO NA CÉLULA ..	60
TABELA 5.5 – DADOS E CÁLCULOS DE RESÍDUOS DAS CÉLULAS 3,4, E 5 DO EX-LIXÃO DO ROGER	61
TABELA 5.6 – DADOS E CÁLCULO DO VOLUME DE RESÍDUOS A ESCAVAR E DISPOR EM NOVA CÉLULA ..	62
TABELA 5.7 – RESUMO DOS CUSTOS DE CONSTRUÇÃO E ENCERRAMENTO DA NOVA CÉLULA DE ATERRO SANITÁRIO	62
TABELA 6.1 PRÓS E CONTRAS DA MINERAÇÃO DOS RESÍDUOS	68
TABELA 6.2 ETAPAS PARA A MINERAÇÃO DOS RESÍDUOS.....	69
TABELA 6.3 – LISTA DE EQUIPAMENTOS E ESPECIFICAÇÕES	77
TABELA 6.4 - DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE MINERAÇÃO DOS RESÍDUOS NO LIXÃO DO ROGER .	82
TABELA 6.5 – COMPONENTE FINANCEIRA DA OPERAÇÃO DE MINERAÇÃO PARA O 1º DOS 16 ANOS	83
TABELA 6.6 – PLANILHA DO FLUXO FINANCEIRO DA OPERAÇÃO DE MINERAÇÃO DOS RESÍDUOS.....	85
TABELA 6.7 – PLANILHA DE CUSTOS RESUMIDA DO CAPEX, OPEX E RECEITAS.....	87
TABELA 6.8 – PLANILHA FINANCEIRA DA MINERAÇÃO DO EX-LIXÃO DO ROGER	88
TABELA 6.9 – PLANILHA GLOBAL DOS 16 ANOS DE OPERAÇÃO DE MINERAÇÃO NO EX-LIXÃO DO ROGER	91
TABELA 6.10 – CO ₂ EQ EMITIDO NA OPERAÇÃO DE MINERAÇÃO COM O PROCESSAMENTO DOS RESÍDUOS	92
TABELA 7.1 – RESUMO DOS CUSTOS DIRETOS DAS ALTERNATIVAS DE RECUPERAÇÃO ESTUDADAS	93
TABELA 8.1 – PARÂMETROS E CRITÉRIOS DE CLASSIFICAÇÃO DA COMPONENTE AMBIENTAL	96
TABELA 8.2 – PARÂMETROS E CRITÉRIOS DA COMPONENTE OPERACIONAL COM DESCRIÇÃO	98
TABELA 8.3 – PARÂMETROS E CRITÉRIOS DA COMPONENTE SÓCIO-POLÍTICOS	99
TABELA 8.4 – PARÂMETROS E CRITÉRIOS DA COMPONENTE ECONÔMICA COM DESCRIÇÃO	100
TABELA 8.5 – MATRIZ DE DECISÃO - COMPONENTE AMBIENTAL	103
TABELA 8.6 – MATRIZ DE DECISÃO - COMPONENTE OPERACIONAL	104
TABELA 8.7 – MATRIZ DE DECISÃO - COMPONENTE SÓCIO-POLÍTICO	105
TABELA 8.8 – MATRIZ DE DECISÃO - COMPONENTE ECONÔMICA	107
TABELA 8.9 – MATRIZ DE DECISÃO – RESUMO DAS PONTUAÇÕES DE TODAS AS COMPONENTES ESTUDADAS	108

1 PREÂMBULO

O presente trabalho diz respeito ao estudo das alternativas prevista para a reabilitação do antigo lixão do Roger, referente ao Contrato Administrativo nº 02.012/2021 – UEP/SEGGOV, firmado entre a Prefeitura Municipal de João Pessoa/PB e o Consórcio Terra-Promon para o desenvolvimento dos "ESTUDOS E PROJETOS DE RECUPERAÇÃO AMBIENTAL DO LIXÃO DO ROGER E A ELABORAÇÃO DE PROJETOS PARA A CRIAÇÃO DO PARQUE SOCIOAMBIENTAL, na Cidade de João Pessoa, estado da Paraíba (PB), que constitui o Produto 4.

Este documento foi organizado em 10 capítulos e anexos, do seguinte modo: 1 – preâmbulo; 2 – Área de Estudo; 3- Introdução; 4 – Alternativa de recuperação sem remoção de resíduos; 5 – Alternativa de remoção de resíduos; 6 – alternativa de mineração dos resíduos (landfill mining); 7- estimativa de custos; 8 – matriz de decisão; 9 – Conclusões e 10 - Bibliografia.

As peças desenhadas de apoio às soluções encontram-se nos anexos deste documento, em escala conveniente, no formato PDF gerado pelo programa Autocad. O trabalho foi realizado por uma vasta equipe pluridisciplinar, identificada na Tabela da Equipe Chave e de Apoio, cuja coordenação do produto foi do Prof. Mário Russo.

João Pessoa, 22 de julho de 2022

O Coordenador Geral

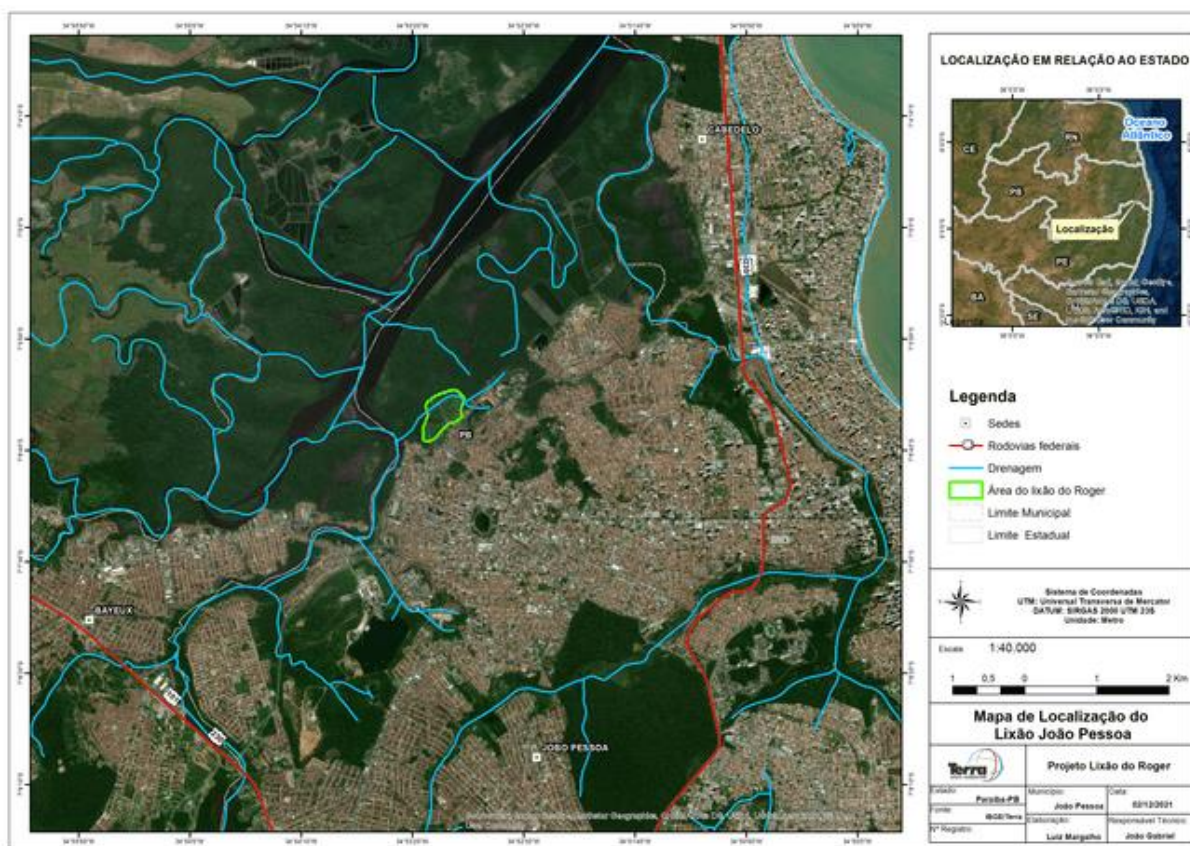


Prof. Doutor Mário Russo

2 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo é o antigo lixão do Roger localizado no município de João Pessoa, capital do Estado da Paraíba (Figura 2.1) que serviu para o descarte de resíduos urbanos até 2003 e possui uma área de ocupação de cerca de 30,9 hectares devidamente identificada nos produtos 1 e 2 do contato e que se dispensa de voltar a descrever o local com mais detalhe.

Figura 2.1 – Localização da área de estudo



Fonte: Autores, (2022).

3 INTRODUÇÃO

O lixão do Roger serviu o município de João Pessoa durante cerca de 50 anos, estimando-se o descarte de cerca de 6 milhões de toneladas de resíduos sólidos, que será objeto de recuperação ambiental com o objetivo de se construir um parque socioambiental no local.

O antigo lixão do Roger foi desativado em 2003, e iniciou-se o processo de Recuperação Ambiental da área, porém só as células 1 e 2 foram objeto desta recuperação ambiental, com a colocação de uma camada de regularização de solo para recobrimento dos resíduos e barreira à passagem de líquidos para o interior do maciço e de gases para a atmosfera; instalação de drenos de gases e de lixiviados; geometrização das células com reperfilamento e um programa de monitoramento ambiental executado até 2019 pela SCIENTEC. Salienta-se que devido ao decorrer do tempo (2003 até 2022), o sistema de drenagem de líquidos e gases instalados deixaram de ter a sua função, devido ao desgaste por recalques e entupimentos. O restante área (Células 3, 4 e 5) tem estado desde 2003 em processo de ajustamento natural, estimando-se que poderá existir algum biogás acumulado. Os levantamentos de campo realizados em janeiro a março de 2022, sugere que processo de biodegradação dos resíduos já foi encerrado (teor de sólidos voláteis na massa de resíduos menor que 10%), porém sem se poder dar garantias que não existam bolsões mais produtivos. Nesta área será a primeira vez que se procederá à instalação de meios de desgaseificação por poços verticais.

Havendo várias alternativas de recuperação, conforme estabelecido nos Termos de Referência da licitação, a consultora deverá apresentar uma proposta de recuperação com alternativas tecnológicas considerando ... *“No rol de alternativas de recuperação ambiental do Lixão do Roger deverão ser analisadas aquelas que tratem da remoção integral dos resíduos, recuperação simples do maciço, recuperação parcial do lixão e outras alternativas tecnológicas que possam ser propostas pela consultoria. Necessariamente deverá estar presente a análise da alternativa de continuidade da estratégia utilizada nas células 1, 2 e 3 do Lixão do Roger”.*

“A análise deverá conduzir à distinção da(s) melhor(es) estratégia(s). considerando o grau de comprometimento do ambiente de entorno e os resultados das investigações de campo, notadamente em relação ao grau de comprometimento de áreas de

preservação permanente, comprometimento das águas subterrâneas e estabilidade geotécnica do maciço atual de resíduos (principalmente nas células de 3 a 5). Na análise das alternativas deverá ser considerada a capacidade de resposta de cada uma delas às necessidades de:

- a) controle da emissão de lixiviados;*
- b) eficácia de soluções para a drenagem e tratamento de gases e lixiviados.*
- c) uso de materiais sustentáveis e eficiência energética.*

Assim, salienta-se que o encerramento de um lixão, na maior parte das situações, processa-se no mesmo local, através de operações de confinamento dos resíduos dispersos com reperfilamento dos mesmos segundo uma determinada geometria, conforme NBR ABNT 13896 (ABNT, 1997), seguido de estratégias de cobertura da área de modo a minimizar e a eliminar a geração de lixiviados e de gases, coleta e tratamento dos lixiviados e gases existentes. Nestas circunstâncias consegue-se confinar a área poluente e cessar a poluição provocada pelos lixiviados e minimizar a emissão do biogás, eventualmente com aproveitamento energético deste, dependendo das condições técnicas e operacionais da área.

Porém, quando se constata que o lixão pode contaminar um aquífero, cuja recarga é importante para o abastecimento de água à população, colocando em risco diversos valores ambientais e sociais, pode ser necessário outra metodologia para o encerramento, incluindo o deslocamento das massas de resíduos para novas células devidamente impermeabilizadas, seguindo-se todo o procedimento de operação de um aterro sanitário, em contínuo, no que toca ao lixiviado e ao biogás.

Nestas circunstâncias há uma operação de escavação no antigo lixão e transporte dos resíduos para uma célula construída com os requisitos de uma célula de aterro sanitário, onde os resíduos são dispostos, espalhados e compactados. Dependendo da dimensão do lixão, uma operação deste tipo pode levar vários anos, tendo em consideração o volume a transferir, a disponibilidade dos equipamentos a utilizar, a capacidade das vias de circulação e a necessidade de mitigar os impactos ambientais previsíveis desta operação.

A alternativa de aproveitamento dos resíduos depositados é a mineração (landfill mining), que se traduz na escavação dos resíduos e na separação das diversas frações, com recuperação do solo, de materiais recicláveis e refugos para transformar em CDR (Combustível Derivado de Resíduos). Também é uma operação que exige uma logística

complexa, normalmente dispendiosa e demora diversos anos, eventualmente mais anos que uma remoção integral dos resíduos, porque a separação depende de equipamentos de triagem, que não são elásticos. Em geral, economicamente esta solução não é viável caso não existe o aproveitamento energético do resíduo.

Neste sentido, as alternativas previstas para seleção da melhor estratégia de recuperação da área do antigo lixão do Roger podem ser descritas como:

- 1) Recuperação no local sem remoção de resíduos;
- 2) Recuperação com remoção da totalidade ou parcial dos resíduos para outra área – célula de aterro sanitário;
- 3) Recuperação através de tecnologias de mineração (landfill mining).

Os Capítulos de 4 até 6 irão detalhar cada solução desta e sua adequação ao projeto do Parque Socioambiental.

4 ALTERNATIVA DE RECUPERAÇÃO SEM REMOÇÃO DE RESÍDUOS

A implantação de parques em área de antigos lixões visa oferecer a população mais áreas verdes e de lazer. Algumas cidades no mundo estão efetuando a requalificação destas áreas degradadas, tais como: Nova Iorque, Hiratsuka, Cairo e São Paulo.

A recuperação da área sem remoção de resíduos processa-se com a reconfiguração do maciço, sem remoção de resíduos, e com adição de material para conformação geométrica e diversas operações de reabilitação para implantação de parques urbanos, como aconteceu no maior lixão do mundo, nos EUA, o famoso Fresh Kills, que serviu mais de 50 anos Nova York, sendo possível assistir à reportagem em https://www.youtube.com/watch?v=3hMhWOaX_0o, salienta-se que a área deste parque corresponde a 3 vezes o Central Park e possuía 150 milhões de toneladas de lixo atingindo 50 metros de altura. No Brasil., existem várias alternativas de parques/praças tais como a Praça Victor Civita, Pinheiros, parque [Villa Lobos](#), [da Juventude](#) e Raposo Tavares, todos em São Paulo. (PEREIRA, Matheus. ArchDaily. A transformação de aterros sanitários em parques. 2018. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/904840/a-transformacao-de-aterros-sanitarios-em-parques>).

Nestas situações a Prefeitura deve estabelecer diretrizes para que os solos de escavações para implantação de obras na cidade sejam encaminhados para a recuperação da área do antigo lixão, de modo a cumprir o plano de reconfiguração geométrica de acordo com o plano de ocupação da área. No caso, a implantação de um parque socioambiental.

Para se executar esta recuperação no local sem remoção, não basta a modelação geométrica do maciço. É fundamental garantir a segurança do maciço no que toca às emissões: lixiviados e biogás, de modo a massa de resíduos seja confinada e adequadamente tratadas.

Neste sentido, para a recuperação da área sem remoção de resíduos, são necessárias algumas ações que garantam a segurança da área, entre elas:

- a) Geometrização adequada das áreas, em conformidade com o projeto do parque socioambiental e as unidades a serem implementadas;
- b) Cobertura total dos resíduos;

- c) Configuração do sistema de drenagem de águas em conformidade com o projeto do parque socioambiental e as unidades a serem implementadas;
- d) Definição de um sistema de drenagem e tratamento de lixiviados;
- e) Definição de um sistema de drenagem e tratamento de gases;
- f) Definição de um programa de monitoramento ambiental da área, que contemple os aspectos geotécnicos, qualidade de água superficial e subterrânea, preservação do mangue do entorno e avaliação de emissões de gases.

O detalhamento destes itens será contemplado no PRODUTO 5 - Projeto Básico da Alternativa Seleccionada, porém para a maior compreensão desta técnica, alguns itens como Geração e Sistema de drenagem de biogás e Drenagem e Tratamento de lixiviados serão apresentados a seguir.

4.1 GERAÇÃO E SISTEMA DE DRENAGEM DE BIOGÁS

4.1.1 GERAÇÃO DE BIOGÁS

O potencial de geração de biogás depende das características químicas dos resíduos dispostos na área, ou seja, da fração do resíduo que de fato pode ser transformada bioquimicamente em gás e das condições ambientais que permitirão esta degradação (Maciel, 2009).

Para a previsão do potencial de biogás existente na área do antigo Lixão do Roger foi utilizado o Modelo de Decaimento de Primeira Ordem, o qual incorpora o efeito do tempo de degradação dos resíduos assumindo de a degradação dos resíduos segue a cinética de primeira ordem. Este modelo é adotado pelo Intergovernment Panel on Climate Change (IPCC) e pela Agência de Proteção Ambiental Americana (US-EPA).

Para tanto, inicialmente foi realizada a projeção da população e geração de resíduos destinados ao antigo lixão do Roger, com base em dados fornecidos pela EMLUR, da Prefeitura de João Pessoa de 1970 a 2003, que forneceu dados da população e quantidade de resíduos, tendo-se aí determinado a taxa de crescimento da população de 1970 a 2003. Com base na população dos censos de 1950 e 1960 (IBGE), procedeu-se à estimativa da população desde 1954, início da atividade de descarte de resíduos no lixão, até ao ano de 1970, ano a partir do qual os dados são da EMLUR. Com a regressão linear estimou-se o valor de geração per capita de resíduos, conforme apresentado na Tabela 4.1

Tabela 4.1 – Projeção da população de João Pessoa e geração e resíduos no Lixão do Roger

ANO	POP. JP	Tx cresc. Pop	t/dia	TOTAL RSU (t)	Geração per capita (kg/hab.dia)
1954	138 418		50	18 229	0.36
1955	142 571	3.0%	54	19 775	0.38
1956	146 848	3.0%	59	21 397	0.40
1957	151 253	3.0%	63	23 099	0.42
1958	155 791	3.0%	68	24 884	0.44
1959	160 464	3.0%	73	26 755	0.46
1960	165 278	3.0%	79	28 715	0.48
1961	170 237	3.0%	84	30 770	0.50
1962	175 344	3.0%	90	32 922	0.51
1963	180 604	3.0%	96	35 175	0.53
1964	186 022	3.0%	103	37 534	0.55
1965	191 603	3.0%	110	40 003	0.57
1966	197 351	3.0%	117	42 586	0.59
1967	203 271	3.0%	124	45 288	0.61
1968	209 370	3.0%	132	48 114	0.63
1969	215 651	3.0%	140	51 069	0.65
1970	228 418	5.9%	184	67 160	0.81
1971	237 648	4.0%	184	67 160	0.77
1972	247 250	4.0%	194	70 725	0.78
1973	257 241	4.0%	204	74 479	0.79
1974	267 635	4.0%	215	78 433	0.80
1975	278 450	4.0%	227	82 771	0.82
1976	289 701	4.0%	239	87 348	0.82
1977	301 407	4.0%	253	92 179	0.84
1978	313 586	4.0%	267	97 277	0.85
1979	326 257	4.0%	282	102 766	0.86
1980	329 945	1.1%	297	108 564	0.90
1981	342 911	3.9%	305	111 268	0.89
1982	358 700	4.6%	322	117 408	0.90
1983	374 537	4.4%	342	124 775	0.91
1984	390 342	4.2%	363	132 620	0.93
1985	406 088	4.0%	385	140 666	0.95
1986	421 695	3.8%	408	148 906	0.97
1987	437 072	3.6%	431	157 311	0.99
1988	452 129	3.4%	454	165 847	1.00
1989	466 803	3.2%	480	175 027	1.03
1990	481 120	3.1%	505	184 327	1.05
1991	497 600	3.4%	531	193 757	1.07
1992	506 980	1.9%	560	204 440	1.10
1993	526 089	3.8%	582	212 262	1.11
1994	531 431	1.0%	617	225 257	1.16
1995	536 639	1.0%	636	232 261	1.19
1996	549 363	2.4%	656	239 395	1.19
1997	562 274	2.4%	686	250 337	1.22
1998	573 142	1.9%	717	261 723	1.25
1999	584 032	1.9%	750	273 863	1.28
2000	597 934	2.4%	785	286 468	1.31

ANO	POP. JP	Tx cresc. Pop	t/dia	TOTAL RSU (t)	Geração per capita (kg/hab.dia)
2001	607 440	1.6%	825	301 165	1.36
2002	619 052	1.9%	860	314 008	1.39
2003	628 837	1.6%	900	328 500	1.43
TOTAL				6 236 766	

Fonte: Calculado pelos autores (2022) de dados da EMLUR e IBGE (2022)

A simulação da geração do biogás foi realizada com o software LandGem 3.03 (Figura 4.1), da USEPA (Agência Americana de Proteção Ambiental, descrito nas siglas), com a introdução de dados relativos ao local, tendo em conta as condições de umidade e temperatura, que influencia a capacidade potencial de geração de metano, a taxa de geração de metano (k) e percentagem de metano no biogás (L_0).

O Modelo de estimação da geração de biogás LandGEM 3.03, constitui uma versão melhorada do seu software ao permitir a introdução de parâmetros locais para os cálculos. O LandGEM é baseado em uma equação de taxa de decomposição de primeira ordem para quantificar as emissões da decomposição de resíduos depositados em aterros sanitários de RSU.

$$Q_{CH_4} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=0.1}^1 k L_0 \left(\frac{M_i}{10} \right) e^{-k t_{ij}}$$

Onde:

Q_{CH_4} = geração anual de metano no ano do cálculo (m^3 /ano);

i = incremento de tempo de 1 ano;

n = (ano do cálculo) - (ano inicial do cálculo);

j = incremento de tempo de 0,1 ano;

k = taxa de geração de metano;

L_0 = capacidade potencial de geração de metano (m^3 /Mg);

M_t = massa de resíduos aceita do enésimo ano Mg;

t_{ij} = idade da j-ésima seção de massa de resíduo M_i , aceita no enésimo ano (anos em número decimal, p. ex. 3,2 anos).

Apresenta-se na Figura 4.1 a primeira tela do software com a apresentação.

Figura 4.1 – tela de apresentação do software utilizada na estimativa de geração de biogás no lixão

INTRODUCTION

LandGEM - Landfill Gas Emissions Model, Version 3.03
U.S. Environmental Protection Agency

Model Design:

Worksheet Name	Function
INTRO	Contains an overview of the model and important notes about using LandGEM
USER INPUTS	Allows users to provide landfill characteristics, determine model parameters, select up to four gases/pollutants (total landfill gas, methane, carbon dioxide, NMOC, and 46 air pollutants), and enter waste acceptance rates
POLLUTANTS	Allows users to edit air pollutant concentrations and molecular weights for existing pollutants and add up to 10 new pollutants
INPUT REVIEW	Allows users to review and print model inputs
METHANE	Calculates methane emission estimates using the first-order decomposition rate equation
RESULTS	Shows tabular emission estimates for up to four gases/pollutants (selected in the USER INPUTS worksheet) in megagrams per year, cubic meters per year, and user's choice of a third unit of measure (average cubic feet per minute, cubic feet per year, or short tons per year)
GRAPHS	Shows graphical emission estimates for up to four gases/pollutants (selected in the USER INPUTS worksheet) in megagrams per year, cubic meters per year, and user's choice of a third unit of measure (selected in the RESULTS worksheet)
INVENTORY	Displays tabular emission estimates for all gases/pollutants for a single year specified by users
REPORT	Allows users to review and print model inputs and outputs in a summary report

IMPORTANT NOTES!
The following user inputs **MUST** be completed in the USER INPUTS worksheet:

- Landfill open year
- Landfill closure year or Waste design capacity
- Annual waste acceptance rates from open year to current year or closure year

About LandGEM:
LandGEM is based on a first-order decomposition rate equation for quantifying emissions from the decomposition of landfilled waste in municipal solid waste (MSW) landfills. The software provides a relatively simple approach to estimating landfill gas emissions. Model defaults are based on empirical data from U.S. landfills. Field test data can also be used in place of model defaults when available. Further guidance on EPA test methods, Clean Air Act (CAA) regulations, and other guidance regarding landfill gas emissions and control technology requirements can be found at <http://www.epa.gov/ttnatw01/landfill/landfpg.html>.

LandGEM is considered a screening tool — the better the input data, the better the estimates. Often, there are limitations with the available data regarding waste quantity and composition, variation in design and operating practices over time, and changes occurring over time that impact the emissions potential. Changes to landfill operation, such as operating under wet conditions through leachate recirculation or other liquid additions, will result in generating more gas at a faster rate. Defaults for estimating emissions for this type of operation are being developed to include in LandGEM along with defaults for conventional landfills (no leachate or liquid additions) for developing emission inventories and determining CAA applicability. Refer to the Web site identified above for future updates.

Fonte: LandGEM 3.03, USEPA

Usados os seguintes parâmetros de usuário: $K = 0.10 \text{ ano}^{-1}$; geração de metano: $150 \text{ m}^3/\text{t}$; conteúdo de metano no biogás=54%, que se pode observar na Figura 4.2, a seguir apresentada, em que estes dados são da autoria do usuário, com base nas características dos resíduos e locais.

Figura 4.2 – Tela de introdução de dados de base pelo usuário, referentes ao local (João Pessoa)

USER INPUTS
Landfill Name or Identifier: Lixão do Roger - João Pessoa, Paraíba

Clear ALL Non-Parameter Inputs/Selections

1: PROVIDE LANDFILL CHARACTERISTICS

Landfill Open Year	1954	
Landfill Closure Year	2003	
Have Model Calculate Closure Year?	☐ Yes ☒ No	
Waste Design Capacity		megagrams

Restore Default Model Parameters

2: DETERMINE MODEL PARAMETERS

Methane Generation Rate, k (year^{-1})		User-specified k value should be based on site-specific data and determined by EPA Method 2E.
User-specified	User-specified value: 0.100	
Potential Methane Generation Capacity, L_0 (m^3/Mg)		User-specified L_0 value should be based on site-specific data and determined by waste type and composition.
User-specified	User-specified value: 150	
NMOC Concentration (ppmv as hexane)		
CAA - 4,000		
Methane Content (% by volume)		
User-specified	User-specified value: 54	

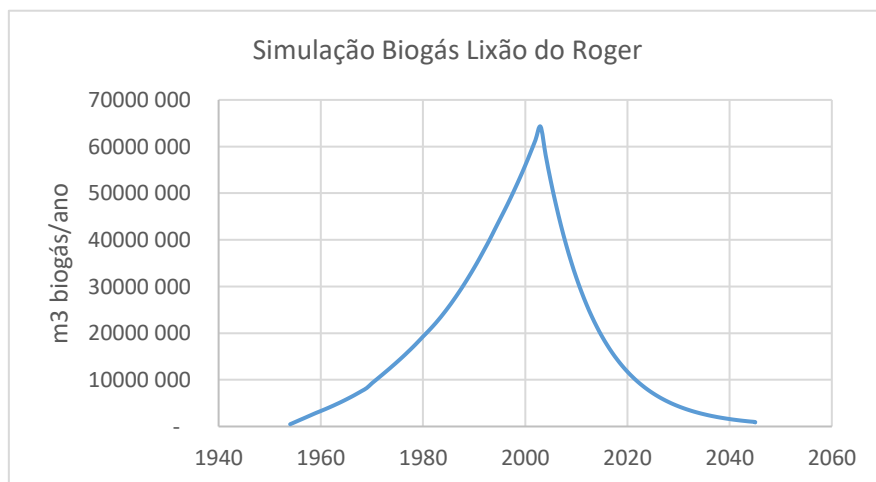
3: SELECT GASES/POLLUTANTS

Gas / Pollutant #1		Default pollutant parameters are currently being used by model.
Total landfill gas		Edit Existing or Add New Pollutant Parameters
Gas / Pollutant #2		
Methane		Restore Default Pollutant Parameters
Gas / Pollutant #3		
Carbon dioxide		
Gas / Pollutant #4		
NMOC		

Fonte: LandGEM 3.03, USEPA

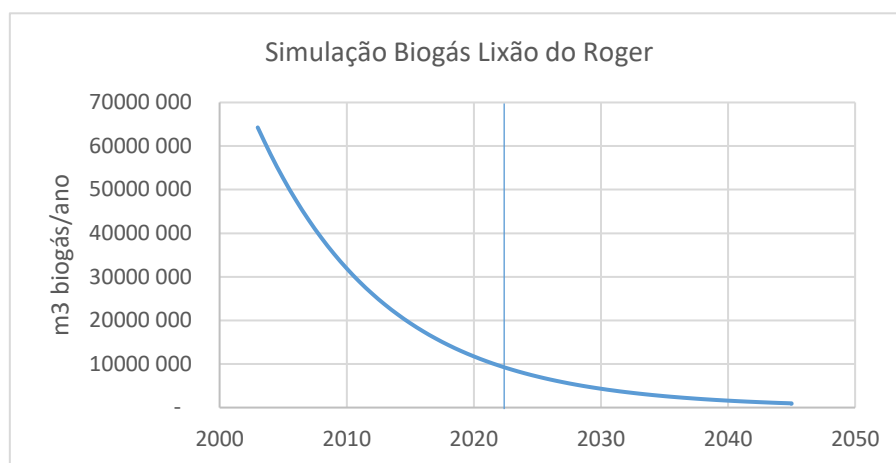
Apresenta-se a seguir o resultado sa simulação em forma gráfica.

Figura 4.3 – estimativa de geração de biogás no ex-lixão do Roger



Fonte: Autores, (2022)

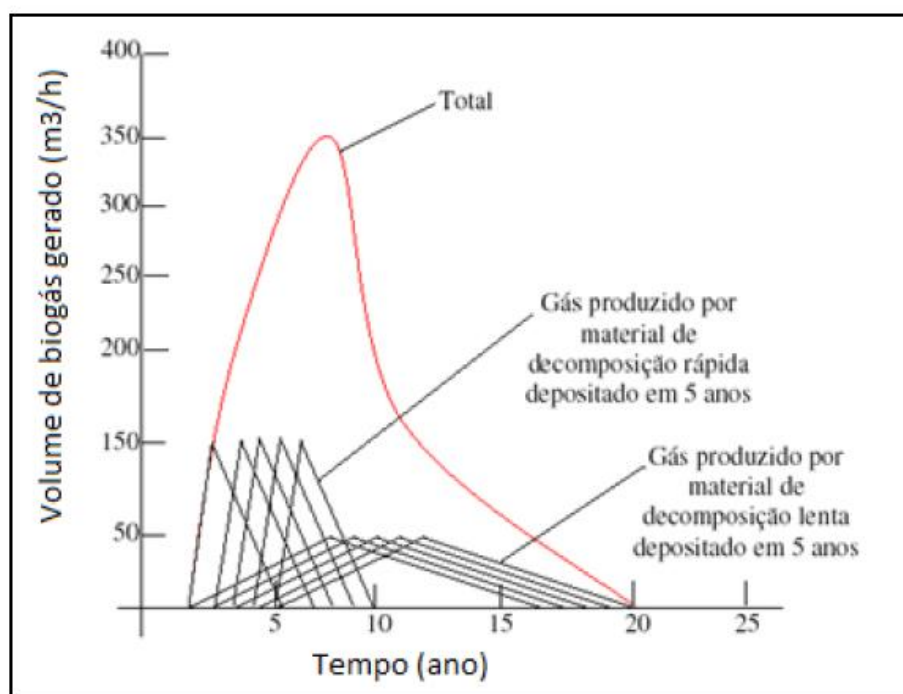
Figura 4.4 – Estimativa de geração de biogás após o encerramento



Fonte: Autores, (2022)

Como pode-se observar pela Figura 4.3, a geração de biogás atingiu o valor mais elevado na época do encerramento, observando-se uma forte queda na geração nos anos seguintes. No entanto, apesar dos valores serem muito baixos já em 2022, (9,6 milhões de m³ de biogás), que representa cerca de 1900 m³/h de gás. Observa-se que a curva apresentada na Figura 4.3 possui formato similar a curva padrão de geração de biogás apresentada na Figura 4.5.

Figura 4.5 – Produção de gás durante um período de cinco anos a partir de materiais orgânicos rapidamente e lentamente decompostos num aterro



Fonte: Brito Filho, 2005 e Tchobanoglous et al, 1993.

Salienta-se que devido à baixa quantidade de biogás existente e gerado na área, não se vislumbra soluções tecnológicas de aproveitamento energético de biogás. No entanto, não significa que por motivos de segurança não seja necessário um apertado controle das emissões, porque, como se verificou na simulação matemática, há gases no maciço que vão continuar a ser gerados por mais de 30 anos, o que recomenda pesquisa in loco, para determinar a real situação dos gases no maciço de modo que a solução a ser adoptada seja a mais adequada e segura para os frequentadores do parque.

4.1.2 SISTEMA DE DRENAGEM DE BIOGÁS

Com base na modelagem matemática da geração do biogás e sem haver uma pesquisa in loco sobre a real situação do biogás (vazão e concentração na massa de lixo) propõem-se dois sistemas de drenagem, sendo uma passiva (admitindo vazões sem expressão) e a outra ativa (extração forçada, admitindo que a vazão é suficientemente expressiva). Neste sentido, para ultrapassar esta incerteza nesta altura dos trabalhos, propõe-se a drenagem e captura do biogás forçada por 23 poços verticais instalados na área do maciço. O 2º sistema seria formado por uma drenagem passiva ou natural do biogás localizada em todas as áreas em que o projeto do Parque socioambiental prevê construções para uso dos usuários do local. A escolha do sistema com extração natural ou forçada será definida no PRODUTO 5 – Projeto básico da solução adotada e será função da existência e qualidade dos gases aterrados (concentração e vazão do biogás).

Salienta-se que devido à pequena geração de biogás na área (encerrada há 19 anos) e sólidos voláteis menor que 10% e baseada na simulação matemática anteriormente exposta, para a drenagem forçada propõe-se 23 poços de biogás a cobrir a superfície do antigo lixão, com uma área de influência de cada poço de cerca de 1 hectare, cobrindo a área do maciço.

Em relação ao sistema de extração de biogás (natural ou forçada), os estudos a serem executados visam a determinação de vazão e concentração dos gases na massa dos resíduos aterrados, darão a segurança necessária para a instalação do sistema mais adequado para a área, tendo em consideração que esses espaços serão utilizados por usuários do Parque.

Ressalta-se que durante a realização dos ensaios de campo do Produto 2 (dezembro/2021 até março/2022) não foi observado vestígios de gases, normalmente na forma de mau cheiro na área, nem nos furos de sondagens realizados para a coleta de líquidos e sólidos e também que a camada de cobertura ser de solo que não sofreu manutenção ao longo dos 19 anos de encerramento da área, ocorrendo ao longo do tempo fissuras que podem causar caminhos de fluxo preferencial ao longo do tempo e saída dos gases, indicando que não existe gás suficiente para uma extração forçada, e sim, a possibilidade de localização de drenos verticais naturais ou horizontais de forma estratégica para a eliminação de possíveis “bolsões” de gases e não uma drenagem efetiva e continuada dos gases gerados.

Assim, com base nos dados existentes, secundários e primários, relatórios, visitas ao local e ensaios realizados, foi possível determinar a solução geral, tendo em consideração as condições que se apresentam.

Os drenos de gases serão conectados a drenagem de lixiviados. Os poços serão executados com perfuratriz à rotação de D= 500/600mm, onde se instala o poço do biogás e a bomba de poço elétrica de extração do lixiviado do fundo e descarga em tubulação horizontal com escoamento livre e poços com elevatória para transferência para pontos a maior cota ou para a ETE da imediação do local.

4.1.2.1 Drenagem Passiva do Biogás

A concepção do sistema de drenagem passiva (natural) é baseada vazões de biogás muito baixas, isto é, sem expressão e com concentração dos gases, em especial CH₄ e CO e H₂S pequenas. Neste sentido, salienta-se na necessidade dos ensaios de campo de vazão e concentração de biogás.

Considerando pequenas vazões, este sistema de drenagem será baseado nas seguintes premissas:

- a) Localização de drenos verticais em pontos estratégicos para a eliminação de possíveis bolsões de gases, a ser localizados a partir dos ensaios de campo (vazão e concentração realizados);
- b) Construção de um sistema de drenagem de base em forma de espinha de peixe conectado a drenos verticais (denominados de respiro) de altura de 5 metros para a saída de gases nas áreas previstas no projeto Socioambiental onde constam construções e locais de maior aglomeração, tais como: Sede

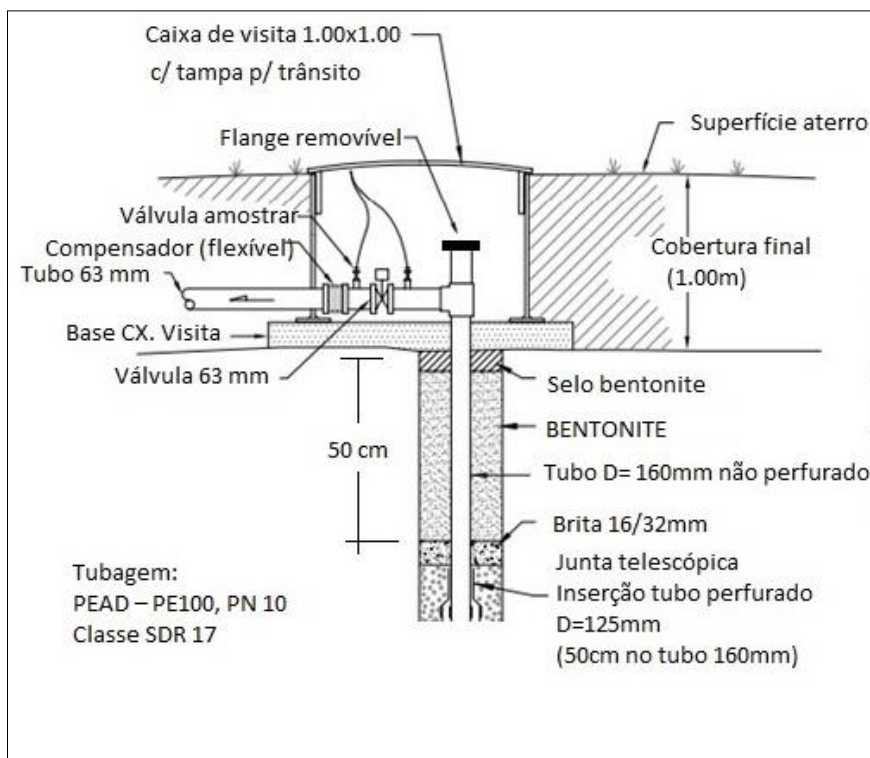
Administrativa, Edificações de apoio, Pavilhão de artesanato, Quadras poliesportivas, campo de futebol, Skatemark, parque infantil e jogos. Estes drenos também possuem a finalidade de eliminação de possíveis bolsas de gases em área de maior densidade.

4.1.2.2 Drenagem Forçada do Biogás

O sistema de drenagem forçada de biogás tem como premissa de projeto que a vazão é suficientemente expressiva, com vazões e concentrações do biogás elevada.

Na cabeça de cada poço de biogás, uma tubulação de PEAD de 63mm liga ao dreno vertical que vai até ao contêiner onde estão instaladas as bombas de extração forçada. Portanto, a partir da cabeça do poço que está encerrada em caixas de visita enterradas, o tubo de 63mm é acoplado ao T enforquilhado no tubo vertical do dreno do biogás. Esse tubo de 63mm é instalado em vala no topo do aterro com inclinações mínimas de 1% de modo a evitar que os condensados possam condicionar a extração do biogás.

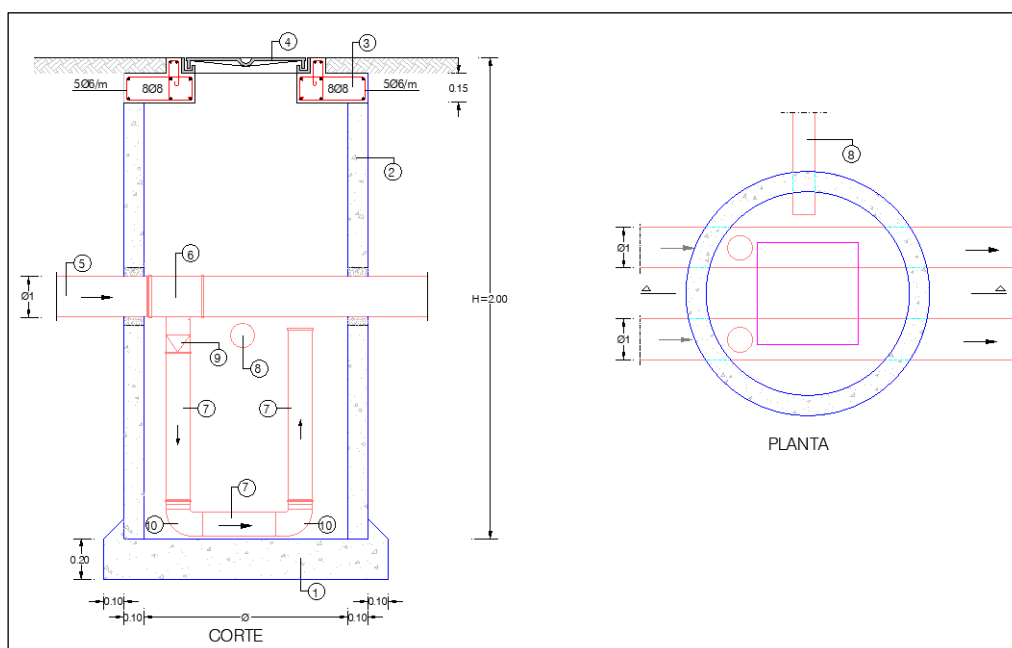
Figura 4.6 – Esquema da ligação da tubulação de extração horizontal com o tubo vertical do poço de biogás



Fonte: autores, 2022

Nos pontos baixos será instalado um poço de drenagem de condensados, como se ilustra na Figura a seguir.

Figura 4.7 – Pormenor de um poço de condensados

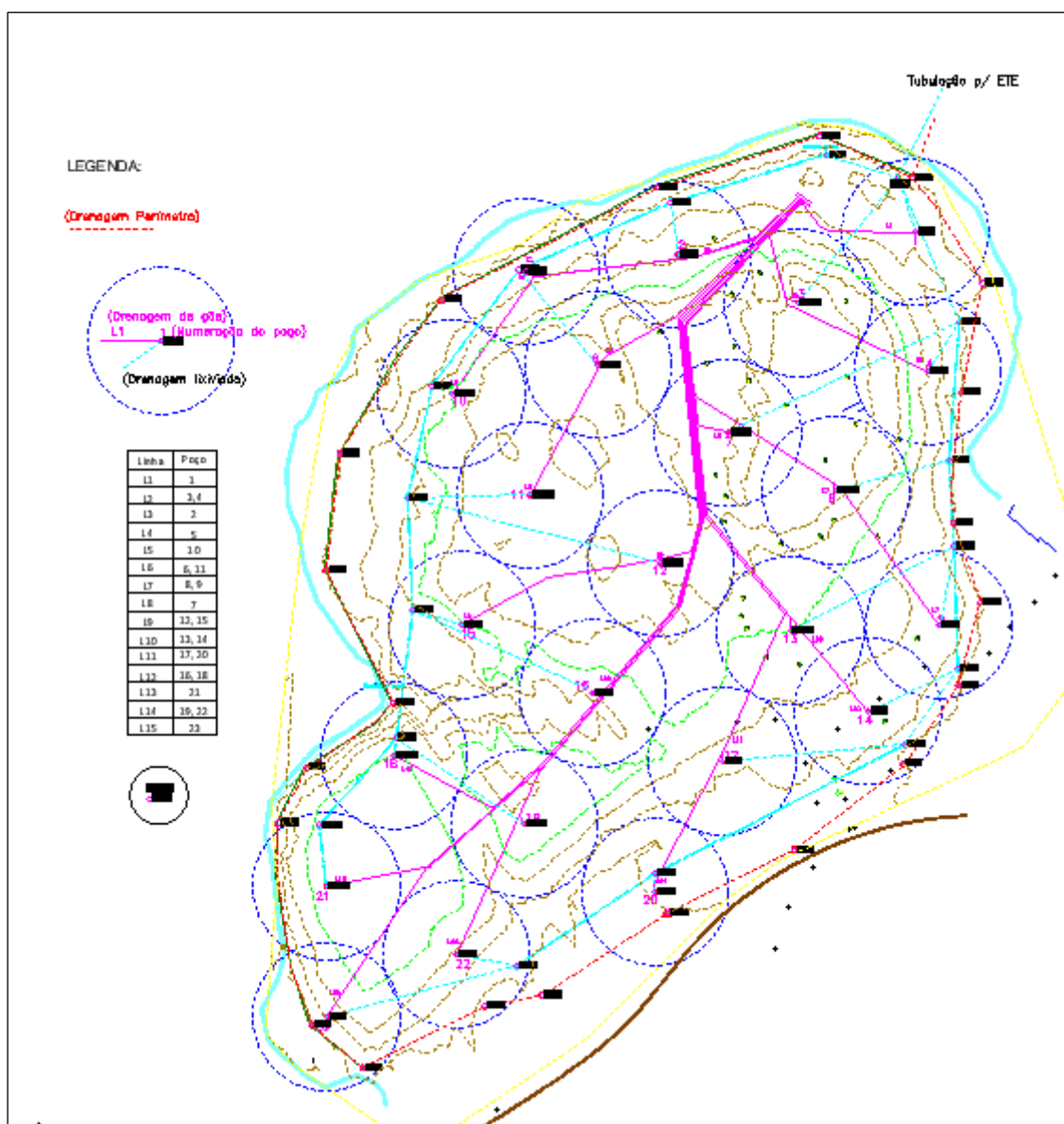


Fonte: autores, 2022

Na Figura 4.8 apresenta-se a planta de implantação dos poços do biogás e a rede de drenagem de topo e a rede de extração de lixiviados de cada poço. Devido ao tamanho da área a Figura é apenas ilustrativa. A Planta em DWG está apresentado no Anexo I.

A desgaseificação por poço pressupõe que cada poço tenha capacidade de drenar o biogás numa área de um círculo de raio de 25,00m, apresentado na Figura 4.8 a tracejado.

Figura 4.8 – Planta de localização e implantação dos drenos de gases, com o raio de influência de 25,00m



Fonte: Autores, (2022)

Toda a tubulação de extração do biogás será de PEAD 63mm PE 100, PN 10 classe SDR 17. Os 23 poços serão objeto de extração através de 15 linhas que levam até à casa de comando inserida em módulo contentor marítimo de 40 pés, que abastece a tubulação de 200mm ao queimador localizado no teto do contentor.

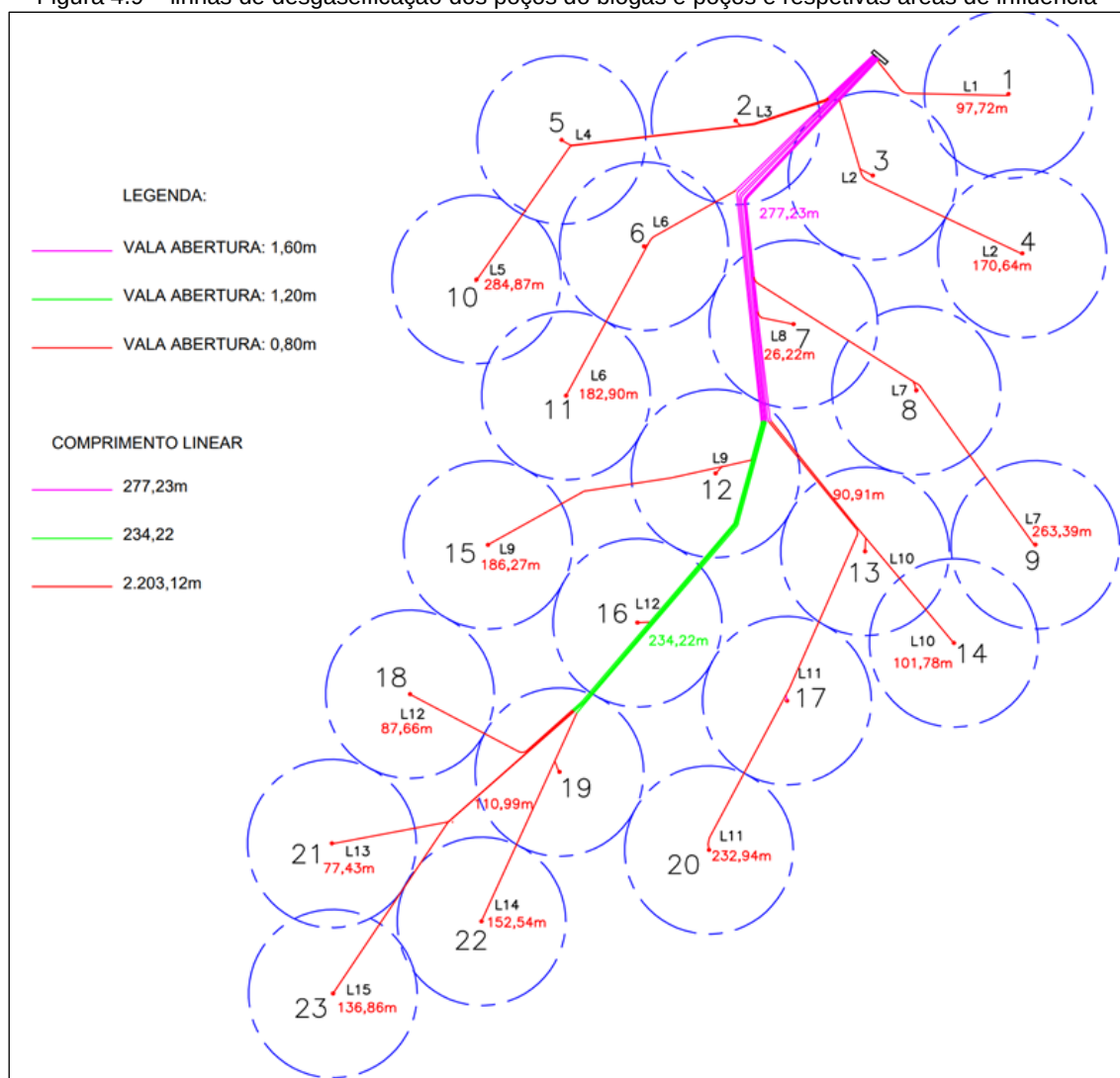
Propõe-se a implantação de 23 poços com extração através de 15 linhas, com a composição apresentada no quadro a seguir:

Tabela 4.2 – Localização dos poços de extração

Linha	Poço	Linha	Poço
L1	1	L9	12,15
L2	3,4	L10	13,14
L3	2	L11	17,20
L4	5	L12	16,18
L5	10	L13	21
L6	6, 11	L14	19,22
L7	8,9	L15	23
L8	7		

Fonte: Autores, (2022)

Figura 4.9 – linhas de desgaseificação dos poços do biogás e poços e respectivas áreas de influência



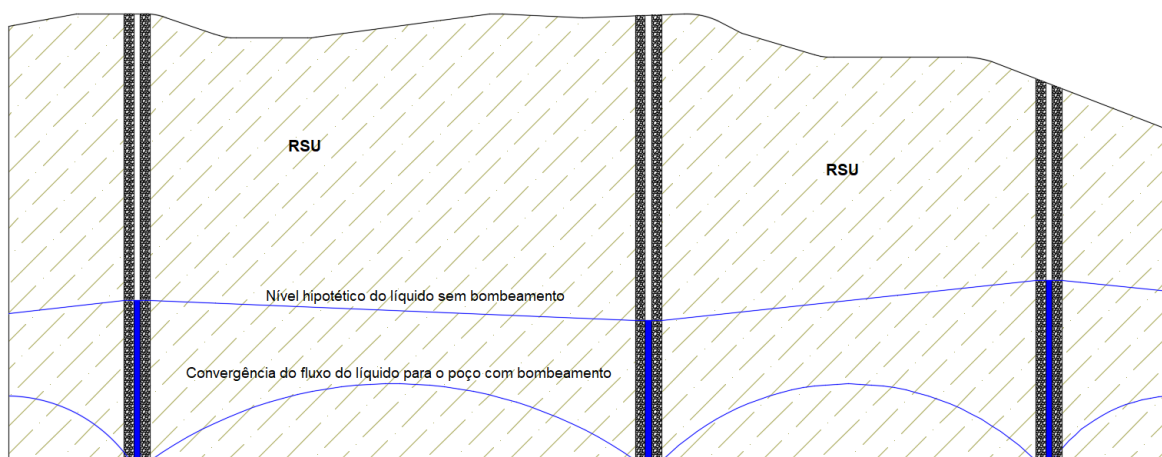
Fonte: autores, 2022

Apesar de não ter sido detectado um nível de lixiviado na área do antigo lixão do Roger, deve-se evitar que os lixiviados que se concentram no fundo até um determinado nível do maciço, drenem para a periferia do maciço e pressionem o mangue ou o rio Sanhauá. Nesse sentido, os poços de drenagem de biogás serão pontos onde o lixiviado vai fluir ao fundo e serão extraídos por um sistema de bombas.

A drenagem de lixiviados será realizada por extração através de bomba submersível instalada em cada poço até à cabeça do poço (caixa de visita), com descarga em tubulações de PEAD no topo do maciço do antigo lixão, instalados em valas, para descarga gravítica, como se apresenta no traçado na planta, para encaminhamento à ETE adjacente ao local, para o seu tratamento. As descargas gravíticas dos coletores são efetuadas em 2 elevatórias, sendo a última a que encaminha o lixiviado drenado para a ETE.

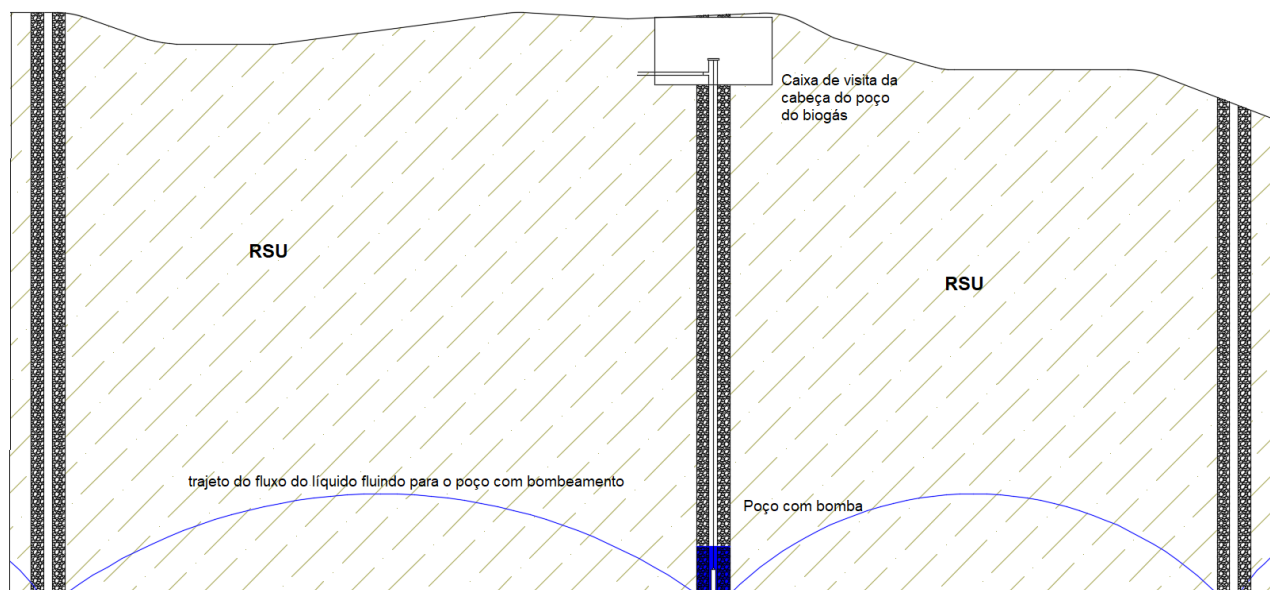
As bombas de extração do lixiviado serão bombas de furo de poço, de acionamento elétrico, com capacidade de bombeamento de 4m³/h e altura manométrica de 18 metros. O funcionamento da bombagem será coordenado com a capacidade de recebimento de lixiviado para tratamento na ETE.

Figura 4.10 – Esquema de níveis de lixiviado no fundo da célula, sem bombeamento (acumula) e com bombeamento



Fonte: Autores, (2022)

Figura 4.11 – Esquema do poço com bomba e o efeito no nível com extração do lixiviado



Fonte: Autores, (2022)

4.1.2.2.1 Abertura de vala e instalação de tubulação das linhas de biogás

A abertura de valas respeitará o traçado em planta, tendo largura de até 1,50m de modo a que a tubulação das 15 linhas esteja em paralelo sem sobreposições. Diminuirá para larguras proporcionais ao número de tubos a instalar na vala.

Na abertura de 23 poços, será tomado o devido cuidado com o funcionamento dos equipamentos de perfuração dos resíduos, através da medição do teor de gases emitidos e potencialmente perigosos para a segurança ou a saúde humana, em função da percentagem, designadamente H_2S , CH_4 e O_2 , de modo a se tomarem as medidas adequadas, como se explana adiante.

Assim, prevê-se uma vala longitudinal com diversas larguras: onde alberga as 15 linhas, a vala terá 1.60m de largura e comprimento de 277m (junto à casa de comando, regulação e medição); passa a ter largura de 1,20m e comprimento de 234m com a diminuição de linhas para 4 e vala de 0.80m e comprimento de 111m. Todas as valas terão de altura média 1,00m no mínimo.

Após abertura da vala, será aplicada uma camada de terras selecionadas sem elementos grosseiros e pontiagudos, de cerca de 20 cm que será regularizada e cuidadosamente compactada por trechos nas inclinações previstas para assentamento

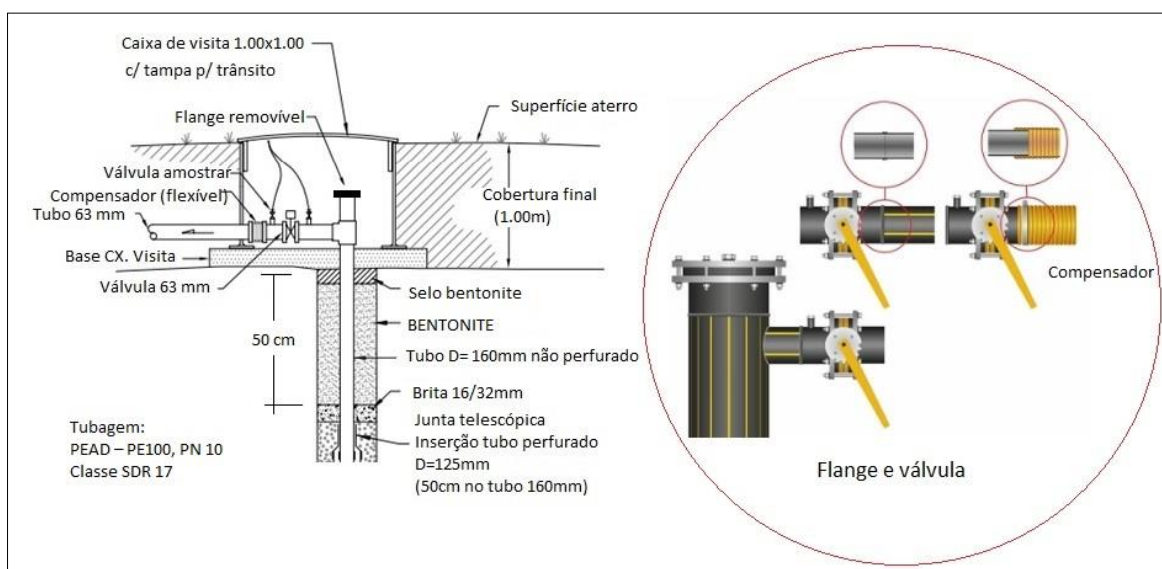
da tubagem. Os trechos serão retos, com verificação topográfica das pendentes e correções onde se verificar necessário com adição de terras e compactação.

Em seguida procede-se à instalação das tubagens de PEAD 63mm, paralelas, esticando-se todas as linhas e garantindo a sua posição no fundo da vala sem que as tubulações se sobreponham.

Segue-se a cobertura com terras na espessura de 20 cm, compactando cuidadosamente, sobre a qual se aplica uma rede plástica de aviso. Completa-se o enchimento da vala com terras compactadas por camadas de 20 cm.

Na Figura 4.12 apresenta-se o esquema genérico do corte do poço na zona da caixa de visita (CV).

Figura 4.12 – Corte esquemático das caixas de visita (CV) e cabeça de poço de biogás



Fonte: Autores (2022)

4.1.2.2.2 Execução de poços de biogás

Serão executados 23 poços para a desgaseificação e extração de lixiviado do fundo do maciço de resíduos.

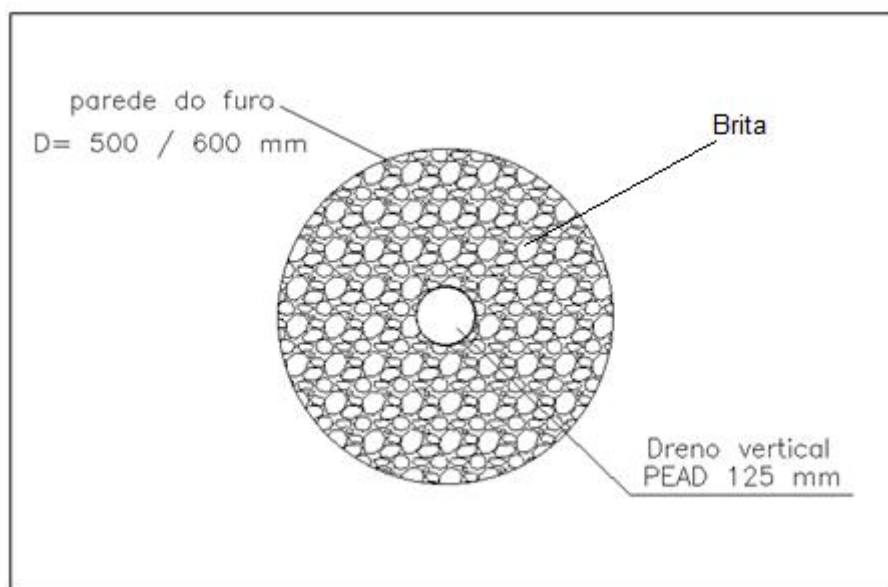
O diâmetro da sondagem rotativa é de 500/600 mm com extração dos resíduos sólidos a serem colocados em camião para transporte até ao aterro sanitário de João Pessoa.

Após a sondagem rotativa é colocado o tubo de 125mm ranhurado com a base tamponada, no centro do furo, garantido através de “aranhas” centralizadoras colocadas

a cada 3 metros de tubo. Este tubo é inserido 50 cm no interior de um tubo de 3.00m de PEAD de 160mm a coroar o poço do biogás, fazendo junta telescópica para evitar danos decorrentes de eventuais recalques diferenciais que possam existir (ver Figura 4.14).

A preencher o espaço entre o tubo e a parede do furo, é colocado brita lavada 16/32mm como filtro até 1 metro acima da junta telescópica. Depois será preenchido com calda de bentonite/cimento até à superfície (base da caixa de visita para tamponamento, para selamento).

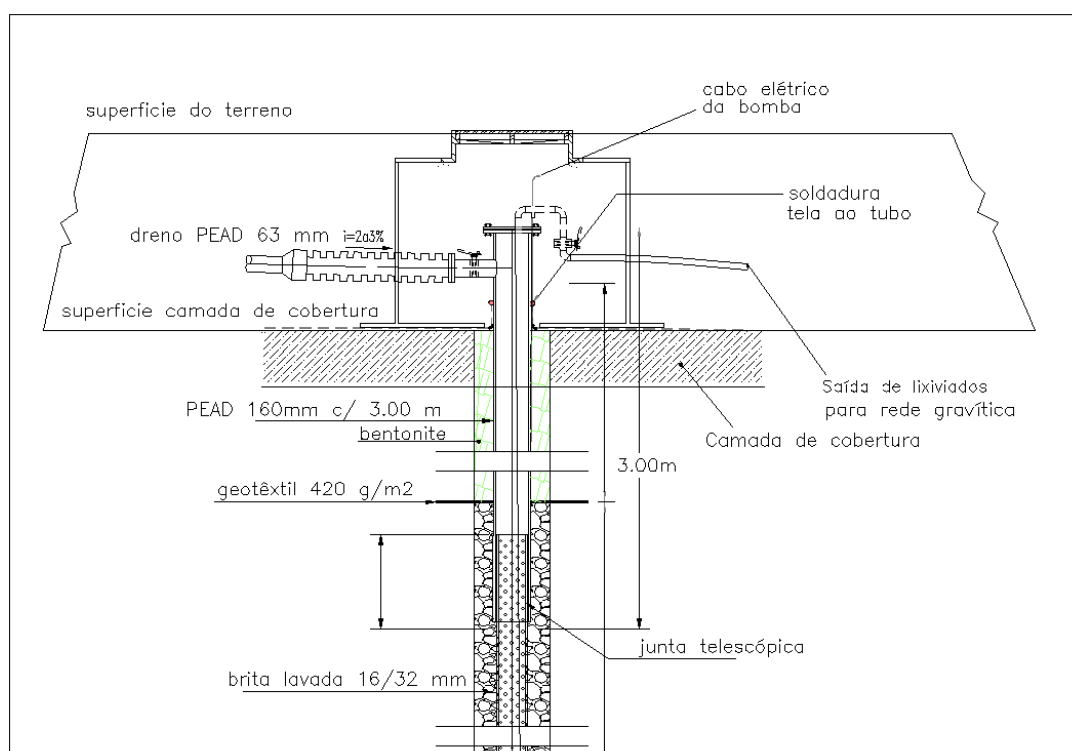
Figura 4.13 – Sessão transversal do poço e do dreno vertical PEAD do biogás



Fonte: autores, 2022

O tubo de PEAD de 3,00 m de 160mm é o último tubo vertical e não é ranhurado, que encaixa no tubo ranhurado drenante de 125mm, entrando cerca de 50 cm. Este tubo de 160mm, sai 60 cm acima do fundo da Caixa de Visita para se executar a cabeça do poço com a inserção de um Tê para aplicação da linha horizontal de extração do biogás ($\varnothing$ 63 mm), como se pode verificar melhor no desenho da Figura 4.14.

Figura 4.14 – Esquema em corte da cabeça do poço de biogás e ligações verticais e horizontais



Fonte: autores, 2022

O poço de extração será constituído pelos seguintes componentes:

- Tampa estanque na base da tubagem vertical perfurada 125mm;
- Tubagem de Ø 125 mm PEAD PE100, PN 10 Classe SDR 17, perfurada com ranhuras 360º (Figura 4.12), dotada de centralizadores (aranhas) de 500mm por forma a garantir o correto posicionamento da tubagem no centro da furação;

Figura 4.15 – Exemplo de Tubo PEAD ranhurado para drenagem de biogás



Fonte: Autores (2022)

- Tubagem Ø 160 mm de 3,0 m de comprimento compacto, em PEAD - PE100, PN 10 Classe SDR 17 para término do poço a sair na cx de visita 60cm para formação da cabeça do poço;
- A tubagem perfurada/ranhurada de Ø 125 mm será estendida uma distância de 0,5 m no interior da tubagem de Ø 160 mm, por forma a criar uma junta telescópica, permitindo assim que o poço acompanhe eventuais assentamentos do aterro;
- Ambas as tubagens são de PEAD – PE100, PN 10 Classe SDR 17.
- O material para o filtro na envolvente da seção perfurada deve ser constituído por brita lavada, 16/32 mm. O filtro deve estender 1 m para cima da junta telescópica. O resto do espaço anular da tubagem sólida deve ser preenchido com pellets de bentonite devidamente hidratados de acordo com as indicações do fabricante;
- A tampa superior de cada poço vertical será equipada com uma flange estanque, com anilha, e fechado por meio de 8 conjuntos de porcas e parafusos de aço inoxidável. A flange deve ser equipada com 2 picagens e acessórios para a medição da qualidade do biogás bem como a medição do nível dos lixiviados e uma saída da tubagem de 32 mm da bomba de poço de extração do lixiviado;
- A seção terminal da tubagem vertical deve permitir a ligação estanque da tubagem horizontal de extração de biogás de PEAD Ø 63 mm;
- Fornecimento e instalação de uma bomba submersível elétrica de poço de Ø 100 mm em aço inox AISI 316 L, preparada para as características do lixiviado, altura manométrica máxima de 18 m e $Q = 4 \text{ m}^3/\text{h}$.
- Fornecimento e instalação de caixa de visita PEAD Ø 1000 mm x 1000mm ou de concreto, com tampa para trânsito Ø = 600mm, sobre fundação de concreto armado de espessura 12 cm. equipada com cadeado ou necessitando de ferramentas especiais para a sua abertura.

4.1.2.2.3 Topografia

Todos os trabalhos serão acompanhados por topografia para devida georeferenciação dos poços e dos caminhos das tubagens horizontais e para efeitos de registo em telas finais. Os trabalhos de assentamento das tubagens horizontais serão verificados pela topografia para garantia de trechos retos e inclinações adequadas à boa drenagem gravítica de condensados sem formação de sifões nas partes baixas da tubulação.

4.1.2.2.4 MPR – Módulo de Medição, Pressão e Regulação

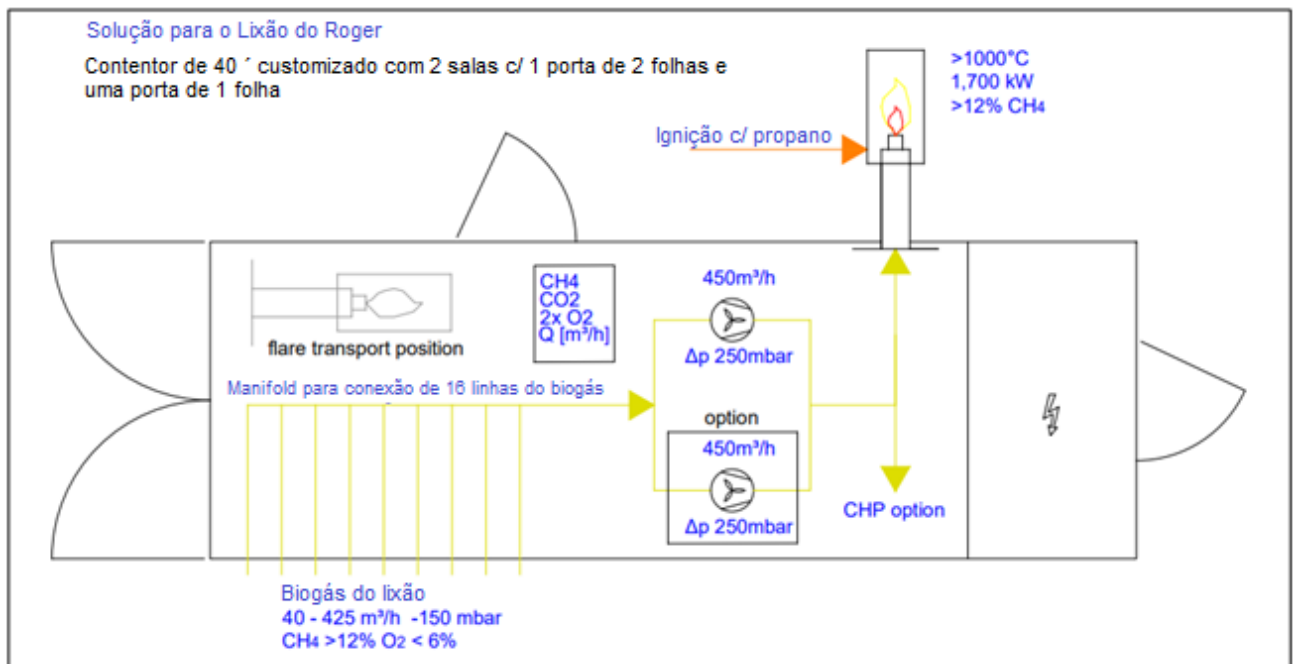
O biogás que ainda existe no maciço de resíduos é extraído de forma ativa por extração forçada através de 15 linhas ligadas a 23 poços, sendo que 8 linhas são constituídas por 2 poços e 7 linhas são isoladas.

O biogás extraído dos poços chega a uma unidade centralizada instalada num módulo em contentor de 40 pés, devidamente insonorizado, que é pressurizado para queima em unidade de queima (flare, na denominação inglesa).

Cada tubo das 15 linhas de extração de gás que vem do antigo lixão do Roger entra no contentor através de uma caixa de concreto anexa ao contentor onde há drenagem de condensados e depois entra no contentor em que cada linha é constituída por uma válvula de 3 vias que permite regular os fluxos do gás, incluindo para o sistema de pressão de retorno para a retrolimpeza das linhas de forma individual. Na mesma linha depois da válvula de 3 vias está um compensador e um medidor de fluxo (de vidro) com regulação para 1 Nm³/h, uma válvula de corte antes de ser inserido no coletor principal (manifold) de 200 mm, em aço inox AISI 316 L, também tem um medidor/indicador de fluxo de gás, um compensador para proteger o medidor de fluxo contra vibrações, uma saída de amostra de gás com uma válvula e uma válvula de regulação para regular o fluxo.

O módulo em contentor de 40' é dividido em 2 salas: (1) sala de comando e (2) sala da bombagem, separadas por parede de aço à prova de gás. Todas as entradas de tubos cabos para o Módulo e entre as 2 salas são à prova de gás, conforme apresentado na Figura 4.16.

Figura 4.16 – Diagrama de blocos do Módulo de Medição, Pressão e Regulação (MPR)



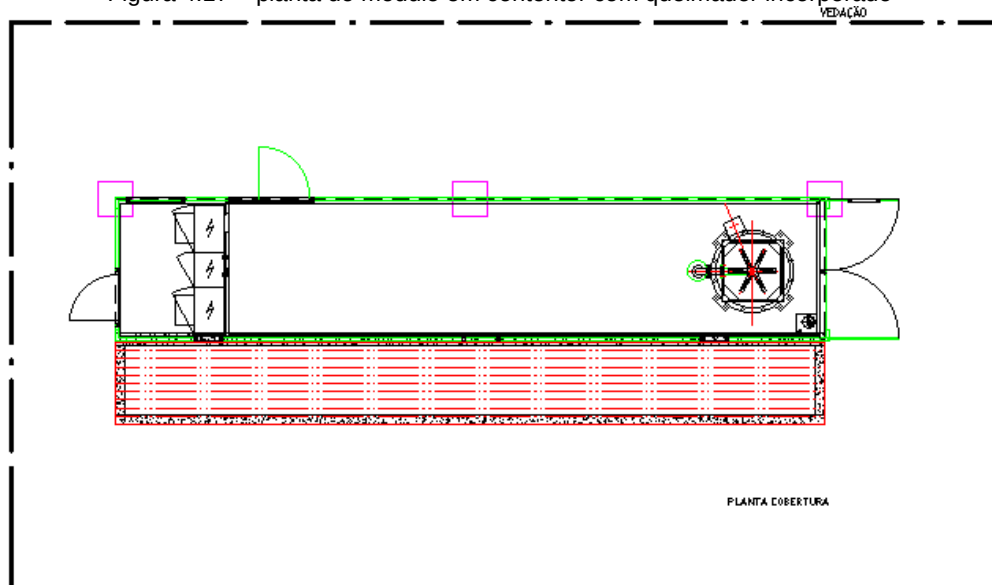
Fonte: Autores (2022)

Sala de comando e controle tem como objetivo: medição de vazão do biogás por cada uma das 15 linhas vindas do aterro; medição das percentagens constituintes do biogás em cada uma dessas linhas; medição da pressão e temperaturas do biogás

Os componentes que devem ser colocados na sala de controle estão entre outros: quadro, 2 conversores de frequências para 2 bombas de gás, painel de controle do operador, sistema de controle PLC, estação de trabalho SCADA e um PC. Deve ser colocada uma paragem de emergência na parte da frente do quadro.

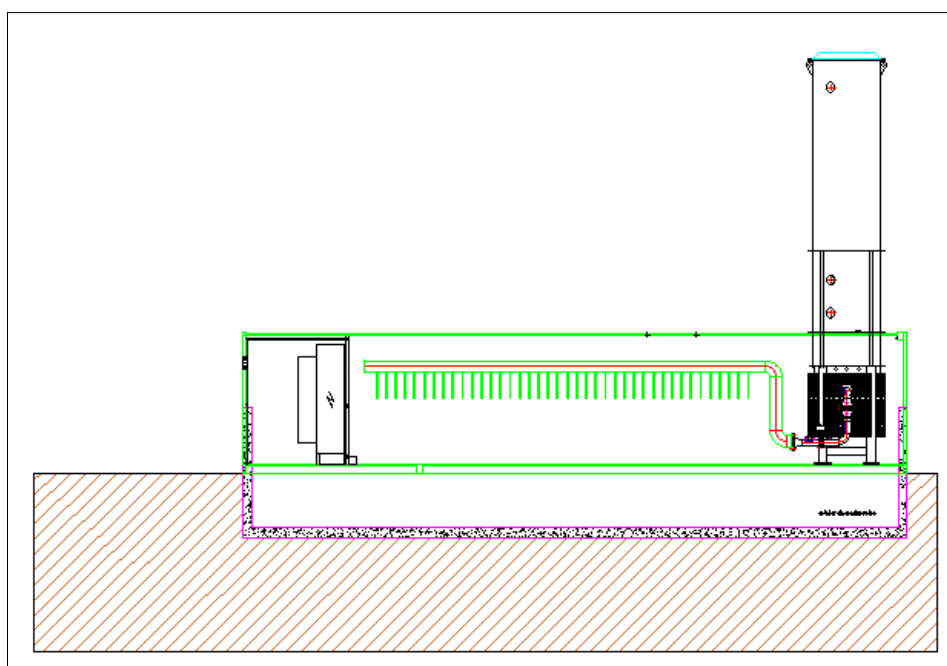
Apresenta-se a seguir a planta do módulo MPR com queimador incorporado no teto.

Figura 4.17 – planta do módulo em contentor com queimador incorporado



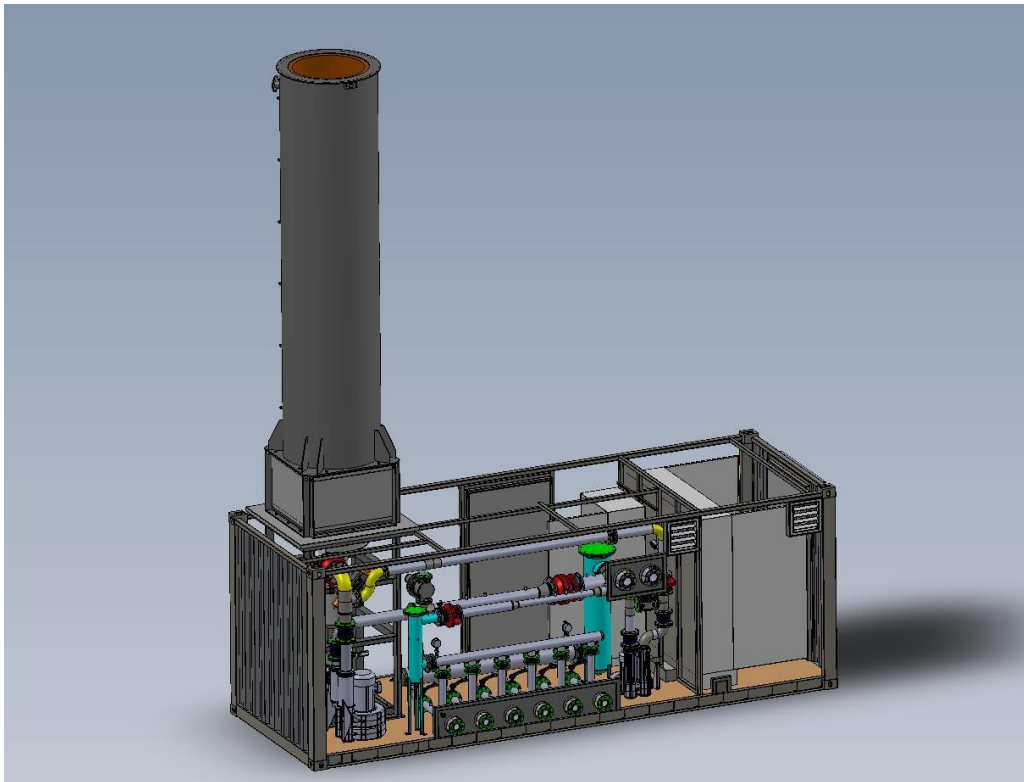
Fonte: Autores (2022)

Figura 4.18 – Corte esquemático do módulo e queimador



Fonte: Autores (2022)

Figura 4.19 – Imagem 3D do fabricante do equipamento



Fonte: Autores (2022)

A instalação de queimador de biogás centralizada no próprio contentor é preferível à instalação tradicional isolada, porque a forma como se fazia a regulação do gás era em cada poço e não centralizada.

Sala das bombas: é constituída por 2 bombas de extração de biogás (200 Nm³/h cada uma), filtros, válvula para-chama, válvula de corte, compressor de ar para a válvula de corte, picagens para equipamentos de monitorização, medidor de fluxo de gás, sistema de gestão de condensados.

Nesta sala são ligados os 16 tubos de biogás provenientes dos 23 poços implantados no aterro, que convergem à caixa de recepção adjacente ao contentor que contém os 16 dispositivos de drenagem de condensados de cada linha, ligados a um coletor transversal que drena para um depósito que contém uma bomba para elevação do líquido à ETE.

A opção que se apresenta é de unidade protegida no interior do contentor do MPR, com vantagens no funcionamento, ocupação do espaço, menores perdas e segurança, porque todos os acessórios, medidores, sensores, válvulas não estão visíveis à curiosidade de terceiros.

Apresenta-se um exemplo do painel de regulação e medição no interior do contentor (Figura 4.20)

Figura 4.20 – Painel de tubos das linhas do biogás no contentor (MPR) com dispositivos de controle, medição e regulação

	Exemplo Cada tubo dimensionado para $Q=25 \text{ Nm}^3/\text{h}$ Tubos de biogás provenientes dos poços individuais, equipados com válvula de 3 vias, compensador de aço inox, medidor de vazão transparente, ponto de amostragem de gás c/ válvula esfera $\frac{1}{4}$" e torneira 6mm e válvula de regulação. Ligam-se ao coletor em aço inox AISI 316L de $D=200 \text{ mm}$ com filtro de gás. Após o coletor é instalado um medidor fixo de CH_4, CO_2, O_2 e N_2 do fluxo total de gás.
--	---

Fonte: Autores (2022)

Nesta sala será instalada a tubulação para retorno do gás (sopro) para limpeza de condensados com diâmetro de 50mm, em aço inox AISI 316 L, que é utilizada através do acionamento da válvula de 3 vias que fecha o fluxo para o coletor principal e abre a linha para o coletor de pressão que recebe o gás das bombas à pressão para retornar ao aterro em cada linha, limpando eventuais condensados que drenarão para o poço correspondente.

Bombas de extração do gás:

Duas bombas de $200 \text{ Nm}^3/\text{h}$ a instalar com um conversor de frequência para se poder regular o volume de gás para caudais menores, chegando a $40 \text{ Nm}^3/\text{h}$. As bombas devem ser da marca Mink – Claw Vacuum Pump, tipo MM, da Busch Vacuum Pumps and Systems, ou similar e equivalente em qualidade.

Antes da bomba deve ser instalado um microfiltro para remoção de partículas e de condensados.

Antes e depois das bombas são instalados compensadores e válvulas para-chamas.

Válvulas de segurança previstas: para-chamas, anti retorno, corte geral e por linha.

Condições de serviço das bombas

Pressão de sucção: -25 mbar

Pressão de sopro no retorno de limpeza de condensados: 1 bar

Vazão de cada linha: 25 Nm³/h e V < 15 m/s

Nível de ruído do MPR < 55 dB a 5 metros do contentor.

Ventilação e aquecimento

Sala de bombas: ventilador de teto Q= 650 m³/h

Sala de comando: ventilador 100 m³/h

Linhas individuais de extração do biogás

As 15 linhas de tubos de gás que transportam o biogás dos 23 poços, são ligados ao dreno de condensação individual, na parte exterior do contentor e a tubulação tem uma válvula esfera em aço inoxidável de corte, de acionamento manual.

Figura 4.21 – Módulo MPR em contentor	Figura 4.22 – caixa de concreto adjacente ao MPR
	
Módulo MPR e caixa de ligação das 15 linhas dos poços, antes de entrar no contentor MPR	Caixa de ligação das 15 linhas de desgaseificação com dispositivos de drenagem de condensados individuais, que drenam para coletor longitudinal que recebe as 15 linhas e descarrega em depósito com sistema de bombagem para a ETE.

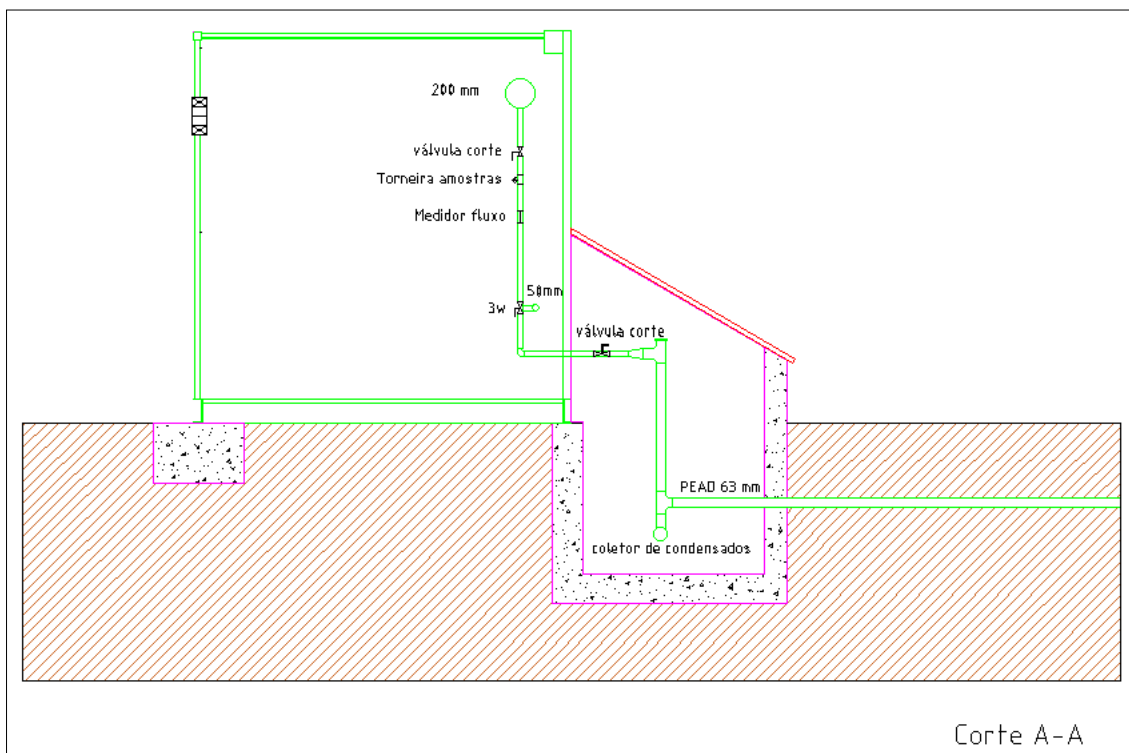
Fonte: Autores (2022)

Coletor principal (manifold) Ø 200 mm inox

Os 16 tubos de gás do interior do contentor têm Ø = 25mm, ligam-se verticalmente ao coletor D=200 mm, em aço inox AISI 316 L, que tem inclinação para o filtro de gás e dreno de condensados. Está equipado com pontos de amostragem de gás (válvula esfera 1/4" e torneira de 6mm).

Um filtro de gás do tipo Brian Dunkin, tipo RMG 906, 200 micron, ou similar, com dreno de condensados e manômetros de controle da pressão de cada lado do filtro são instalados no coletor principal de 200 mm a que se segue um medidor do vazão da totalidade do gás que passa pelo tubo coletor principal, como se ilustra nas imagens.

Figura 4.23 – Corte da chegada das linhas ao MPR e linha vertical no interior do contentor



Fonte: Autores (2022)

Figura 4.24 – Foto das linhas MPR e linha vertical



Filtro de gás com dreno de condensados e manômetros para controle da queda de pressão pelo filtro

Medidor do vazão de gás para a totalidade do biogás tipo Endress + Hauser, Proline Prosonic Flow B 200 Fluxor Ultrasónico (especial para biogás e gás de aterro), com gama de medição até 450 Nm³/h ou de similar qualidade

Fonte: Autores (2022)

Analizador de gás fixo da totalidade de gás

Após o coletor principal de 200 mm é instalado um analisador de gás fixo do tipo QED/Landtec, Biogas 3000 (análise contínua de CH₄, CO₂, O₂ e N₂), ou similar.

Tubulação de retorno do gás para limpeza

A limpeza de condensados que se possam formar nos tubos de PEAD 63 mm horizontais em alguns trechos de menor pendente por eventual assentamento, é escoado por inversão do gás a partir das bombas de sopro no MPR, com a inversão da válvula de 3 vias.

Com efeito, a válvula de 3 vias de cada um dos 40 ramais liga uma das vias à tubulação de retorno (coletor de pressão) de 50 mm de aço inox AISI 316 L, que promove limpeza de condensados para evitar afetar alguma das linhas de gás vindas dos poços.

Segurança geral do contentor

A segurança no que respeita à presença de gases no interior do módulo MPR é realizada através de detetores de gás em cada uma das salas do contentor.

4.1.2.2.5 Sistema de queima centralizada

O queimador (flare) é centralizado para a queima do gás que vem do MPR, com capacidade de queima de fluxos de biogás de 40 a 425 Nm³/h com CH₄ ≥ 12%, a 1000°C com tempo de residência na chaminé de 0.3 segundos. Propõe-se uma solução de instalação do queimador sobre o contentor por ser mais eficiente, tem menores perdas e livre de condensados, mais seguro e proporcionar menor custo de manutenção.

O flare deve ter capacidade de queima reduzida de metano, tendo em conta a previsível diminuição do conteúdo de CH₄ com o tempo.

Trem da linha de entrada de gás completo: válvula manual, válvula de corte, manómetro, para-chamas, regulador de pressão de gás).

A

Figura 4.25 apresenta um contentor MPR com o queimador incorporado.

Figura 4.25 – Foto de um módulo compacto de medição, regulação e queima centralizada



Fonte: Autores (2022)

Painel de comando com todos os componentes de controle e segurança necessários (interruptor principal, seletor manual/externo/desligado, lâmpadas para funcionamento e avaria, grampos para sinal de arranque externo, grampos para "flare on" e "alarme"), que além disso serão registados nos módulos PLC, PC e SCADA para a globalidade da instalação.

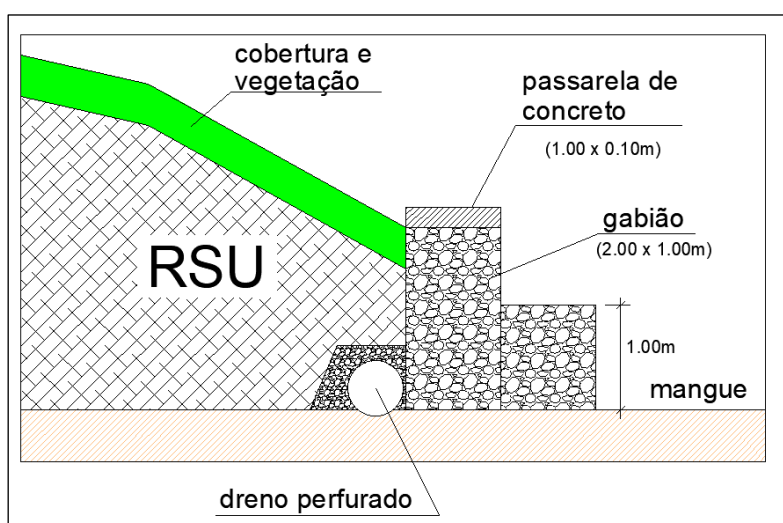
Nível de ruído: 60 dB a 15 metros de distância do queimador.

4.2 DRENAGEM DE LIXIVIADOS

A drenagem dos lixiviados tem um papel importante na eficácia da descontaminação da área, porque impede que o mesmo seja drenado para o exterior da projeção da área do maciço. Apesar dos resíduos no fundo da célula estarem sobre pressão das camadas superiores e o volume de vazios ser menor que em camadas superiores, há presença de líquido no fundo que tende a elevar o nível de líquido no maciço e diminuir espaços vazios nos resíduos para alojamento do biogás, que se acumulará. Ao se promover a drenagem com a extração por bombeamento, o nível de lixiviado diminui e promove o fluxo circundante a confluir em cada poço, aliviando a pressão para descarga no entorno.

A drenagem será vertical e horizontal. A drenagem horizontal a que se prevê no entorno do antigo lixão, confinando a área, via tubulação perfurada instalada em vala na cota inferior a base do lixão, conforme apresentado de forma ilustrativa na Figura 4.26.

Figura 4.26 – esquema da contenção periférica e dreno perimetral ao maciço



Fonte: Autores (2022)

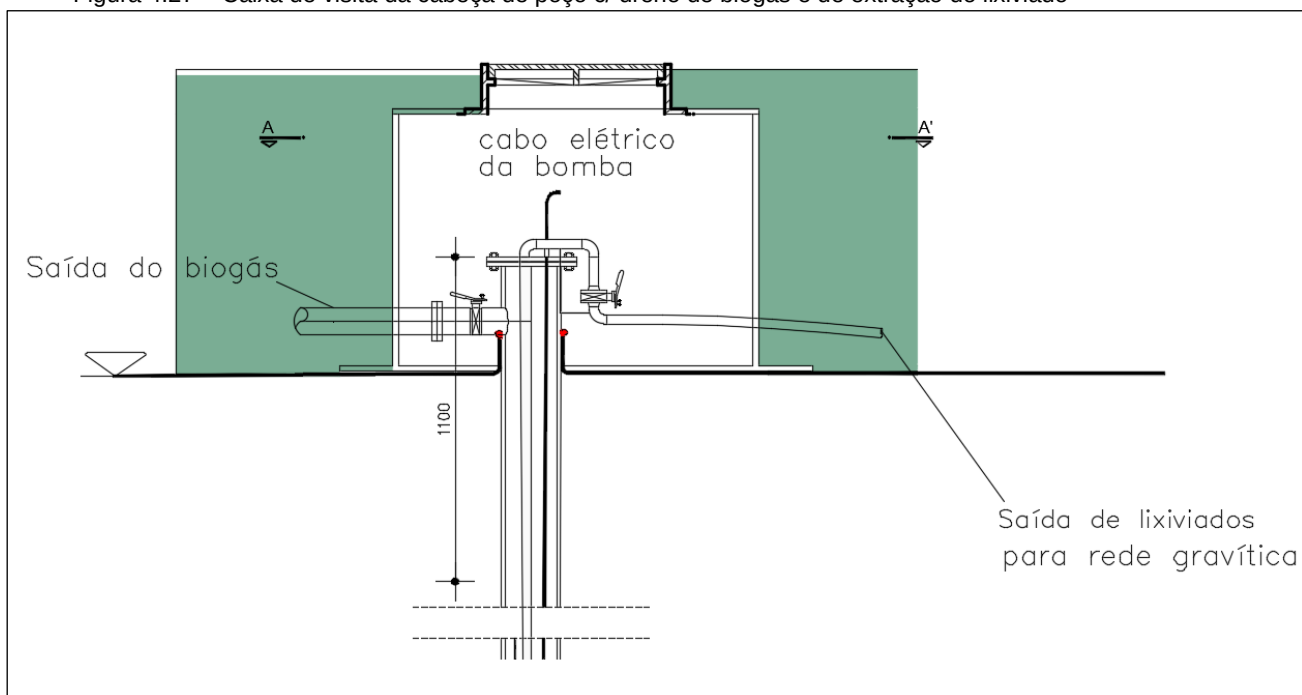
Na drenagem vertical de lixiviados será executada a rede de drenagem dos 23 poços, através de coletores que recebem os lixiviados provenientes dos ramais de extração por bomba submersível de furo no fundo do poço de biogás de modo a se processar escoamentos por gravidade para a rede drenante de superfície. Quando a rede não puder descarregar por gravidade, terá fim numa estação elevatória que eleva

o líquido a uma caixa de visita em cota superior para um percurso por gravidade até à nova estação elevatória que transporta o líquido para a ETE adjacente ao Roger. Foram traçados 3 coletores por gravidade de Ø 110 mm em PE100, PN10, Classe SDR 17.

Processo de extração do lixiviado

A rede de extração e encaminhamento de lixiviados dos poços é realizado através de ramais provenientes dos poços (Ø 32mm), que descarregam nos coletores de topo que permite o escoamento de forma gravítica até às Estações Elevatórias existentes, de onde posteriormente o lixiviado é encaminhado para a entrada da EE, para o devido tratamento.

Figura 4.27 – Caixa de visita da cabeça de poço c/ dreno de biogás e de extração do lixiviado



Fonte: Autores (2022)

4.2.1 BOMBAS SUBMERSÍVEIS DE FURO PARA LIXIVIADOS EM POÇOS DE BIOGÁS

Serão instaladas 23 bombas submersíveis elétricas de furo de poço de Ø 100mm para extração de lixiviados em todos os poços que farão a descarga do lixiviado no topo dos coletores principais instalados nas valas, com capacidade de bombear até 4m³/h e altura manométrica de 18 metros.

O escoamento é todo gravítico, a partir do topo dos poços e apenas será necessário 1 Estação Elevatória no final da rede de drenagem que encaminha o lixiviado para a ETE

da CAGEPA. A EE será equipada com conjunto de 2 bombas submersíveis para as vazões estabelecidas.

4.3 METODOLOGIA DE EXECUÇÃO DOS TRABALHOS

- A primeira etapa do trabalho é de topografia com a implantação e piquetagem das valas a serem abertas para a drenagem de biogás, lixiviados e instalação elétrica.
- Segue-se a decapagem de terras e armazenamento no local para posterior utilização
- Inicia-se depois a abertura das valas com as inclinações garantidas para evitar condensados em pontos baixos.
- Após abertura das valas inicia-se a instalação das tubagens de desgaseificação conforme traçado do projeto, que vai dos poços ao local do MPR.
- Construção da caixa de recepção das 15 linhas de biogás e fundações para o contentor do MPR nas proximidades da ETE do Roger.
- Execução dos 23 poços conforme descrito na MD.
- Instalação dos coletores principais de lixiviados e respectivos ramais a partir dos poços.
- Instalação das tubagens dos coletores e dos ramais do biogás.
- Instalação da manga de PEAD e a instalação da cablagem elétrica das bombas a instalar nos poços.
- Instalação e montagem do MPR e ligação das 15 linhas (23 poços).
- Ligação dos poços executados ao MPR ao queimador, que tem capacidade para queima de baixas vazões e baixos teores de CH_4 (12% mínimo).

4.4 CUSTOS

A estimativa de custos leva em consideração todos os itens referentes ao processo de desgaseificação forçada (ativa), sem consideração das movimentações de terras e resíduos em modelagem geométrica para realização das plataformas de implantação das edificações previstas no Plano de implantação do Parque socio ambiental, para que na comparação de alternativas seja equânime, uma vez que só se justificam estes gastos se a solução se encaminhar para a construção do Parque. Estes custos,

naturalmente foram incluídos na solução preconizada no Produto7. As alternativas de remoção de resíduos e de mineração, inviabilizam a construção do Parque e não terão estes custos.

A solução de degaseificação ativa terá um custo estimado, sem BDI, de R\$ 8.411.099,00, cujo resumo se apresenta no quadro a seguir.

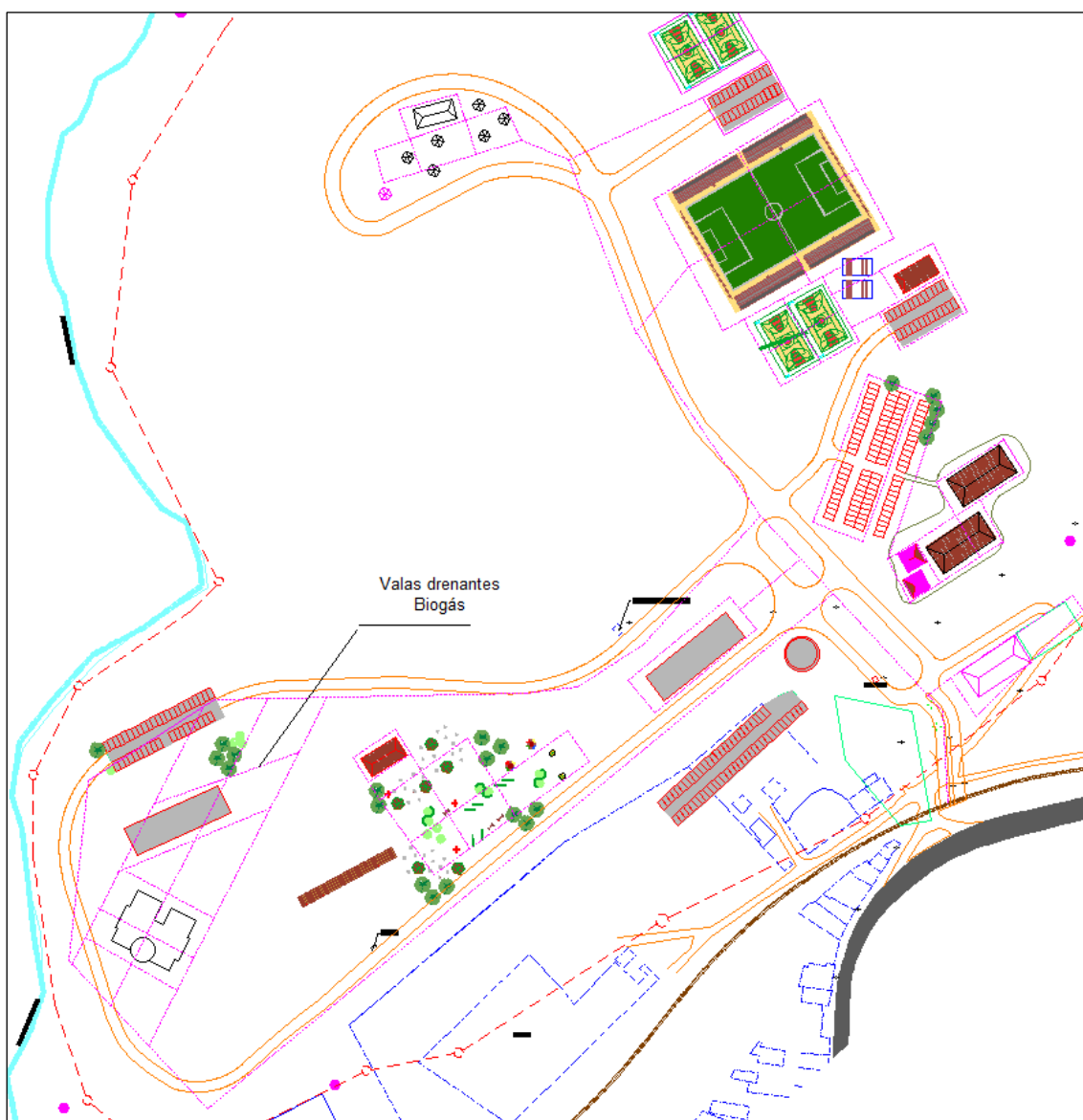
Tabela 4.3 – Resumo dos custos estimados da alternativa de desgaseificação forçada
Sem remoção de resíduos

Item	Descrição	Valor
1	Estaleiro de obra,	R\$ 180 000
2	Rede de captação de biogás e transporte do biogás ao MPR	
2.1	Poços de desgaseificação executados com perfuração rotativa 600mm de diâmetro, cabeça do poço e caixa de visita e proteção à cabeça do poço, enterrada	R\$ 922 649
2.2	Rede de tubulações enterradas	R\$ 522 657
2.3	Sistema de extração forçada, centralizada em contentor de 40', o módulo de pressão e regulação, com bombas, válvulas e flare e demais equipamentos de segurança	R\$ 4 220 534
2.4	Drenagem de lixiviados dos poços, com bombas elétricas de furo, submersíveis e tubulações de extração	R\$ 119 986
2.5	Rede de tubagem enterrada de 23 linhas de extração dos poços ao MPR	R\$ 331 300
3	Drenagem perimetral no sopé do maciço de resíduos, no contorno de toda a área e respetivos poços de visita e elevatória para a ETE da CAGEPA	R\$ 2 113 973
	Soma	R\$ 8 411 099

4.5 DESGASEIFICAÇÃO PASSIVA

A desgaseificação passiva é adotada quando as vazões de gases são baixas ou inexistentes, ou não constituam qualquer risco para a utilização do local. Apresenta-se, em tese, uma solução de desgaseificação passiva em que os drenos são realizados em vala escavada em média até 1,00m de profundidade (ou até aparecer o lixo) em trincheiras envolvidas o sobre os patamares e construções previstas para o parque, constituindo uma rede com 5.023m de vala drenante.

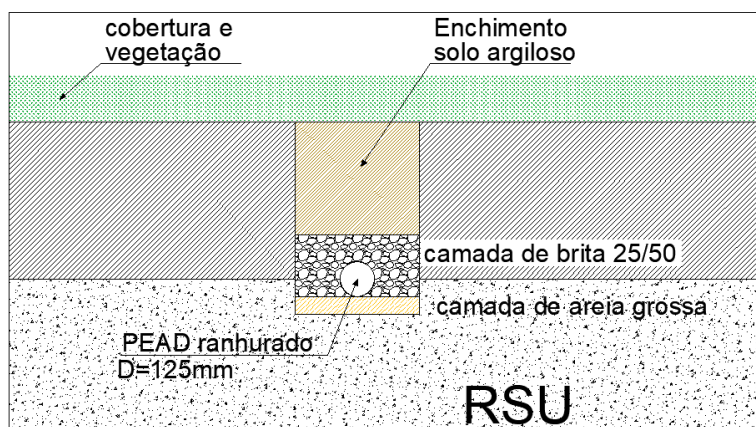
Figura 4.28 – Rede de drenagem do biogás em vala com 5.023 m de extensão



Fonte: autores, 2022

As valas têm 80 cm de largura e o tubo drenante é em PEAD Ø = 125mm ranhurado assente sobre camada de areia grossa de 20 cm em média, aplicada sobre um geotêxtil 400 g/m², de separação acima dos resíduos e envolta por brita 25/50mm até 30 cm acima da geratriz do tubo (Figura 4.29).

Figura 4.29 – Estratigrafia de uma vala drenante de gases no Lixão



Fonte: autores, 2022

Modo de execução das valas

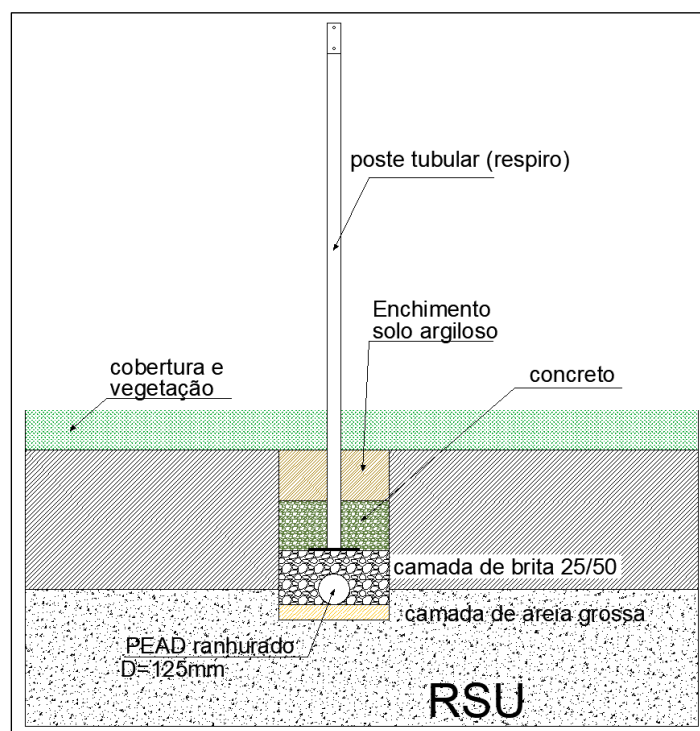
As valas são escavadas nos alinhamentos indicados na planta do projeto, com balde de 80 cm, removendo a camada de terras de cobertura do lixão até atingir os resíduos, podendo mesmo remover uma camada superficial de resíduos, seguindo-se as seguintes etapas:

- Aplicação de uma manta de geotêxtil de 400 g/m² com largura de 3.00m de separação sobre os resíduos;
- Aplicação de camada de areia grossa para cama do tubo drenante;
- Instalação do tubo de PEAD 125mm ranhurado sobre a areia;
- Preenchimento da vala envolvendo o tubo e até 30 cm da geratriz superior do tubo com brita 25/50;
- Encerramento da zona drenante com o envelopamento feito com o geotêxtil;
- Preenchimento do restante da vala até 15 cm da superfície com solo argiloso, bem compactado;
- Fecho da vala com 15 cm de terras pretas para base do coberto vegetal.

Nos pontos indicados na planta, serão instalados 52 respiros em postes tubulares de ferro galvanizado pintado, de diâmetro de 100mm e de 6,00m de altura, aplicados sobre a brita das valas de modo a receber gases provenientes das valas, que funcionam como

zonas de descompressão que facilita o escoamento do biogás eventualmente comprimido abaixo da camada de solo de cobertura do lixão.

Figura 4.30 – Detalhe da instalação do poste sobre a brita da vala drenante



Fonte: autores, 2022

4.5.1 CUSTOS

A estimativa de custos para a alternativa de requalificação com desgaseificação passiva é de R\$ 3.308.630,00, com a seguinte distribuição parcial:

Item	Descrição	Valor
1	Estaleiro de obra,	R\$ 180 000
2	Rede de DRENAGEM PASSIVA DO BIOGÁS	
2.1	Rede de drenagem em vala drenante com tubo ranhurado envolto em brita em vala horizontal no topo do maciço	R\$ 1 014 657
3	Drenagem perimetral no sopé do maciço de resíduos, no contorno de toda a área e respectivos poços de visita e elevatória para a ETE da CAGEPA	R\$ 2 113 973
Soma		R\$ 3 308 630

5 ALTERNATIVA DE REMOÇÃO DOS RESÍDUOS

A alternativa de remoção dos resíduos é utilizada quando temos um volume pequeno a ser transportado e alturas de lixo também pequenas para escavação ou, em caso de o local do lixão poder afetar lençol freático importante para o abastecimento público.

A remoção integral pressupõe remover todos os resíduos dispostos no lixão e a remoção parcial dos resíduos do lixão pressupõe que permanecem no local os resíduos das Células 1 e 2 que foram objeto de operação de remediação no passado, e remover apenas os resíduos das células 3, 4, e 5. Em qualquer destas alternativas há operações a serem realizadas ao mesmo tempo em dois locais diferentes: (i) o antigo lixão do Roger existe a escavação e carga dos resíduos e (ii) no local onde se constrói uma célula para receber os resíduos, em que se processa a descarga e compactação dos resíduos. Da pesquisa por locais emerge um local adjacente ao atual aterro sanitário de João Pessoa, a 20 km do Roger, por se traduzir em sinergia com o atual aterro e se obter ganho de escala econômica. Poderá ser outro local semelhante, a ser disponibilizado pela Prefeitura de João Pessoa. Assim, no lixão haverá escavações e carga de caminhões que transportam os resíduos para a nova célula onde se procede ao espalhamento, compactação e demais operações de aterro sanitário (gestão de lixiviados e de biogás), até terminar totalmente a operação de remoção dos resíduos do antigo lixão.

Principais impactos ambientais esperados

A alternativa de remoção de resíduos comporta diversos impactos, de que se destacam:

- Liberação de gases de efeito de estufa que estão armazenados no maciço, nos interstícios dos resíduos;
- Liberação de poeira durante a escavação e o transporte;
- Possível aumento de casos de doenças respiratórias no entorno na área, devido a liberação de gases e poeiras;
- Liberação de materiais leves levados pelo vento que não podem ser controlados na operação;

- Liberação de roedores que vivem no maciço por expulsão devido às máquinas de escavação e provável migração para junto ou mesmo para as casas adjacentes ao antigo lixão;
- Ruído das máquinas e caminhões durante as 8 horas de trabalho;
- Para a remoção total dos resíduos, a emissão de gases pelas máquinas e pelos 30 caminhões (240 viagens por dia nos dois sentidos);
- Para a remoção total dos resíduos, poderá ocorrer o atraso de mais de 7 anos para a construção de um parque socioambiental para a população e para a solução de remoção parcial de resíduos, este tempo seria de aproximadamente 3 anos e 10 meses de atraso na construção do parque.

5.1 ALTERNATIVA DE REMOÇÃO TOTAL DOS RESÍDUOS

A alternativa de remoção dos resíduos do antigo lixão pressupõe a seleção de um local, que se admitie para o estudo da viabilidade, ser adjacente ao atual aterro sanitário de João Pessoa, para a construção de uma célula de aterro com a área necessária ao recebimento dos resíduos existentes no antigo lixão do Roger, por constituir uma sinergia com ganhos econômicos ao ser gerido junto ao aterro.

Figura 5.1 – Localização Potencial de área para uma célula de recebimento dos resíduos do antigo lixão do Roger – Aterro Sanitário Metropolitano



Fonte: Google Earth, autores, 2022

Teve-se em consideração os resíduos descartados no Lixão conforme dados disponibilizados pela EMLUR, que se reproduz na Tabela 5.1.

Tabela 5.1 – Resíduos descartados no lixão do Roger, segundo dados da EMLUR

ANO	POP. JP	Tx cresc. Pop	TON/DIA	TOTAL RSU (t)	cap (kg/hab.dia)
1970	228 418	5.9%	184	67 160	0.81
1971	237 648	4.0%	184	67 160	0.77
1972	247 250	4.0%	194	70 725	0.78
1973	257 241	4.0%	204	74 479	0.79
1974	267 635	4.0%	215	78 433	0.80
1975	278 450	4.0%	227	82 771	0.82
1976	289 701	4.0%	239	87 348	0.82
1977	301 407	4.0%	253	92 179	0.84
1978	313 586	4.0%	267	97 277	0.85
1979	326 257	4.0%	282	102 766	0.86
1980	329 945	1.1%	297	108 564	0.90
1981	342 911	3.9%	305	111 268	0.89
1982	358 700	4.6%	322	117 408	0.90
1983	374 537	4.4%	342	124 775	0.91
1984	390 342	4.2%	363	132 620	0.93
1985	406 088	4.0%	385	140 666	0.95
1986	421 695	3.8%	408	148 906	0.97
1987	437 072	3.6%	431	157 311	0.99
1988	452 129	3.4%	454	165 847	1.00
1989	466 803	3.2%	480	175 027	1.03
1990	481 120	3.1%	505	184 327	1.05
1991	497 600	3.4%	531	193 757	1.07
1992	506 980	1.9%	560	204 440	1.10
1993	526 089	3.8%	582	212 262	1.11
1994	531 431	1.0%	617	225 257	1.16
1995	536 639	1.0%	636	232 261	1.19
1996	549 363	2.4%	656	239 395	1.19
1997	562 274	2.4%	686	250 337	1.22
1998	573 142	1.9%	717	261 723	1.25
1999	584 032	1.9%	750	273 863	1.28
2000	597 934	2.4%	785	286 468	1.31
2001	607 440	1.6%	825	301 165	1.36
2002	619 052	1.9%	860	314 008	1.39
2003	628 837	1.6%	900	328 500	1.43

A quantidade de resíduos desde o início foi estimada com base na população, através de regressão linear e dados dos censos de 1950 e 1960 e dados de descarte de 1970 a 2003, como já se fez referência.

Principais dados de base para o dimensionamento da operação de transferência dos resíduos do Roger para a nova célula estão na Tabela 5.2.

Após longo tempo os resíduos vão-se decompondo, em particular a matéria orgânica, estimando-se que a perda seja de 50% da matéria orgânica in natura, estimada em torno de 60%, ao mesmo tempo que se vai compactando com o tempo por

ação direta da carga das sucessivas camadas e pela ocupação dos interstícios no maciço de resíduos pelos finos resultantes da degradação e ação da percolação de águas pluviais, o que se traduzirá em diminuição de volume e de massa. Ao ser escavado o resíduos, o volume aumenta fruto do fator de empolamento, estimado em 30%. No transporte do lixão ao novo local de disposição, a massa específico é de cerca de 600 kg/m³. Na nova célula os resíduos são compactados e a massa específica do resíduos na célula será de 1,1 t/m³, porque os resíduos estão mais estabilizados e uniformemente umedecidos tornando-se de mais eficaz a compactação.

Tabela 5.2 – Dados de base e cálculos da alternativa remoção dos resíduos

Designação	unid	Células 1 a 5
área		309 000
Resíduos descartados nas células	t	6 236 766
Taxa de compactação na operação	t/m ³	1.00
Volume ocupado no lixão	m ³	6 236 766
Perda c/ degradação Matéria Orgânica (t)	30%	2 494 706
Terras de cobertura	%	5%
Volume de terras estimado	m ³	194 899
Massa de resíduos com degradação da MO	t	3 742 060
Taxa de compactação adicional c/o tempo	t/m ³	1.3
Volume total ocupado no lixão	m ³	3 028 430
Altura média atual no lixão	m	9.80
Fator de empolamento na escavação	%	20%
Volume de escavação de resíduos	m ³	3 028 430
Volume de resíduos a transportar	m ³	3 634 115
Massa específica resíduo transportado	t/m ³	0.60
Taxa de compactação na célula de destino	t/m ³	1.1
Volume na nova célula de destino	m ³	1 982 245

O volume na nova célula é cerca de 65% do que o observado no lixão do Roger após o encerramento (com perdas e compactação e recalques com o tempo).

5.1.1 CÁLCULO DA CÉLULA PARA RECEBER OS RESÍDUOS

Para o dimensionamento da célula pressupõe-se que haverá um compromisso de escavação de modo a se obter o volume de terras necessário para a operação de disposição dos resíduos na célula. Por outro lado, considera-se que na operação de aterramento os resíduos sejam conformados em taludes exteriores de 1:2, através de diques perimétricos com seção trapezoidal e os adicionais presupostos:

- Altura máxima de exploração da célula acima do solo: 24 metros;
- Taxa de compactação de 1100 kg/m³, dado o estado de degradação que se encontram os resíduos;
- Configuração retangular com o comprimento igual a duas vezes a largura (apenas para determinação da área média).

1) Cálculo da área média de ocupação do aterro (A_{med}), assumindo uma altura média (h_{med}) de 24 m é dado pela razão entre o Volume de RU (V_{RU}) no aterro e a altura média:

$$A_{med} = \frac{V_{RU}}{h_{med}}$$

$$A_{med} = \frac{1982245}{24} = 82584 \text{ m}^2$$

Admitindo que é um retângulo com comprimento igual ao dobro da largura (apenas para este efeito), teremos a largura dada pela seguinte expressão:

$$a = \sqrt{\frac{A_{med}}{2}}$$

$$a = \sqrt{82584/2}$$

$a = 203 \text{ m}$, logo, o comprimento será $= 2 \times a$, ou seja, $2 \times 203 = 406,00 \text{ m}$

$b = 406 \text{ m}$.

A estas dimensões se acrescenta a sobrelargura decorrente da exploração com talude de 1:2, que é igual à altura, como se mostra na

Figura 5.2 a seguir:

Figura 5.2 – Corte longitudinal para determinação otimizada das dimensões da célula

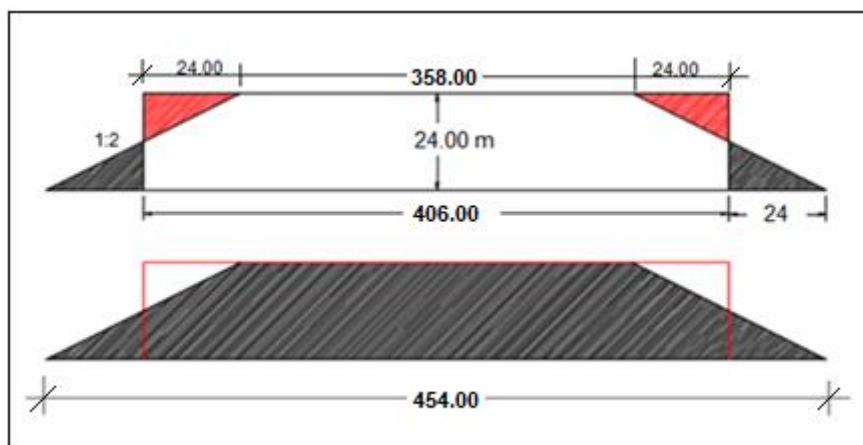
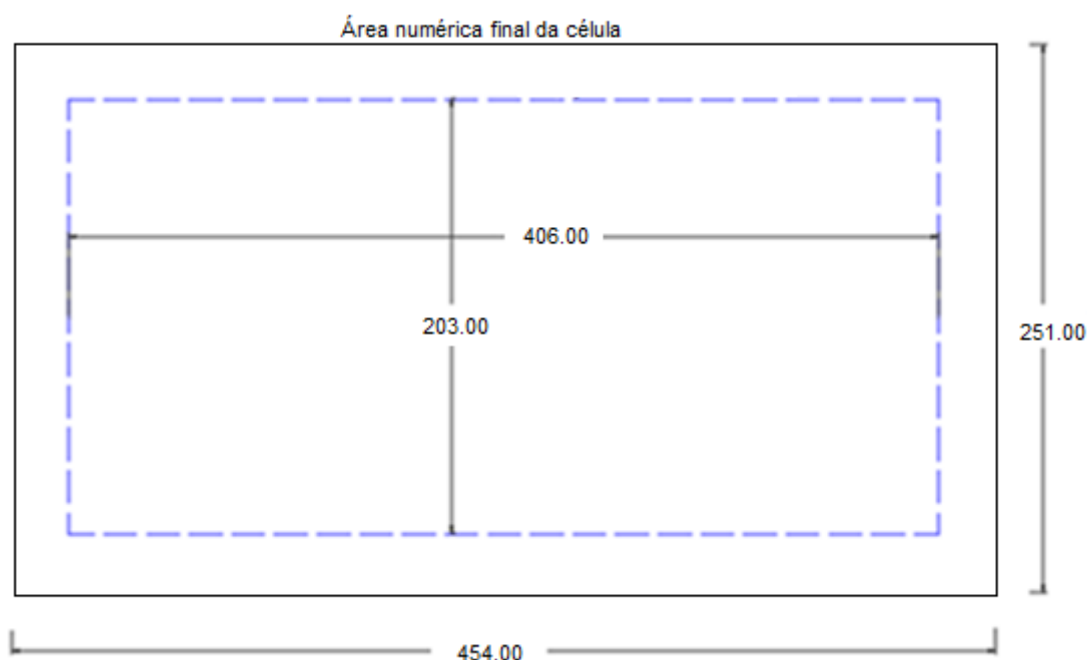


Figura 5.3 – Planta com dimensões da área média e área final (modelo geométrico).



Fonte: Autores, 2022

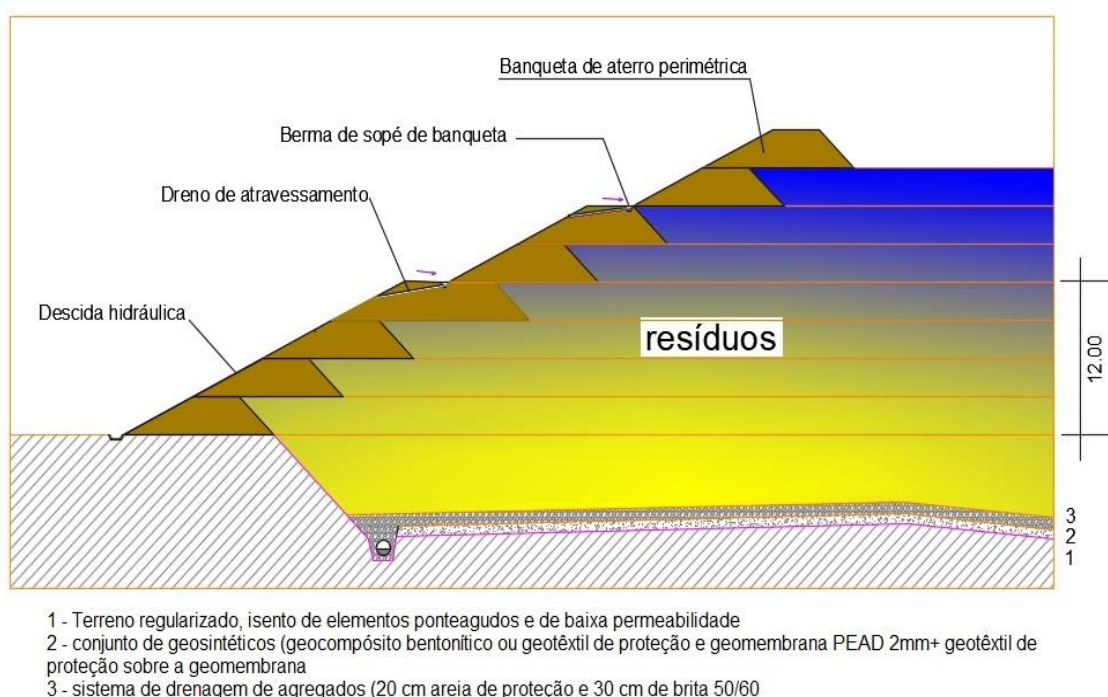
Deve realçar-se que a forma geométrica regular é apenas para determinação da área superficial necessária, uma vez que na implantação deve ser levado em consideração a topografia e a envolvente para que o formato da célula seja o mais parecido com uma elevação natural, ou seja, a sua superfície será irregular e com arredondamentos, evitando-se arestas denunciadoras de artificialização.

As terras necessárias para a operação da célula são as terras de cobertura diária no topo da frente de trabalho e para os diques perimétricos. Nesse sentido a escavação

será até à profundidade necessária à obtenção do volume de terras necessário, evitando a utilização de uma área virgem de empréstimo de terras.

Admitindo que o volume de terras para operar a célula seja de 10% do volume de resíduos, o volume de terras necessário é de 198.224 m³. A escavação a ser realizada de modo a se obter o volume necessário sem uso de área de empréstimo é a que resulta da escavação na área superficial da célula (volume de terras/área superficial): $198\,224/114\,161 = 1.70\text{m}$ de profundidade de escavação. Na Figura 5.4 se apresenta um corte com a seção transversal dos diques perimétricos, que se sugere para a operação de confinamento dos resíduos na célula.

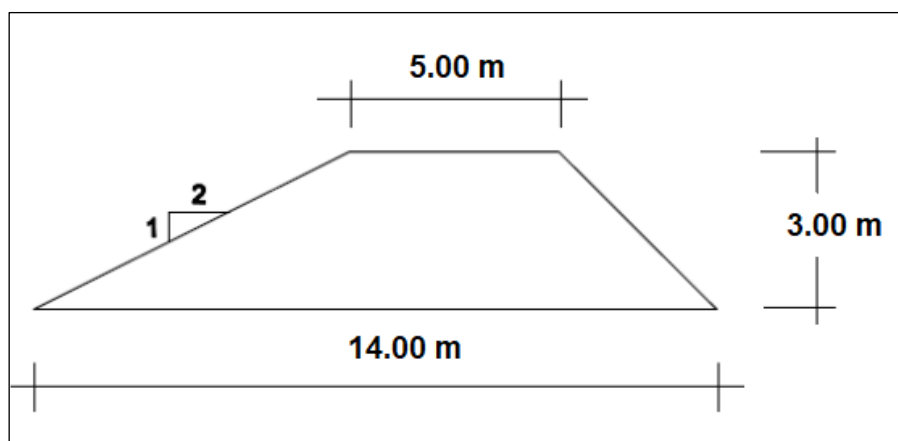
Figura 5.4 – Modelo conceptual de operação do aterro: dique perimétrico de contenção.



Fonte: Autores, 2022

Na Figura 5.5 mostra-se a seção transversal do dique perimétrico da célula para confinamento completo dos resíduos após emergir a superfície do aterro.

Figura 5.5 – Seção transversal do dique perimétrico.



Fonte: Autores

A área líquida necessária para a implantação da célula de disposição dos resíduos transferidos do Roger é de 11,4 hectares.

5.1.2 OPERAÇÃO DE TRANSFERÊNCIA DOS RESÍDUOS

A operação de transferência de resíduos inicia-se com a escavação dos resíduos através de escavadeira hidráulicas giratórias de grande capacidade e de caminhões de caixa basculante de 30 m³ para carga e transporte ao local da célula para descarga, realizando 4 viagens por dia.

Na célula nova estarão a operar 2 compactadores espalhadores e um trator buldozer de esteiras, tipo CAT D6, que procedem ao espalhamento dos resíduos e a compactação.

Dados e cálculos:

Designação	unidade	quantidade
Volume de resíduos	m ³	3 634 115
caminhões basculantes	nº	30
Capacidade dos caminhões	m ³	30
Viagens por dia p/ caminhão		4
nº total de viagens		121 137
Volume transportado por dia	m ³	3600
Tempo de operação	dia	1 009
	anos	3.1
Compactador/espalhador	Nº	6
Período de trabalho por dia	horas	8
Capacidade de escavação por hora	m ³ /h	400
Rendimento da escavadeira giratória	m ³ /h	70
Nº de escavadeiras giratórias		7

Equipamentos previstos:

Para a operação de escavação dos resíduos, carga e transporte até nova área são necessários 30 caminhões de 30 m³, 7 escavadeiras hidráulicas giratórias de balde de 1.2 m³. Esta operação de transferência terá uma duração de cerca de 3,1 anos, em que cada caminhão faz 4 viagens por dia em horário de trabalho de 8 h/dia, para não perturbação da vida na comunidade.

No local de disposição, a célula de aterro, serão necessários 6 equipamentos, sendo 4 compactadores/ espalhadores de resíduos articulados e dois tratores de esteiras (bulldozer) tipo CAT D6 ou superior, para as operações de receção dos resíduos e a devida operação de espalhamento e compactação. Para transporte de terras para as atividades de cobertura diária prevê-se dois caminhões articulados tipo Dumper de 15 m³.

Figura 5.6 – Equipamentos recomendados para a operação na nova célula



5.1.3 EMISSÕES GASOSAS EMITIDAS EM EQUIVALENTE DE CO₂

O cálculo das emissões gasosas emitidas foi realizada de acordo com a metodologia proposta pelo IPCC, em *"Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories – The Reference Manual – Volume 3 – Energy"*, onde considera-se a emissão devido ao transporte dos resíduos para nova área e as emissões devido os equipamentos de espalhamento e compactação dos resíduos na nova área.

a) Cálculo das emissões proveniente do transporte dos resíduos

- Distância percorrida pelos caminhões em 121.137 viagensx45 km = 5.451.173 km (remoção total dos resíduos).
- Emissão de CO_{2eq} por km: 770 g/km ¹

Resultado: Emissão provenientes do transporte= 4.197 toneladas de CO_{2 eq}.

b) Cálculo das emissões proveniente das atividades de espalhamento e compactação dos resíduos na nova área:

Emissão dos equipamentos de espalhamento e compactação

Máquinas pesadas	Quant	L/h	nº horas
1 - Compactador de Resíduos Pés de Carneiro	4	40	8 076
2 - Trator de Rastos Bulldozer (D6)	2	25	8 076
3 - Camião Articulado (DUMPER)	2	15	8 076
4 - Escavadora de Rastos Hidráulica (GIRATÓRIA)	7	19	8 076

Resultado: Consumo de combustível diesel: 2 891 141 litros

Cada litro de diesel emite 2,6 kg CO_{2eq}

Emissão de CO_{2 eq} na operação da célula de resíduos = 7 517 toneladas de CO_{2eq}

Emissão total (escavação e transporte de resíduos) = 11 714 t CO_{2eq}.

¹ Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories – The Reference Manual – Volume 3

5.1.4 CUSTOS

Os levantamentos de quantidades foram realizados com base no projeto preliminar e encontram-se em anexo. Apresenta-se o resumo dos principais capítulos da construção da nova célula e seu enchimento com resíduos do Roger e o seu encerramento.

Tabela 5.3 – Resumo dos custos da solução de remoção total de resíduos

Remoção completa	Remoção Total
Projeto executivo	R\$ 456 644
Drenagem de nascentes e surgências	R\$ 1 073 589
Terraplenagens	R\$ 1 049 710
Impermeabilização de fundo	R\$ 7 243 228
Drenagem de lixiviados e biogás na base	R\$ 4 900 005
Impermeabilização de taludes	R\$ 649 727
Lagoas de lixiviados	R\$ 345 720
Drenagem de AP exteriores à célula	R\$ 190 735
Rede de captação do biogás	R\$ 3 128 400
Flare de queima do biogás	R\$ 605 000
Encerramento da célula	R\$ 3 946 812
CUSTO TOTAL da Célula + encerramento	R\$ 23 589 571

Operação de escavação, carga e transporte dos resíduos do lixão do Roger até à nova célula

Tabela 5.4 – Resumo total da operação: transferência do Roger e operação na célula

Escavação no Roger	R\$ 39 223 197
Transporte de resíduos do Roger p/ nova célula a 20 km	R\$ 19 253 544
Espalhamento e compactação de resíduos na célula	R\$ 8 111 346
Mão de obra p/ operação em 3,7 anos	R\$ 7 097 041
Construção e remoção dos resíduos (CAPEX)	R\$ 97 274 698
Instrumentação, manutenção pós-encerramento e monitoramento tratamento lixiviados pós encerramento (20 anos)	R\$ 8 232 573
	R\$ 35 040 000
TOTAL (CAPEX E OPEX) 3,7 anos	R\$ 140 547 271
Rácios da alternativa:	
Rácio construção aterro por tonelada	R\$ 6.49
Rácio da escavação e transporte por t	R\$ 16.09
Rácio total da operação por tonelada	R\$ 38.67

5.2 ALTERNATIVA DE REMOÇÃO PARCIAL DOS RESÍDUOS

Esta opção prevista no TR, pressupõe que os resíduos dispostos nas células 1 e 2, objeto de operação de remediação, permaneçam no local, sendo apenas removidos e transportados os resíduos dispostos nas células 3, 4 e 5.

A operação é similar à remoção total, apenas com a diferença nas quantidades a escavar e a transportar, bem como em consequência, a dimensão e custo da célula para receber os resíduos.

A Tabela 5.5 apresenta os cálculos dos volumes de resíduos a serem escavados no antigo lixão do Roger e a transportar para nova célula.

Tabela 5.5 – Dados e cálculos de resíduos das células 3,4, e 5 do ex-lixão do Roger

Designação	unid	Célula 3,4,5
área		232 100
Resíduos descartados nas células	t	4 677 574
Taxa de compactação na operação	t/m ³	1.00
Volume ocupado no lixão	m ³	4 677 574
Perda c/ degradação Matéria Orgânica (t)	30%	1 871 030
Terras de cobertura	%	5%
Volume de terras estimado	m ³	233 879
Massa de resíduos com degradação da MO	t	2 806 545
Taxa de compactação adicional c/o tempo	t/m ³	1.3
Volume total ocupado no lixão	m ³	2 392 759
Altura média atual no lixão	m ³	10.31
Fator de empolamento na escavação	%	20%
Volume de escavação	m ³	2 392 759
Volume a transportar	m ³	2 871 311
Massa específica resíduo transportado	t/m ³	0.60
Taxa de compactação na célula de destino	t/m ³	1.1
Volume na nova célula de destino	m ³	1 566 170

A área da nova célula necessária para a disposição dos resíduos das células 3 a 5 é de 93.358 m², com a mesma fundamentação do que foi produzido para a remoção das 5 células do antigo lixão do Roger.

Operação de transporte e disposição dos resíduos na nova célula

Apresenta-se a seguir o cálculo da operação de escavação e de transporte dos resíduos à nova célula, envolvendo o volume das atuais células 3,4 e 5 do maciço no ex-lixão do Roger, a ser escavado, carregado em caminhões de grande capacidade e transporte e, na nova célula, a descarga, espalhamento e compactação.

Tabela 5.6 – Dados e cálculo do volume de resíduos a escavar e dispor em nova célula

Designação	unidade	células 3,4 e 5
Volume de resíduos	m ³	2 658 199
caminhões basculantes	nº	30
Capacidade dos caminhões	m ³	30
Viagens por dia p/ caminhão		4
nº total de viagens		88 607
Volume transportado por dia	m ³	3600
Tempo de operação	dia	738
	anos	2.2
Compactador/espalhador	nº	6
Período de trabalho por dia	horas	8
Capacidade de escavação por hora	m ³ /h	400
Rendimento da escavadeira giratória	m ³ /h	70
Nº de escavadeiras giratórias		7

Os impactos são similares aos que se tem com a remoção integral de todos os resíduos, diferindo a quantidade, que neste caso é menor, resultando em 2 anos e 4 meses de operação quer no antigo lixão, quer na nova célula.

5.2.1 CUSTOS

Os custos repartem-se exatamente como a remoção total dos resíduos, entre a escavação dos resíduos no lixão a sua carga em caminhões e transporte até à nova célula, para serem espalhados e compactados e, finalmente, se proceder ao encerramento da célula e monitoramento por 20 anos, como prevê a legislação.

Tabela 5.7 – Resumo dos custos de construção e encerramento da nova célula de aterro sanitário

Remoção completa	Remoção células 3,4,5
Projeto executivo	R\$ 351 616
Drenagem de nascentes e surgências	R\$ 826 664
Terraplenagens	R\$ 808 277
Impermeabilização de fundo	R\$ 5 577 286
Drenagem de lixiviados e biogás na base	R\$ 3 773 004
Impermeabilização de taludes	R\$ 500 290
Lagoas de lixiviados	R\$ 266 204
Drenagem de AP exteriores à célula	R\$ 146 866
Rede de captação do biogás	R\$ 2 408 868
Flare de queima do biogás	R\$ 465 850
Encerramento da célula	R\$ 3 039 045
TOTAL NOVA Célula	R\$ 18 163 970

Resumo dos custos da remoção dos resíduos do Roger:

Escavação no Roger	R\$ 30 201 862
Transporte de resíduos do Roger p/ nova célula a 20 km	R\$ 14 825 229
Espalhamento e compactação de resíduos na célula	R\$ 6 245 736
Mão de obra p/ operação em 2.8 anos	R\$ 5 464 721
Construção e remoção dos resíduos (CAPEX)	R\$ 74 901 518
Instrumentação, manutenção pós-encerramento e monitoramento	R\$ 6 339 081
tratamento lixiviados pós encerramento	R\$ 26 980 800
Total da operação de escavação dos resíduos, construção célula, disposição e encerramento	R\$ 108 221 399

Os rácios são similares aos da remoção total dos resíduos, porque há proporcionalidade total dos custos dado que apenas diferem as quantidades.

5.2.2 EMISSÕES GASOSAS EMITIDAS EM EQUIVALENTE DE CO₂

O cálculo das emissões gasosas emitidas foi realizada de acordo com a metodologia proposta pelo IPCC, em *"Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories – The Reference Manual – Volume 3 – Energy"*, onde considera-se a emissão devido ao transporte dos resíduos para nova área e as emissões devido os equipamentos de espalhamento e compactação dos resíduos na nova área.

c) Cálculo das emissões proveniente do transporte dos resíduos

- Distância percorrida pelos caminhões em 88 607 viagens x 45 km = 3.987.299 km (remoção total dos resíduos).
- Emissão de CO_{2eq} por km: 770 g/km

Resultado: Emissão provenientes do transporte= 3.070 toneladas de CO_{2eq}.

d) Cálculo das emissões proveniente das atividades de espalhamento e compactação dos resíduos na nova área:

Emissão dos equipamentos de espalhamento e compactação

Máquinas pesadas	Quant	L/h	nº horas
1 - Compactador de Resíduos Pés de Carneiro	4	40	5 907
2 - Trator de Rastos Bulldozer (D6)	2	25	5 907
3 - Camião Articulado (DUMPER)	2	15	5 907
4 - Escavadora de Rastos Hidráulica (GIRATÓRIA)	7	19	5 907

Resultado: Consumo de combustível diesel: 2 114 745 litros

Cada litro de diesel emite 2,6 kg CO_{2eq}

Emissão de CO₂ eq na operação da célula de resíduos = 5 498 toneladas de CO_{2eq}

Emissão total (escavação e transporte de resíduos) = 8 568 t CO_{2eq}.

6 ALTERNATIVA DE MINERAÇÃO DOS RESÍDUOS (LANDFILL MINING)

A terceira alternativa, corresponde à mineração (landfill mining), com o intuito de valorizar os resíduos escavados. Deste modo, há a escavação para alimentar o sistema de segregação mecânica dos resíduos, procedendo-se à separação de materiais recicláveis (normalmente metais e plásticos), os solos, materiais orgânicos já degradados e refugos com PCI compatível com Combustível Derivado de Resíduos (CDR), para recuperação de energia. Esta técnica é a mais complexa e apesar de existir desde a década de 50, não foi implantada até o momento no Brasil. A complexibilidade desta técnica baseia-se na necessidade de estudos mais detalhados sobre os resíduos que ainda podem ser utilizados na reciclagem, quantidade material disponível para CDR, estudos de viabilidade econômica tanto para os possíveis recicláveis quanto para o CDR gerado, bem como o tempo necessário para a mineração dos resíduos.

A mineração de resíduos (Landfill Mining) é um conjunto de ferramentas tecnológicas que vem sendo aprimorada desde a década de cinquenta e tem como foco principal a remediação e reabilitação de lixões, redução da poluição, bem como a recuperação dos resíduos e gases como recursos (BURLAKOV et al., 2017). Portanto, a ideia básica da mineração em aterros é de fazer o lixo recircular economicamente, o que significa que os aterros não são mais considerados como local final de depósito, mas sim como um local temporário onde os materiais são estocados até o momento em que seu uso sustentável seja possível (ULMANS, 2011).

A EURELCO (<https://eurelco.org>) identificou na Europa cerca de 500 mil locais de disposição de resíduos, a maioria desativados, operacionalizados antes da aprovação da Diretiva Aterros de 1999, não passando de lixões. Justamente a existência de tantos locais destes impulsionou esta organização em apoiar a recuperação de recursos em antigos lixões, como se fosse uma nova mineração urbana, no que designou de "Mineração de Aterro Aprimorada", em tradução livre, atuando junto da União Europeia.

A EURELCO define a Mineração de Aterro Aprimorada como "a exploração segura, condicionamento, escavação e valorização integrada de fluxos de resíduos (históricos, presentes e/ou futuros) depositados em aterros, tanto como materiais (Waste-to-Material) quanto energia (Waste-to-Energy), utilizando tecnologias de transformação inovadoras e respeitando os mais rigorosos critérios sociais e ecológicos." A ELFM faz parte de uma visão mais ampla de economia circular e é perfeitamente complementar à mineração urbana e à reciclagem em geral.

As principais atividades referentes a mineração de aterros (Landfill Mining) são a escavação, o transporte e a segregação das frações dos resíduos. Na escavação geralmente utiliza-se retroescavadeiras, o transporte pode ser feito usando caminhões basculantes ou reboques puxados por trator. A segregação consiste na separação da fração de solo e compostos grossos. Em seguida, a fração grosseira passa por um eletroímã para separar a fração ferrosa. O restante da fração grosseira (sem a fração ferrosa), é encaminhada para um classificador de densidade para separar as partículas mais densas, como metais, madeira, vidro, borracha e plástico volumétrico sólido, daquelas com baixas densidades, como filmes plásticos, têxteis, couro e papel (DUBEY; CHAKRABARTI; PANDIT, 2016).

A Alemanha tem uma grande experiência Landfill Mining. De acordo com Zeiner et al (2017) em *“Mining of Municipal Solid Waste Landfills: reduction of masses to be landfilled by treatment of the fine fraction”*, a mineração nos aterros vem sendo aplicada por mais de 60 anos em diferentes escalas, pelo mundo todo. Existem inúmeras razões para a prática da mineração de aterros, cujos motivos têm mudado ao longo dos anos.

A mineração de resíduos ainda é uma técnica pouco utilizada, porém desenvolvida em vários locais do mundo em particular para recuperar áreas para aterros novos, ganho de áreas ou recuperação de áreas para outros fins. Porém, esta técnica começa a ter uma maior atenção como meio de recuperação de recursos (incluindo terras raras e metais raros), constituindo-se em uma metodologia de implementação da economia circular.

Os primeiros projetos de mineração de aterros foram impulsionados por questões de poluição local ou devido à dificuldade de obter permissão para operar novos aterros e não pela necessidade de recuperar materiais aterrados como recursos secundários (VAN DER ZEE *et al.*, 2004).

Para reduzir a quantidade de resíduos acumulados nos lixões e recuperar o local para outros fins, os órgãos municipais estão lutando com a recuperação de lixões com enorme quantidade de resíduos de décadas (SOMANI *et al.*, 2018).

Segundo VAN VOSSEN & PRENT (2011) a mineração dos resíduos não possui viabilidade econômica por si só, pois os benefícios resultantes da reciclagem da fração calorífica do lixo e dos metais não são suficientes para equilibrar os custos com a própria mineração. Ainda do ponto de vista econômico, apenas a consideração de outros

benefícios, tais como, menores custos no pós-tratamento do aterro e um valor maior do espaço dos aterros, são vantajosos.

A maioria dos projetos de mineração de aterro realizados até agora se concentrou na recuperação do material grosso, enquanto a fração fina foi reaterrada sem nenhum tratamento (WANKA *et al.*, 2017). O desenvolvimento de métodos de separação e extração econômicos para recuperar materiais da fração fina, representando até 50% do corpo de um aterro antigo, é, portanto, de fundamental importância (BHATNAGAR *et al.*, 2017; QUAGHEBEUR *et al.*, 2012).

Além disso, é vital considerar as condições específicas do local. Por exemplo, deve-se decidir se tratar a fração de resíduos combustíveis no local (e, em caso afirmativo, qual tecnologia usar) ou exportá-la para uma planta já existente fora do local (FORD *et al.*, 2013). No caso de aterros menores a serem minerados, Fisher e Findlay (1995) sugerem a seleção de um aterro como um ponto central para outros aterros próximos para hospedar equipamentos de escavação e peneiramento, fazendo uso de economia de escala. As preocupações dos moradores locais geralmente decorrem do aumento do ruído, do volume de tráfego e do odor. Portanto, é crucial envolver as pessoas e demonstrar as vantagens da mineração em aterros (CRAPS; SIPS, 2011).

Para lixões com grandes volumes e com mais de quinze anos, onde a fração orgânica dos resíduos já se degradou, transformando-se em solo, a remoção por mineração poderá ser recomendada (JOSEPH *et al.*, 2008). A taxa de recuperação dos resíduos varia entre 50 a 90% do volume total do lixão, e a fração de solo entre 50 a 60%, podendo variar entre 20 a 80% conforme o lixão, por isto sugere-se o uso da técnica para lixões com mais de quinze anos de idade (JOSEPH *et al.*, 2008).

Na mineração de resíduos em antigos lixões é normal ter-se como objetivos: (i) recuperar ambientalmente o local impactado com os resíduos ali dispostos e que estejam a comprometer a qualidade ecológica do local; (ii) recuperar valor material dos recursos enterrados (recicláveis, combustíveis, solo) e (iii) recuperação de energia contida nos resíduos enterrados.

A primeira operação de mineração de aterro relatada foi em Tel Aviv Israel em 1953, que foi usada para recuperar a fração do solo que ajudou a melhorar a qualidade do solo nos pomares (SHUAL E HILLEL, 1958). Posteriormente foi empregado nos Estados Unidos para obtenção de combustível para incineração e recuperação de energia (USEPA, 1997; COSSU *et al.*, 1996). Estudos piloto realizados na Inglaterra, Itália,

Suécia, Alemanha (COSSU *et al.*, 1996; HOGLAND *et al.*, 1995), China e Índia (JOSEPH *et al.*, 2003) também são relatados.

De acordo com (BUDDE; CHLAN; DÖRRIE, 2002), baseado em uma revisão de 77 projetos mundiais (Volume > 10.000 m³), os principais motivos para a mineração é a proteção das águas subterrâneas (33%), sendo essa, uma das principais prioridades, outros motivos são o ganho de volume (20%), recuperação de recursos (13,5%), construção de aterros internos (13%) recuperação de áreas de assentamento (12%) e redução de custos (8%) para o acompanhamento do tratamento.

Segundo Zeiner et all (2015) existem prós e contras da mineração de resíduos, conforme apresentado na Tabela 6.1.

Tabela 6.1 Prós e Contras da Mineração dos Resíduos

Prós: Rendimentos da Extração de Matérias-Primas Secundárias	Contras: Custos com Escavação, Processamento, Tratamento e Redisposição dos Resíduos
Rendimentos da reciclagem da terra (por exemplo: alto valor de utilização como a construção de terrenos)	Baixa aceitação da mineração pelos habitantes locais, principalmente devido à emissão de odores e poeira, produção de barulho e congestionamentos
A economia nos custos para as fases de fechamento e pós-tratamento (após o encerramento do aterro, geralmente um tratamento do lixiviado e do gás produzido é necessário por pelo menos várias décadas)	Regras legais ainda não estão claras para utilização da fração fina (solo)
Melhoria e remediação do aterro (por exemplo: a construção de um sistema de barreira na base). Extensão do tempo de eliminação de resíduos através do ganho de volume	Falta de informações confiáveis para a mineração, (por exemplo, entre outras, informações sobre a qualidade dos produtos e economia/ecologia).
Crescente aceitação entre os moradores devido à modernização da área após a conclusão da ação	
Proteção do clima, ar, água, solo e da paisagem	

Fonte: ZEINER *et al.* (2015)

Acrescentamos a estes prós, a criação de emprego (a operação de separação cria empregos técnicos e indiferenciados por vários anos ou décadas, dependendo da dimensão do lixão).

Em termos ambientais há também a referir a emissão de odores e de gases de GEE entre os contras da mineração de resíduos, bem como a avaliação da saúde dos trabalhadores que estarão trabalhando nas unidades de reciclagem destes materiais.

O processo de mineração de aterros pode ser dividido em 6 etapas principais, conforme apresentado na Tabela 6.2

Tabela 6.2 Etapas para a Mineração dos Resíduos

Etapas	Descrição
Estudos de viabilidade	Identificação do tipo e das quantidades de resíduos para que se possa definir o seu potencial de reciclagem e os equipamentos a serem utilizados. Identificação das condições econômicas e ecológicas. Determinação do potencial de risco e das medidas de segurança a serem seguidas.
Estabilização biológica	Se na primeira etapa, a composição e idade dos resíduos indicarem um aumento no volume de gás no aterro, o que deve ser observado durante a mineração, uma estabilização aeróbia pode ser necessária. Através da alteração do ambiente bioquímico no corpo do aterro de condições anaeróbias para aeróbias, as emissões de gases e odores dos aterros podem ser reduzidas a um grau mínimo. Através da aplicação da técnica de ventilação e de extração do gás, o teor de água nos resíduos é reduzido, o que, conseqüentemente, facilita etapas posteriores do tratamento mecânico.
Extração dos materiais	os resíduos são escavados em camadas e transportados para as unidades de tratamento individual. Nesta etapa já se pode iniciar a pré-triagem de resíduos
Separação	os fluxos individuais de materiais são separados e classificados em diferentes etapas e com diferentes técnicas para que sejam obtidas frações de resíduos definidas para a próxima etapa, ou seja, para o tratamento.
Tratamento e recuperação	as etapas de tratamento – mecânico e/ou biológico e térmico – devem ser integradas, dependendo da avaliação individual. A manipulação de resíduos não recicláveis é de grande importância para a eficiência da mineração em aterros, em particular, das frações mais finas, que podem representar até cerca de 50% da massa total do lixo. E também, nesta fração, técnicas de tratamento devem ser aplicadas para que se possa reduzir o potencial de riscos.
Disposição	todos os materiais que não puderem ser utilizados para reciclagem ou recuperação térmica, devem ser novamente depositados nos aterros, o que deve estar de acordo com o estado da arte. A disposição deve ser feita no sentido de especificidade da substância, e recuperados, a fim de se permitir a mineração de materiais específicos no futuro.

Fonte: ZEINER *et al.* (2015)

A recuperação de materiais para produzir CDR constitui um objetivo quase imperativo para que os elevados custos da operação da mineração dos resíduos possam ser compensados economicamente com a renda proveniente da venda deste combustível a cimenteiras, propiciando impacto positivo na substituição de combustíveis fósseis.

Salienta-se que o termo CDR se aplica a materiais com um valor calorífico elevado (normalmente, cerca de 18 MJ/Kg). Quanto a sua composição, o CDR deve ser composto de material orgânico com baixa umidade, e não deve possuir frações de contaminação crítica (por exemplo, metais pesados, como Cr, Cd, Pb, Hg, etc), nem substâncias orgânicas críticas (substâncias halogenadas, medicamentos ou resíduos infectados, etc), pois essas frações críticas geram um CDR de má qualidade (GRS/UFPE,2014)

Destaca-se que a taxa de recuperação de materiais recicláveis afeta fortemente a qualidade do produto final do CDR que se pretende obter. Nesse sentido, não é factível se obter uma taxa de recuperação de materiais para reciclagem elevada e ao mesmo tempo obter-se CDR de qualidade, pelo que se torna indispensável um estudo de viabilidade económica do mercado para os quais estes produtos são escoados. Por exemplo, para a produção de CDR de alta qualidade que pode ser utilizado como combustível primário na indústria cimenteira e com um poder calorífico de 22 MJ/Kg não se pode esperar uma recuperação de materiais recicláveis. Autores referem valores de recuperação de plásticos e outros recicláveis, de aproximadamente 7%. (Sarc, 2013). Salienta-se que no caso específico de aproveitamento dos recicláveis aterrados em antigos lixões, ainda existe a possibilidade de contaminação deste material que se transformará em CDR.

6.1 METODOLOGIA PARA MINERAÇÃO DA ÁREA DO ANTIGO LIXÃO DO ROGER

As antigas áreas de disposição de resíduos (lixões e aterros sanitários) são um recurso amplamente inexplorado para muitos metais estratégicos (Stein, R., 2012). Valiosos materiais recicláveis anteriormente considerados como resíduos podem ser extraídos, fornecendo uma nova fonte de tal material (Fisher 1995). Nesse sentido, uma das alternativas avaliadas para o antigo lixão do Roger, é a mineração do mesmo. De modo geral é uma operação custosa, que apenas poderá ser economicamente viável

se for orientada à recuperação de recursos materiais diretos e de energia através dos residuais transformáveis em CDR.

Nesse caso, a mineração de aterros separa os resíduos em materiais diretamente recicláveis (vidro, plástico, metais, agregados) e uma fração de materiais com um PCI adequado a se produzir combustível derivado de resíduos (CDR), designadamente resíduos de papel, papelão e plásticos, que constitui uma fonte de renda para equilibrar financeiramente o projeto.

Uma das alternativas possíveis para a recuperação total da área do antigo lixão do Roger é transformar a área em zona industrial com mineração dos resíduos ali dispostos ao longo dos 50 anos de atividade.

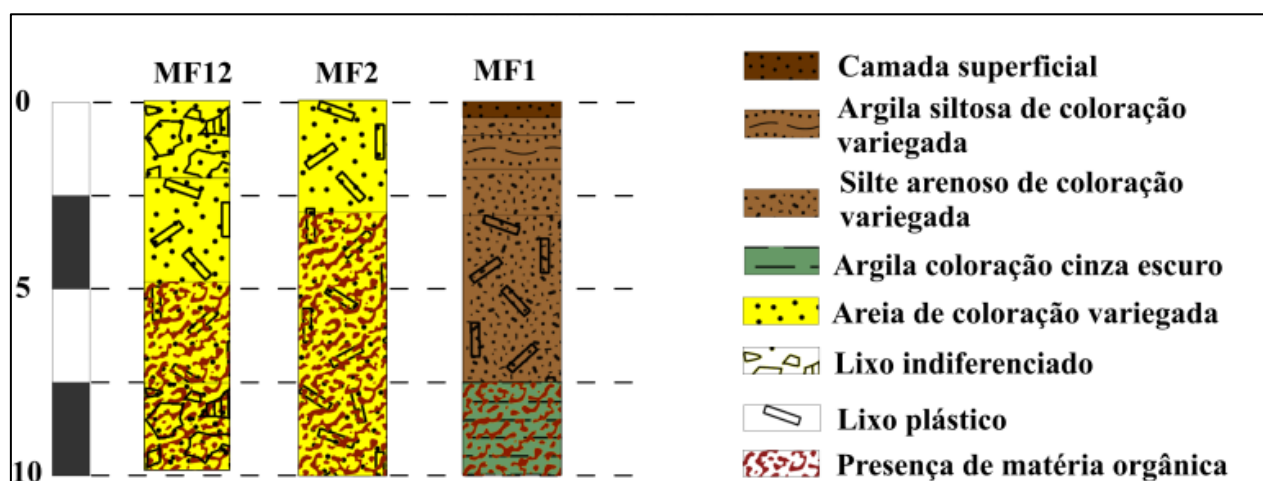
O conhecimento da situação atual em que estão os resíduos é fundamental, em particular o estado de degradação da matéria orgânica, a existência de biogás ou não, que possa determinar uma desgaseificação prévia à mineração, bem como a existência de materiais recicláveis.

Neste sentido, o Produto 2 – investigação de campo, no Capítulo 6 (Sondagens Tipo SPT) nos informa que a espessura da camada de lixo varia de 5 a 10 metros. Já o Capítulo 8 (Biodegradação dos resíduos) apresenta nas Tabelas 8.1 a 8.6 a caracterização qualitativa das amostras obtidas nos furos de sondagens das Células 1,2, 3, 4 e 5 do antigo lixão. De maneira geral, observa-se um perfil com a presença de **plásticos, fibras de coco, entulhos de construção civil (pedregulho e tijolo), vidro e argila orgânica**, como se pode observar pela Figura que se reproduz do Produto 2.

Neste sentido, podemos observar a camada de lixo do antigo lixão do Roger possui uma mistura de solo com material ainda passível de reciclagem (Plástico, fibra de coco) é constante em todos os perfis. A matéria orgânica presente é residual (teores de sólidos voláteis variando de 6,80 a 10,82%). Observa-se que não foi encontrado metais em todos os perfis e que tanto o plástico quanto fibras de coco não possuem um alto valor agregado para a reciclagem.

Apresenta-se na Figura 6.1 um dos perfis extraídos das sondagens efetuadas no local do antigo lixão do Roger.

Figura 6.1 – Perfil de 3 poços de sondagens realizadas no local



Fonte: Autores (2022)

Do perfil apresentado, constata-se a presença de plásticos misturados com matéria orgânica, solos diversos e resíduos indiferenciados. Caso os ensaios de detecção de gases evidencie a sua presença em quantidade não negligenciável, como já referido, deverá ser realizada uma desgaseificação prévia, com a introdução de “drenos” e monitoramento na operação.

Quando a recuperação de materiais recicláveis ou com potencial para produzir Combustível Derivado de Resíduos (CDR) é essencial para a viabilidade econômica da operação, recomenda-se realizar estudos adicionais mais aprofundados com extração de massas de resíduos em profundidade e estudar a gravimetria e estado de degradação dos resíduos removidos, para estabelecer o programa de mineração mais preciso e eficaz, em particular para a aquisição dos equipamentos mais eficazes para a operação.

6.1.1 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE MINERAÇÃO DE RESÍDUOS

Para se proceder à mineração dos resíduos enterrados no ex-lixão do Roger deve estabelecer-se o dimensionamento da atividade e a metodologia a ser adotada. Considerando a gravimetria disponível, apoiada com os ensaios de campo já realizados, estima-se que teremos as frações de materiais < 40mm que são essencialmente os finos inertes e matéria orgânica já decomposta, constituindo uma espécie de terras pretas ricas em macro e micronutrientes que podem ser utilizados como material de cobertura de aterros sanitários ou na reabilitação de solos e frações de dimensões superiores que se constituem de materiais recicláveis contaminados com graxas e gorduras e excesso

de água. As frações superiores devem ser objeto de operações de segregação e peneiramento vibratório por meios mecânicos para se separar os materiais a eles aderidos. As frações já isentas dos materiais aderidos, ou com um mínimo, serão trituradas e posteriormente peneiradas para separação de frações passíveis de serem recicladas das que serão utilizadas na preparação de CDR.

6.1.1.1 Equipamentos e fluxograma de massas

Do ponto de vista operacional, divide-se a área em lotes de 10 mil metros quadrados (100x100m) para a extração dos resíduos para serem processados na unidade de separação a instalar no local, explorando em faixas de 100m paralelas.

Os equipamentos do TM de separação, serão implantados num pavilhão de 12 metros de altura e 8000 m² de superfície para que a operação seja realizada o ano inteiro sem a perturbação da chuva que constitui um dos fatores negativos ao introduzir mais umidade nos resíduos escavados, em particular para os processos de separação por peneiramento ou crivagem porque a matéria orgânica adere a outros resíduos como papel, papelão, plásticos, tecidos, metais, madeira, tornando menos eficaz os processos de separação/segregação por componentes.

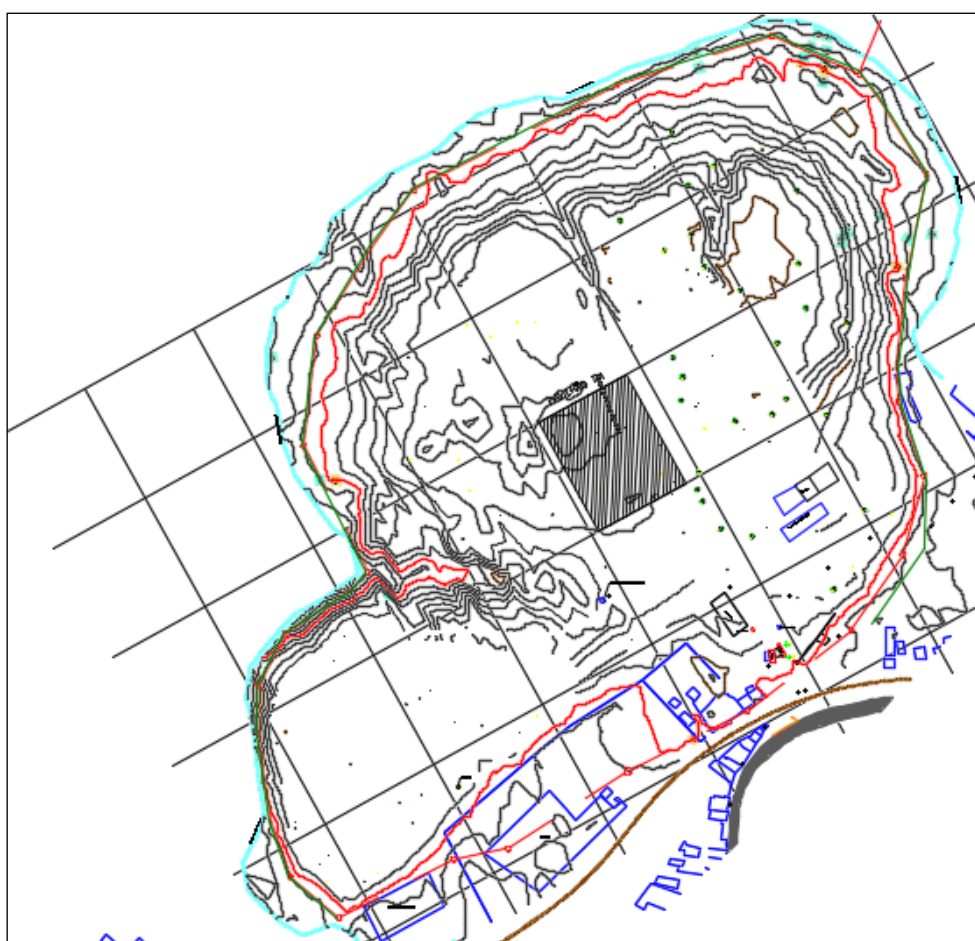
Da vasta pesquisa realizada através de artigos científicos e técnicos sobre experiências de landfillmining em diversos países, emerge uma linha comum que salienta o caráter experimental da metodologia durante a operação, em que a escolha ou a posição dos diversos equipamentos no fluxograma operacional pode ser ajustado na operação devido a condições particulares encontradas no local, porque serão reveladas as verdadeiras condições em que se encontram os resíduos enterrados entretanto escavados. Um dos equipamentos utilizados é o crivo rotativo e a sua posição no layout, antes ou depois da trituração primária. Crivo de tambor rotativo ou de discos dinâmicos? A nossa opção é pelo crivo de discos dinâmicos pela facilidade de ajustar as dimensões dos resíduos a serem segregados e menor encravamento.

Estes lotes de 10 mil m² permitem escavar até 5 metros de profundidade durante 100 dias para alimentar o Tratamento Mecânico (TM). Após a escavação os materiais são transportados no interior da área para as proximidades do TM, onde uma escavadeira giratória alimenta a instalação composta de 2 linhas de separação. Segue-se um novo lote, na mesma faixa até se atingir o limite do maciço e assim sucessivamente.

Figura 6.2 – Exemplo de crivo rotativo em operação num aterro para mineração dos resíduos



Figura 6.3 – quadricula 100x100 para exploração da mineração do antigo lixão do Roger



Fonte: autores, 2022

Para que o aumento dos lixiviados nas zonas abertas de escavação não cause impacto fora do maciço de resíduos, nem cause problemas durante a operação, deve proceder-se previamente a instalação do dreno de lixiviados na periferia do maciço de resíduos, exatamente como descrito para as demais alternativas, de modo que possa

receber por bombagem os lixiviados que se forem formando durante a operação, como se observa na imagem a seguir.

Figura 6.4 – ilustração da operação de escavação e carga de resíduos em mineração de resíduos e a bombagem dos lixiviados que se torna necessário proceder.



Apresenta-se na Figura 6.5 o fluxograma do projeto de landfill mining proposto com 2 linhas de equipamentos para produzir: CDR, recicláveis e terras (inertes e finos).

O vídeo <https://www.youtube.com/watch?v=1Evqxyfd3gY> apresenta um exemplo de unidades necessárias para um sistema de mineração dos resíduos e um exemplo de mineração de resíduos em uma área de antigo aterro sanitário.

Figura 6.5 – Fluxograma de massas da unidade de Landfill mining de João Pessoa

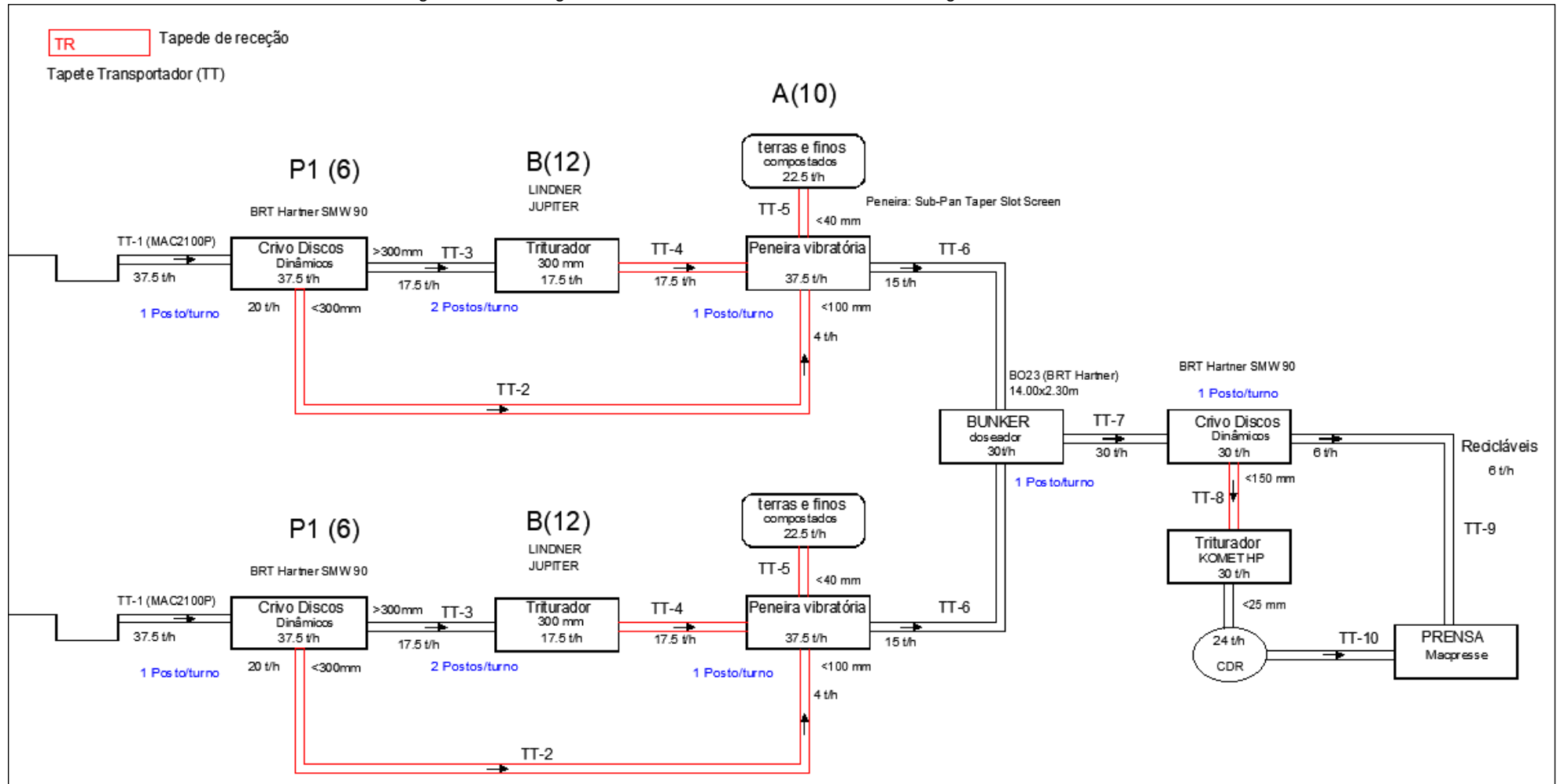


Tabela 6.3 – Lista de equipamentos e especificações

Pos.	Item	Designação	Marca	Quant	Função	Modelo	Capacidade	dimensões (m)		Motor
							(t/h)	comprimento	largura	
1	TT-1	Tapete metálico Macpresse MAC 2100 P - ref. TT1	MACPRESSE	2	Alimentação à pré-triagem	MAC 2100 P	45	18	1.75	6
2	A	Crivo de discos dinâmicos BRT Hartner SMW 90 e respetiva estrutura de suporte	BRT HARTNER	2	separação frações < 300mm e > 300mm	SMW 90	60	9	1.7	16.5
3	TT-2	Tapete transportador de recepção da fração <300mm	MACPRESSE	2	recepção fração <300mm e alimentação da peneira vibratória	MAC 1500	45	10	1.3	2
4	TT-3	Tapete transportador de recepção da fração >300mm	MACPRESSE	2	recepção fração >300mm e alimentação Triturador	MAC 1500	45	9	1.3	2
5	B	Triturador JUPITER (shreder) de resíduos 300mm da LINDNER	JUPITER	2	Trituração de resíduos para 300 mm no máximo	LINDNER Jupiter	20	4.2	1.8	11
6	TT-4	Tapete de recepção e transporte do triturador à peneira vibratória	MACPRESSE	2	recepção do triturador e encaminhamento à peneira vibratória	MAC 1500	20	8		2
7	C	Peneira vibratória separação da fração inerte e leves <40mm da Action Vibratory	Action Vibratory Equipment Ltd. USA	2	Peneira vibratória para segregar areias/terras e matéria orgânica aderidos aos resíduos recicláveis	Sub-Pan Free Taper-slot screen	40	9	1.95	320
8	TT-5	Transportador de recepção da fração ≤ 40 mm	MACPRESSE	2	Transporte da fração fina p/ transporte	MAC 1500	45	10		2
9	TT-6	Tapete transportador de encaminhamento da fração >40 a 300 mm ao Bunker	MACPRESSE	2	Recebe frações 40-300mm da peneira e encaminhamento ao Bunker doseador	MAC 1500	15	10		2
10	D	Bunker D23 BRT Hartner	BRT HARTNER	1	alimentação contínua do CDD nº 2	D-23	25	9.8	2.3	15
11	TT-7	Tapete Transportador de alimentação do Crivo de discos	MACPRESSE	1	transporte do abre sacos ao bunker	MAC 1500	45	10		3
12	E	Crivo de discos dinâmicos BRT Hartner SMW 90 e respetiva estrutura de suporte	BRT HARTNER	1	separação frações < 100mm e > 300mm	SMW 90	60	9	1.7	16.5
13	TT-8	Transportador de recepção da fração ≤ 150 mm do crivo de discos dinâmicos e encaminhamento ao Triturador secundário p/ CDR	MACPRESSE	1	Transportador fração <150mm para o triturador secundário	MAC 1500	45	11.6	1	3
14	F	Separador magnético marca Felemamg SF1-15-RCP/25 e respetiva estrutura de suporte na TT-8	FELEMAMG	1	Separador magnético ferrosos linha de resíduos < 150mm p/ CDR	SF1-15-RCP/25	20	2	0.9	2.2
15	G	Triturador KOMET (shreder) de resíduos 25mm da LINDNER	LINDNER	1	Triturador secundário par CDR	KOMET HP	24	4.2	1.9	320
16	TT-9	Tapete transportador da fração >150-300 do bunker para a prensa de recicláveis	MACPRESSE	1	recebe frações recicláveis acima de 150mm e encaminha à prensa enfardadeira	MAC 1500	25	8	1.3	4
17	TT-10	Tapete recepção e transportador da fração 25 mm do triturador para a prensa	MACPRESSE	1	Recebe fração triturada de 25mm e encaminha à prensa enfardadeira comum aos recicláveis	MAC 1500	25	8	1.3	4
18	H	Prensa enfardadeira comum a prensagem de recicláveis e de CDR	MACPRESSE	1	Prensagem do material trituração secundária p/ CDR	MAC 102/2	241 m3/h	24	1.3	22
19	I	Quadro de comando e instalação elétrica		1						
		Potência instalada	kW							753.2

6.1.1.2 Equipamentos de separação do TM para mineração de resíduos

A unidade será constituída por 2 linhas com capacidade de processar 750 t/dia (2x375t/d) em 10 horas de trabalhos contínuo das 8:00h às 18:00, com a seguinte composição na linha principal:

- Tremonha de alimentação e tapete transportador ao Crivo de Discos Dinâmicos (CDD), 300mm (os discos podem ter regulação para a dimensão das partículas que mais se ajustarão, em função da experiência no local);
- Tapete transportador de receção da fração inferior a 300 mm;
- Tapete transportador que alimenta os resíduos > 300mm o triturador;
- Triturador de resíduos > 300mm;
- Tapete transportador de receção das frações triturados com 300mm,
- Peneira vibratória;
- Tapete transportador de receção das frações <40mm, constituída por terras e matéria orgânica degradada;
- Tapete transportador de frações > 300mm ao Bunker doseador que alimenta o último Crivo de Discos Dinâmicos
- Crivo de DD para separação frações >150m para CDR
- Tapete de receção dos resíduos <150mm p/ CDR
- Triturador secundário 25mm para CDR
- Tapete de receção das frações >150mm-300mm para reciclagem
- Tapete triturador para a prensa do CDR, que é comum à prensagem dos recicláveis

Composição da segunda linha:

- Tremonha de alimentação e tapete transportador ao Crivo de Discos Dinâmicos (CDD), 300mm;
- Tapete transportador de receção da fração inferior a 300 mm;
- Tapete transportador que alimenta os resíduos > 300mm o triturador;
- Triturador de resíduos > 300mm;
- Tapete transportador de receção das frações triturados com 300mm,
- Peneira vibratória;
- Tapete transportador de receção das frações <40mm, constituída por terras e matéria orgânica degradada;

- Tapete transportador de frações > 300mm ao Bunker doseador que alimenta o último Crivo de Discos Dinâmicos.

A partir daqui os equipamentos são comuns às duas linhas.

Crivo de discos dinâmicos

O crivo de discos dinâmicos é um equipamento moderno que permite a separação em duas frações de dimensões a serem configuradas pela distância entre os discos de cada eixo. Inicialmente com distância de 300mm (é ajustável) e os resíduos serão separados em frações < 300mm (contém terras, matéria orgânica degradada e frações pequenas de recicláveis) e dimensão superior a 300mm, normalmente resíduos passíveis de reciclagem, como os plásticos e combustíveis (papel e papelão com matéria aderida) que podem ser tratados para CDR.

Figura 6.6 – Exemplo do equipamento crivo de discos dinâmicos (CDD)



Fonte: For Rec SPA

Triturador primário

O triturador primário tem um papel importante na eficiência dos equipamentos que se lhe seguem, ao fazer uma trituração que permite separação mais eficaz de materiais aderidos a papel, plásticos e metais de maior dimensão.

Após os resíduos serem segregados no primeiro CDD, as frações de materiais superiores a 300mm são fracionadas em partículas de dimensão máxima de 300mm (ajustável a outras dimensões se a prática assim o revelar).

Figura 6.7 – Triturador primário de 4 eixos para resíduos

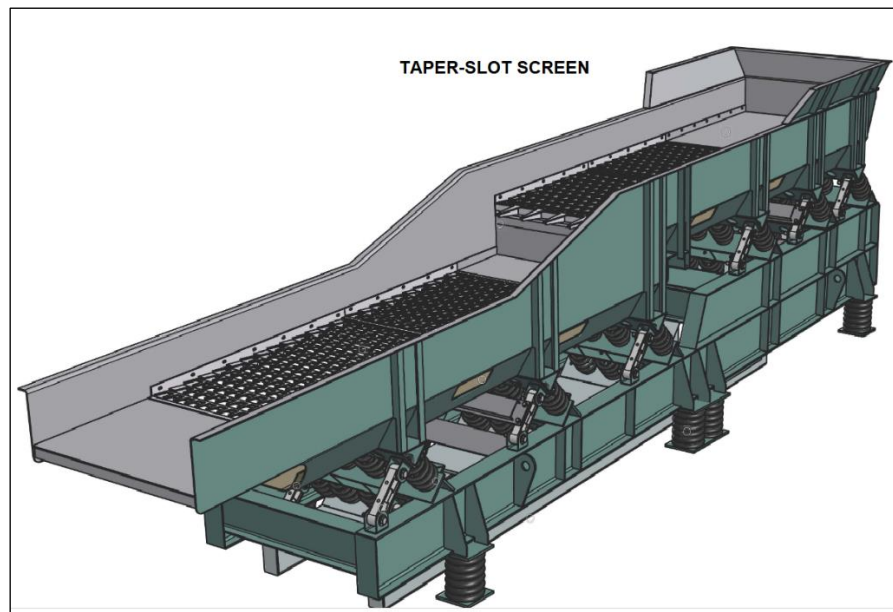


Fonte: For Rec SPA

Peneira vibratória

Outro equipamento importante é a peneira vibratória que vai separar os resíduos <300mm provenientes do triturador, em fração <40mm, que são terras e matéria orgânica fina e a fração maior de 40mm, que segue para o bunker doseador que alimenta o segundo crivo de discos dinâmicos que separa o CDR.

Figura 6.8 – Peneira vibratória de alta eficiência na segregação de partículas de resíduos com materiais aderidos



Fonte: Action Vibratory Equipment

Trituração secundária para CDR

Figura 6.9 – Trituradora secundária LINDNER Komet HP para CDR



Fonte: Lindner

Zona de trituração secundária para o CDR – Equipamento onde a fração leve proveniente do transportador do CDD com dimensão inferior a 150mm é submetida a uma segunda fase de trituração, no sentido de obter uma dimensão inferior a 25 mm. O equipamento permite uma definição do tamanho de 10 a 100 mm, consoante a solicitação do cliente. Este equipamento é fabricado pela empresa austríaca da LINDNER do modelo KOMET HP 2800 que é dotado de 2 motores de 160 kW cada.

Dados e cálculo do dimensionamento

A Tabela 6.4 apresenta o dimensionamento do sistema de mineração dos resíduos do antigo lixão do Roger.

Tabela 6.4 - Dimensionamento do Sistema de Mineração dos Resíduos no lixão do Roger

Designação	unid	Células 1 a 5
área no Roger		309 000
Resíduos descartados nas células	t	6 236 766
Taxa de compactação na operação	t/m3	1.00
Volume ocupado no lixão	m3	6 236 766
Perda c/ degradação Matéria Orgânica (t)	40%	2 494 706
Terras de cobertura	%	5%
Massa de terras estimado	t	194 899
Massa de resíduos com degradação da MO	t	3 742 060
Taxa de compactação adicional c/o tempo	t/m3	1.3
Volume total ocupado no lixão	m3	3 028 430
Altura média atual no lixão	m	9.80
Fator de empolamento na escavação	%	20%
Volume de escavação	m3	3 028 430
Volume a processar na mineração	m3	3 634 115
Processamento por dia	t/d	750
Processamento por ano	t/ano	247 500
Tempo de mineração	anos	16

Fonte: Autores, 2022

Observa-se que o tempo necessário para a mineração de toda a área do antigo Lixão do Roger é de aproximadamente 16 anos. Só a partir deste período que iniciaria a construção do Parque socioambiental na área do antigo lixão.

Assim, alquem de uma tecnologia complexa, com possíveis riscos a saúde da população do entorno devido às atividades de escavação e separação dos resíduos, o tempo de operação é bastante elevado.

6.1.2 CUSTOS E RECEITAS DA MINERAÇÃO DE RESÍDUOS

A mineração de resíduos tem uma vantagem ambiental semelhante à alternativa de remoção integral dos resíduos, que é devolver os valores ecológicos e ambientais que a área do antigo lixão tinha antes do descarte de resíduos.

A operação exige investimento inicial em equipamento e em construções e anualmente durante 16 anos de operação desta unidade.

Quanto ao investimento inicial, CAPEX, o custo dos equipamentos de separação são os mais significativos, com R\$ 21.128.699,00 e em construção civil de R\$ 6.400.000,00.

Quanto a despesas, elas referem-se a recursos humanos, energia elétrica, outros insumos, manutenção dos equipamentos, custo de escavação e transporte dentro da área para alimentar a mineração (TM), custo de transporte dos materiais rejeitados da separação (refugos) e da fração fina, para o atual aterro de João Pessoa, que será útil como material de cobertura.

Receitas

A operação de mineração terá como saídas os materiais recicláveis segregados, em particular os plásticos e metais, que serão doados a cooperativas. Também se contabiliza a venda de CDR, em particular para cimenteiras, ao preço de R\$ 100,00/tonelada, de acordo com a informação disponível da GIZ (cooperação alemã no Brasil), que levantou o panorama de uso do CDR em cimenteiras no Brasil, entre outros assuntos de recuperação energética dos resíduos². Não se vai considerar na primeira simulação a receita da tarifa a título de tratamento por tonelada.

Tabela 6.5 – Componente financeira da operação de mineração para o 1º dos 16 anos

	Valor Presente	2023
resíduos gerados	3 744 000	234 000
CAPEX		
Construção civil, canteiros	R\$ 6 400 000	R\$ 6 400 000
Máquinas e Equipamentos	R\$ 21 128 669	R\$ 21 128 669
Investimento total	R\$ 27 528 669	
OPEX & Manutenção		
Escavação de resíduos		R\$ 3 107 520

² Recuperação energética de resíduos sólidos – caderno temático 3 do PLANSAB, Brasil.

	Valor Presente	2023
Transporte de resíduos até 1 km (interior da área)		R\$ 1 038 960
Transporte Fração fina p/ aterro		R\$ 1 538 539
Recursos Humanos	R\$ 29 425 706	R\$ 1 839 107
Eletricidade e consumíveis	R\$ 27 702 739	R\$ 1 731 421
Reparações e Manutenção Assistência	R\$ 6 761 174	R\$ 422 573
CUSTO TOTAL	R\$ 154 849 927	R\$ 9 678 120
Despesas de depreciação instalações	R\$ 4 096 000	R\$ 256 000
Depreciação equipamentos	R\$ 21 128 669	R\$ 2 112 867
RECEITA		
CDR (R\$ 100,00/t)	R\$ 110 822 400	R\$ 6 926 400
Tarifa	R\$ -	R\$ -
RECEITA BRUTA TOTAL	R\$ 110 822 400	R\$ 6 926 400
PIS/COFINS/ISS	R\$ 8 200 858	R\$ 512 554
RECEITA LÍQUIDA	R\$ 102 621 542	R\$ 6 413 846
Lucro operacional	-R\$ 77 453 053	-R\$ 5 633 141
Despesas Financeiras	R\$ 1 796 259	R\$ 112 266
Lucro antes IR + CSLL	-R\$ 79 249 312	-R\$ 5 745 407
IRPJ	R\$ -	R\$ -
Fluxo de Caixa do Acionista	-R\$ 54 024 643	-R\$ 3 376 540
Fluxo de Caixa Descontado	-R\$ 39 344 445	-R\$ 3 246 673

Tabela 6.6 – Planilha do fluxo financeiro da operação de mineração dos resíduos

	Valor Presente	2023	2024	2025	2026
resíduos gerados	3 744 000	234 000	234 000	234 000	234 000
CAPEX					
Construção civil, canteiros	R\$ 6 400 000	R\$ 6 400 000			
Máquinas e Equipamentos	R\$ 21 128 669	R\$ 21 128 669			
Investimento total	R\$ 27 528 669				
OPEX & Manutenção					
Escavação de resíduos		R\$ 3 107 520	R\$ 3 107 520	R\$ 3 107 520	R\$ 3 107 520
Transporte de resíduos até 1 km (interior da área)		R\$ 1 038 960	R\$ 1 038 960	R\$ 1 038 960	R\$ 1 038 960
Transporte Fração fina p/ aterro		R\$ 1 538 539	R\$ 1 538 539	R\$ 1 538 539	R\$ 1 538 539
Recursos Humanos	R\$ 29 425 706	R\$ 1 839 107	R\$ 1 839 107	R\$ 1 839 107	R\$ 1 839 107
Eleticidade e consumíveis	R\$ 27 702 739	R\$ 1 731 421	R\$ 1 731 421	R\$ 1 731 421	R\$ 1 731 421
Reparações e Manutenção Assistência	R\$ 6 761 174	R\$ 422 573	R\$ 422 573	R\$ 422 573	R\$ 422 573
CUSTO TOTAL	R\$ 154 849 927	R\$ 9 678 120	R\$ 9 678 120	R\$ 9 678 120	R\$ 9 678 120
Despesas de depreciação instalações	R\$ 4 096 000	R\$ 256 000	R\$ 256 000	R\$ 256 000	R\$ 256 000
Depreciação equipamentos	R\$ 21 128 669	R\$ 2 112 867	R\$ 2 112 867	R\$ 2 112 867	R\$ 2 112 867
RECEITA					
CDR (R\$ 100,00/t)	R\$ 110 822 400	R\$ 6 926 400	R\$ 6 926 400	R\$ 6 926 400	R\$ 6 926 400
Tarifa (R\$ 20,00/t)	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
RECEITA BRUTA TOTAL	R\$ 110 822 400	R\$ 6 926 400	R\$ 6 926 400	R\$ 6 926 400	R\$ 6 926 400
PIS/COFINS/ISS	R\$ 8 200 858	R\$ 512 554	R\$ 512 554	R\$ 512 554	R\$ 512 554
RECEITA LÍQUIDA	R\$ 102 621 542	R\$ 6 413 846	R\$ 6 413 846	R\$ 6 413 846	R\$ 6 413 846
Lucro operacional	-R\$ 77 453 053	-R\$ 5 633 141	-R\$ 5 633 141	-R\$ 5 633 141	-R\$ 5 633 141
Despesas Financeiras	R\$ 1 796 259	R\$ 112 266	R\$ 112 266	R\$ 112 266	R\$ 112 266
Lucro antes IR + CSLL	-R\$ 79 249 312	-R\$ 5 745 407	-R\$ 5 745 407	-R\$ 5 745 407	-R\$ 5 745 407
IRPJ	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
Fluxo de Caixa do Acionista	-R\$ 54 024 643	-R\$ 3 376 540	-R\$ 3 376 540	-R\$ 3 376 540	-R\$ 3 376 540
Fluxo de Caixa Descontado	-R\$ 39 344 445	-R\$ 3 246 673	-R\$ 3 121 801	-R\$ 3 001 732	-R\$ 2 886 281

	Valor Presente	2027	2028	2029	2030
resíduos gerados	3 744 000	234 000	234 000	234 000	234 000
CAPEX					
Construção civil, canteiros	R\$ 6 400 000				
Máquinas e Equipamentos	R\$ 21 128 669				
Investimento total	R\$ 27 528 669				
OPEX & Manutenção					
Escavação de resíduos		R\$ 3 107 520	R\$ 3 107 520	R\$ 3 107 520	R\$ 3 107 520
Transporte de resíduos até 1 km (interior da área)		R\$ 1 038 960	R\$ 1 038 960	R\$ 1 038 960	R\$ 1 038 960
Transporte Fração fina p/ aterro		R\$ 1 538 539	R\$ 1 538 539	R\$ 1 538 539	R\$ 1 538 539
Recursos Humanos	R\$ 29 425 706	R\$ 1 839 107	R\$ 1 839 107	R\$ 1 839 107	R\$ 1 839 107
Eleticidade e consumíveis	R\$ 27 702 739	R\$ 1 731 421	R\$ 1 731 421	R\$ 1 731 421	R\$ 1 731 421
Reparações e Manutenção Assistência	R\$ 6 761 174	R\$ 422 573	R\$ 422 573	R\$ 422 573	R\$ 422 573
CUSTO TOTAL	R\$ 154 849 927	R\$ 9 678 120	R\$ 9 678 120	R\$ 9 678 120	R\$ 9 678 120
Despesas de depreciação instalações	R\$ 4 096 000	R\$ 256 000	R\$ 256 000	R\$ 256 000	R\$ 256 000
Depreciação equipamentos	R\$ 21 128 669	R\$ 2 112 867	R\$ 2 112 867	R\$ 2 112 867	R\$ 2 112 867
RECEITA					
CDR (R\$ 100,00/t)	R\$ 110 822 400	R\$ 6 926 400	R\$ 6 926 400	R\$ 6 926 400	R\$ 6 926 400
Tarifa (R\$ 20,00/t)	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
RECEITA BRUTA TOTAL	R\$ 110 822 400	R\$ 6 926 400	R\$ 6 926 400	R\$ 6 926 400	R\$ 6 926 400
PIS/COFINS/ISS	R\$ 8 200 858	R\$ 512 554	R\$ 512 554	R\$ 512 554	R\$ 512 554
RECEITA LÍQUIDA	R\$ 102 621 542	R\$ 6 413 846	R\$ 6 413 846	R\$ 6 413 846	R\$ 6 413 846
Lucro operacional	-R\$ 77 453 053	-R\$ 5 633 141	-R\$ 5 633 141	-R\$ 5 633 141	-R\$ 5 633 141
Despesas Financeiras	R\$ 1 796 259	R\$ 112 266	R\$ 112 266	R\$ 112 266	R\$ 112 266
Lucro antes IR + CSLL	-R\$ 79 249 312	-R\$ 5 745 407	-R\$ 5 745 407	-R\$ 5 745 407	-R\$ 5 745 407
IRPJ	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
Fluxo de Caixa do Acionista	-R\$ 54 024 643	-R\$ 3 376 540	-R\$ 3 376 540	-R\$ 3 376 540	-R\$ 3 376 540
Fluxo de Caixa Descontado	-R\$ 39 344 445	-R\$ 2 775 270	-R\$ 2 668 529	-R\$ 2 565 893	-R\$ 2 467 205

	Valor Presente	2031	2032	2033	2034
resíduos gerados	3 744 000	234 000	234 000	234 000	234 000
CAPEX					
Construção civil, canteiros	R\$ 6 400 000				
Máquinas e Equipamentos	R\$ 21 128 669				
Investimento total	R\$ 27 528 669				
OPEX & Manutenção					
Escavação de resíduos		R\$ 3 107 520	R\$ 3 107 520	R\$ 3 107 520	R\$ 3 107 520
Transporte de resíduos até 1 km (interior da área)		R\$ 1 038 960	R\$ 1 038 960	R\$ 1 038 960	R\$ 1 038 960
Transporte Fração fina p/ aterro		R\$ 1 538 539	R\$ 1 538 539	R\$ 1 538 539	R\$ 1 538 539
Recursos Humanos	R\$ 29 425 706	R\$ 1 839 107	R\$ 1 839 107	R\$ 1 839 107	R\$ 1 839 107
Eletricidade e consumíveis	R\$ 27 702 739	R\$ 1 731 421	R\$ 1 731 421	R\$ 1 731 421	R\$ 1 731 421
Reparações e Manutenção Assistência	R\$ 6 761 174	R\$ 422 573	R\$ 422 573	R\$ 422 573	R\$ 422 573
CUSTO TOTAL	R\$ 154 849 927	R\$ 9 678 120	R\$ 9 678 120	R\$ 9 678 120	R\$ 9 678 120
Despesas de depreciação instalações	R\$ 4 096 000	R\$ 256 000	R\$ 256 000	R\$ 256 000	R\$ 256 000
Depreciação equipamentos	R\$ 21 128 669	R\$ 2 112 867	R\$ 2 112 867		
RECEITA					
CDR (R\$ 100,00/t)	R\$ 110 822 400	R\$ 6 926 400	R\$ 6 926 400	R\$ 6 926 400	R\$ 6 926 400
Tarifa (R\$ 20,00/t)	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
RECEITA BRUTA TOTAL	R\$ 110 822 400	R\$ 6 926 400	R\$ 6 926 400	R\$ 6 926 400	R\$ 6 926 400
PIS/COFINS/ISS	R\$ 8 200 858	R\$ 512 554	R\$ 512 554	R\$ 512 554	R\$ 512 554
RECEITA LÍQUIDA	R\$ 102 621 542	R\$ 6 413 846	R\$ 6 413 846	R\$ 6 413 846	R\$ 6 413 846
Lucro operacional	-R\$ 77 453 053	-R\$ 5 633 141	-R\$ 5 633 141	-R\$ 3 520 274	-R\$ 3 520 274
Despesas Financeiras	R\$ 1 796 259	R\$ 112 266	R\$ 112 266	R\$ 112 266	R\$ 112 266
Lucro antes IR + CSLL	-R\$ 79 249 312	-R\$ 5 745 407	-R\$ 5 745 407	-R\$ 3 632 540	-R\$ 3 632 540
IRPJ	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
Fluxo de Caixa do Acionista	-R\$ 54 024 643	-R\$ 3 376 540	-R\$ 3 376 540	-R\$ 3 376 540	-R\$ 3 376 540
Fluxo de Caixa Descontado	-R\$ 39 344 445	-R\$ 2 372 312	-R\$ 2 281 070	-R\$ 2 193 336	-R\$ 2 108 977

	Valor Presente	2035	2036	2037	2038
resíduos gerados	3 744 000	234 000	234 000	234 000	234 000
CAPEX					
Construção civil, canteiros	R\$ 6 400 000				
Máquinas e Equipamentos	R\$ 21 128 669				
Investimento total	R\$ 27 528 669				
OPEX & Manutenção					
Escavação de resíduos		R\$ 3 107 520	R\$ 3 107 520	R\$ 3 107 520	R\$ 3 107 520
Transporte de resíduos até 1 km (interior da área)		R\$ 1 038 960	R\$ 1 038 960	R\$ 1 038 960	R\$ 1 038 960
Transporte Fração fina p/ aterro		R\$ 1 538 539	R\$ 1 538 539	R\$ 1 538 539	R\$ 1 538 539
Recursos Humanos	R\$ 29 425 706	R\$ 1 839 107	R\$ 1 839 107	R\$ 1 839 107	R\$ 1 839 107
Eletricidade e consumíveis	R\$ 27 702 739	R\$ 1 731 421	R\$ 1 731 421	R\$ 1 731 421	R\$ 1 731 421
Reparações e Manutenção Assistência	R\$ 6 761 174	R\$ 422 573	R\$ 422 573	R\$ 422 573	R\$ 422 573
CUSTO TOTAL	R\$ 154 849 927	R\$ 9 678 120	R\$ 9 678 120	R\$ 9 678 120	R\$ 9 678 120
Despesas de depreciação instalações	R\$ 4 096 000	R\$ 256 000	R\$ 256 000	R\$ 256 000	R\$ 256 000
Depreciação equipamentos	R\$ 21 128 669				
RECEITA					
CDR (R\$ 100,00/t)	R\$ 110 822 400	R\$ 6 926 400	R\$ 6 926 400	R\$ 6 926 400	R\$ 6 926 400
Tarifa (R\$ 20,00/t)	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
RECEITA BRUTA TOTAL	R\$ 110 822 400	R\$ 6 926 400	R\$ 6 926 400	R\$ 6 926 400	R\$ 6 926 400
PIS/COFINS/ISS	R\$ 8 200 858	R\$ 512 554	R\$ 512 554	R\$ 512 554	R\$ 512 554
RECEITA LÍQUIDA	R\$ 102 621 542	R\$ 6 413 846	R\$ 6 413 846	R\$ 6 413 846	R\$ 6 413 846
Lucro operacional	-R\$ 77 453 053	-R\$ 3 520 274	-R\$ 3 520 274	-R\$ 3 520 274	-R\$ 3 520 274
Despesas Financeiras	R\$ 1 796 259	R\$ 112 266	R\$ 112 266	R\$ 112 266	R\$ 112 266
Lucro antes IR + CSLL	-R\$ 79 249 312	-R\$ 3 632 540	-R\$ 3 632 540	-R\$ 3 632 540	-R\$ 3 632 540
IRPJ	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
Fluxo de Caixa do Acionista	-R\$ 54 024 643	-R\$ 3 376 540	-R\$ 3 376 540	-R\$ 3 376 540	-R\$ 3 376 540
Fluxo de Caixa Descontado	-R\$ 39 344 445	-R\$ 2 027 863	-R\$ 1 949 868	-R\$ 1 874 873	-R\$ 1 802 762

Como se pode constatar pela planilha, o fluxo de caixa do acionista (Prefeitura) é negativo na operação, em 54 milhões de reais, que é um custo direto a ser considerado. Esta situação é colmatada com uma tarifa por tonelada tratada, justificável porque é uma despesa paga ao longo de 16 anos, podendo ser suportada por uma taxa ou tarifa aos munícipes, caso seja essa a opção da Prefeitura.

Nesse sentido, fez-se uma simulação do valor da tarifa que tornaria essa despesa recuperada com a referida tarifa a munícipes.

O valor que torna positivo, em termos financeiros/contabilísticos e de caixa, é de R\$ 20,00 por tonelada. Esta tarifa corresponde a cerca de R\$5,40 por habitante por mês.

Apresentam-se a seguir as referidas planilhas.

Tabela 6.7 – Planilha de custos resumida do CAPEX, OPEX e Receitas

Designação	Valor Presente	2023
resíduos processados	3 744 000	234 000
CAPEX		
Construção civil, canteiros	R\$ 6 400 000	R\$ 6 400 000
Máquinas e Equipamentos	R\$ 21 128 669	R\$ 21 128 669
Investimento total	R\$ 27 528 669	
OPEX & Manutenção		
Escavação de resíduos		R\$ 3 107 520
Transporte de resíduos até 1 km (interior da área)		R\$ 1 038 960
Transporte Fração fina p/ aterro		R\$ 1 538 539
Recursos Humanos	R\$ 29 425 706	R\$ 1 839 107
Eletricidade e consumíveis	R\$ 27 702 739	R\$ 1 731 421
Reparações e Manutenção Assistência	R\$ 6 761 174	R\$ 422 573
CUSTO TOTAL	R\$ 154 849 927	R\$ 9 678 120
Despesas de depreciação instalações	R\$ 4 096 000	R\$ 256 000
Depreciação equipamentos	R\$ 21 128 669	R\$ 2 112 867
RECEITA		
CDR (R\$ 100,00/t)	R\$ 110 822 400	R\$ 6 926 400
Tarifa (R\$ 20,00/t)	R\$ 74 880 000	R\$ 4 680 000
RECEITA BRUTA TOTAL	R\$ 185 702 400	R\$ 11 606 400
PIS/COFINS/ISS	R\$ 13 741 978	R\$ 858 874
RECEITA LÍQUIDA	R\$ 171 960 422	R\$ 10 747 526
Lucro operacional	-R\$ 8 114 173	-R\$ 1 299 461
Despesas Financeiras	R\$ 1 796 259	R\$ 112 266
Lucro antes IR + CSLL	-R\$ 9 910 432	-R\$ 1 411 727

Designação	Valor Presente	2023
IRPJ	R\$ 1 430 325	R\$ -
Fluxo de Caixa do Acionista	R\$ 13 883 911	R\$ 957 140
Fluxo de Caixa Descontado	R\$ 10 308 650	R\$ 920 327

Sob o ponto de vista contábilístico a operação não apresenta lucro nos 10 primeiros anos devido à imputação da despesa de depreciação dos equipamentos que, por lei, é de 10 anos. Depois dessa data a operação passa contábilisticamente a ser lucrativa.

De qualquer forma, sob o ponto de vista do caixa, a operação nunca é deficitária, uma vez que o fluxo de caixa do acionista (Prefeitura de João Pessoa) é sempre positivo.

Nesta circunstância o custo para a Prefeitura seria o CAPEX, obrigatoriamente a ser dispendido no início da operação com equipamentos e construção.

Tabela 6.8 – planilha financeira da mineração do ex-lixão do Roger

	Valor Presente	2023	2024	2025	2026
resíduos gerados	3 744 000	234 000	234 000	234 000	234 000
CAPEX					
Construção civil, canteiros	R\$ 6 400 000	R\$ 6 400 000			
Máquinas e Equipamentos	R\$ 21 128 669	R\$ 21 128 669			
Investimento total	R\$ 27 528 669				
OPEX & Manutenção					
Escavação de resíduos		R\$ 3 107 520	R\$ 3 107 520	R\$ 3 107 520	R\$ 3 107 520
Transporte de resíduos até 1 km (interior da área)		R\$ 1 038 960	R\$ 1 038 960	R\$ 1 038 960	R\$ 1 038 960
Transporte Fração fina p/ aterro		R\$ 1 538 539	R\$ 1 538 539	R\$ 1 538 539	R\$ 1 538 539
Recursos Humanos	R\$ 29 425 706	R\$ 1 839 107	R\$ 1 839 107	R\$ 1 839 107	R\$ 1 839 107
Eletricidade e consumíveis	R\$ 27 702 739	R\$ 1 731 421	R\$ 1 731 421	R\$ 1 731 421	R\$ 1 731 421
Reparações e Manutenção Assistência	R\$ 6 761 174	R\$ 422 573	R\$ 422 573	R\$ 422 573	R\$ 422 573
CUSTO TOTAL	R\$ 154 849 927	R\$ 9 678 120	R\$ 9 678 120	R\$ 9 678 120	R\$ 9 678 120
Despesas de depreciação instalações	R\$ 4 096 000	R\$ 256 000	R\$ 256 000	R\$ 256 000	R\$ 256 000
Depreciação equipamentos	R\$ 21 128 669	R\$ 2 112 867	R\$ 2 112 867	R\$ 2 112 867	R\$ 2 112 867
RECEITA					
CDR (R\$ 100,00/t)	R\$ 110 822 400	R\$ 6 926 400	R\$ 6 926 400	R\$ 6 926 400	R\$ 6 926 400
Tarifa (R\$ 20,00/t)	R\$ 74 880 000	R\$ 4 680 000	R\$ 4 680 000	R\$ 4 680 000	R\$ 4 680 000
RECEITA BRUTA TOTAL	R\$ 185 702 400	R\$ 11 606 400	R\$ 11 606 400	R\$ 11 606 400	R\$ 11 606 400
PIS/COFINS/ISS	R\$ 13 741 978	R\$ 858 874	R\$ 858 874	R\$ 858 874	R\$ 858 874
RECEITA LÍQUIDA	R\$ 171 960 422	R\$ 10 747 526	R\$ 10 747 526	R\$ 10 747 526	R\$ 10 747 526
Lucro operacional	-R\$ 8 114 173	-R\$ 1 299 461	-R\$ 1 299 461	-R\$ 1 299 461	-R\$ 1 299 461
Despesas Financeiras	R\$ 1 796 259	R\$ 112 266	R\$ 112 266	R\$ 112 266	R\$ 112 266
Lucro antes IR + CSLL	-R\$ 9 910 432	-R\$ 1 411 727	-R\$ 1 411 727	-R\$ 1 411 727	-R\$ 1 411 727
IRPJ	R\$ 1 430 325	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
Fluxo de Caixa do Acionista	R\$ 13 883 911	R\$ 957 140	R\$ 957 140	R\$ 957 140	R\$ 957 140
Fluxo de Caixa Descontado	R\$ 10 308 650	R\$ 920 327	R\$ 884 930	R\$ 850 894	R\$ 818 167

	Valor Presente	2027	2028	2029	2030
resíduos gerados	3 744 000	234 000	234 000	234 000	234 000
CAPEX					
Construção civil, canteiros	R\$ 6 400 000				
Máquinas e Equipamentos	R\$ 21 128 669				
Investimento total	R\$ 27 528 669				
OPEX & Manutenção					
Escavação de resíduos		R\$ 3 107 520	R\$ 3 107 520	R\$ 3 107 520	R\$ 3 107 520
Transporte de resíduos até 1 km (interior da área)		R\$ 1 038 960	R\$ 1 038 960	R\$ 1 038 960	R\$ 1 038 960
Transporte Fração fina p/ aterro		R\$ 1 538 539	R\$ 1 538 539	R\$ 1 538 539	R\$ 1 538 539
Recursos Humanos	R\$ 29 425 706	R\$ 1 839 107	R\$ 1 839 107	R\$ 1 839 107	R\$ 1 839 107
Eletricidade e consumíveis	R\$ 27 702 739	R\$ 1 731 421	R\$ 1 731 421	R\$ 1 731 421	R\$ 1 731 421
Reparações e Manutenção Assistência	R\$ 6 761 174	R\$ 422 573	R\$ 422 573	R\$ 422 573	R\$ 422 573
CUSTO TOTAL	R\$ 154 849 927	R\$ 9 678 120	R\$ 9 678 120	R\$ 9 678 120	R\$ 9 678 120
Despesas de depreciação instalações	R\$ 4 096 000	R\$ 256 000	R\$ 256 000	R\$ 256 000	R\$ 256 000
Depreciação equipamentos	R\$ 21 128 669	R\$ 2 112 867	R\$ 2 112 867	R\$ 2 112 867	R\$ 2 112 867
RECEITA					
CDR (R\$ 100,00/t)	R\$ 110 822 400	R\$ 6 926 400	R\$ 6 926 400	R\$ 6 926 400	R\$ 6 926 400
Tarifa (R\$ 20,00/t)	R\$ 74 880 000	R\$ 4 680 000	R\$ 4 680 000	R\$ 4 680 000	R\$ 4 680 000
RECEITA BRUTA TOTAL	R\$ 185 702 400	R\$ 11 606 400	R\$ 11 606 400	R\$ 11 606 400	R\$ 11 606 400
PIS/COFINS/ISS	R\$ 13 741 978	R\$ 858 874	R\$ 858 874	R\$ 858 874	R\$ 858 874
RECEITA LÍQUIDA	R\$ 171 960 422	R\$ 10 747 526	R\$ 10 747 526	R\$ 10 747 526	R\$ 10 747 526
Lucro operacional	-R\$ 8 114 173	-R\$ 1 299 461	-R\$ 1 299 461	-R\$ 1 299 461	-R\$ 1 299 461
Despesas Financeiras	R\$ 1 796 259	R\$ 112 266	R\$ 112 266	R\$ 112 266	R\$ 112 266
Lucro antes IR + CSLL	-R\$ 9 910 432	-R\$ 1 411 727	-R\$ 1 411 727	-R\$ 1 411 727	-R\$ 1 411 727
IRPJ	R\$ 1 430 325	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
Fluxo de Caixa do Acionista	R\$ 13 883 911	R\$ 957 140	R\$ 957 140	R\$ 957 140	R\$ 957 140
Fluxo de Caixa Descontado	R\$ 10 308 650	R\$ 786 699	R\$ 756 441	R\$ 727 348	R\$ 699 373

	Valor Presente	2031	2032	2033	2034
resíduos gerados	3 744 000	234 000	234 000	234 000	234 000
CAPEX					
Construção civil, canteiros	R\$ 6 400 000				
Máquinas e Equipamentos	R\$ 21 128 669				
Investimento total	R\$ 27 528 669				
OPEX & Manutenção					
Escavação de resíduos		R\$ 3 107 520	R\$ 3 107 520	R\$ 3 107 520	R\$ 3 107 520
Transporte de resíduos até 1 km (interior da área)		R\$ 1 038 960	R\$ 1 038 960	R\$ 1 038 960	R\$ 1 038 960
Transporte Fração fina p/ aterro		R\$ 1 538 539	R\$ 1 538 539	R\$ 1 538 539	R\$ 1 538 539
Recursos Humanos	R\$ 29 425 706	R\$ 1 839 107	R\$ 1 839 107	R\$ 1 839 107	R\$ 1 839 107
Eletricidade e consumíveis	R\$ 27 702 739	R\$ 1 731 421	R\$ 1 731 421	R\$ 1 731 421	R\$ 1 731 421
Reparações e Manutenção Assistência	R\$ 6 761 174	R\$ 422 573	R\$ 422 573	R\$ 422 573	R\$ 422 573
CUSTO TOTAL	R\$ 154 849 927	R\$ 9 678 120	R\$ 9 678 120	R\$ 9 678 120	R\$ 9 678 120
Despesas de depreciação instalações	R\$ 4 096 000	R\$ 256 000	R\$ 256 000	R\$ 256 000	R\$ 256 000
Depreciação equipamentos	R\$ 21 128 669	R\$ 2 112 867	R\$ 2 112 867		
RECEITA					
CDR (R\$ 100,00/t)	R\$ 110 822 400	R\$ 6 926 400	R\$ 6 926 400	R\$ 6 926 400	R\$ 6 926 400
Tarifa (R\$ 20,00/t)	R\$ 74 880 000	R\$ 4 680 000	R\$ 4 680 000	R\$ 4 680 000	R\$ 4 680 000
RECEITA BRUTA TOTAL	R\$ 185 702 400	R\$ 11 606 400	R\$ 11 606 400	R\$ 11 606 400	R\$ 11 606 400
PIS/COFINS/ISS	R\$ 13 741 978	R\$ 858 874	R\$ 858 874	R\$ 858 874	R\$ 858 874
RECEITA LÍQUIDA	R\$ 171 960 422	R\$ 10 747 526	R\$ 10 747 526	R\$ 10 747 526	R\$ 10 747 526
Lucro operacional	-R\$ 8 114 173	-R\$ 1 299 461	-R\$ 1 299 461	R\$ 813 406	R\$ 813 406
Despesas Financeiras	R\$ 1 796 259	R\$ 112 266	R\$ 112 266	R\$ 112 266	R\$ 112 266
Lucro antes IR + CSLL	-R\$ 9 910 432	-R\$ 1 411 727	-R\$ 1 411 727	R\$ 701 140	R\$ 701 140
IRPJ	R\$ 1 430 325	R\$ -	R\$ -	R\$ 238 388	R\$ 238 388
Fluxo de Caixa do Acionista	R\$ 13 883 911	R\$ 957 140	R\$ 957 140	R\$ 718 752	R\$ 718 752
Fluxo de Caixa Descontado	R\$ 10 308 650	R\$ 672 474	R\$ 646 609	R\$ 466 888	R\$ 448 931

	Valor Presente	2035	2036	2037	2038
resíduos gerados	3 744 000	234 000	234 000	234 000	234 000
CAPEX					
Construção civil, canteiros	R\$ 6 400 000				
Máquinas e Equipamentos	R\$ 21 128 669				
Investimento total	R\$ 27 528 669				
OPEX & Manutenção					
Escavação de resíduos		R\$ 3 107 520	R\$ 3 107 520	R\$ 3 107 520	R\$ 3 107 520
Transporte de resíduos até 1 km (interior da área)		R\$ 1 038 960	R\$ 1 038 960	R\$ 1 038 960	R\$ 1 038 960
Transporte Fração fina p/ aterro		R\$ 1 538 539	R\$ 1 538 539	R\$ 1 538 539	R\$ 1 538 539
Recursos Humanos	R\$ 29 425 706	R\$ 1 839 107	R\$ 1 839 107	R\$ 1 839 107	R\$ 1 839 107
Eletricidade e consumíveis	R\$ 27 702 739	R\$ 1 731 421	R\$ 1 731 421	R\$ 1 731 421	R\$ 1 731 421
Reparações e Manutenção Assistência	R\$ 6 761 174	R\$ 422 573	R\$ 422 573	R\$ 422 573	R\$ 422 573
CUSTO TOTAL	R\$ 154 849 927	R\$ 9 678 120	R\$ 9 678 120	R\$ 9 678 120	R\$ 9 678 120
Despesas de depreciação instalações	R\$ 4 096 000	R\$ 256 000	R\$ 256 000	R\$ 256 000	R\$ 256 000
Depreciação equipamentos	R\$ 21 128 669				
RECEITA					
CDR (R\$ 100,00/t)	R\$ 110 822 400	R\$ 6 926 400	R\$ 6 926 400	R\$ 6 926 400	R\$ 6 926 400
Tarifa (R\$ 20,00/t)	R\$ 74 880 000	R\$ 4 680 000	R\$ 4 680 000	R\$ 4 680 000	R\$ 4 680 000
RECEITA BRUTA TOTAL	R\$ 185 702 400	R\$ 11 606 400	R\$ 11 606 400	R\$ 11 606 400	R\$ 11 606 400
PIS/COFINS/ISS	R\$ 13 741 978	R\$ 858 874	R\$ 858 874	R\$ 858 874	R\$ 858 874
RECEITA LÍQUIDA	R\$ 171 960 422	R\$ 10 747 526	R\$ 10 747 526	R\$ 10 747 526	R\$ 10 747 526
Lucro operacional	-R\$ 8 114 173	R\$ 813 406	R\$ 813 406	R\$ 813 406	R\$ 813 406
Despesas Financeiras	R\$ 1 796 259	R\$ 112 266	R\$ 112 266	R\$ 112 266	R\$ 112 266
Lucro antes IR + CSLL	-R\$ 9 910 432	R\$ 701 140	R\$ 701 140	R\$ 701 140	R\$ 701 140
IRPJ	R\$ 1 430 325	R\$ 238 388	R\$ 238 388	R\$ 238 388	R\$ 238 388
Fluxo de Caixa do Acionista	R\$ 13 883 911	R\$ 718 752	R\$ 718 752	R\$ 718 752	R\$ 718 752
Fluxo de Caixa Descontado	R\$ 10 308 650	R\$ 431 664	R\$ 415 062	R\$ 399 098	R\$ 383 748

Tabela 6.9 – Planilha global dos 16 anos de operação de mineração no ex-lixão do Roger

	Valor Presente	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038
resíduos gerados	3 744 000	234 000	234 000	234 000	234 000	234 000	234 000	234 000	234 000	234 000	234 000	234 000	234 000	234 000	234 000	234 000	234 000
CAPEX																	
Construção civil, canteiros	R\$ 6 400 000	R\$ 6 400 000															
Máquinas e Equipamentos	R\$ 21 128 669	R\$ 21 128 669															
Investimento total	R\$ 27 528 669																
OPEX & Manutenção																	
Escavação de resíduos		R\$ 3 107 520	R\$ 3 107 520	R\$ 3 107 520	R\$ 3 107 520	R\$ 3 107 520	R\$ 3 107 520	R\$ 3 107 520	R\$ 3 107 520	R\$ 3 107 520	R\$ 3 107 520	R\$ 3 107 520	R\$ 3 107 520	R\$ 3 107 520	R\$ 3 107 520	R\$ 3 107 520	R\$ 3 107 520
Transporte de resíduos até 1 km (interior da área)		R\$ 1 038 960	R\$ 1 038 960	R\$ 1 038 960	R\$ 1 038 960	R\$ 1 038 960	R\$ 1 038 960	R\$ 1 038 960	R\$ 1 038 960	R\$ 1 038 960	R\$ 1 038 960	R\$ 1 038 960	R\$ 1 038 960	R\$ 1 038 960	R\$ 1 038 960	R\$ 1 038 960	R\$ 1 038 960
Transporte Fração fina p/ aterro		R\$ 1 538 539	R\$ 1 538 539	R\$ 1 538 539	R\$ 1 538 539	R\$ 1 538 539	R\$ 1 538 539	R\$ 1 538 539	R\$ 1 538 539	R\$ 1 538 539	R\$ 1 538 539	R\$ 1 538 539	R\$ 1 538 539	R\$ 1 538 539	R\$ 1 538 539	R\$ 1 538 539	R\$ 1 538 539
Recursos Humanos	R\$ 29 425 706	R\$ 1 839 107	R\$ 1 839 107	R\$ 1 839 107	R\$ 1 839 107	R\$ 1 839 107	R\$ 1 839 107	R\$ 1 839 107	R\$ 1 839 107	R\$ 1 839 107	R\$ 1 839 107	R\$ 1 839 107	R\$ 1 839 107	R\$ 1 839 107	R\$ 1 839 107	R\$ 1 839 107	R\$ 1 839 107
Eletricidade e consumíveis	R\$ 27 702 739	R\$ 1 731 421	R\$ 1 731 421	R\$ 1 731 421	R\$ 1 731 421	R\$ 1 731 421	R\$ 1 731 421	R\$ 1 731 421	R\$ 1 731 421	R\$ 1 731 421	R\$ 1 731 421	R\$ 1 731 421	R\$ 1 731 421	R\$ 1 731 421	R\$ 1 731 421	R\$ 1 731 421	R\$ 1 731 421
Reparações e Manutenção Assistência	R\$ 6 761 174	R\$ 422 573	R\$ 422 573	R\$ 422 573	R\$ 422 573	R\$ 422 573	R\$ 422 573	R\$ 422 573	R\$ 422 573	R\$ 422 573	R\$ 422 573	R\$ 422 573	R\$ 422 573	R\$ 422 573	R\$ 422 573	R\$ 422 573	R\$ 422 573
CUSTO TOTAL	R\$ 154 849 927	R\$ 9 678 120	R\$ 9 678 120	R\$ 9 678 120	R\$ 9 678 120	R\$ 9 678 120	R\$ 9 678 120	R\$ 9 678 120	R\$ 9 678 120	R\$ 9 678 120	R\$ 9 678 120	R\$ 9 678 120	R\$ 9 678 120	R\$ 9 678 120	R\$ 9 678 120	R\$ 9 678 120	R\$ 9 678 120
Despesas de depreciação instalações	R\$ 4 096 000	R\$ 256 000	R\$ 256 000	R\$ 256 000	R\$ 256 000	R\$ 256 000	R\$ 256 000	R\$ 256 000	R\$ 256 000	R\$ 256 000	R\$ 256 000	R\$ 256 000	R\$ 256 000	R\$ 256 000	R\$ 256 000	R\$ 256 000	R\$ 256 000
Depreciação equipamentos	R\$ 21 128 669	R\$ 2 112 867	R\$ 2 112 867	R\$ 2 112 867	R\$ 2 112 867	R\$ 2 112 867	R\$ 2 112 867	R\$ 2 112 867	R\$ 2 112 867	R\$ 2 112 867	R\$ 2 112 867						
RECEITA																	
CDR (R\$ 100,00/t)	R\$ 110 822 400	R\$ 6 926 400	R\$ 6 926 400	R\$ 6 926 400	R\$ 6 926 400	R\$ 6 926 400	R\$ 6 926 400	R\$ 6 926 400	R\$ 6 926 400	R\$ 6 926 400	R\$ 6 926 400	R\$ 6 926 400	R\$ 6 926 400	R\$ 6 926 400	R\$ 6 926 400	R\$ 6 926 400	R\$ 6 926 400
Tarifa (R\$ 20,00/t)	R\$ 74 880 000	R\$ 4 680 000	R\$ 4 680 000	R\$ 4 680 000	R\$ 4 680 000	R\$ 4 680 000	R\$ 4 680 000	R\$ 4 680 000	R\$ 4 680 000	R\$ 4 680 000	R\$ 4 680 000	R\$ 4 680 000	R\$ 4 680 000	R\$ 4 680 000	R\$ 4 680 000	R\$ 4 680 000	R\$ 4 680 000
RECEITA BRUTA TOTAL	R\$ 185 702 400	R\$ 11 606 400	R\$ 11 606 400	R\$ 11 606 400	R\$ 11 606 400	R\$ 11 606 400	R\$ 11 606 400	R\$ 11 606 400	R\$ 11 606 400	R\$ 11 606 400	R\$ 11 606 400	R\$ 11 606 400	R\$ 11 606 400	R\$ 11 606 400	R\$ 11 606 400	R\$ 11 606 400	R\$ 11 606 400
PIS/COFINS/ISS	R\$ 13 741 978	R\$ 858 874	R\$ 858 874	R\$ 858 874	R\$ 858 874	R\$ 858 874	R\$ 858 874	R\$ 858 874	R\$ 858 874	R\$ 858 874	R\$ 858 874	R\$ 858 874	R\$ 858 874	R\$ 858 874	R\$ 858 874	R\$ 858 874	R\$ 858 874
RECEITA LÍQUIDA	R\$ 171 960 422	R\$ 10 747 526	R\$ 10 747 526	R\$ 10 747 526	R\$ 10 747 526	R\$ 10 747 526	R\$ 10 747 526	R\$ 10 747 526	R\$ 10 747 526	R\$ 10 747 526	R\$ 10 747 526	R\$ 10 747 526	R\$ 10 747 526	R\$ 10 747 526	R\$ 10 747 526	R\$ 10 747 526	R\$ 10 747 526
Lucro operacional	-R\$ 8 114 173	-R\$ 1 299 461	-R\$ 1 299 461	-R\$ 1 299 461	-R\$ 1 299 461	-R\$ 1 299 461	-R\$ 1 299 461	-R\$ 1 299 461	-R\$ 1 299 461	-R\$ 1 299 461	-R\$ 1 299 461	-R\$ 1 299 461	R\$ 813 406	R\$ 813 406	R\$ 813 406	R\$ 813 406	R\$ 813 406
Despesas Financeiras	R\$ 1 796 259	R\$ 112 266	R\$ 112 266	R\$ 112 266	R\$ 112 266	R\$ 112 266	R\$ 112 266	R\$ 112 266	R\$ 112 266	R\$ 112 266	R\$ 112 266	R\$ 112 266	R\$ 112 266	R\$ 112 266	R\$ 112 266	R\$ 112 266	R\$ 112 266
Lucro antes IR + CSLL	-R\$ 9 910 432	-R\$ 1 411 727	-R\$ 1 411 727	-R\$ 1 411 727	-R\$ 1 411 727	-R\$ 1 411 727	-R\$ 1 411 727	-R\$ 1 411 727	-R\$ 1 411 727	-R\$ 1 411 727	-R\$ 1 411 727	-R\$ 1 411 727	R\$ 701 140	R\$ 701 140	R\$ 701 140	R\$ 701 140	R\$ 701 140
IRPJ	R\$ 1 430 325	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 238 388	R\$ 238 388	R\$ 238 388	R\$ 238 388	R\$ 238 388
Fluxo de Caixa do Acionista	R\$ 13 883 911	R\$ 957 140	R\$ 957 140	R\$ 957 140	R\$ 957 140	R\$ 957 140	R\$ 957 140	R\$ 957 140	R\$ 957 140	R\$ 957 140	R\$ 957 140	R\$ 957 140	R\$ 718 752	R\$ 718 752	R\$ 718 752	R\$ 718 752	R\$ 718 752
Fluxo de Caixa Descontado	R\$ 10 308 650	R\$ 920 327	R\$ 884 930	R\$ 850 894	R\$ 818 167	R\$ 786 699	R\$ 756 441	R\$ 727 348	R\$ 699 373	R\$ 672 474	R\$ 646 609	R\$ 466 888	R\$ 448 931	R\$ 431 664	R\$ 415 062	R\$ 399 098	R\$ 383 748

6.1.2.1 Emissão gasosa da mineração dos resíduos

Durante a operação de mineração, em 16 anos, a quantidade de gases emitidos considerando as operações de escavação, carga e transporte dos resíduos são emitidas as seguintes quantidades de CO₂ eq.

Tabela 6.10 – CO₂ eq emitido na operação de mineração com o processamento dos resíduos

	Taxa unitária de kg CO ₂ /t	Quantidade resíduos (t)	CO ₂ eq (t)
Escavação	2.07	3 744 000	7 750
Transporte interior da área	1.155	3 744 000	4 324
Transporte para o exterior (AS)	1.155	2 787 840	3 220
Total			15 294

A estes quantitativos haveria a adicionar as emissões provenientes do processo de separação mecânica, que se considerou negligenciável, por tratar-se de equipamentos elétricos em que as emissões, comparativamente às restantes operações, é muito reduzida.

7 RESUMO DA ESTIMATIVA DE CUSTOS

Apresenta-se na Tabela a seguir um resumo dos custos das diversas alternativas de recuperação ambiental do antigo lixão do Roger.

Tabela 7.1 – resumo dos custos diretos das alternativas de recuperação estudadas

Alternativa			Valor
Alternativa 1	Desgaseificação ativa	R\$	8 411 099
Alternativa 2	Desgaseificação passiva	R\$	3 308 630
Alternativa 3	Remoção integral dos resíduos	R\$	140 547 271
Alternativa 4	Remoção parcial dos resíduos	R\$	108 221 399
Alternativa 5	Landfill mining (mineração)	R\$	71 556 196

As duas primeiras alternativas em que os resíduos permanecem no local são as que, como se esperava, são as mais económicas soluções, porém, o passivo permanece na área.

O saneamento total da área é atingido apenas nas alternativas 3 e 5, ou seja, as soluções em que a totalidade dos resíduos são removidos. Nestas soluções a regeneração da área é total. Entre estas duas alternativas a mineração dos resíduos é a mais económica e a que gera mais empregos durante 16 anos.

8 MATRIZ DE DECISÃO

A tomada de uma decisão quando existem diversas alternativas é um exercício complexo e que tem merecido estudos de apoio com base em diferentes metodologias, estabelecendo parâmetros e critérios que se espera serem tanto mais claros e simples possíveis. Por volta da década de 1970 apareceram os primeiros métodos de apoio multicritério de apoio à decisão que utilizavam uma abordagem seletiva para problemas com múltiplos objetivos e múltiplos atores (partes interessadas), com uma visão multidimensional.

Atribuir um valor numérico aos critérios individualmente e a grupo de critérios é igualmente um exercício complexo devido à importância que cada ator tem do respetivo parâmetro.

Optou-se por pontuar cada critério com a pontuação zero para a pior opção e 3 ou 5 para a melhor opção, sendo atribuído 5 a parâmetros notadamente de importância relativa maior que as demais dimensões, como a saúde, o compromisso político com as populações e o benefício social.

A análise diz respeito às opções tomadas para a recuperação do antigo lixão através das seguintes técnicas:

- Recuperação com manutenção dos resíduos no local, procedendo-se à modelagem geométrica do maciço;
- Recuperação através da remoção integral dos resíduos para uma nova célula de aterro devidamente construída com sistemas de proteção ambiental;
- Recuperação através da remoção parcial dos resíduos (permanecendo os resíduos das células 1 e 2 já encerradas e com intervenção) e transferência dos resíduos para nova célula de aterro sanitário construída com sistemas de proteção ambiental;
- Mineração dos resíduos para recuperação de materiais recicláveis, de solo e de energia através de CDR dos refugos separados mecanicamente.

8.1 METODOLOGIA

Propõe-se uma matriz para análise e apoio à decisão constituída pelos seguintes critérios:

- (i) ambiental;
- (ii) operacional;
- (iii) socio-político e econômico,

que estão apresentadas nas Tabelas 8.1 até 8.4.

Os parâmetros de análise ambiental propostos são: as emissões de gases de efeito de estufa (GEE); a geração de lixiviados; emissão de lixiviados; recuperação de materiais recicláveis; recuperação de energia; recuperação de solo para outras atividades; contaminação do solo na projeção da área do lixão; contaminação do solo no entorno; contaminação de linhas de água adjacentes; contaminação de mananciais freáticos; exposição ao ruído e exposição a odores e prerrogativas do licenciamento ambiental das diversas alternativas, salientando-se que novos processos serão mais complexos para o órgão que analisa pela primeira vez processos inovadores, como a mineração, por exemplo.

Cada parâmetro tem critérios com uma pontuação qualitativa numérica, sendo 0 a pior opção ou aque tem maior impacto negativo; 1 baixo impacto e 3 ou 5 a melhor opção. A distinção entre 3 e 5 na melhor opção leva em conta a hierarquia do critério/parâmetro, como se apresenta na Tabela 8.1.

Tabela 8.1 – Parâmetros e critérios de classificação da **componente ambiental**

Parâmetro	Critério	Pontuação	Descrição - Fase obra e pós-obra
Emissão GEE	Com emissão	0	Durante as obras de reabilitação há emissão de biogás devido a escavação e movimentação de resíduos
	Baixa Emissão	2	A emissão de GEE existe, porém de forma controlada
	Sem emissão	5	Não existe emissão de GEE na fase de obra
Geração de Lixiviados	Sim	0	Durante as obras de reabilitação há geração de lixiviados devido a escavação e movimentação de resíduos que expõe o local à entrada de água das chuvas
	não	3	As atividades não são susceptíveis de gerar lixiviados
Emissão de lixiviados	sim	0	Os lixiviados são descarregados para o ambiente próximo
	moderado	1	Os lixiviados ficam confinados no perímetro da área
	não	3	Não há emissão de lixiviados
Recuperação de materiais recicláveis	não	0	Não há possibilidade de recuperação de materiais recicláveis
	sim	3	A operação permite recuperar materiais recicláveis
Recuperação energética	não	0	Não há possibilidade de recuperação de energia, seja na forma de biogás ou de CDR
	sim	3	Há possibilidade de recuperação de energia
Recuperação de solo p/ outras atividades	não	0	As atividades não propiciam a recuperação de novo solo a partir dos resíduos enterrados
	sim	3	a tecnologia permite que se recupere o solo devido à degradação anaeróbia processada com transformação da matéria orgânica em um material compostado e estabilizado
Contaminação do solo no local	sim	0	A atividade conduz à contaminação do solo no local devido a geração/lançamento de lixiviados
	não	2	A atividade por si só não conduz ao incremento da contaminação do solo no local mais do que o já observado
Contaminação do solo entorno	Sim	0	A atividade por si só conduz à contaminação do solo no entorno da área
	não	3	Não há contaminação adicional do solo no entorno devido à atividade de reabilitação

Continuação.....

Parâmetro	Critério	Pontuação	Descrição - Fase obra e pós-obra
Contaminação de linhas de água adjacentes	sim	0	A atividade concorre para que linhas de água adjacentes à área sejam afetadas com a contaminação por lixiviados
	moderado	1	A operação contribui ocasionalmente para contaminação de linhas de água adjacentes
	não	3	Não há contaminação proveniente das atividades realizadas
Contaminação de mananciais freáticos	sim	0	A atividade contribui para a contaminação de aquíferos sob a área
	não	3	Não há contaminação de aquíferos decorrente das atividades de recuperação
Ruído	Sim	0	Há emissão de ruído durante as atividades
	moderado	1	O ruído é ocasional durante as atividades de forma intermitente
	não	3	Não há ruído durante as atividades
Odores	Sim	0	As atividades estimulam a emissão de odores devido à movimentação de resíduos durante as atividades de recuperação
	moderado	1	A emissão de odores ocorre de forma esporádica durante a abertura de poços ou valas de drenagem de biogás ou furos para instalação de piezômetros na área do maciço
	não	5	As atividades não contribuem para a emissão de odores
Prerrogativas de licenciamento Ambiental	Corrente	3	Procedimentos de licenciamento correntes para o órgão ambiental
	Média complexidade	1	Procedimento que é novidade para o órgão, mas similar a procedimentos correntes similares
	Complexo	0	Procedimento novo, complexo e sem semelhanças para o órgão ambiental na Paraíba

Fonte: Autores, 2022

A componente operacional contém parâmetros relativos à complexidade da implementação das soluções; a complexidade da operação, a estabilidade do sistema e o prazo de conclusão. Cada parâmetro tem critérios com uma pontuação qualitativa numérica, sendo 0 a pior opção ou a que tem maior impacto negativo; 1 baixo impacto e 3 a melhor opção. A Tabela 8.2 apresenta os parâmetros, critérios e descrição da componente operacional.

Tabela 8.2 – Parâmetros e critérios da **componente operacional** com descrição

Parâmetro	Critério	Pontuação	Descrição - Fase obra e pós-obra
Complexidade de implantação	Simple	3	Atividades são correntes e simples, não exigindo tecnologias complexas e raras
	média complexidade	1	A complexidade é mediana devido a não ser corrente na recuperação de lixões, mas são familiares e similares às utilizados no setor da construção de infraestruturas rodoviárias
	Complexo	0	A tecnologia a ser utilizada é complexa devido aos equipamentos de separação e trituração, entre outros, a serem utilizados na reabilitação do local
Complexidade de operação	Simple	3	A operação é simples e corrente
	Complexo	0	Operação que exige especificidade no uso dos equipamentos do TM (Tratamento Mecânico) para segregação dos materiais escavados, bem como na própria logística
Estabilidade do sistema	Estável	3	A solução é estável, pois não envolve alteração na volumetria do maciço que coloque em risco a segurança, pelo contrário, a modelagem geométrica o torna mais estável
	Risco erosão	0	A operação pode concorrer para que haja instabilidades e riscos de erosão nas operações de escavação para remoção dos resíduos
Prazo de execução	até 2 anos	3	As atividades de reabilitação são passíveis de serem concluídas até 2 anos após aprovação e início das mesmas
	>2 anos até 10 anos	1	As atividades são mais complexas e podem decorrer de 5 a 10 anos para escavações e transporte dos resíduos para outro local
	+ de 10 anos	0	Atividades por longo tempo devido ao volume a ser objeto de movimentação

Fonte: Autores, 2022

Na componente socio-política destacam-se os parâmetros de uso futuro da área, conforto visual, conforto acústico, efeito na saúde, usufruto do espaço pela população, geração de emprego e renda para os moradores da região do entorno, percepção de aceitação da população e compatibilidade com os objetivos políticos traçados, além do Cumprimento de promessas políticas PMJP à população. conforme listados e descritos na Tabela 8.3. Cada parâmetro tem critérios com uma pontuação qualitativa

numérica, sendo 0 a pior opção ou aque tem maior impacto negativo; 1 baixo impacto e 3 ou 5 a melhor opção.

Tabela 8.3 – Parâmetros e critérios da **componente sócio-políticos**

Parâmetro	Critério	Pontuação	Descrição - Fase obra e pós obra
Uso futuro do local	Possível uso imediato	3	A reabilitação permite o uso imediato do local após a intervenção
	Uso após + 5 anos	1	Apenas após 5 ou mais anos é possível utilizar o espaço para outra atividade, por transferência dos resíduos para outro local
	Uso após + 20 anos	0	Só depois de terminada a operação de segregação dos materiais dispostos ao longo do tempo serem objeto de intervenção se poderá utilizar na íntegra o local completamente reabilitado.
Conforto visual	mau	0	Não propicia uma paisagem agradável devido às operações de remoção dos resíduos ou de mineração, dado que o coberto vegetal existente deixa de existir
	moderado	1	O visual mantém-se o mesmo em parte da área e terá alteração com a remoção parcial de resíduos do maciço
	Bom	3	O visual paisagístico mantém-se agradável por não só se manter o coberto vegetal, como as operações serão indutoras de melhorias na qualidade dessa cobertura
Conforto acústico	não	0	As operações conduzem á emissão de ruído de máquinas a operar
	sim	3	As operações não conduzem á emissão de ruídos porque não haverá equipamentos a operar que produzam ruídos
Efeito na saúde	negativo	0	As atividades de movimentação dos resíduos conduzem à libertação de gases aprisionados no maciço que são potencialmente nefastos para a população mais próxima da área
	moderado	1	Operações de reabilitação conduzem à emissão moderada e pontual de gases do interior do maciço devido à execução de furos ou valas de drenagem que interfiram com resíduos
	sem efeito	3	Atividades não potenciais a emissões dos gases aprisionados porque estes são drenados adequadamente, não afetando os residentes do local
Utilização do espaço	Não	0	O espaço não poderá ser objeto de fruição pela população porque estará ocupado com as atividades de reabilitação
	médio	1	Parte do espaço poderá ser utilizado para fruição porque não terá intervenção direta, como é o caso das células 1 e 2 já intervencionadas.
	Sim	3	O espaço após intervenção será objeto de fruição com as diversas valências instaladas
Geração de Emprego e Renda para os moradores	não	0	Não haverá emprego para moradores decorrentes do tipo de intervenção
	sim	3	As atividades propiciam emprego e renda para moradores após implementação das valências previstas no Parque socioambiental

Parâmetro	Critério	Pontuação	Descrição - Fase obra e pós obra
Percepção da aceitabilidade da população	não	0	As expectativas da população são para um parque socioambiental, pelo que qualquer outra solução é vista como má solução
	Sim	5	A população vê com bons olhos a recuperação da área para um futuro parque socioambiental
Compatível com os objetivos políticos traçados (João Pessoa Sustentável)	Não	0	A alternativa não permite cumprir os objetivos expressos no Programa João Pessoa Sustentável
	Sim	5	Está alinhado com o Programa João Pessoa Sustentável, permitindo cumprir os objetivos do Parque socioambiental
Cumprimento de promessas políticas PMJP à população	Não	0	Alternativa adia o cumprimento de objetivos políticos com a população da área do entorno do lixão do Roger
	Sim	5	O tempo de execução das atividades de reabilitação permite ao poder público cumprir os objetivos de encerramento e recuperação ambiental da área e construir um parque socioambiental

Fonte: Autores, 2022

Na componente econômica destacam-se os parâmetros de custo de transporte dos resíduos, de escavação e custo total para o erário público, além das rentabilidades direta, social e impacto na renda familiar da comunidade do entorno, conforme listados e descritos na Tabela 8.4. Cada parâmetro tem critérios com uma pontuação qualitativa numérica, sendo 0 a pior opção ou aque tem maior impacto negativo; 1 ou 2 baixo impacto e 3 ou 5 a melhor opção.

Tabela 8.4 – Parâmetros e critérios da **componente econômica com descrição**

Parâmetro	Critério	Pontuação	Descrição - Fase obra e pós obra
Custo de transporte dos resíduos	não	3	A solução não prevê transporte de resíduos para fora do local
	Sim	0	A solução prevê a transferência dos resíduos para fora do local para uma célula de aterro nova a ser construída
Custo de escavação dos resíduos	Não	0	Não há custos de escavação dos resíduos na solução de reabilitação
	Sim	3	Alternativa prevê a escavação dos resíduos para processar no local ou para transferir para fora do local
Custo total p/ erário público	Maior custo	0	Solução que demanda em valor do CAPEX mais elevado
	Custo intermédio	1	Valor de CAPEX intermédio, entre o custo máximo e o custo mínimo
	Menor custo	5	Menor custo de investimento para realização das atividades previstas na Alternativa

Parâmetro	Critério	Pontuação	Descrição - Fase obra e pós obra
Rentabilidade direta	não	0	A atividade demanda em custos e não tem previsto qualquer rendimento direto da alternativa adotada ou não há viabilidade de obtenção de rendimento
	parcial	1	Parte do custo será amortizado com o rendimento obtido com a solução adotada
	auto sustentável	3	A solução adotada permite obter rendimento suficiente para pagar os seus custos
Rentabilidade social	Não	0	A alternativa adotada não gera benefícios para a sociedade (população afetada pelo antigo lixão)
	moderado	2	A solução pode proporcionar moderada rentabilidade social
	sim	5	A solução adotada gera benefícios sociais diretos para a população do Roger e comunidades adjacentes
Impacto na renda familiar	não	0	A alternativa não permite gerar renda para a população do entorno
	possível	1	Poderá haver lugar a possíveis benefícios em termos de renda para a população com a alternativa
	Sim	3	A alternativa vai permitir gerar renda devido às oportunidades de negócios próprios ou de empregos para a população e consequente impacto na renda familiar.

Fonte: Autores, 2022

8.2 AVALIAÇÃO – MATRIZ DE DECISÃO

Após a definição das componentes (ambiental, Social, política, operacional e econômica), critérios e pontuações, foi avaliada a adequabilidade de cada tecnologia estudada (implantação sem remoção de resíduos, com remoção total dos resíduos, com remoção parcial dos resíduos e mineração dos resíduos dispostos) e comparado tanto o resultado parcial, isto é, por componente, como também, o resultado final, onde a tecnologia que mais pontuou corresponde a tecnologia mais adequada para a implementação do parque socioambiental na área do antigo Lixão do Roger.

As Tabelas 8.5 até 8.9 apresentaram a avaliação das tecnologias estudadas por componente avaliada. No final de cada Tabela aparecerá a pontuação para este item avaliado.

A Tabela 8.5 apresenta a matriz de decisão da componente ambiental pontuada.

A matriz de decisão referente a componente ambiental indica que a Alternativa tecnológica para a implementação do parque Socioambiental sem a remoção de resíduos é a mais adequada, seguida da tecnologia de mineração dos resíduos, e por último, a tecnologia de remoção dos resíduos (total ou parcial).

Tabela 8.5 – Matriz de decisão - Componente Ambiental

Parâmetro	critério		Alternativa Tecnológica							
			Sem remoção RSU		Com remoção Total de Resíduos		Com remoção Parcial de Resíduos		Mineração dos Resíduos	
	Critério	pontuação	Fase obra	Fase de operação	Fase obra	Fase operação	Fase obra	Fase operação	Fase obra	Fase operação
Emissão GEE	Com emissão	0			0	0	0	0	0	0
	Baixa Emissão	2	2							
	Sem emissão	5		5						
Geração de Lixiviados	sim	0			0	0	0	0	0	0
	não	3	3	3						
Emissão de lixiviados	sim	0			0	0	0	0	0	0
	moderado	1	1							
	não	3								
Recuperação de materiais recicláveis	não	0	0	0	0	0	0	0		
	sim	3							3	3
Recuperação energética	não	0	0	0	0	0	0	0		
	sim	3							3	3
Recuperação de solo p/ outras atividades	não	0	0	0	0	0	0	0		
	sim	3							3	3
Contaminação do solo no local	sim	0								
	não	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Contaminação do solo entorno	sim	0								
	não	3	3	3						
Contaminação linhas de água adjacentes	sim	0								
	moderado	1			1	1	1	1		
	não	3	3	3					3	3
Contaminação de mananciais freáticos	sim	0								
	não	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Ruído	Sim	0			0		0		0	0
	moderado	1								

Parâmetro	critério		Alternativa Tecnológica							
			Sem remoção RSU		Com remoção Total de Resíduos		Com remoção Parcial de Resíduos		Mineração dos Resíduos	
	Critério	pontuação	Fase obra	Fase de operação	Fase obra	Fase operação	Fase obra	Fase operação	Fase obra	Fase operação
	não	3	3	3		3		3		
Odores	Sim	0			0		0			
	moderado	1	1						1	1
	não	5		5		3		3		
Prerrogativas do licenciamento ambiental	Corrente	3	3	3						
	Média complexidade	1			1	1	1	1		
	Complexa	0							0	0
Pontuação Componente Ambiental			24	30	7	13	7	13	18	18

Fonte: Autores, 2022

A Tabela 8.6 apresenta a matriz de decisão da componente operacional pontuada.

Tabela 8.6 – Matriz de decisão - Componente Operacional

Parâmetro	critério		Alternativa Tecnológica							
			Sem remoção RSU		Com remoção Total de Resíduos		Com remoção Parcial de Resíduos		Mineração dos Resíduos	
		pontuação	Fase obra	Fase de operação	Fase obra	Fase operação	Fase obra	Fase operação	Fase obra	Fase operação
Complexidade de implantação	Simple	3	3	3		3		3		
	média complexidade	1			1		1			
	Complexo	0							0	0
Complexidade de operação	Simple	3	3	3	3	3	3	3		
	Complexo	0							0	0
Estabilidade do sistema	Estável	3	3	3					3	3

Parâmetro	critério		Alternativa Tecnológica							
			Sem remoção RSU		Com remoção Total de Resíduos		Com remoção Parcial de Resíduos		Mineração dos Resíduos	
		pontuação	Fase obra	Fase de operação	Fase obra	Fase operação	Fase obra	Fase operação	Fase obra	Fase operação
	Risco erosão	0			0	0	0	0		
Prazo de execução	até 2 anos	3	3	3						
	>2 anos até 10 anos	1			1	1	1	1		
	+ de 10 anos	0							0	0
Pontuação Componente Operacional			12	12	5	7	5	7	3	3

Fonte: Autores, 2022

A matriz de decisão referente a componente operacional indica que a Alternativa tecnológica para a implementação do parque Socioambiental sem a remoção de resíduos é a mais adequada, seguida da tecnologia de remoção dos resíduos (total ou parcial), e por último, a tecnologia de mineração dos resíduos.

A Tabela 8.7 apresenta a matriz de decisão da componente sócio-político pontuada.

Tabela 8.7 – Matriz de decisão - Componente Sócio-Político

Parâmetro	Critério		Alternativa Tecnológica							
			Sem remoção RSU		Com remoção Total de Resíduos		Com remoção Parcial de Resíduos		Mineração dos Resíduos	
	Critério	Pontuação	Fase obra	Fase de operação	Fase obra	Fase operação	Fase obra	Fase operação	Fase obra	Fase operação
Uso social futuro do local	Possível uso imediato	3	3	3						
	Uso após + 5 anos	1			1	1	1	1		
	Uso após + 20 anos	0							0	0
Conforto visual	mau	0			0	0	0	0		0

Parâmetro	Critério		Alternativa Tecnológica							
			Sem remoção RSU		Com remoção Total de Resíduos		Com remoção Parcial de Resíduos		Mineração dos Resíduos	
	Critério	Pontuação	Fase obra	Fase de operação	Fase obra	Fase operação	Fase obra	Fase operação	Fase obra	Fase operação
Conforto acústico	moderado	1	1						1	
	Bom	3		3						
	não	0			0	0	0	0	0	0
	sim	3	3	3						
Efeito na saúde	negativo	0			0		0			
	moderado	1							1	1
	sem efeito	3	3	3		3		3		
Utilização do espaço	Não	0	0		0	0	0	0	0	0
	médio	1								
	Sim	3		3						
Geração de Emprego e Renda para os moradores	não	0	0	0	0	0	0	0		
	sim	3							3	3
Percepção da aceitabilidade da população	não	0			0	0	0	0	0	0
	Sim	5	5	5						
Compatível com os objetivos políticos traçados	Não	0			0	0	0	0	0	0
	Sim	5	5	5						
Cumprimento de promessas políticas PMJP à população	Não	0			0	0	0	0	0	0
	Sim	5	5	5						
Pontuação Componente Socio-político			25	30	1	4	1	4	5	4

Fonte: Autores, 2022

A matriz de decisão referente a componente sócio-política indica que a Alternativa tecnológica para a implementação do parque Socioambiental sem a remoção de resíduos é a mais adequada, seguida da tecnologia de mineração dos resíduos e por último, a tecnologia de remoção dos resíduos (total ou parcial).

A Tabela 8.8 apresenta a matriz de decisão da componente econômica pontuada.

Tabela 8.8 – Matriz de decisão - **Componente Econômica**

Parâmetro	Critério		Alternativa Tecnológica							
			Sem remoção RSU		Com remoção Total de Resíduos		Com remoção Parcial de Resíduos		Mineração dos Resíduos	
	Critério	Pontuação	Fase obra	Fase de operação	Fase obra	Fase operação	Fase obra	Fase operação	Fase obra	Fase operação
Custo de transporte dos resíduos	não	3	3	3						
	Sim	0			0	0	0	0	0	0
Custo de escavação dos resíduos	sim	0			0	0	0	0	0	0
	não	3	3	3						
Custo total p/ erário público	Maior custo	0			0	0	0	0	0	0
	Custo intermédio	1								
	Menor custo	5	5	5						
Rentabilidade direta	não	0	0	0	0	0	0	0		
	parcial	1							1	
	Auto-sustentável	3								3
Rentabilidade social	Não	0	0		0	0	0	0		
	moderado	2							2	2
	sim	5		5						
Impacto na renda familiar	não	0	0		0	0	0			
	possível	1						1		
	Sim	3		3					3	3
Pontuação Componente Econômica			11	19	0	0	0	2	6	8

Fonte: Autores, 2022

A Tabela 8.9 apresenta um resumo das pontuações de cada componente avaliada para as tecnologias estudadas para a implantação do Parque Socioambiental na área do antigo lixão do Roger.

Tabela 8.9 – Matriz de decisão – Resumo das Pontuações de Todas as Componentes estudadas

Pontuação das Componentes	Alternativa Tecnológica							
	Sem remoção RSU		Com remoção Total de Resíduos		Com remoção Parcial de Resíduos		Mineração dos Resíduos	
	Fase obra	Fase de operação	Fase obra	Fase operação	Fase obra	Fase operação	Fase obra	Fase operação
Ambiental	24	30	7	13	7	13	18	18
Operacional	12	12	5	7	5	7	3	3
Sociopolítico	25	30	1	4	1	4	5	4
Econômica	11	19	0	0	0	0	6	8
TOTAL	72	91	13	24	13	24	32	33

Fonte: Autores, 2022

A matriz de decisão referente a componente econômica indica que a Alternativa tecnológica para a implementação do parque Socioambiental sem a remoção de resíduos é a mais adequada, seguida da tecnologia de mineração dos resíduos e por último, a tecnologia de remoção dos resíduos (total ou parcial).

Com efeito, observa-se que em todas as avaliações realizadas para a implantação do Parque Socioambiental, a TECNOLOGIA SEM REMOÇÃO DOS RESÍDUOS É A MAIS INDICADA, com a adequação da área e garantias técnicas operacionais relativas ao controle de geração e tratamento de lixiviados; drenagem e tratamento de gases e eficiência energética. Custo para o erário público, uso pela população em curto espaço de tempo, benefícios em termos sociais com a geração de emprego e de renda para os moradores do local.

9 CONCLUSÕES

As alternativas possíveis para a recuperação de antigos lixões podem ser classificadas em duas grandes linhas: (i) saneamento total da área e (ii) permanência dos resíduos no local e confinamento da contaminação no local, sem extrapolar a área de descarte dos resíduos.

O caso do saneamento total da área torna-a isenta da contaminação provocada pelos resíduos, regenerando o local, ao passo que a solução do tipo confinamento na contaminação no local leva em conta a situação da área após o descarte dos resíduos e a necessidade de conter a contaminação ao local já contaminado.

No estudo das alternativas a componente financeira é eventualmente a que é determinante na seleção, conjugando-se depois os outros fatores apesar de não ser a única. Nesse sentido foi apresentada uma matriz de apoio à decisão com as restantes componentes, ou seja: social, política e ambiental. Como se pode constatar a solução *in loco* era esperada ser a mais econômica e assim aconteceu. A Matriz de decisão também assim apontou.

Nos custos levantados para as diversas alternativas não foram considerados os custos de realização do parque, porque a haver parque os custos são iguais a todas as soluções.

Emerge debruçarmo-nos sobre as duas soluções *in loco*, em que se põe em confronto a desgaseificação e consequente drenagem de lixiviados. Foram estudadas ambas as situações. Na alternativa *in loco* de desgaseificação **ativa**, pressupõe-se que seja utilizada bombagem que força a extração do biogás armazenado no maciço através de 23 poços perfurados dos resíduos e uma rede de tubulação que transporta o biogás para a unidade centralizada de aspiração, pressão, regulação e queima.

Esta solução de desgaseificação ativa custa R\$ 8.411.099,00.

A solução passiva pressupõe que praticamente não exista biogás no maciço, ou o que existe não põe em risco a segurança dos usuários do local e os seus trabalhadores. Neste caso, por cautela, propôs-se uma desgaseificação natural em valas ou trincheiras sobre os espaços em que serão construídos os edifícios previstos, estacionamento, arruamentos e campos de esportes. O seu custo é de R\$ 3.308.630,00.

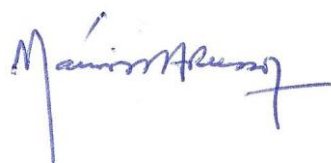
Tendo em conta que não foi possível detetar se há ou não biogás, por falta de pesquisa específica, não podemos propor nenhuma das soluções de recuperação *in*

loco. No entanto, com base em todos os dados levantados e nos relatórios já produzidos, em especial o Produto 2, poderá ser adotada uma das soluções de imediato, por exemplo, a que faz a desgaseificação forçada, porque se houver biogás, a solução responde positivamente. Acaso não haja, o problema é de ordem financeira, em que se terá gasto mais 5 milhões de reais desnecessariamente.

Em alternativa, pode o poder público assumir o risco e considerar que a solução de desgaseificação passiva seja adoptada porque avaliando o risco, este é passível de ser admitido. Nesse sentido, a equipe consultora aguarda a decisão do cliente quanto à definição de uma das soluções in loco que propomos seja executada.

João Pessoa, julho de 2022

O Coordenador Geral do Projeto

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Mário Russo', with a stylized flourish at the end.

Mário Russo, Prof. Doutor

10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BHATNAGAR, A.; KACZALA, F.; BURLAKOV, J.; KRIIPSALU, M.; HOGLAND, M.; HOGLAND, W. Hunting for valuables from landfills and assessing their market opportunities A case study with Kudjape landfill in Estonia. *Waste Management & Research*, 35, 627-635, 2017.

BUDDE, F.; CHLAN, P.; DÖRRIE, T. Landfill restoration with the BIOPUSTER®-System – Aeration as prerequisite for occupational-residential and environmental safety. EUROARAB. Inst. LABW, University of Rostock, 2002.

BURLAKOV, J.; KRIIPSALU, M.; KLAVINS, M.; BHATNAGAR, A.; VINCEVICA-GAILE, Z.; STENIS, J.; JANI, Y.; MYKHAYLENKO, V.; DENAFAS, G.; TURKADZE, T.; HOGLAND, M.; RUDOVICA, V.; KACZALA, F.; ROSENDAL, R.M.; HOGLAND, W.; Paradigms on landfill mining: From dump site scavenging to ecosystem services revitalization. *Resour. Conserv. Recycl.* 123, 73–84, 2017.

COSSU, R.; HOGLAND, W.; SALERNI, E. Landfill Mining in Europe and USA. ISWA Year Book, International Solid Waste Association (ed), pp 107-114, 1996.

CRAPS, M.; SIPS, K. Enhanced Landfill Mining as a governance challenge: managing multiple actors, interests and perspectives. International Academic Symposium on Enhanced Landfill Mining. Houthalen-Helchteren, 311-324, 2011.

DUBEY, A.; CHAKRABARTI, M.; PANDIT, D. Landfill Mining as a Remediation Technique for Open Dumpsites in India. *Procedia Environmental Sciences*, v. 35, p. 319–327, 2016.

FISHER, H.; FINDLAY, D. M. Exploring the economics of mining landfills. *World wastes: the independent voice*, 38, 50-4, 1995.

FORD, S.; WARREN, K.; LORTON, C.; SMITHERS, R.; READ, A.; HUDGINS, M. Feasibility and Viability of Landfill Mining and Reclamation in Scotland. Scoping Study. Final Report. Zero Waste Scotland, 2013.

GRUPO DE RESÍDUOS SÓLIDOS – GRS-UFPE.. Análise das Diversas Tecnologias de Tratamento e Disposição Final de Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil, Europa, Estados Unidos e Japão. ISBN: 978-85-60917-36-5. 1-188. 2014

HOGLAND, K.H.W.; JAGODZINSKI, K.; MEIJER, J.E. Landfill Mining Tests in Sweden. Proceedings Sardinia 95, Fifth International Landfill Symposium, 2-6 October, Cagliari, Italy, 1995.

Hernández Parrodi, J. C., Höllen, D., Pomberger, R. (2017). Characterization of the fractions from landfill mining: A review of previous landfill mining investigations. Proceedings Sardinia 2017.

Hull, R. M., Krogmann, U., & Strom, P. F. (2005). Composition and Characteristics of Excavated Materials from a New Jersey Landfill. Journal of Environmental Engineering, 131(3), 478–490.

Jani, Y., Kaczala, F., Marchand, C., Hogland, M., Kriipsalu, M., Hogland, W., & Kihl, A. (2016). Characterisation of excavated fine fraction and waste composition from a Swedish landfill. Waste management & research : the journal of the International Solid Wastes and Public Cleansing Association, ISWA, 34(12), 1292–1299.

JOSEPH, K.; NAGENDRAN, R.; THANASEKARAN, K.; VISVANATHAN, C.; HOGLAND. Dumpsite Rehabilitation Manual. Chennai, Chennai-600 025, India: Anna University Chennai, 2008.

JOSEPH, K.; ESAKKU, S.; PALANIVELU, K.; SELVAM, A. Studies on Landfill Mining at Solid Waste Dumpsites in India, Proceedings of Sardinia 2003, Ninth International Waste Management and Landfill Symposium, 6-10 October, Cagliari, Italy, 2003.

KAARTINEN, T.; SORMUNEN, K.; RINTALA, J. Case study on sampling, processing and characterization of landfilled municipal solid waste in the view of landfill mining Journal of Cleaner Production chapter 55 pp 56 – 66, 2013.

KURIAN, J.; ESAKKU, S.; PALANIVELU, K.; SELVAM, A. Studies on landfill mining At solid waste dumpsites in India. In: Proceedings Sardinia Margherita di Pula, 2003.

PEREIRA, Matheus. ArchDaily. A transformação de aterros sanitários em parques. 2018. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/904840/a-transformacao-de-aterros-sanitarios-em-parques>

QUAGHEBEUR, M.; LAENEN, B.; GEYSEN, D.; NIELSEN, P.; PONTIKES, Y.; VAN GERVEN, T.; SPOOREN, J. Characterization of landfilled materials: screening of the enhanced landfill mining potential. Journal of Cleaner Production, 55, 72-83, 2012.

SOMANI, M.; DATTA, M.; RAMANA, G.V.; SREEKRISHNAN, T. R. Contaminants in soil-like material recovered by landfill mining from five old dumps in India. Process safety and environmental protection. 137, 82-92, 2020.

SHUAL; HILLEL. Composting municipal garbage in Israel, Tavrúau, July–December, 1958.

STEIN, R. (2012, November 15). From landfill to parkland. Recycling Today. Retrieved November 16, 2012, from <http://www.recyclingtoday.com>

SOMANI, M., DATTA, M., RAMANA, G.V., SREEKRISHNAN, T.R. Investigations on fine fraction of aged municipal solid waste recovered through landfill mining: case study of three dumpsites from India. Waste Manag. Res. 36 (8), 744–755, 2018.

ULMANS, L. **Landfill minning**: A multi-actor approach on policy preparation. Proceedings Sardinia 2011, Thirteenth International Waste Management and Landfill Symposium S. Margherita di Pula, Cagliari, Italy; 3-7 October, 2011.

USEPA. Landfill Reclamation, United States Environmental Protection Agency, Solid Waste and Emergency Response (5306W), EPA530-F-97-001, July, 1997.

USEPA. Environmental Protection Agency. Landfill Reclamation. Retrieved from <http://www.epa.gov/osw/nonhaz/municipal/landfill/land-rcl.pdf>

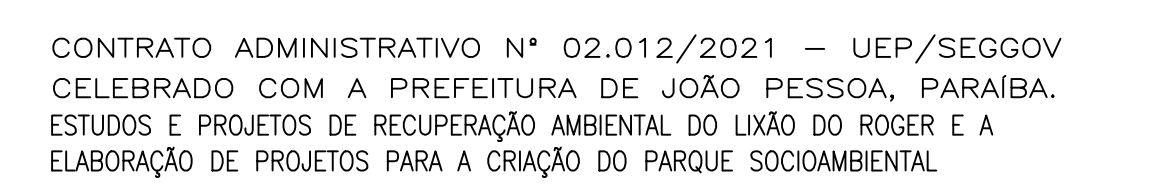
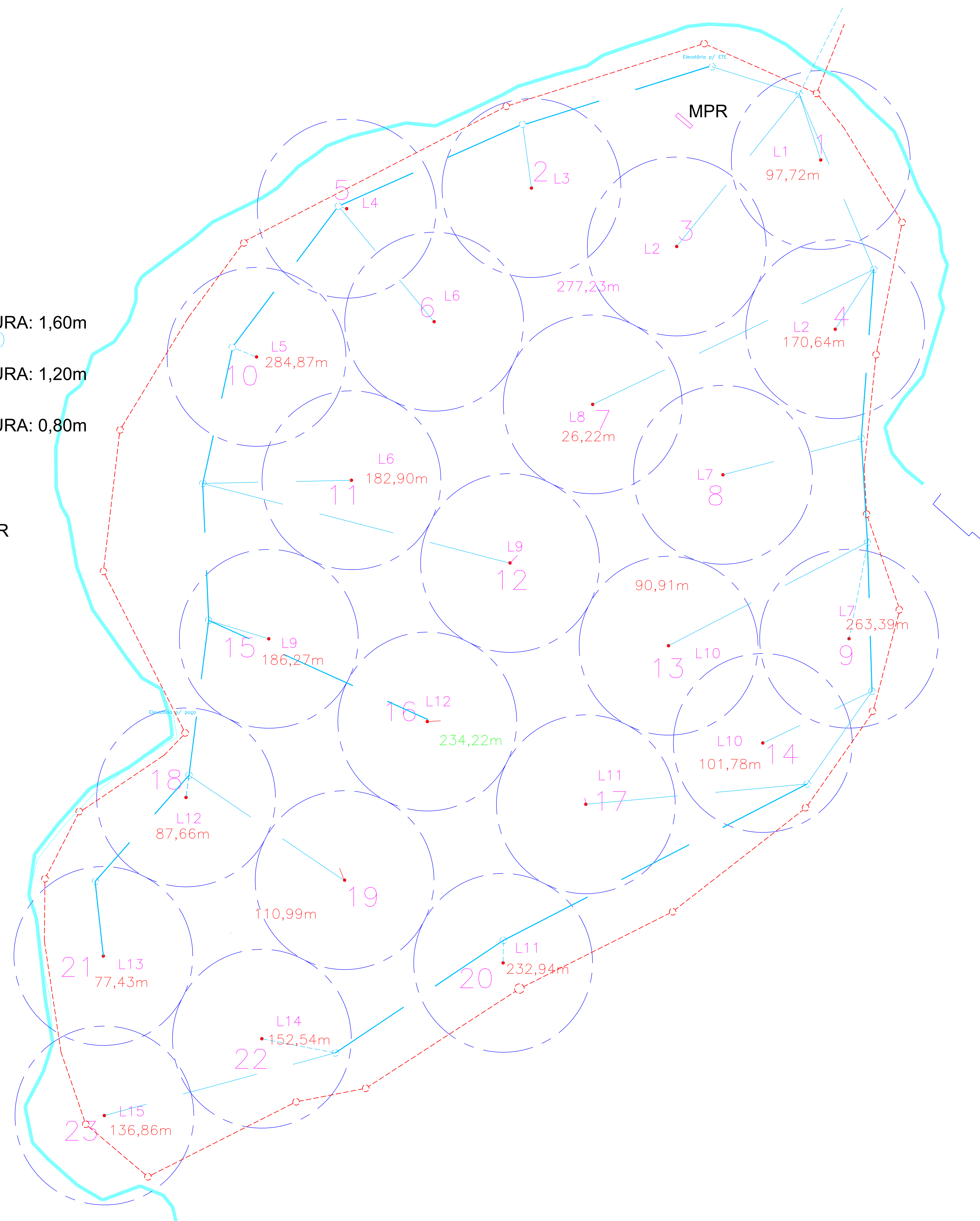
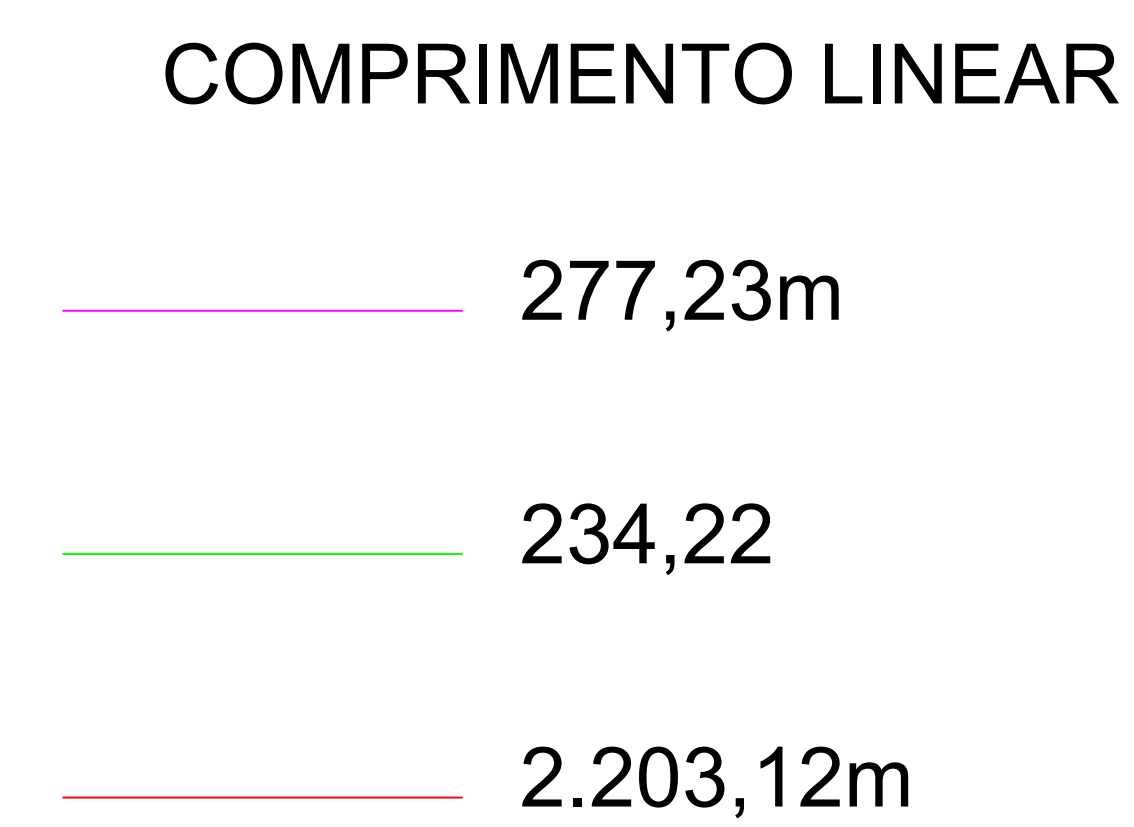
VAN DER ZEE, D. J.; ACHTERKAMP, M. C.; DE VISSER, B. J. Assessing the market opportunities of landfill mining. Waste Management, 24, 795-804, 2004.

VAN VOSSEN, W. J.; PRENT, O. J. **Feasibility study sustainable material and energy recovery from landfills in Europe**. Proceedings Sardinia 2011, Thirteenth International Waste Management and Landfill Symposium S. Margherita di Pula. Cagliari, Italy; 3-7 October, 2011.

ZEINER, A.; MÜNNICH, K.; WANKA, S.; FRICKE, K. Mineração dos Resíduos Sólidos Urbanos de Aterros Sanitários: redução das massas a serem depositadas, através do tratamento de frações finas. Gestão sustentável de resíduos sólidos urbanos: transferência de experiência entre a Alemanha e o Brasil. Braunschweig: Technische Universität Braunschweig, 2015.

WANKA, S.; MÜNNICH, K.; FRICKE, K. Landfill Mining-Wet mechanical treatment of fine MSW with a wet jigger. *Waste management*, 59, 316-323, 2017.

ANEXOS- DESENHOS



00									
REV.	DATA	PROJ.	DES.	VERIF.	APR.	DATA FIM/DESCRIÇÃO	FN		DESCRIÇÃO
FINALIDADE DAS EMISSÕES									
FINALIDADES DAS EMISSÕES:		(1) PARA APROVAÇÃO/CONFIRMAR (6) PARA INFORMAÇÃO/COMENTÁRIO (2) NÃO SE APLICA (7) NÃO SE APLICA (3) PARA CANCELAMENTO/NOMEAR (8) COMO CONSTRUÇÃO/MONITORADO				(9) PARA DETALHAMENTO (4) CANCELADO (5) CANCELADO			
ESTE DOCUMENTO E AS INFORMAÇÕES NELE CONTIDAS, SÃO DE PROPRIEDADE DO CONSORCIO TERRA-PROMON, PARA USO EXCLUSIVO DA PRESTACAO DE SERVICOS DE JOAO PESSOA E UEP E SERVICOS PERTINENTES, SENDO VEDADA PARA OUTROS FINS, SALVO AUTORIZACAO EXPRESSA.									
EQUIPE TÉCNICA DE PROJETO DEL MARCO RICO DO N° 00000000 D/P DEL MARCO RICO DO N° 00000000 D/P DEL MARCO RICO DO N° 00000000 D/P DEL MARCO RICO DO N° 00000000 D/P DEL MARCO RICO DO N° 00000000 D/P DEL MARCO RICO DO N° 00000000 D/P						N° FONECEDOR 		N° PRANCHIA 	
PROJETO POR: DESENHADO POR: DEL MARCO RICO DO N° 00000000 D/P DEL MARCO RICO DO N° 00000000 D/P DEL MARCO RICO DO N° 00000000 D/P DEL MARCO RICO DO N° 00000000 D/P DEL MARCO RICO DO N° 00000000 D/P						VERIFICADO POR: DESENHADO A 1: 800 (REV/D/P=1000000000)		APROVADO POR: 	
DESENHADO POR: DEL MARCO RICO DO N° 00000000 D/P DEL MARCO RICO DO N° 00000000 D/P DEL MARCO RICO DO N° 00000000 D/P DEL MARCO RICO DO N° 00000000 D/P DEL MARCO RICO DO N° 00000000 D/P						APROVADO POR: DEL MARCO RICO DO N° 00000000 D/P DEL MARCO RICO DO N° 00000000 D/P DEL MARCO RICO DO N° 00000000 D/P DEL MARCO RICO DO N° 00000000 D/P DEL MARCO RICO DO N° 00000000 D/P		OC/CT: 	
RACI: 						OC/CT: 		 	

ANTIGO LIXÃO DO ROGER – JOÃO PESSOA/PA
RECUPERAÇÃO AMBIENTAL DO ANTIGO LIXÃO
PROCESSAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS
PLANTA DE LAYOUT DAS SOLUÇÕES DE REABILITAÇÃO

ESCALA: INDICADA	CÓDIGO DO PROJETO
DATA: 12/07/2022	A1-2021-UPRT-PRO-ASB-Z-001



	Município:
Fonte:	João Pessoa
Nº Registro:	Elaboração:

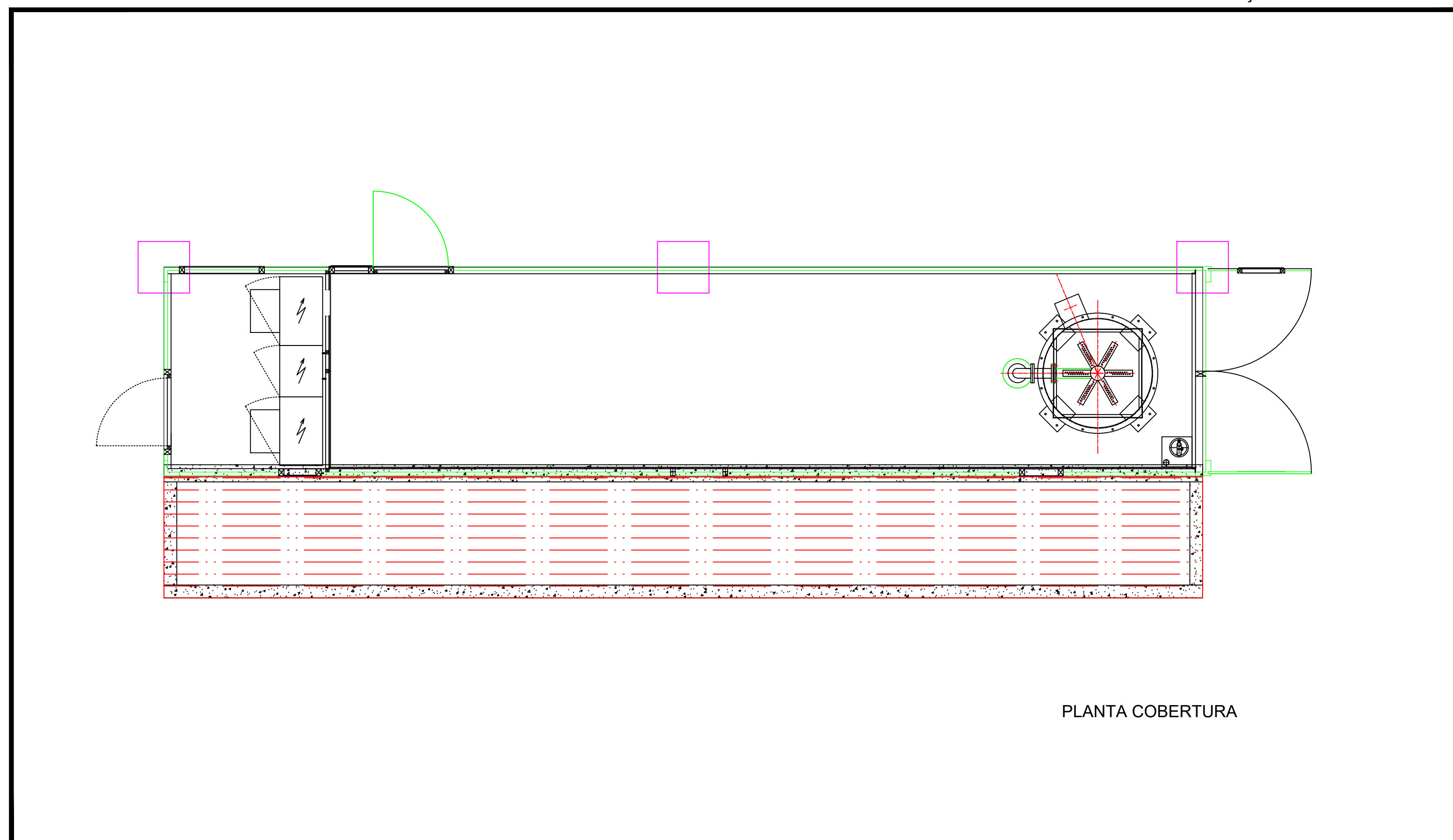
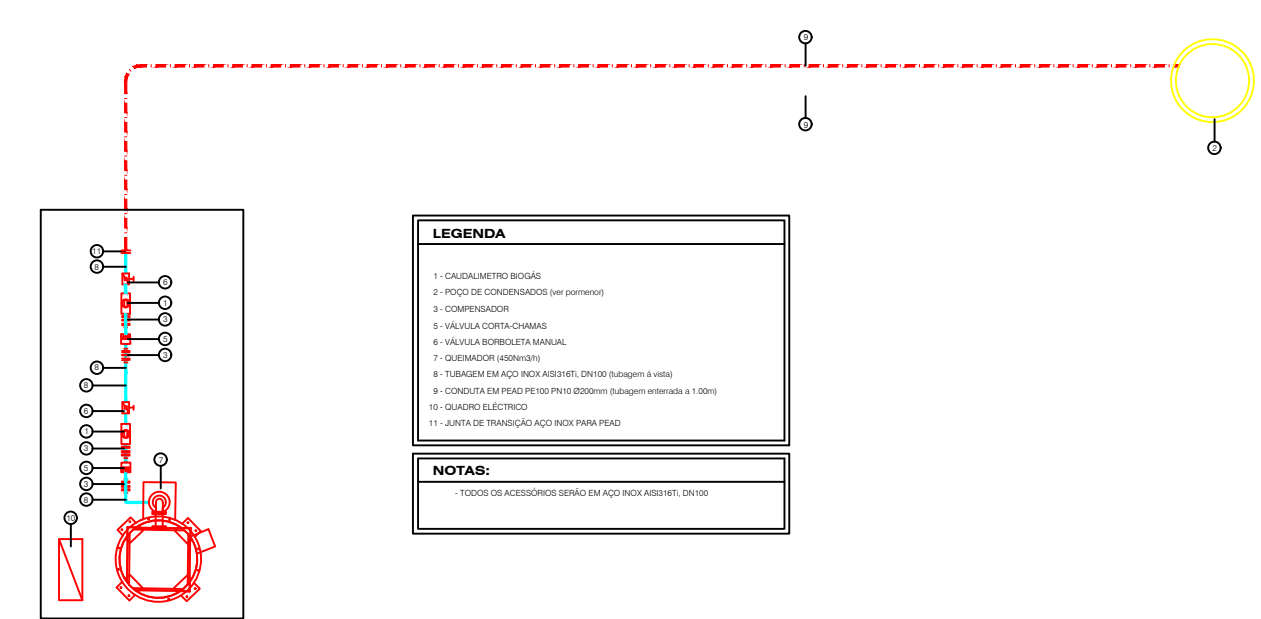
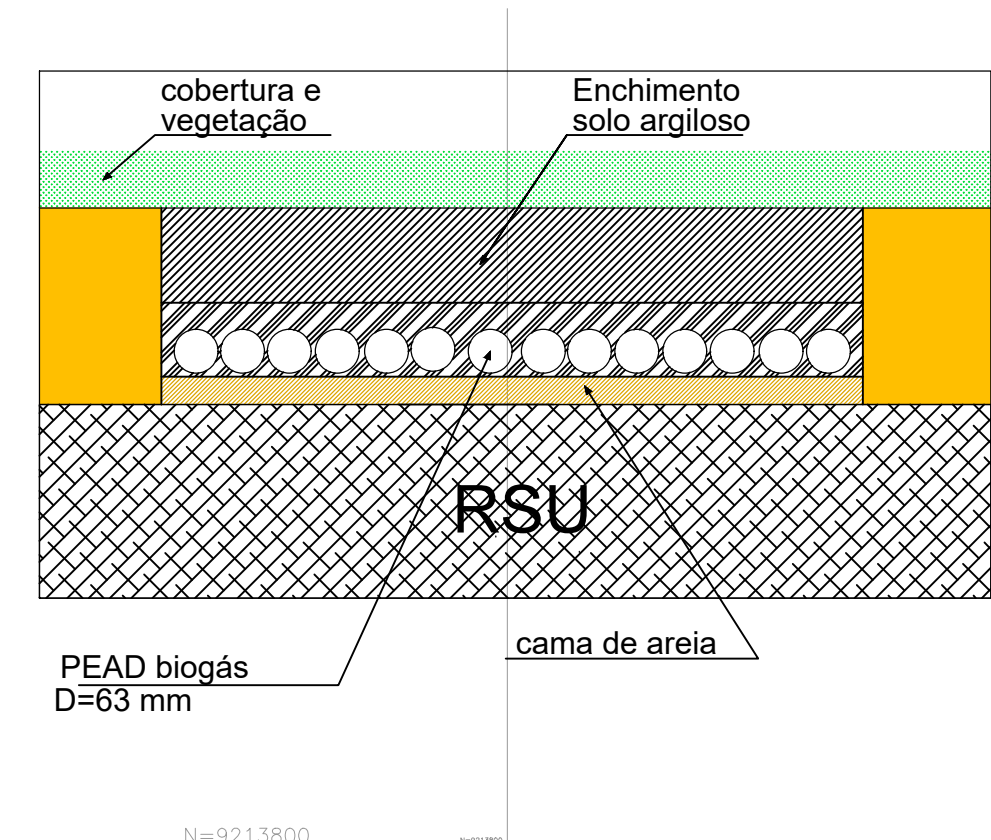


Figure 10 consists of two schematic diagrams of the test facility. Diagram (a) is a top view showing the layout of the test facility. It features a central channel with a width of 1.0 m, flanked by side channels. The total width of the facility is 2.0 m. The central channel is divided into sections numbered 1 to 20. Diagram (b) is a side view showing the vertical profile of the test facility. It illustrates the channel depth and the position of the test section, which is located at a distance of 1.0 m from the inlet. The channel depth is indicated as 0.2 m.

LEGENDE:

1. OBRERA CONTRUÍDA EM CONCRETO SIMPLES (COM ARMAÇENOS)
2. CORPO CONCRETO EM ARMADO DE CONCRETO REFORÇADO COM ARFAS SEM ARMOSAS E REFORÇOS EM CILINDROS CONCRETO
3. LAJE DE CONCRETO ARMADO AÇO INFERIOR E BASTÃO COMST
4. BASTÃO COM BASTÃO EM ARMADO DE CONCRETO REFORÇADO (LAJE) EM CLASSE HIBRIDA COM AÇO COM A LAJE
5. COLUETA DE BLOCOS DE CONCRETO REFORÇADO COM BASTÃO COMST
6. TUBO EM AÇO COM ARMOSAS BASTÃO
7. BASTÃO EM AÇO COM BASTÃO
8. BASTÃO EM AÇO COM BASTÃO
9. BASTÃO DE BASTÃO EM AÇO COM BASTÃO
10. CULATA EM AÇO COM BASTÃO

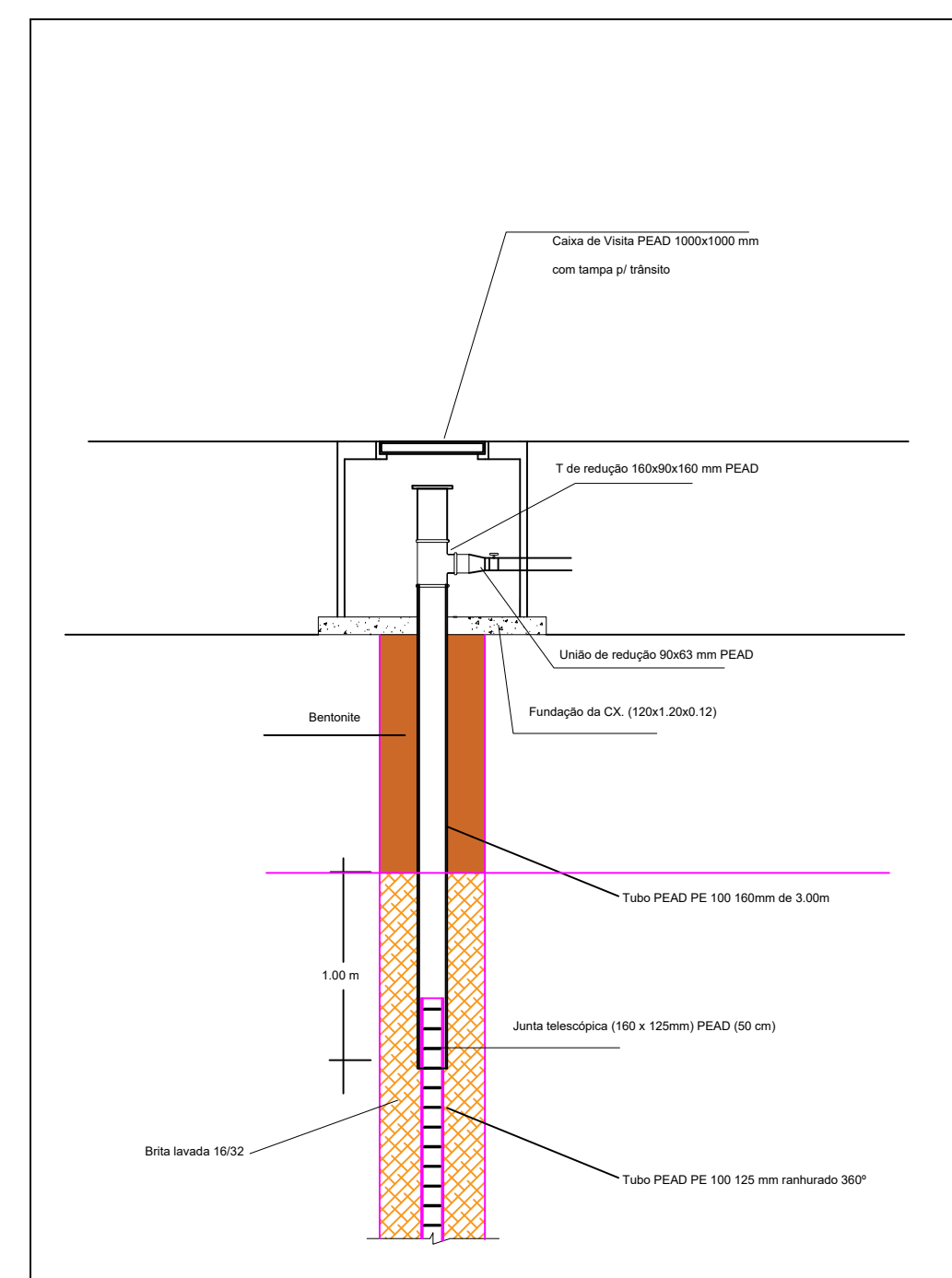
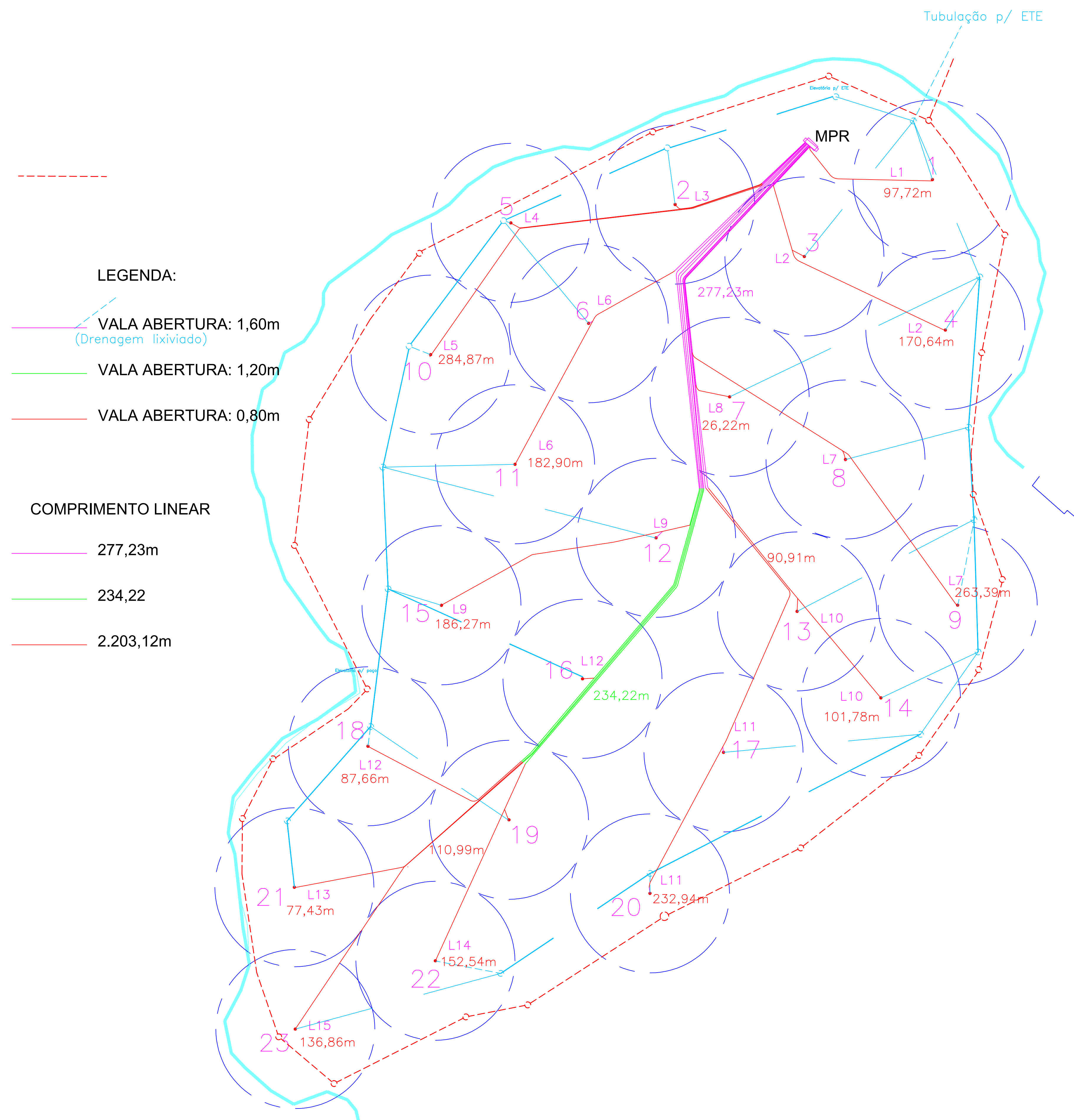


LEGENDA:

VALA ABERTURA: 0,80m

COMPRIMENTO LINEAR

2.203,12m



CONTRATO ADMINISTRATIVO Nº 02.012/2021 – UEP/SEGGOV
CELEBRADO COM A PREFEITURA DE JOÃO PESSOA, PARAIBA.
ESTUDOS E PROJETOS DE RECUPERAÇÃO AMBIENTAL DO LIXÃO DO ROGER E A
ELABORAÇÃO DE PROJETOS PARA A CRIAÇÃO DO PARQUE SOCIOAMBIENTAL

00							
00							
REV.	DATA	PROJ	DES	VERF	APR	DATA FUNDAMENTO/COMENTARIO	FUN
FINALIDADE DAS EMISSÕES							
FINALIDADES DAS EMISSÕES		(1) PARA APROVAÇÃO/COMENTARIO (A) PARA NOTIFICAÇÃO/COMENTARIO (F) FINE DETALHAMENTO (2) NÃO SE APLICA (C) NÃO SE APLICA (D) CERTIFICADO (3) PARA CANCELAMENTO/NOTIFICAM (E) COMO CONSTRUTIVO/NOTIFICAM (G) CANCELADO					
ESTE DOCUMENTO É AS INFORMAÇÕES NEE CONTIDAS, SAO DE PROPRIEDADE DO CONSORCIO TERRA-PROMAT, PARA USO EXCLUSIVO DA PREFEITURA DE JUAZ DE FOROS E SERVIÇOS PERTENCENTES, SENDO VÁLIDA PARA OUTROS FINS, SALVO AUTORIZAÇÃO EXPRESSA.							
EQUIPE TÉCNICA DE PROJETO DR. MARIO REGO CREA Nº 000000000 D/PT DR. JOAO FERNANDO TAVES JUAZ DE FOROS Nº 1386 D/PT DR. JOAO CARLOS MORAES CREA Nº 24300 D/PT DR. MARIO REGO CREA Nº 000000000 D/PT					Nº FONECEDOR Nº FRANCHIA		REV 0
PROJETADO POR: DESenhado POR: ELABORADO REGO CREA Nº 000000000 D/PT					VERIFICADO POR: CADASTRO Nº 1 REGO (PRO-000000000)		03
DATA EMISSÃO: Nº DA EMISSÃO: Nº DA FOLHA: Nº DA FOLHA TOTAL					APROVADO POR: DATA:		0
DESGASEIFICAÇÃO ATIVA - MRP					CAMOTE Nº:		OC/CT:
RACI:					RACI:		0

TÍTULO: ANTIGO LIXÃO DO ROGER – JOÃO PESSOA/PA

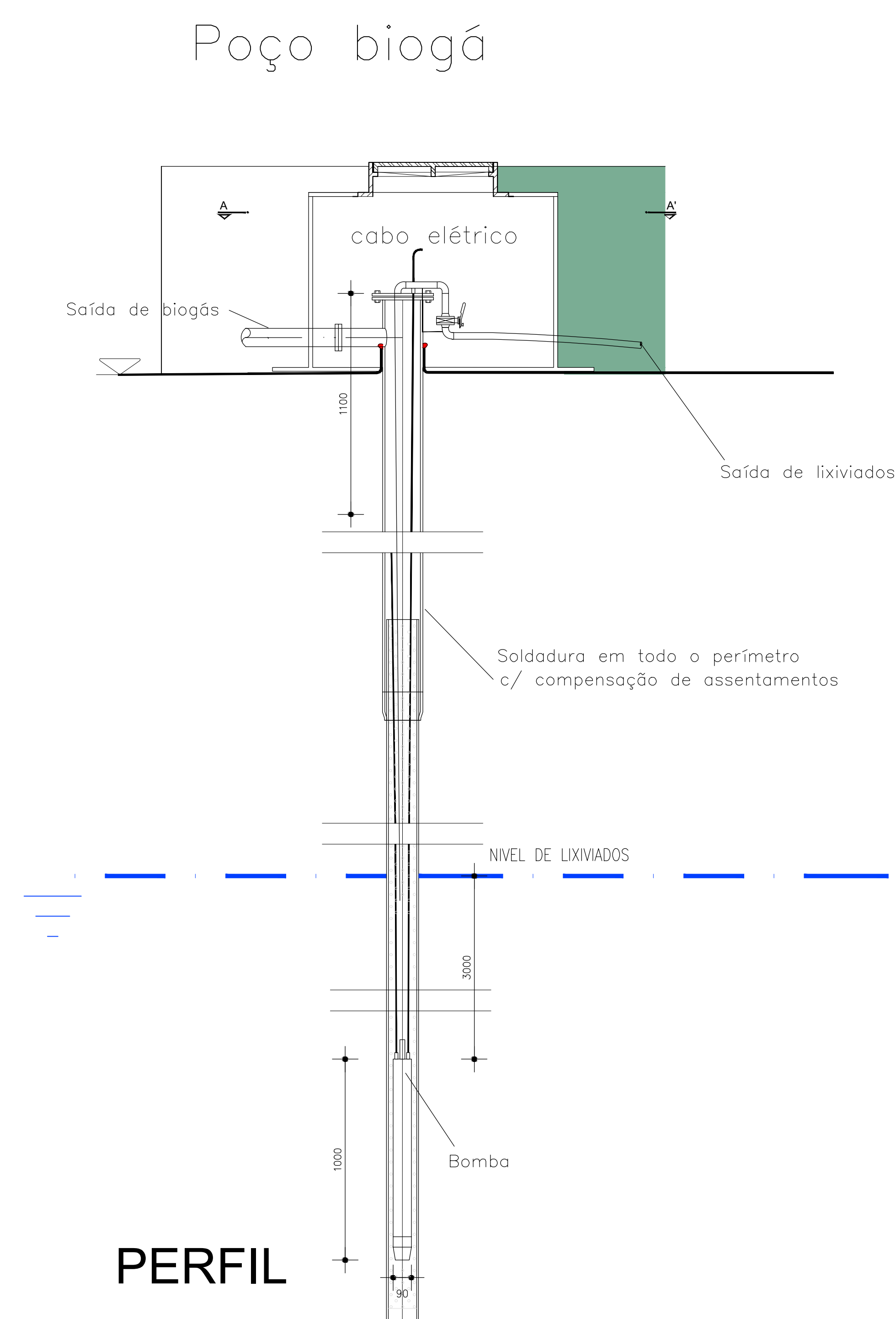
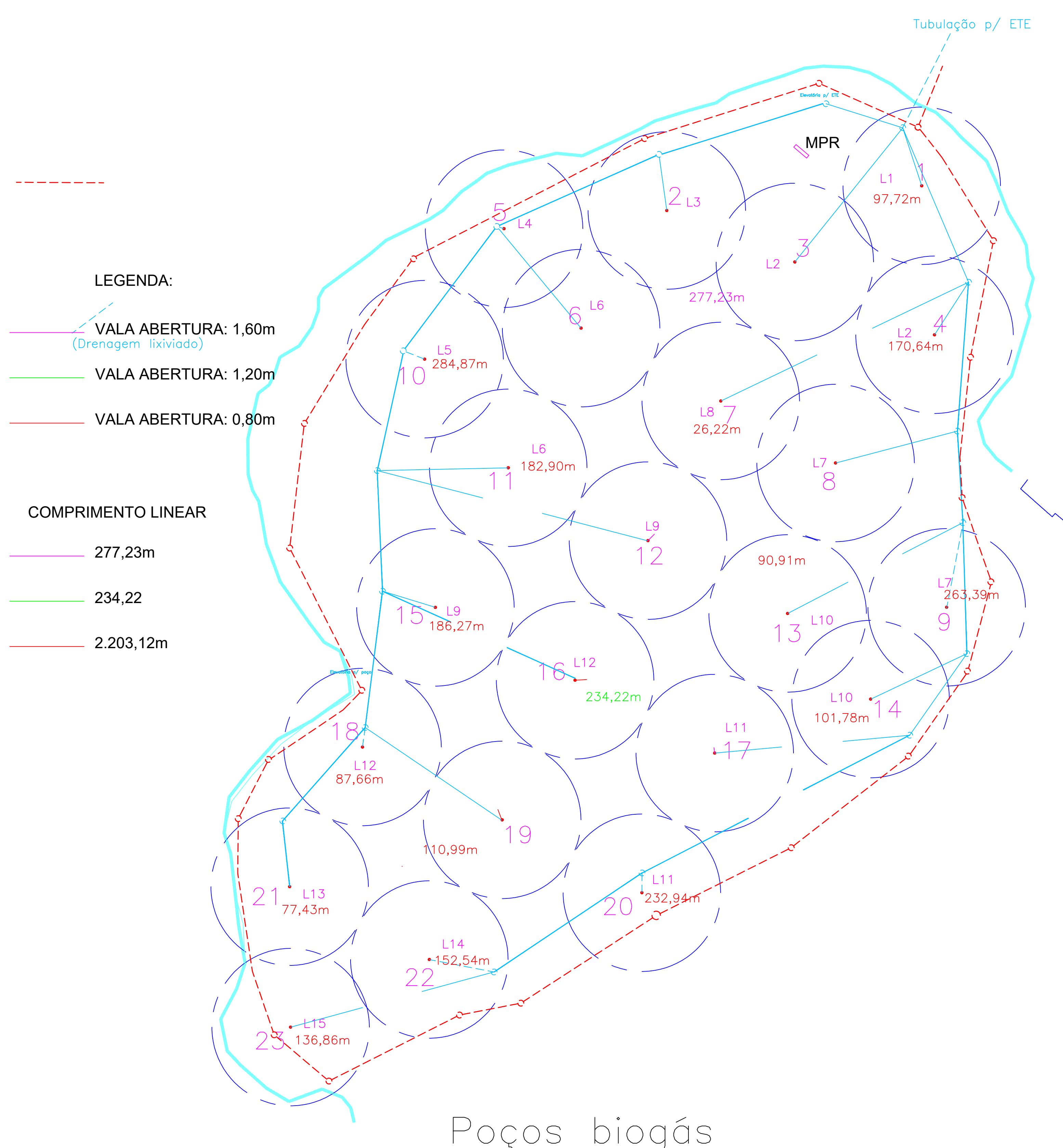
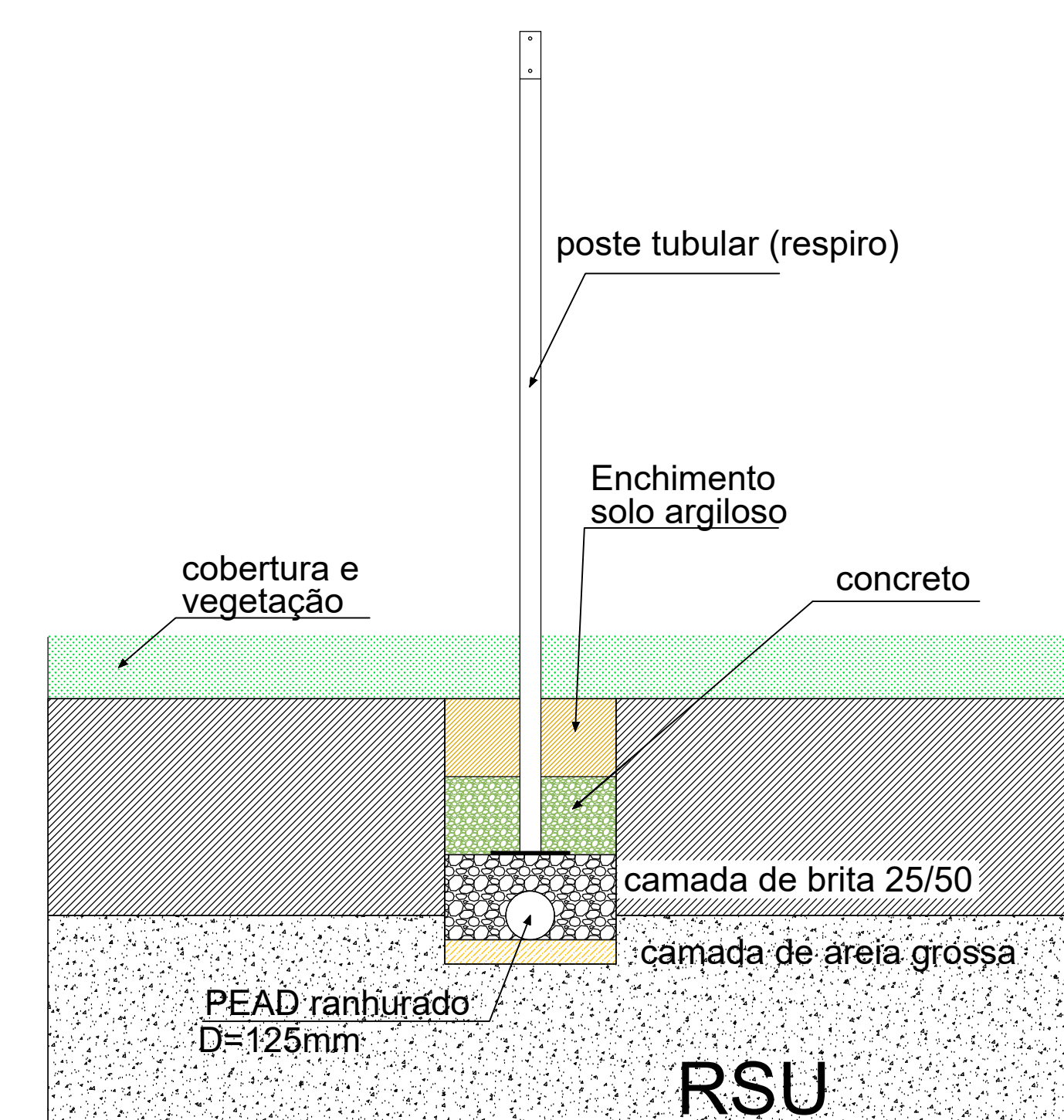
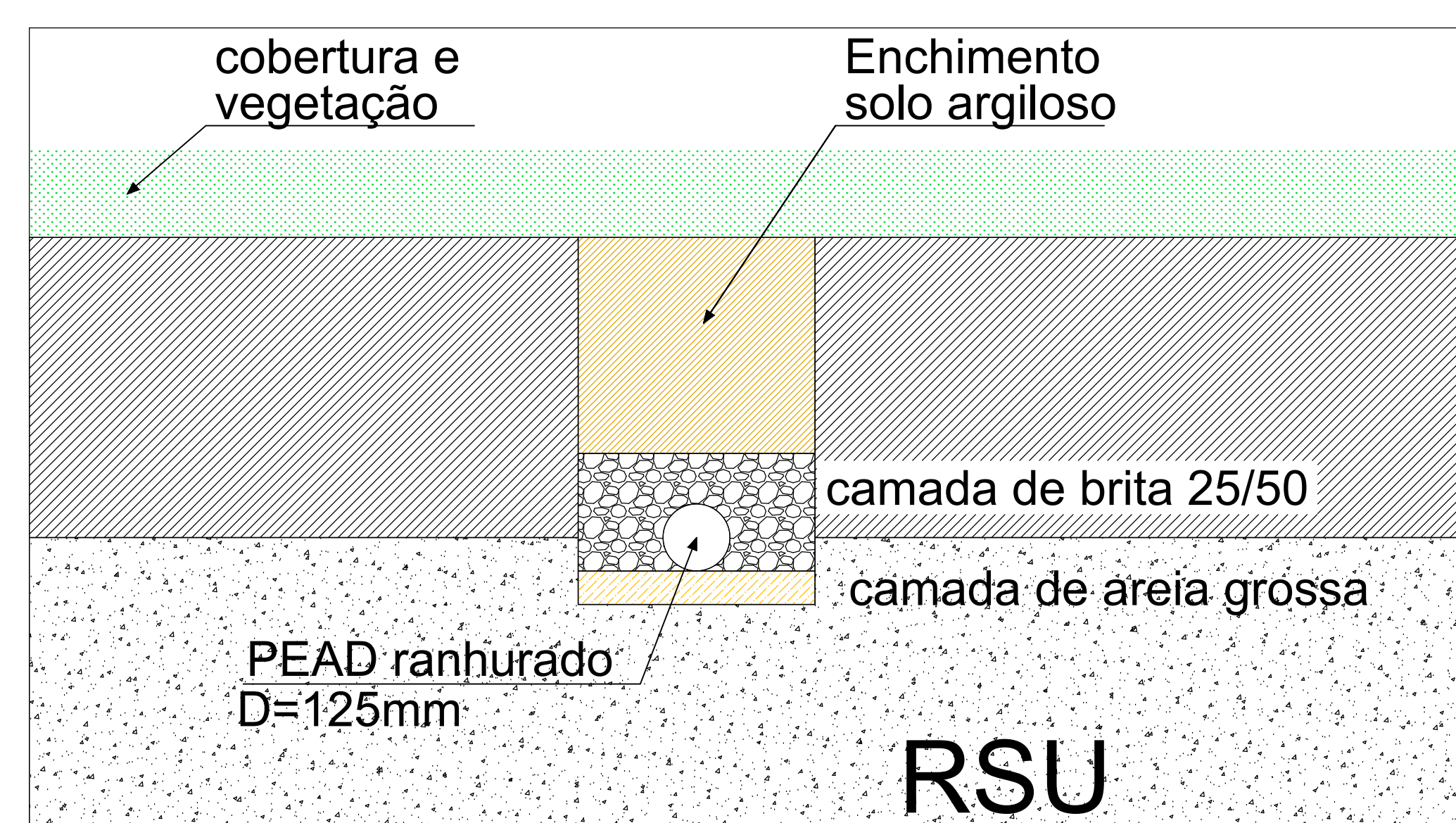
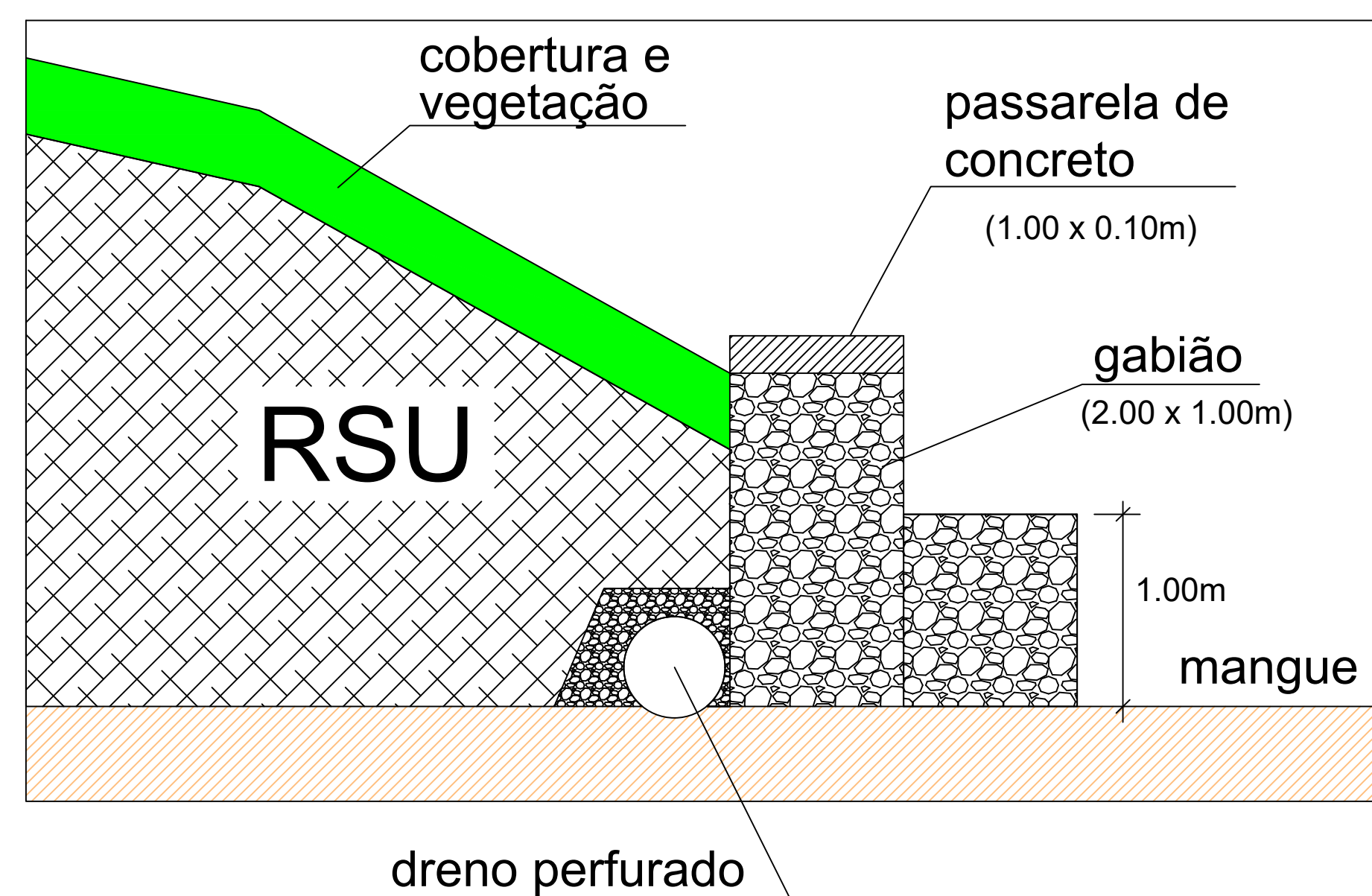
RECUPERAÇÃO AMBIENTAL DO ANTIGO LIXÃO
PROCESSAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS
PLANTA DE LAYOUT DAS SOLUÇÕES DE REABILITAÇÃO

ESCALA: INDICADA	CÓDIGO DOC. PROJETO
DATA: 12/07/2022	A1-2021-UPRT-PRO-ASB-Z-00



	Município:
Fonte:	João Pessoa

N° Registro:



CONTRATO ADMINISTRATIVO Nº 02.012/2021 – UEP/SEGGOV
CELEBRADO COM A PREFEITURA DE JOÃO PESSOA, PARAIBA.
ESTUDOS E PROJETOS DE RECUPERAÇÃO AMBIENTAL DO LIXÃO DO ROGER E A
ELABORAÇÃO DE PROJETOS PARA A CRIAÇÃO DO PARQUE SOCIOAMBIENTAL

00								
00								
REV.	DATA	PROJ	DES	VERF	APR	DATA	FIN	DESCRIÇÃO

FINALIDADE DAS EMISSÕES	
FINALIDADES DAS EMISSÕES	(1) PARA APROVAÇÃO/COMENTÁRIOS (4) PARA INFORMAÇÃO/COMHEIMENTO (7) PARA DETALHAMENTO (2) NÃO SE APLICA (5) NÃO SE APLICA (8) CERTIFICADO (3) PARA CONCLUSÃO/MONTAGEM (6) COMO CONSIDERADO/MONTADO (9) CAMBIO ANO

ESTE DOCUMENTO E AS INFORMAÇÕES NELE CONTIDAS, SÃO DE PROPRIEDADE DO CONSÓRCIO TERRA-PRÔMOM, PARA USO EXCLUSIVO DA PREFEITURA DE JOÃO PESSOA E UEP E SERVIÇOS PERTINENTES, SENDO VEDADA PARA OUTROS FINS, SALVO AUTORIZAÇÃO EXPRESSA.

[illegible]

EQUIPE TÉCNICA DE PROJETO	Nº FORNECEDOR	Nº PRANCHA	REVISÃO
PROJ. MÃO, BASTO, CERRA, DE, OROSCOPUS, O, ITA			

ENG. JOSÉ FERNANDO THOMÉ JUCA OREÁ Nº 7.956 O/P/E

04

PROJETADO POR:	DESENHADO POR:	VERIFICADO POR:	APROVADO POR:
----------------	----------------	-----------------	---------------

ENGLARIO RUSSO CREA Nº 0600082560 D/SP	DR. CAMILA TAVARES MFC. RITA PEREIRA FOLIO 100/101 - 102/103	ENGLARIO A. T. RUSSO (CREA/SP-0600082560)
--	--	---

	ENC. FORM. CASSIO		
		RACOTE. N°	CC / CT:

	FIGURE IV	00/01
--	-----------	-------

DETALHES	RM:
----------	-----

[illegible]

TITLE C:	
----------	--

RECUPERAÇÃO AMBIENTAL DO ANTIGO LIXÃORECOLETAÇÃO AMBIENTAL DO ANTIGO LIXO
PROCESSAMENTO DE RESÍDUOS SÁLIOSPROCESSAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS
PLANETA DE AMBIENTE EAS, COMARCA DE SÃO CARLOS, SP, BRASIL, 2013PLANTA DE LAYOUT DAS SOLUÇÕES DE REABILITAÇÃO

ESCALA: INDICADA	CÓDIGO DOC. PROJETO
------------------	---------------------

INDICADA	A1-2021-UPRT-PRO-ASB-7-001
DATA:	

12/07/2022

Engenharia e Ambiente 10

Municipio:

	João Pessoa
--	-------------

Fonte:	5000 Pessoa
--------	-------------

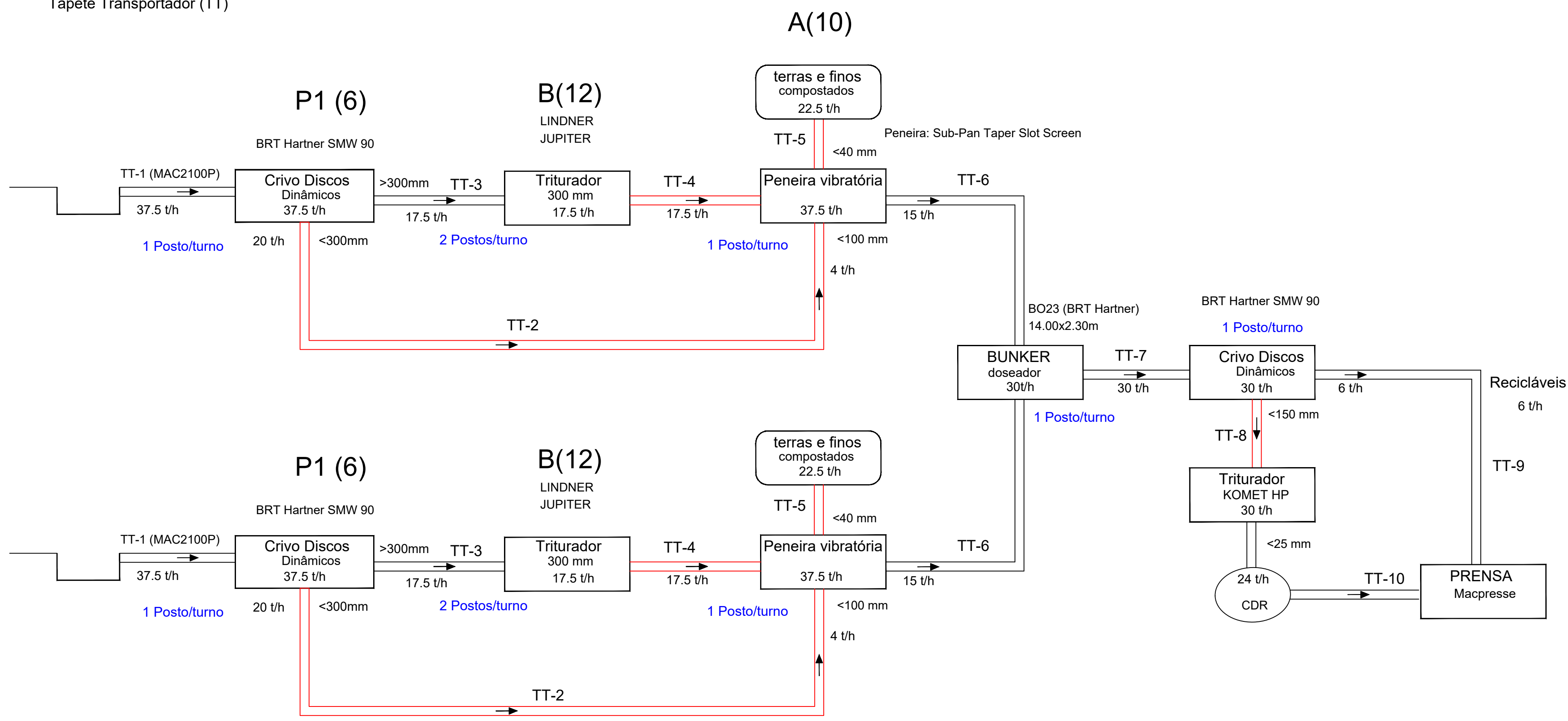
	Elaboração:
--	-------------

	Elaborado.
--	------------

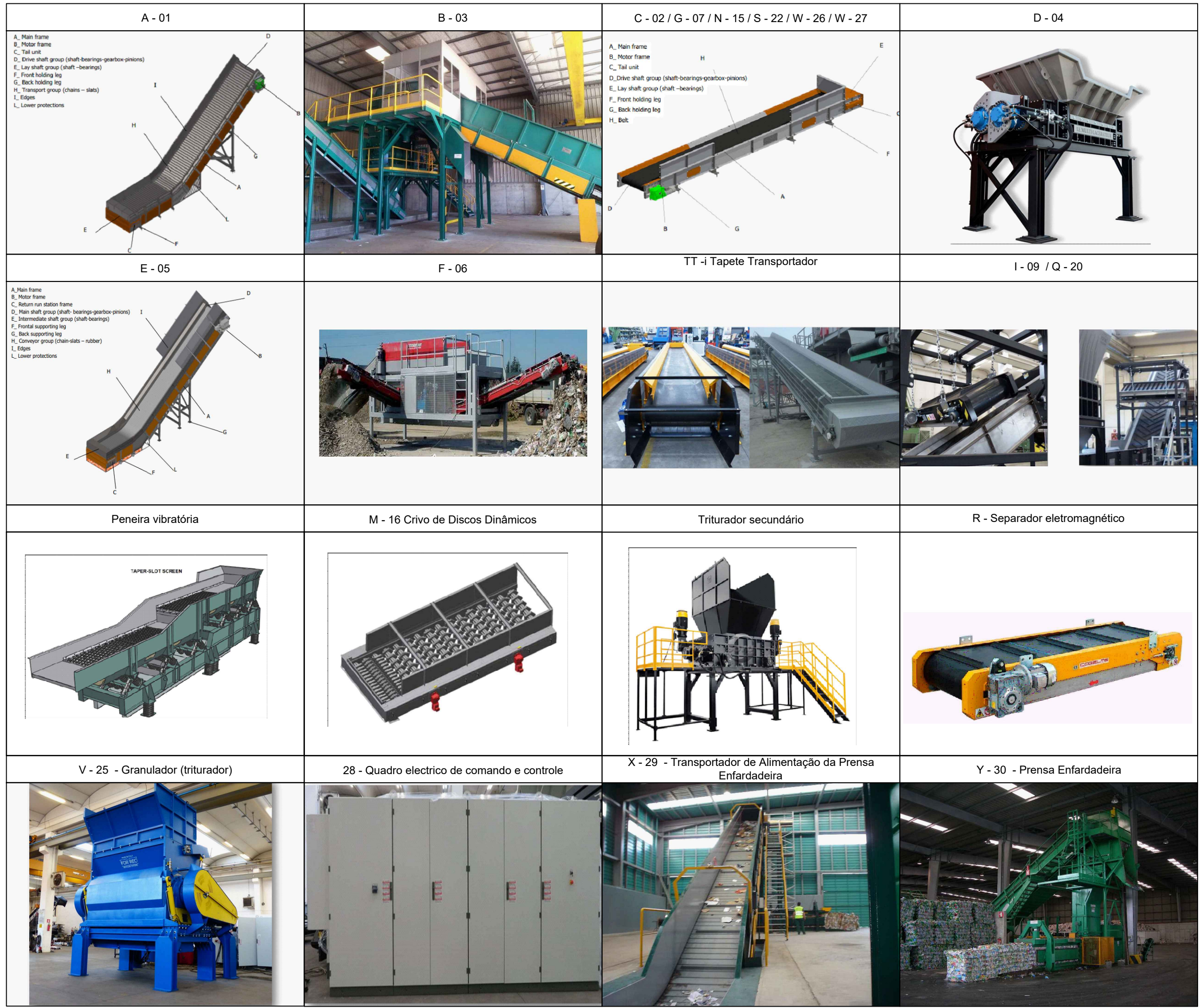
Nº Registro:	
--------------	--

[illegible]

TR Tapede de receção
Tapete Transportador (TT)



Pos.	Item	Descrição	Marca	Quant.	Força	Modelo	Capacidade	Dimensões (L x A x P)	Mont.	
1	TT-1	Tapete mecânico transportador MAC 2100 P a 30mm de carga - cor: TT	MAC 2100 P	2	Alimentação a 90° e 180°	MAC 2100 P	45	30	1.75	4
2	A	Zone de disco dinâmico - BRT Hartner SMW 90 - transportador de suporte	BRT Hartner SMW 90	2	Transportador de suporte	BRT Hartner SMW 90	45	30	1.75	4
3	TT-2	Tapete transportador de transporte de terras e finos compostos	MAC 1000	2	Transportador de terras e finos compostos	MAC 1000	45	30	1.75	4
4	TT-3	Tapete transportador de transporte de terras e finos compostos	MAC 1000	2	Transportador de terras e finos compostos	MAC 1000	45	30	1.75	4
5	TT-4	Tapete transportador de transporte de terras e finos compostos	MAC 1000	2	Transportador de terras e finos compostos	MAC 1000	45	30	1.75	4
6	TT-5	Tapete transportador de transporte de terras e finos compostos	MAC 1000	2	Transportador de terras e finos compostos	MAC 1000	45	30	1.75	4
7	TT-6	Tapete transportador de transporte de terras e finos compostos	MAC 1000	2	Transportador de terras e finos compostos	MAC 1000	45	30	1.75	4
8	TT-7	Tapete transportador de transporte de terras e finos compostos	MAC 1000	2	Transportador de terras e finos compostos	MAC 1000	45	30	1.75	4
9	TT-8	Tapete transportador de transporte de terras e finos compostos	MAC 1000	2	Transportador de terras e finos compostos	MAC 1000	45	30	1.75	4
10	TT-9	Tapete transportador de transporte de terras e finos compostos	MAC 1000	2	Transportador de terras e finos compostos	MAC 1000	45	30	1.75	4
11	TT-10	Tapete transportador de transporte de terras e finos compostos	MAC 1000	2	Transportador de terras e finos compostos	MAC 1000	45	30	1.75	4
12	TT-11	Tapete transportador de transporte de terras e finos compostos	MAC 1000	2	Transportador de terras e finos compostos	MAC 1000	45	30	1.75	4
13	TT-12	Tapete transportador de transporte de terras e finos compostos	MAC 1000	2	Transportador de terras e finos compostos	MAC 1000	45	30	1.75	4
14	TT-13	Tapete transportador de transporte de terras e finos compostos	MAC 1000	2	Transportador de terras e finos compostos	MAC 1000	45	30	1.75	4
15	TT-14	Tapete transportador de transporte de terras e finos compostos	MAC 1000	2	Transportador de terras e finos compostos	MAC 1000	45	30	1.75	4
16	TT-15	Tapete transportador de transporte de terras e finos compostos	MAC 1000	2	Transportador de terras e finos compostos	MAC 1000	45	30	1.75	4
17	TT-16	Tapete transportador de transporte de terras e finos compostos	MAC 1000	2	Transportador de terras e finos compostos	MAC 1000	45	30	1.75	4
18	TT-17	Tapete transportador de transporte de terras e finos compostos	MAC 1000	2	Transportador de terras e finos compostos	MAC 1000	45	30	1.75	4
19	TT-18	Tapete transportador de transporte de terras e finos compostos	MAC 1000	2	Transportador de terras e finos compostos	MAC 1000	45	30	1.75	4
20	TT-19	Tapete transportador de transporte de terras e finos compostos	MAC 1000	2	Transportador de terras e finos compostos	MAC 1000	45	30	1.75	4
21	TT-20	Tapete transportador de transporte de terras e finos compostos	MAC 1000	2	Transportador de terras e finos compostos	MAC 1000	45	30	1.75	4
22	TT-21	Tapete transportador de transporte de terras e finos compostos	MAC 1000	2	Transportador de terras e finos compostos	MAC 1000	45	30	1.75	4
23	TT-22	Tapete transportador de transporte de terras e finos compostos	MAC 1000	2	Transportador de terras e finos compostos	MAC 1000	45	30	1.75	4
24	TT-23	Tapete transportador de transporte de terras e finos compostos	MAC 1000	2	Transportador de terras e finos compostos	MAC 1000	45	30	1.75	4
25	TT-24	Tapete transportador de transporte de terras e finos compostos	MAC 1000	2	Transportador de terras e finos compostos	MAC 1000	45	30	1.75	4



CONTRATO ADMINISTRATIVO Nº 02.012/2021 – UEP/SEGOV
CELEBRADO COM A PREFEITURA DE JOÃO PESSOA, PARAIBA.
ESTUDOS E PROJETOS DE RECUPERAÇÃO AMBIENTAL DO LIXÃO DO ROGER E A
ELABORAÇÃO DE PROJETOS PARA A CRIAÇÃO DO PARQUE SOCIOAMBIENTAL

REV.	DATA	PROJ.	DES.	VERIF.	APR.	DATA	CONCLUSÃO/PROJ.	FIN.	DESCRIÇÃO
00									
00									
FINALIDADE DAS EMISSÕES									
FINALIDADES DAS EMISSÕES									
ESTE DOCUMENTO E AS INFORMAÇÕES NELE CONTIDAS, SÃO DE PROPRIEDADE DO CONSORCIO TERRA-PROMON, PARA USO EXCLUSIVO DA PREFEITURA DE JOÃO PESSOA E UEP E SERVIÇOS PERTINENTES, SENDO VEDADA PARA OUTROS FINS, SALVO AUTORIZAÇÃO EXPRESSA.									
EQUIPE TÉCNICA DE PROJETO									
PROJETADO POR:									
DESENHADO POR:									
VERIFICADO POR:									
APROVADO POR:									
MINERAÇÃO LIXÃO									

ANTIGO LIXÃO DO ROGER – JOÃO PESSOA/PA
RECUPERAÇÃO AMBIENTAL DO ANTIGO LIXÃO
PROCESSAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS
PLANTA DE LAYOUT DAS SOLUÇÕES DE REABILITAÇÃO

ESCALA: INDICADA
DATA: 12/07/2022
CÓDIGO DO PROJETO: A1-2021-UPRT-PRO-ASB-Z-001



Município: João Pessoa
Fonte: Elaboração:
Nº Registro:

