



PROJETO EXECUTIVO DA AMPLIAÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO DE BRASÍLIA – ASB ETAPAS 3 E 4



PRODUTO 4: PROJETO EXECUTIVO
VOLUME 1 – RELATÓRIO DE PROJETO
NOVEMBRO/2021
SLUP 301121



São Paulo, 30 de novembro de 2021.

SLUP-301121

Ao

Serviço de Limpeza Urbana do Distrito Federal – SLU/DF

Setor Comercial Sul – Quadra 08 – Bloco B-50, 6º andar.

Ed. Venâncio 2000 – Brasília/DF

Contrato de Prestação de Serviço nº 13/2021

Processo SEI-GDF nº 00094-00000347/2020-76

Assunto: Produto 4 – Projeto Executivo

Prezados Senhores,

Vimos por meio deste, apresentar o Produto 4 – Projeto Executivo da Ampliação do Aterro Sanitário de Brasília – ASB (Etapas 3 e 4), tendo em vista o atendimento ao contrato em epígrafe.

Sendo o que se apresenta para o momento, subscrevemo-nos.

Atenciosamente,



Eng. Francisco J. P. de Oliveira

Responsável Técnico

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de Situação do Local Objeto de Estudo.....	12
Figura 2 – Distribuição territorial das 33 regiões administrativas do Distrito Federal.	14
Figura 3 – Mapa Hidrográfico do Distrito Federal.....	17
Figura 4 – Uso e cobertura do solo no Distrito Federal e entorno.....	19
<i>Figura 5: Coroamento de cada uma das Etapas do ASB.</i>	28
Figura 6: Esquema básico de uma calha Parshall convencional.	41
Figura 7: Exemplo de Marco Superficial.....	56
Figura 8: Exemplo de Piezômetro do tipo sifonado.	59
Figura 9: Apresentação do ângulo de deslocamento.	61
Figura 10: Esquema da condição estável da direção resultante.	62
Figura 11: Esquema da condição instável da direção resultante.	62
Figura 12: Leitura do volume de líquidos percolados do sistema de drenagem de um aterro sanitário.....	65
Figura 13: Leitura de pluviômetro em aterro sanitário.....	67
Figura 14: Fatores de segurança mínimos para deslizamentos	72
Figura 15: Nível de segurança desejado contra a perda de vidas humanas	72
Figura 16: Nível de segurança desejado contra danos materiais e ambientais	72
Figura 17: Método das lamelas para superfície circular.....	74
Figura 18: Método das lamelas para superfície circular – Forças atuantes.	74
Figura 19: Método das lamelas para superfície circular – Fator de segurança.....	75
Figura 20: Cálculo do Fator de segurança para o método de Bishop Simplificado. ..	76
Figura 21: Envoltórias – Literatura versus Projeto FRAL.....	77
Figura 22: Fator de Segurança – Seção 1.	80
Figura 23: Fator de Segurança – Seção 2.	81

Figura 24: Fator de Segurança – Seção 3.	81
Figura 25: Fator de Segurança – Seção 1.	82
Figura 26: Fator de Segurança – Seção 2.	83
Figura 27: Fator de Segurança – Seção 3.	83
Figura 28: Gráfico da relação de vazão média de lixiviado x Índice médio pluviométrico para os anos de 2020 e 2021.....	85
Figura 29: Modelo para cálculo da espessura da manta de PEAD.....	94
Figura 30: Diagrama dos esforços de tração aplicados na manta de PEAD.....	96
Figura 31: Parâmetros para a determinação do raio hidráulico e perímetro molhado.	101
Figura 32: Tubo dreno de PEAD perfurado.....	111
Figura 33: Relação entre o peso específico dos resíduos e a espessura das camadas após o espalhamento para posterior compactação.....	119
Figura 34: Relação entre o peso específico dos resíduos e o número de passadas do equipamento.....	120
Figura 35: Representação esquemática da interligação de drenos verticais – Etapas 1 e 4.	121
Figura 36: Frente de trabalho do aterro sanitário.	123

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Precipitação - Média mensal e total anual (período entre 2008 e 2020)...	15
Quadro 2: Uso e ocupação do solo no Distrito Federal e entorno.....	18
Quadro 3: Cálculo de vida útil para cada uma das etapas de coroamento do Aterro Sanitário de Brasília.....	28
Quadro 4: Balanço de solo.....	29
Quadro 5: Dimensões padronizadas da calha Parshall.....	41
Quadro 6: Valores limites de vazão (L/s) em função da largura da garganta.....	42
Quadro 7: Modelo de <i>Check List</i> utilizado nas inspeções técnicas.....	52
Quadro 8: Critérios de avaliação da velocidade de deslocamento.....	63
Quadro 9: Parâmetros de resistência adotados para análise de estabilidade.....	77
Quadro 10: Fatores de segurança do estudo de estabilidade das seções do ASB...	79
Quadro 11: Precipitação - Média mensal e total anual (período entre 2008 e 2020).	88
Quadro 12: Verificação da espessura da manta de PEAD.....	95
Quadro 13: Verificação do fator de segurança para instalação da manta de PEAD.	97
Quadro 14: Coeficientes de escoamento superficial (C).....	99
Quadro 15: Cálculo da vazão para dimensionamento dos elementos de drenagem.	100
Quadro 16: Velocidade máxima de escoamento de acordo com o tipo de material.	102
Quadro 17: Especificações técnicas do GCL.....	112
Quadro 18: Especificação Técnica da Geomembrana de PEAD.....	113
Quadro 19: Especificação Técnica do Geotêxtil Não tecido.....	114
Quadro 20: Especificação Técnica do Geotêxtil não tecido.....	115
Quadro 21: Especificação Técnica do Geotêxtil tecido.....	116
Quadro 22: Especificação Técnica da Geocélula.....	117

Quadro 23: Órgãos contatáveis em casos de emergência.....	129
Quadro 24: Classificação das emergências.....	130

ÍNDICE

LISTA DE FIGURAS	2
LISTA DE QUADROS	4
ÍNDICE	6
APRESENTAÇÃO	11
1 INFORMAÇÕES CADASTRAIS	13
1.1 Dados do Empreendimento	13
1.2 Responsável pela Elaboração do relatório	13
2 CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA	14
2.1 Informações do Distrito Federal	14
2.2 Aspectos Geográficos, Climáticos e Topográficos	15
2.3 Hidrografia	16
2.4 Uso e Cobertura do Solo	17
3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	19
3.1 Atividades Realizadas	19
3.1.1 Levantamento Topográfico	19
3.1.1.1 Metodologia	20
3.1.1.2 Execução dos Serviços	20
3.1.2 Caracterização Geológico-Geotécnica da Área	21
3.1.2.1 Resultados	21
4 CONCEPÇÃO E JUSTIFICATIVA DO PROJETO	22
4.1 Plano de Avanço Operacional das Etapas 3 e 4	23
4.2 Proposta Alternativa de Verticalização do Aterro de Resíduos	23
4.3 Informações sobre os Resíduos a serem Dispostos no Aterro	25
5 CÁLCULO DA VIDA ÚTIL	26
6 BALANÇO DE SOLO	28
7 MEMORIAL DESCRITIVO	32
7.1 Isolamento da Área	32
7.2 Vias de Acesso	32
7.3 Sistema de Drenagem Subsuperficial	33
7.4 Sistema de Impermeabilização de Base	33
7.5 Projeto do Sistema de Drenagem de Gases e Líquidos Percolados	37

7.5.1	Dreno Principal	39
7.5.2	Drenos Verticais de Gases	39
7.5.3	Drenos de Célula	40
7.5.4	Sistema Coletor e Condutor de Drenagem de Percolados	40
7.5.5	Controle do Volume de Líquidos Percolados Gerados	40
7.6	Sistema de Drenagem Superficial	42
7.6.1	Canaleta de Berma	44
7.6.2	Descida de água em Geocélula	44
7.6.3	Tubos de Travessias de Viários e Bermas	45
7.6.4	Caixas de Passagem	46
7.6.5	Canaleta de Contorno	46
7.6.6	Impermeabilização Superior	48
7.7	Plano de Monitoramento Geotécnico e Ambiental	50
7.7.1	Monitoramento Geotécnico	53
7.7.1.1	Avaliação da Geometria de Disposição dos Resíduos	55
7.7.1.2	Avaliação da Leitura dos Instrumentos Instalados	55
7.7.1.3	Análise das Deformações dos Marcos Superficiais nos Planos Vertical e Horizontal	60
7.7.1.4	Análise das Pressões Internas	63
7.7.1.5	Análise de Estabilidade (Fator de Segurança)	65
7.7.1.6	Monitoramento Pluviométrico	66
7.7.1.7	Inspeções Visuais	67
7.7.1.8	Medidas Tomadas e Conclusão quanto à Estabilidade	68
7.7.2	Monitoramento Ambiental	68
7.7.2.1	Monitoramento dos Gases	69
7.7.2.2	Caracterização Gravimétrica dos Rejeitos	70
8	ANÁLISE DE ESTABILIDADE DOS TALUDES	71
8.1	Metodologia de trabalho	71
8.2	Fator de Segurança (FS)	71
8.3	Método de Estabilidade	73
8.3.1	Bishop Simplificado	73
8.4	Cálculo dos Fatores de Segurança	76

8.4.1	Parâmetros Utilizados nas Análises de Estabilidade.....	76
8.4.2	Resultados Obtidos	79
8.4.2.1	Seção 1 – Layout Convencional	80
8.4.2.2	Seção 2 – Layout Convencional	80
8.4.2.3	Seção 3 – Layout Convencional	81
8.4.2.4	Seção 1 – Layout com Geogrelha	82
8.4.2.5	Seção 2 – Layout com Geogrelha	82
8.4.2.6	Seção 3 – Layout com Geogrelha	83
8.5	Considerações a Respeito da Capacidade de Suporte da Etapa 1	84
9	MEMORIAL DE CÁLCULO	87
9.1	Sistema de Drenagem de Líquidos Percolados.....	87
9.1.1	Volume de Geração de Líquidos Percolados	87
9.1.2	Dimensionamento dos Elementos do Sistema de drenagem de percolado	90
9.1.2.1	Tapete Drenante.....	91
9.1.2.2	Dreno Principal	92
9.1.2.3	Dreno Coletor / condutor	93
9.2	Sistema de Impermeabilização.....	94
9.2.1	Verificação da espessura da manta de PEAD.....	94
9.2.2	Verificação do Fator de Segurança no Trecho inclinado	95
9.3	Sistema de Drenagem Superficial	98
9.3.1	Intensidade de Chuva Crítica	98
9.3.2	Análise das Vazões de Pico da Bacia	98
9.3.3	Projeto hidráulico dos elementos do sistema de drenagem superficial ..	100
9.3.3.1	Canaleta de Berma.....	103
9.3.3.2	Descida D'água em Geocélula	104
9.3.3.3	Tubo de Travessia.....	105
9.3.3.4	Canaleta de Contorno	107
9.3.3.5	Tubo de Condução.....	108
10	ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	109
10.1	Identificação/Mobilização.....	109
10.2	Serviços Preliminares	109

10.3	Dique de Célula, Reaterro e Aterro (Regularização de Base e Proteção Termomecânica).....	109
10.4	Tubo Perfurado de PEAD – Drenagem de Gás e Percolados	111
10.5	Tubos de PEAD – Coleta e condução dos percolados	111
10.6	Materiais Geossintéticos.....	112
10.6.1	Barreira Geossintética Argilosa (GCL)	112
10.6.2	Barreira Geossintética Polimérica (Geomembrana de PEAD)	113
10.6.3	Geotêxtil Não Tecido – Proteção mecânica do sistema de impermeabilização.....	114
10.6.4	Geotêxtil Não Tecido – Base para o dreno principal, drenagem subsuperficial e drenagem superficial	115
10.6.5	Geotêxtil Tecido – Base para o tapete drenante e viário.....	116
10.6.6	GEOCÉLULA – DRENAGEM SUPERFICIAL	117
10.6.7	Geossintéticos - Recebimento na obra.....	117
10.6.7.1	Estocagem	117
10.6.7.2	Instalação	118
11	MANUAL DE OPERAÇÃO	119
11.1	Lançamento, Espalhamento e Compactação dos Resíduos	119
11.2	Sistema de Cobertura Diária e Final.....	122
11.3	Diretrizes para o Controle da Presença de Aves na Frente de Trabalho.....	124
12	PLANO DE EMERGÊNCIA E CONTINGÊNCIA.....	126
12.1	Gestão em Operação Normal	127
12.2	Gestão em Situação de Emergência	128
12.3	Divulgação do Plano	142
12.4	Revisão do Plano.....	142
12.5	Equipamentos de Proteção Individual (EPI) e Equipamentos de Proteção Coletiva (EPC)	142
13	ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA (ART)	143
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	144
	ANEXO A – RELATÓRIO DE SONDAGEM.....	150
	ANEXO B – COBERTURAS TEMPORÁRIAS	151
	ANEXO C – PLANO DE CONTROLE AMBIENTAL DAS OBRAS	152

ANEXO D – ART	153
---------------------	-----

APRESENTAÇÃO

Em atendimento ao Contrato de Prestação de Serviço nº 13/2021, apresenta-se neste documento o Produto 4 – Projeto Executivo da Ampliação do Aterro Sanitário de Brasília - ASB (Etapas 3 e 4).

O conjunto de documentos do referido Relatório Final do Projeto é o seguinte:

- I. Volume 1 – Relatório de Projeto
- II. Volume 2 – Desenhos
- III. Volume 3 – Estimativa de Custo, Orçamento e Cronograma

Ressalta-se que todos os estudos foram elaborados tendo em vista o completo atendimento ao Termo de Referência contemplado no Contrato supracitado, às normas e regulamentações vigentes e, também, a garantia dos critérios de estabilidade e desempenho dos maciços de resíduos.

O Mapa de Situação do local objeto de estudo dos serviços descritos neste relatório é apresentado na Figura 1.

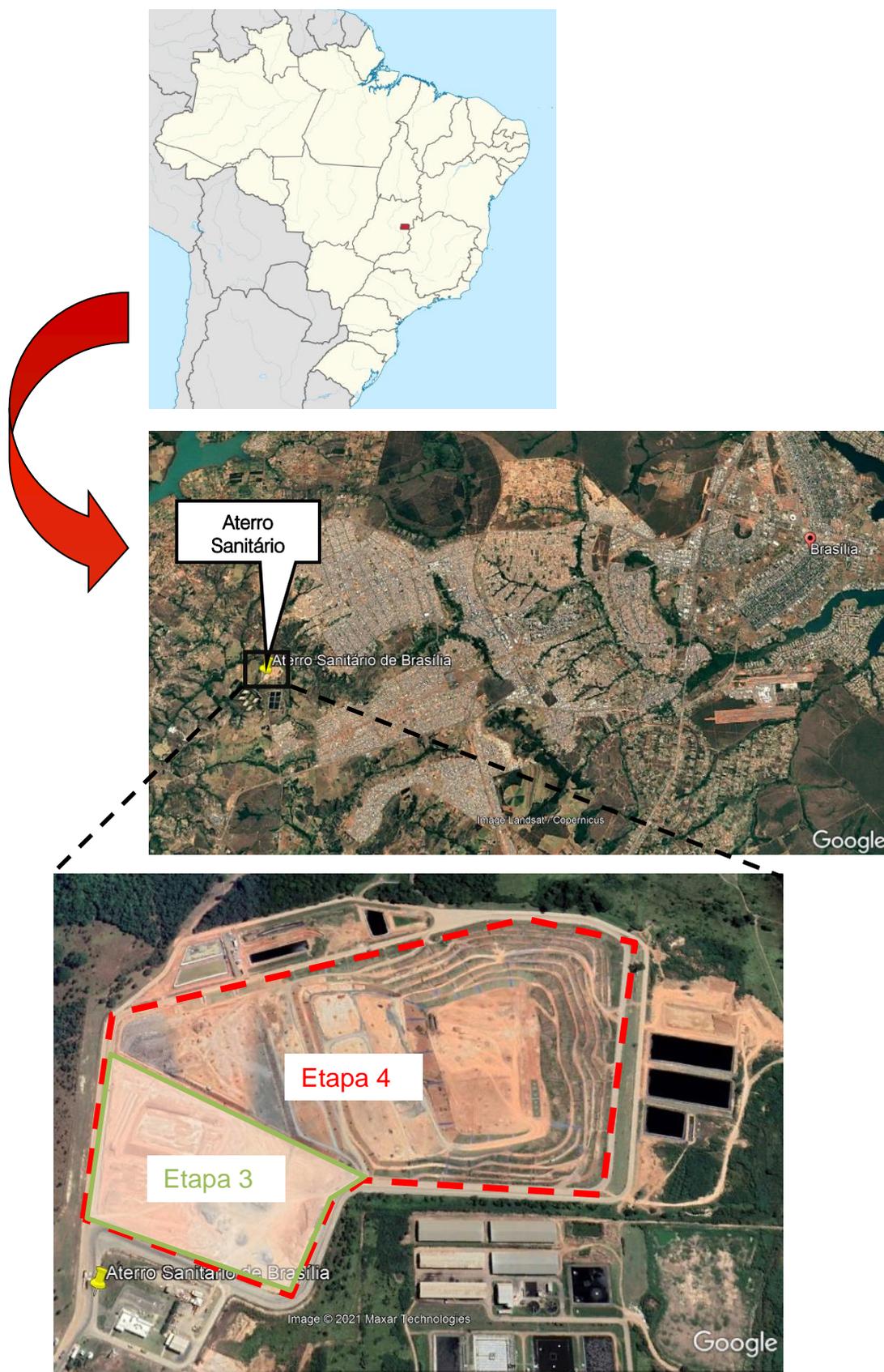


Figura 1: Mapa de Situação do Local Objeto de Estudo.

Fonte: Google Earth com imagem do ano de 2021.

1 INFORMAÇÕES CADASTRAIS

1.1 DADOS DO EMPREENDIMENTO

- Razão Social: Serviço de Limpeza Urbana do Distrito Federal - SLU
- Endereço: Rodovia DF 180, km 16 - Proximidades da Estação de Tratamento de Esgoto - ETE Melchior - Região Administrativa de Samambaia/DF.
- CNPJ: 01.567.525/0001-76
- Descrição da Atividade: Aterro Sanitário do Distrito Federal - Samambaia

1.2 RESPONSÁVEL PELA ELABORAÇÃO DO RELATÓRIO

- Razão Social: Fral Consultoria Ltda.
- CNPJ: 03.559.597/0001-05
- Registro CREA: 0575815-SP
- Responsável Técnico: Eng. Francisco José Pereira de Oliveira (CREA/SP: 0600793880)

2 CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA

2.1 INFORMAÇÕES DO DISTRITO FEDERAL

O Distrito Federal é uma das 27 (vinte e sete) unidades federativas do Brasil. Localizado na Região Centro-Oeste, é a menor unidade federativa brasileira, totalizando uma área total de 5.779,999 km² (IBGE, 2010). Em seu território está situada a capital federal do Brasil, Brasília, que é também a sede do governo do Distrito Federal.

Atualmente, o Distrito Federal está dividido territorialmente em 33 (trinta e três) Regiões Administrativas (RA).

A Figura 2 apresenta a distribuição territorial das 33 (trinta e três) RA do Distrito Federal, no ano de 2021.



Figura 2 – Distribuição territorial das 33 regiões administrativas do Distrito Federal.

(Fonte: BRASIL, 2021).

O último censo do IBGE (2010) concluiu que o Distrito Federal apresentava uma densidade demográfica de 444,66 hab./km² e uma taxa de urbanização em torno de 96%.

O Distrito Federal ocupava a 1^a posição, em 2010, em relação as 27 unidades federativas brasileiras segundo o IDHM (Índice de Desenvolvimento Humano). Nesse ranking, o maior IDHM é 0,824 (Distrito Federal) e o menor é 0,631 (Alagoas) (DF, 2017).

2.2 ASPECTOS GEOGRÁFICOS, CLIMÁTICOS E TOPOGRÁFICOS

O clima do Distrito Federal, segundo o sistema de classificação global dos tipos climáticos mais utilizados nas áreas de geografia, climatologia e ecologia, nomeado “Classificação climática Köppen-Geiger”, é tropical, concentrando-se no verão as precipitações. Os períodos mais chuvosos geralmente são registrados nos meses mais quentes, próximos ou durante o verão, correspondendo aos meses de outubro a março, e o período seco ocorre no inverno, notadamente nos meses de junho a agosto (PDDU/DF, 2008 *apud* DF, 2017).

De acordo os dados disponíveis no Portal HidroWeb, o Distrito Federal apresenta precipitação média anual em torno de 1.600 mm (média entre os anos de 2008 e 2020 – Quadro 1).

Quadro 1: Precipitação - Média mensal e total anual (período entre 2008 e 2020).

Mês	Precipitação (mm)
Janeiro	246,4
Fevereiro	198,6
Março	201,9
Abril	189,8
Maio	25,6
Junho	6,1
Julho	0,2
Agosto	11,6
Setembro	39,6
Outubro	143,0
Novembro	271,3
Dezembro	232,6
Total Anual	1.566,7

Fonte: Portal HidroWeb (2021).

Dentre as principais estruturas geológicas encontradas no Distrito Federal estão: Grupo Bambuí; Grupo Araxá; Grupo Canastra; e o Grupo Paranoá. Esses grupos trazem uma sequência de rochas arenosas, argilosas e carbonáticas, como as ardósias, metarritmitos, calcários e dolomitos, apresentados com feições sedimentares primárias bem preservadas (DF, 2017).

As áreas de recarga de aquíferos superficiais e confinados estão constituídas nas regiões de latossolo vermelho, com textura média nas chapadas elevadas. Nas regiões com predominância de quartzitos, sem intercalações de materiais argilosos, ocorre a filtragem das águas pluviais para o lençol freático do meio poroso.

O relevo dominante do Distrito Federal é caracterizado por áreas planas e elevadas do Planalto Central, com colinas arredondadas e chapadas intercaladas por escarpas. Ao Norte e ao Sul pequenas diferenças podem ser percebidas na paisagem. Situa-se aproximadamente entre 850 e 1349 metros, tendo seu ponto mais alto na Chapada da Contagem, possuindo uma altitude média de 1.100 metros (DF, 2017).

2.3 HIDROGRAFIA

O Distrito Federal possui uma área que abrange três das doze regiões hidrográficas do Brasil: Paraná, São Francisco e Tocantins/Araguaia (DF, 2017).

A região do Distrito Federal se divide em sete bacias hidrográficas (Figura 3): rio São Bartolomeu; rio Paranoá; rio Descoberto; rio Maranhão; rio Preto; rio Corumbá e rio São Marcos.

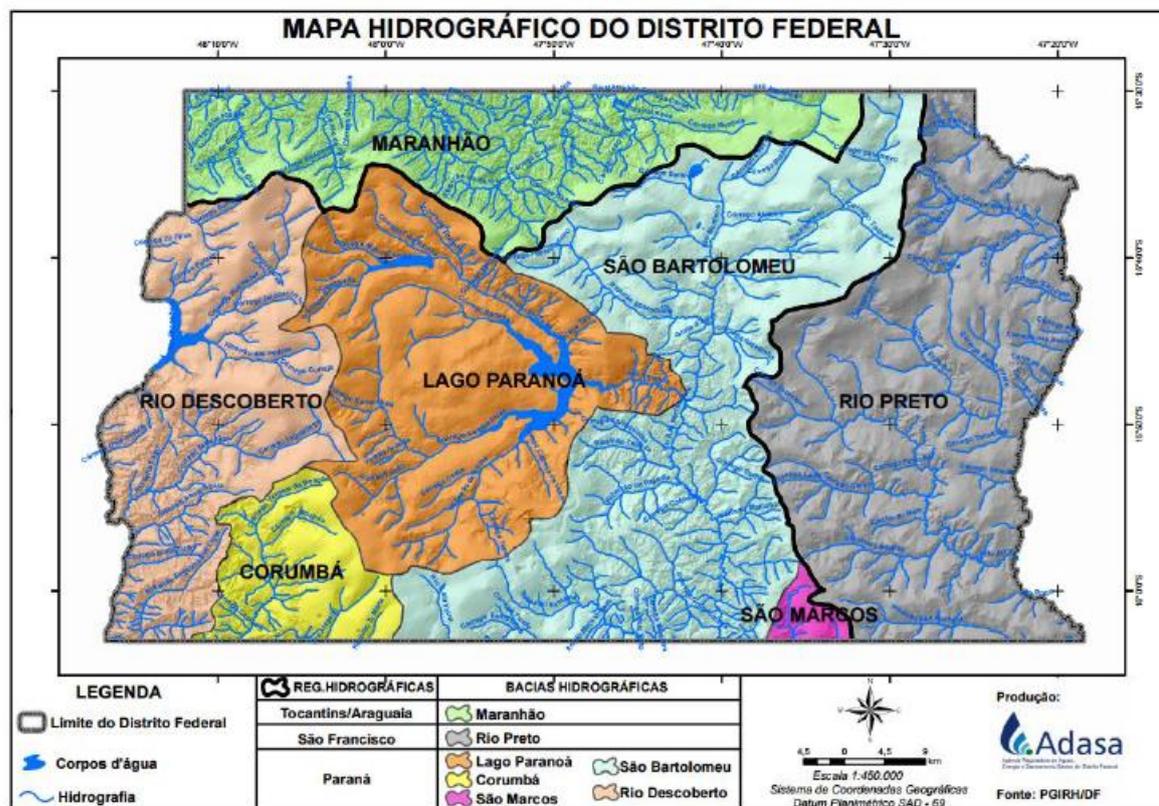


Figura 3 – Mapa Hidrográfico do Distrito Federal.
(Fonte: DF, 2017).

2.4 USO E COBERTURA DO SOLO

Segundo dados publicados no IBRAM (DF, 2012) *apud* (DF, 2017), o crescimento populacional acelerado em grande escala nos últimos anos e a intensificação das atividades econômicas, principalmente nos setores de serviços, industriais e agropecuários no Distrito Federal, ocasionou graves conflitos ambientais quanto à ocupação do solo e ao uso de recursos hídricos. Constata-se áreas ocupadas sobre os recursos naturais, colocando em risco o uso sustentável da água, dos solos, da fauna e da flora regionais (DF, 2017).

Conforme é apresentado no PGI/DF (DF, 2012) dentre os principais usos do solo verificados no Distrito Federal, destacam-se os apresentados no Quadro 2, contendo a respectiva área de cada uso do solo, indicando também a porcentagem correspondente em relação à área do Distrito Federal e parte de seu entorno imediato

cuja bacia hidrográfica pertence tanto ao Distrito Federal quanto aos municípios vizinhos.

Quadro 2: Uso e ocupação do solo no Distrito Federal e entorno.

Classe	km²	%
Agricultura	2.469,20	28,18
Agricultura irrigada (pivô central)	121,65	1,39
Água	97,01	1,11
Área degradada	25,65	0,29
Campo	1.762,91	20,12
Cerrado	599,20	6,84
Condomínio/Chacreamento	729,42	8,34
Estação de Tratamento	5,23	0,06
Mata	1.962,81	22,40
Mineração	5,03	0,06
Reflorestamento	87,15	0,99
Solo Exposto	39,76	0,45
Urbanização	855,82	9,77
Total	8.760,84	100,00

Fonte: PGIRH (DF, 2012).

A Figura 4 apresenta um mapa contido no PGIRH (DF, 2012) indicando os diferentes usos de solo ao longo da região do Distrito Federal e seu entorno. Ressalta-se que ocorre predominância das áreas de agricultura, mata e campo, as quais totalizam 70,70% do total do Distrito Federal e entorno, sendo seguidas pelas zonas urbanas, 9,77% e pelos condomínios/chacreamentos, com 8,34%.

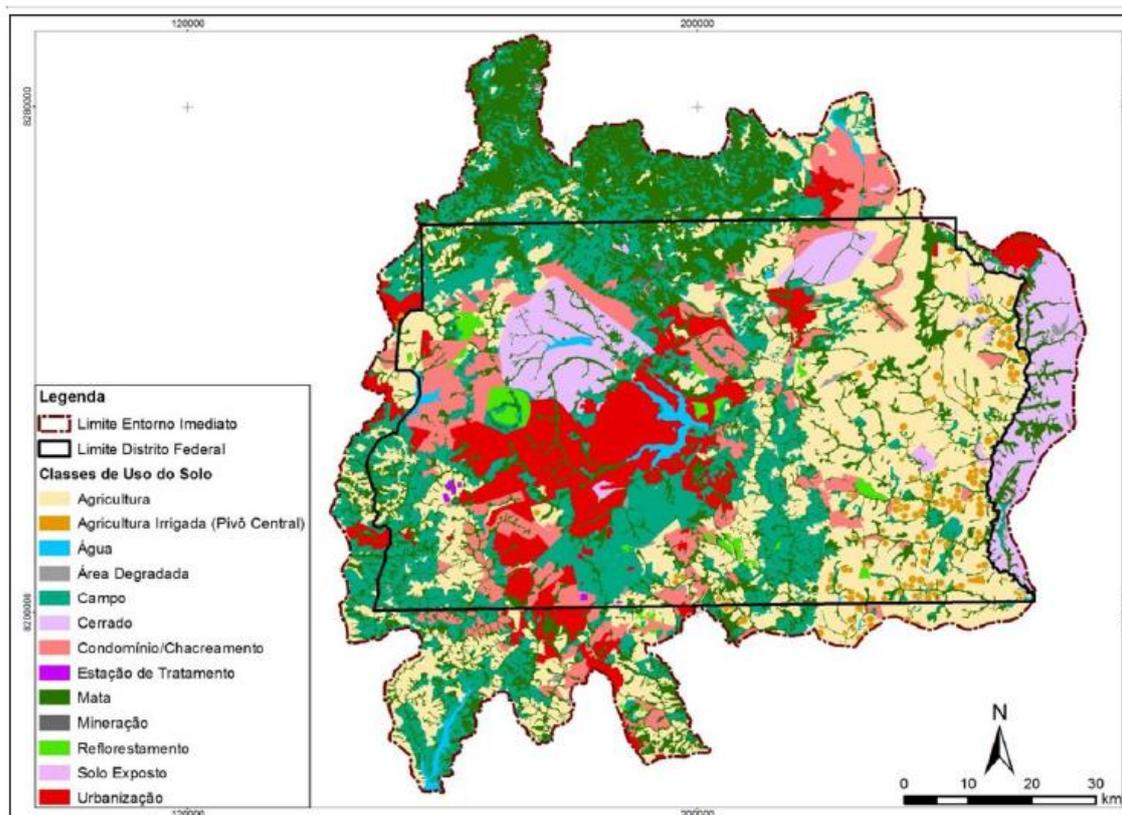


Figura 4 – Uso e cobertura do solo no Distrito Federal e entorno.
(Fonte: DF, 2017).

3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

3.1 ATIVIDADES REALIZADAS

Detalham-se, na sequência, os estudos topográficos e execução de sondagens de simples reconhecimento realizados na área objeto de estudo.

3.1.1 Levantamento Topográfico

De acordo com DOUBEK (1989), a topografia tem como finalidade o estudo dos instrumentos e métodos utilizados para obter a representação gráfica de uma porção do terreno sobre uma superfície plana, ou seja, determinar o contorno, dimensão e posição relativa de uma porção limitada da superfície terrestre, sem levar em conta a esfericidade da Terra. O objetivo é a representação dessa porção por meio de uma figura semelhante.

Descreve-se, na sequência, a metodologia utilizada quando da execução dos trabalhos.

3.1.1.1 Metodologia

Para a execução do levantamento topográfico levou-se em consideração a seguinte metodologia:

- Execução de Levantamento Topográfico - ABNT NBR 13133/21.

A referida norma fixa as condições exigíveis para a execução de levantamento topográfico destinado a obter:

- Conhecimento geral do terreno: relevo, limites, confrontantes, área, localização, amarração e posicionamento;
 - Informações sobre o terreno destinadas a estudos preliminares de projetos;
 - Informações sobre o terreno destinadas a anteprojetos ou projetos básicos; e
 - Informações sobre o terreno destinadas a projetos executivos.
- Redes de Apoio Básico e Processamento de Dados

Os levantamentos tiveram como base o SGB (Sistema Geodésico Brasileiro), Datum Horizontal “SIRGAS 2000”. O Datum Vertical adotado é obtido do modelo geoidal oficial brasileiro adotado pelo IBGE e calculado com o software MAPGEO2010 desenvolvido pelo próprio instituto.

3.1.1.2 Execução dos Serviços

O levantamento topográfico objetivou, exclusivamente, a determinação das alturas relativas à superfície de referência dos pontos de apoio e/ou dos pontos de detalhe, considerando-se o conhecimento de suas posições planimétricas, visando a representação altimétrica da superfície levantada.

A Folha 01 do Caderno 2 apresenta o levantamento topográfico realizado.

3.1.2 Caracterização Geológico-Geotécnica da Área

No dia 11 de agosto de 2021 foram realizados os serviços de sondagem de simples reconhecimento com SPT na área objeto de projeto.

O objetivo das investigações foi propiciar o reconhecimento da estratigrafia local, possibilitando a montagem do perfil geotécnico, o qual faz parte das análises de estabilidade bem como da definição dos parâmetros geotécnicos das respectivas camadas (GERSCOVICH et al., 2016).

No total, foram executados 03 (três) furos de sondagem, totalizando cerca de 30,0m perfurados, conforme procedimentos descritos na ABNT NBR 6484/2020.

A Folha 01 do Caderno 2 apresenta a planta com a locação das sondagens realizadas e o Anexo A apresenta o relatório completo das sondagens realizadas.

3.1.2.1 Resultados

Os resultados obtidos a partir da execução das sondagens de simples reconhecimento indicam que o subsolo local é constituído por uma camada superficial de aterro nos primeiros 2 (dois) metros de profundidade. Subjacente a esta, tem-se uma camada de argila siltosa, de cor marrom avermelhada e consistência média a dura, com índices NSPT variando entre 8 e 38.

Abaixo da camada de argila identifica-se uma camada de silte arenoso, compacto a muito compacto, com índices NSPT variando entre 21 e 80, abaixo da qual se tem o impenetrável.

Durante a realização das sondagens (Agosto/2021) o nível d'água não foi identificado.

4 CONCEPÇÃO E JUSTIFICATIVA DO PROJETO

Considerando a vida útil do Aterro Sanitário de Brasília – Etapa 2, atualmente em operação, surge a necessidade da continuidade das atividades de disposição final dos rejeitos. Desta forma, é apresentado o projeto executivo do Aterro Sanitário de Brasília – Etapas 3 e 4, em conformidade com as normas e legislações vigentes, incluindo a ABNT NBR 8419; NBR 13896 e Resolução da ADASA nº 18/2018.

Tendo em vista a continuidade dos processos de implantação das Etapas 1 e 2, prevê-se a escavação e regularização do terreno em solo compactado de modo a possibilitar a integração dos sistemas já existentes.

Sobre o solo regularizado e compactado, nas declividades previstas em projeto, será implantado o sistema de drenagem subsuperficial. Sobrejacente a este será implantado o sistema de impermeabilização de base.

Após a execução das camadas de impermeabilização, será implantado sistema de drenagem de base (gás e lixiviados) para posterior início da operação do aterro em células, incluindo a junção com o Aterro Sanitário (Etapas 1 e 2) existente e em operação.

A concepção construtiva a ser adotada para as Etapas 3 e 4 será convencional, apresentando a seguinte configuração:

- Inclinação máxima dos taludes: 2H:1V
- Largura mínima de bermas: 5,0 m
- Altura das células do aterro: variável, com máxima de 5,0 m

A alternativa selecionada está associada a uma escolha mais conservadora e tendo em vista os problemas pretéritos apresentadas durante a implantação/operação da Etapa 1.

A Folha 02 do Caderno 2 apresenta o layout final do empreendimento proposto e a Folha 41 do Caderno 2 apresenta a sobreposição em planta das áreas de cada uma das etapas do Aterro Sanitário de Brasília.

Adicionalmente, o projeto também prevê implantação de sistema de drenagem superficial bem como instalação de instrumentação para monitoramento geotécnico (marcos superficiais e piezômetros).

4.1 PLANO DE AVANÇO OPERACIONAL DAS ETAPAS 3 E 4

O plano de avanço para implantação e operação preconizado para o Aterro Sanitário de Brasília – Etapas 3 e 4 dará sequência às Etapas 1, já executada, e Etapa 2, atualmente em operação.

A Etapa 3 será implantada em área adjacente a área da Etapa 2, conformando um maciço único com a união das três primeiras Etapas.

Por fim, a Etapa 4 representa o coroamento do aterro sanitário, com alteamento a partir das células superiores das Etapas 1, 2 e 3.

Cumprе salientar ainda que está prevista a interligação dos sistemas existentes das Etapas já encerradas e/ou em operação, em especial referente ao sistema de drenagem interna (gás e lixiviados). Para o caso de drenos verticais com queimadores já instalados, os mesmos deverão ser removidos para que seja possível a interligação das tubulações já existentes.

4.2 PROPOSTA ALTERNATIVA DE VERTICALIZAÇÃO DO ATERRO DE RESÍDUOS

Convencionalmente, os aterros de resíduos são projetados com inclinações de talude da ordem de 1V:2H. Isto implica em maciços extensos e com vida útil limitada.

Com o advento dos geossintéticos, soluções em solo reforçado permitiram a adoção de estruturas com maciços mais íngremes resultando, portanto, em possibilidade de ganho de vida útil nas áreas de disposição final ambientalmente adequadas.

Para o empreendimento proposto, especificamente para a Etapa 3 e sobre parte do maciço da Etapa 2, apresenta-se uma configuração alternativa, considerando taludes de resíduos reforçados com geogrelhas, com as características apresentadas a seguir:

- Inclinação dos taludes de resíduos reforçados: 1V:1H
- Altura máxima dos taludes: 10m

- Largura mínima das bermas: 5,0m
- Espaçamento vertical previsto para o reforço: 2,5m

A proposta alternativa foi apresentada com a finalidade de se introduzir um novo conceito que poderá ser adotado em futuras implantações/ampliações, tendo em vista a escassez de novas áreas potencialmente adequadas para implantação de novos Aterros Sanitários.

Como reforço, são propostas geogrelhas, fabricadas em Poliéster (PET) ou Polivinil álcool (PVA), que apresentam como principais características: alta resistência à tração, baixa deformação, baixa fluência e alta resistência química.

Segundo a ABNT NBR ISO 10.318-1/2021, a geogrelha é definida como estrutura polimérica plana, constituída por uma malha aberta e regular de elementos de tração completamente conectados, utilizadas para viabilizar projetos de reforço de solos, melhorias de solos moles e reforço de base de rodovias, com segurança e facilidade de aplicação.

Para a configuração alternativa proposta foi utilizada a geogrelha com resistência a tração mínima de 400kN/m. O respectivo valor de resistência à tração refere-se à resistência de projeto, ou seja, representa a *resistência após a aplicação do fator de redução total*, o qual leva em conta fatores de redução parciais referentes a: danos mecânicos de instalação; degradação ambiental; fluência em tração e incertezas estatísticas.

Por se tratar de aterro de resíduos, importante ressaltar que a agressividade química do meio onde será implantado o sistema é um fator importante a ser considerado. Em ambientes quimicamente adversos, as geogrelhas são menos susceptíveis a esses danos. Certos ambientes fortemente alcalinos, por exemplo, são restrições severas à utilização de geossintéticos a base de poliéster (PET), em decorrência da degradação por hidrólise desses polímeros (VERTEMATTI, 2015).

AZAMBUJA (1999) sugere, para o caso de geogrelhas em PVA os seguintes valores para os fatores de redução:

- Fluência: entre 2,0 e 2,5

- Dano mecânico: entre 1,0 e 2,0
- Degradação química e ambiental: entre 1,0 e 1,25

Desta forma, tem-se que o valor da resistência nominal da geogrelha pode variar entre 2,0 e 6,25 vezes em relação ao valor da resistência de projeto, a depender da utilização do geossintético.

A Folha 42 do Caderno 2 apresenta o layout alternativo do empreendimento proposto.

4.3 INFORMAÇÕES SOBRE OS RESÍDUOS A SEREM DISPOSTOS NO ATERRO

O Aterro Sanitário de Brasília receberá exclusivamente os rejeitos resultantes de Centros de Triagem de Resíduos e que se enquadrem como:

- Resíduos sólidos urbanos, excetuados os resíduos volumosos, os entulhos e as podas de árvores;
- Resíduos sólidos produzidos por grandes geradores que possuam natureza e composição de resíduos sólidos domiciliares;
- Resíduos sólidos de saneamento básico;
- Resíduos sólidos dos serviços de saúde previamente tratados, de forma que suas características se tornem similares a dos resíduos sólidos domiciliares.

A operação do aterro assegurará o confinamento seguro dos resíduos dispostos e compreenderá a cobertura diária com material adequado, minimizando a proliferação de vetores e criação de foco de atração de pássaros.

Destaca-se ainda a necessidade de ampliação e melhorias do programa de coleta seletiva, além de atividades de triagem dos resíduos coletados, com o objetivo de dispor no aterro sanitário apenas os rejeitos provenientes dos processos supracitados, conforme preconiza a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS, Lei nº 12.305/10 regulamentada pelo Decreto nº 7.404/10).

Para o peso específico dos resíduos considera-se um valor médio igual a 0,90 tf/m³, o qual é o esperado para o tipo de processo executivo do empreendimento proposto, tendo em vista os dados disponíveis na literatura, os dados utilizados nos Projetos

Executivos (Etapa 1 – 1,0tf/m³ e Etapa 2 – 0,80tf/m³) e, também, os dados do Aterro Sanitário de Brasília a respeito das Etapas 1 e 2 (até dez/2019), sendo a média para Etapa 1: 0,85tf/m³ e média para Etapa 2: 0,90tf/m³.

Com relação a taxa de disposição final de rejeitos, foram considerados os seguintes dados:

- Média 2018: 2.158 t/dia
- Média 2019: 2.225 t/dia
- Média 2020: 2.281 t/dia
- Média 2021: 2.113 t/dia

Tendo em vista a média entre os anos de 2018 e 2021 (2194 t/dia), utilizou-se a taxa correspondente a 2.200 t/dia.

5 CÁLCULO DA VIDA ÚTIL

O Aterro Sanitário de Brasília – Etapas 3 e 4 está sendo projetado para ocupar uma área total em torno de 320.000 m² e possibilitar um volume adicional da ordem de 4.416.944,44m³, conforme Layout Final apresentado na Folha 23 do Caderno 2.

Considerando:

- Volume de solo para cobertura diária e final (10% do volume total): 441.694m³;
- Estimativa diária de recebimento de resíduos: 2.200t/dia;
- Peso específico dos resíduos: 0,90 tf/m³ (valor médio esperado para o tipo de processo executivo, de acordo com os equipamentos propostos para este Aterro).

Tem-se:

$$P = V \times \gamma$$

$$P = 3.975.250 \times 0,9 = 3.577.725tf$$

$$VU = \frac{3.577.725}{2200} = \frac{1626 \text{ dias}}{365} \cong 4,5 \text{ anos}$$

Em que:

P: peso total dos resíduos (tf)

V: volume total dos resíduos (m³)

γ : peso específico dos resíduos (tf/m³)

VU: vida útil

Portanto, tem-se que a vida útil referente ao layout apresentado no Anexo A será de, aproximadamente, 4 anos e 6 meses (Ref. Outubro/2022).

Tendo em vista a previsão de operação do Aterro Sanitário de Brasília – Etapas 3 e 4, do referido contrato, a partir de Maio/2023 (contrato emergencial atualmente em execução desde outubro/2022), a vida útil do empreendimento será de, 3,9 anos (47 meses).

De forma complementar apresentam-se ainda os volumes previstos para cada uma das etapas separadamente:

- Etapa 3: 1.475.000,00 m³ e vida útil correspondente a 1 anos e 6 meses
- Etapa 4: 2.941.944,44 m³ e vida útil correspondente a 3 anos

Por fim, o Quadro 3 apresenta o cálculo da vida útil prevista para cada uma das etapas de coroamento, conforme ilustrado na Figura 5.

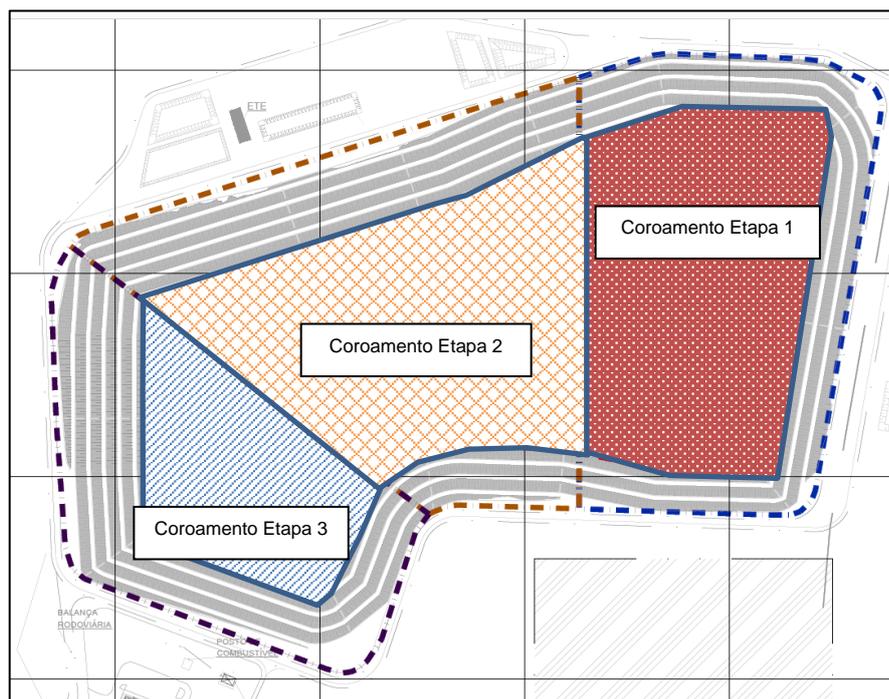


Figura 5: Coroamento de cada uma das Etapas do ASB.

Quadro 3: Cálculo de vida útil para cada uma das etapas de coroamento do Aterro Sanitário de Brasília.

Etapa	Área (m ²)	Volume adicional (m ³)	Vida útil (anos/meses)
Coroamento Etapa 1	63.295,00	947.257,00	1 ano
Coroamento Etapa 2	74.751,00	1.118.705,00	1 ano e 1 mês
Coroamento Etapa 3	35.061,00	875.983,00	11 meses
Total	173.107,00	2.941.944,44	3 anos

6 BALANÇO DE SOLO

O material resultante das atividades de escavação será utilizado para execução das obras de terraplenagem, dos diques e aterros compactados, além da cobertura diária e final do aterro. De forma complementar, o solo a ser utilizado também será proveniente das áreas adjacentes.

O balanço de solo previsto para o Aterro Sanitário de Brasília – Etapas 3 e 4 é apresentado no Quadro 4 e pode ser verificado nas Folhas 03 a 07 apresentadas no Caderno de Desenhos (Volume 2).

Quadro 4: Balanço de solo.

Volume de Corte (m³)	Volume de Aterro (terraplenagem; diques e aterros compactados) (m³) – contração 10%	Volume de Aterro (cobertura diária e final de resíduos) (m³)	Balanço Total (m³)
54.752,72	24.056,88	441.694,00	-410.998,16

Ressalta-se ainda que para as atividades de cobertura diária dos resíduos poderão ser utilizadas, alternativamente, cobertura com material sintético de função equivalente (“mantas de sacrifício”). Algumas especificações técnicas são apresentadas no Anexo B.

Informa-se ainda que o material escavado deverá ser armazenado temporariamente em áreas adjacentes ao aterro.

Dados bibliográficos a respeito da caracterização geológico-geotécnica da região em estudo indica solos saprolíticos de metarritmitos argilosos, capeados por Cambissolos marrom amarelados e por latossolos argilosos vermelho-escuros (DF, 2017).

Corroborando com os dados bibliográficos a execução de sondagens de simples reconhecimento para a elaboração dos Projetos do Aterro Sanitário de Brasília (Etapas 1 e 2), em estudos pretéritos, e para as Etapas 3 e 4, correspondente ao presente estudo (Anexo A), indica que a caracterização geológico-geotécnica da região em estudo é constituída por camada de argila siltosa, com espessuras variando em torno de 4,0 a 6,0m, a qual atende às especificações de projeto para utilização do material nos serviços de terraplenagem, proteção mecânica, diques de célula e cobertura diária e final dos resíduos, preconizadas no item 10.3.

Cumprе salientar que atualmente os solos provenientes das atividades de escavação, para execução/operação das Etapas 1 e 2 do Aterro Sanitário de Brasília, já são utilizados nos respectivos serviços.

A Folha 40 do Caderno 2 apresenta a delimitação do polígono da área que será utilizada para retirada de material a ser utilizado nas obras de terraplenagem e cobertura dos resíduos, a qual possui volume suficiente para as atividades previstas.

A seguir são descritas as atividades e apontadas ações de prevenção e controle dos processos decorrentes da implantação do empreendimento, tanto das áreas escavadas como das áreas de estocagem de solos e do aterro sanitário propriamente dito, com a finalidade de preservação das drenagens superficiais quanto aos assoreamentos associados aos processos erosivos.

- **Limpeza do terreno e serviços iniciais de terraplenagem**

As ações de prevenção e controle são:

- Remoção dos materiais resultantes dessas atividades, sendo estocados aqueles passíveis de aproveitamento e encaminhados para o estoque de solos os demais;
- Implantação de sistemas provisórios de drenagem de águas pluviais visando minimizar o escoamento superficial para as áreas operacionais;
- Proteção superficial de determinadas superfícies resultantes dos serviços de terraplenagem através do plantio de grama.

- **Abertura de acessos, vias internas provisórias e vias definitivas**

As ações de prevenção e controle são:

- Construção de acessos logo após os serviços de terraplenagem, contando com pavimentos reforçados e adequados a cada modalidade de via;
- Implantação de sistemas de drenagem de águas pluviais por meio de canaletas que serão construídas nas margens das vias;

- Proteção superficial de determinadas superfícies que resultem em solo exposto por meio do plantio de grama.

- **Escavações para aproveitamento de solo**

As ações de prevenção e controle são:

- Implantação de sistemas de drenagem de águas pluviais no entorno das áreas de estocagem de materiais, minimizando o escoamento superficial rumo a estas áreas;
- Implantação de sistemas de captação das águas pluviais nos acessos internos às áreas de estocagem por meio de canaletas, construídas nas margens;
- Proteção superficial de determinadas superfícies que resultem em solo exposto através do plantio de grama;
- Interligação dos sistemas de drenagem de águas pluviais implantados ao sistema de drenagem pluvial do Aterro.

- **Execução da área de estocagem de solo (bota-espera)**

As ações de prevenção e controle são:

- Implantação de sistemas de drenagem das bermas resultantes com canaletas nos pés dos taludes, impondo o encaminhamento das águas pluviais para canais periféricos ou para as decidas hidráulicas transversais aos taludes;
- Limpeza constante dos dispositivos de retenção;
- Proteção superficial dos taludes e platôs remanescentes através do plantio de grama.

O controle de erosão e assoreamento deverá ser feito durante toda a fase de implantação e operação do empreendimento, de forma permanente e sequencial, tratando-se de medidas essencialmente preventivas.

O Anexo C apresenta o Plano de Controle Ambiental das Obras, o qual abrange um conjunto de diretrizes e técnicas básicas complementares recomendadas para serem empregadas previamente e durante a implantação do empreendimento, destinadas a evitar e/ou minimizar os impactos ambientais potenciais.

7 MEMORIAL DESCRITIVO

7.1 ISOLAMENTO DA ÁREA

Referente ao isolamento da área, atualmente o Aterro Sanitário de Brasília conta com cercamento adequado e portão de acesso, não sendo necessário o desenvolvimento de projeto específico para essas estruturas.

7.2 VIAS DE ACESSO

O acesso ao aterro se dá pela Rodovia DF 180, km 16 - Proximidades da Estação de Tratamento de Esgoto - ETE Melchior - Região Administrativa de Samambaia/DF. Dessa forma, as vias externas de acesso ao aterro serão mantidas e utilizadas sem necessidade de obras e investimentos. De acordo com a necessidade poderão ser realizados reparos e melhorias nos acessos principais existentes.

Os acessos internos serão adaptados de acordo com o projeto executivo e respectivo avanço da operação/ampliação, conforme apresentado no Volume 2 (Pranchas 43 a 54).

O projeto prevê a execução/adaptação dos acessos respeitando a declividade longitudinal máxima de 12%.

Os acessos e pátios de descarga, em função do avanço da frente de operação, deverão possuir a seguinte configuração:

- Compactação do subleito/base por meio de rolo compactador tipo pé de carneiro;
- Aplicação de camada de geotêxtil tecido de polipropileno (PP) com resistência mínima de 25kN/m, com função separação e melhoria da resistência de base;
- Aplicação de camada de 0,20m de rachão;

- Utilização de Revestimento com espessura de 0,10m (Brita 4) e espessura de 0,05m (Bica corrida);
- Abaulamento transversal da pista com 2% de declividade do eixo para as laterais, de forma impedir que as águas corram diretamente sobre ela.

7.3 SISTEMA DE DRENAGEM SUBSUPERFICIAL

O sistema de drenagem sub superficial da Etapa 3 deverá ser implantado abaixo da cota final de terraplenagem, acompanhado a mesma declividade e será composto por vala escavada mecanicamente e terá seção transversal retangular de 0,60 m de largura por 0,60 m de profundidade. A seção escavada deverá ter um lastro de brita 1 de 10 cm na base e sobre este assentado tubo corrugado e perfurado de PEAD de 100mm de diâmetro e o restante da seção preenchido com brita 4.

Os drenos terão toda sua seção revestida por geotêxtil não tecido em polipropileno (PP), com gramatura de 300g/m².

Os efluentes coletados nos drenos de subsuperficiais serão encaminhados até os reservatórios de qualidade e quantidade (RQQ) por meio de tubulação de PEAD, com 200mm de diâmetro, a ser implantada fora da área do maciço, conforme indicado nas Folhas 08 e 22 do Caderno 2.

7.4 SISTEMA DE IMPERMEABILIZAÇÃO DE BASE

O critério de seleção do sistema de impermeabilização por meio de barreira composta utilizando materiais sintéticos considerou as seguintes premissas:

- A utilização de barreira composta é considerada uma das melhores soluções para proteção do subsolo e das águas subterrâneas, pois promovem:
 - Redução da condutividade hidráulica do sistema em virtude da atenuação dos defeitos locais das geomembranas e camadas de solo, tendo em vista que, se o sistema primário falhar, a camada secundária (normalmente denominada “camada de segurança”) garantiria a função barreira do sistema; e

- Prevenção de problemas decorrentes da falta de compatibilidade entre percolado e solo (BOSCOV, 2008).

A opção por materiais sintéticos apresenta como vantagens:

- Controle de qualidade das propriedades técnicas;
- Facilidade na instalação, o que implica na redução do tempo de execução da obra e, conseqüentemente, nos custos;
- Transporte mais fácil;
- Pequena espessura, acarretando redução de volume ocupado pelo sistema;
- Baixíssimo coeficiente de permeabilidade;
- A função barreira com camada de argila compactada pode ser severamente comprometida caso apareçam trincas causadas por perda do teor de umidade ou recalques diferenciais.

Imperioso destacar que a definição do sistema de impermeabilização atende aos requisitos estabelecidos pelo órgão ambiental competente bem como normas e regulamentações vigentes.

O sistema de impermeabilização de base proposto para o Aterro Sanitário de Brasília – Etapas 3 e 4 contempla:

- Regularização do terreno de modo a garantir declividades adequadas;
- Implantação de uma barreira composta, em que se combina uma camada de geocomposto argiloso¹ (Geosynthetic Clay Liner – GCL) e uma camada de geomembrana de PEAD² (Polietileno de Alta Densidade) texturizada nas duas faces, com 2mm de espessura;

1 Segundo a nova nomenclatura adotada pela NBR ISO 10318-1 passa a ser denominado como barreira geossintética argilosa – GBR-C.

2 Segundo a nova nomenclatura adotada pela NBR ISO 10318-1 passa a ser denominada como barreira geossintética polimérica – GBR-P.

- Execução da proteção mecânica do sistema de impermeabilização, formada por uma camada de solo compactado de 0,30m de espessura sobreposta a uma camada de geotêxtil não tecido de Polipropileno (PP) de 500g/m². Ressalta-se que a camada de solo compactado será executada apenas na base e não nos taludes, os quais serão protegidos por meio da utilização do geotêxtil não tecido.

A Folhas 08 e 09 do Caderno 2 apresentam o sistema de impermeabilização proposto.

A sequência executiva de instalação do sistema de impermeabilização é descrita a seguir:

Primeira etapa: instalação da camada de geocomposto argiloso (GCL), observando as seguintes premissas básicas:

- O geocomposto argiloso não deve ser instalado durante período chuvoso e nem em superfície molhada ou com água parada;
- A base de suporte do geocomposto argiloso deverá estar previamente inspecionada e livre de quaisquer elementos que possam causar danos ao material;
- O geocomposto argiloso instalado deverá ser imediatamente recoberto. Nenhum pedaço do geocomposto argiloso poderá ficar exposto à chuva, qualquer que seja o tempo de exposição;
- Todo pedaço que porventura vier a receber água de chuva deverá ser substituído, sob as expensas da empresa instaladora;
- As bobinas de material devem ser mantidas na embalagem até o momento de serem instaladas;
- Os painéis de geocomposto argiloso devem ficar planos, sem rugas ou dobras;
- A aplicação do geocomposto argiloso deve ser feita apenas em quantidade suficiente para ser coberta pela geomembrana no mesmo dia;

- A sobreposição das bordas laterais das bobinas deverá ser de, no mínimo, 0,15m, enquanto a sobreposição no final/início de bobina deverá ser de, no mínimo, 0,60m;
- Deverá ser aplicada bentonita em pó para selar as emendas, numa quantidade de 0,4kg/m.

Segunda etapa: instalação da geomembrana de PEAD, observando as seguintes premissas básicas:

- Todos os serviços de instalação deverão obedecer às especificações constantes na norma ABNT NBR 16199;
- A empresa instaladora deverá especificar em seu plano de trabalho todos os tipos de maquinário que pretende utilizar, em função das dificuldades específicas;
- A instaladora deverá comprovar a qualidade dos serviços de instalação da geomembrana por meio da apresentação das planilhas do registro dos trabalhos de instalação e dos relatórios dos ensaios não destrutivos e destrutivos realizados durante os serviços;
- Nenhuma manta será instalada sob condições climáticas desfavoráveis: chuva, lama e ventos fortes, temperaturas extremas, base úmida e outros;
- Na medida do possível, a empresa tentará respeitar que a temperatura externa máxima para a realização das soldas seja limitada a 25°C;
- Quando a temperatura externa for elevada, as soldas deverão ser feitas tarde da noite ou pela manhã bem cedo a fim de respeitar um nível de temperatura aceitável;
- A empresa instaladora deverá elaborar planta “*as built*” da área de trabalho, com a discriminação do número da bobina aplicada e data de aplicação;
- As emendas dos painéis de geomembrana poderão ser feitas por meio dos seguintes métodos:
 - Solda por Termofusão;

- Solda por ar quente; e
- Solda por extrusão.

Terceira etapa: instalação do sistema de proteção mecânica. A Proteção mecânica será formada por uma camada de solo compactado de 0,30m de espessura sobreposta a uma camada de geotêxtil não tecido de Polipropileno (PP) de 500g/m². Ressalta-se que a camada de solo compactado será executada apenas na base e não nos taludes, os quais serão protegidos por meio da utilização do geotêxtil não tecido.

A ancoragem dos geossintéticos deverá ser feita por meio de trincheiras de ancoragem de dimensões 0,30m x 0,30m situadas a 0,50m da crista do talude. Tais trincheiras de ancoragem não devem ter os cantos vivos, visando assim, evitar dobras significativas nos geossintéticos.

Nenhum material geossintético deverá ser instalado sob condições climáticas desfavoráveis: chuva, lama e ventos fortes, temperaturas extremas, base úmida e outros. Além disso, para o caso específico do geocomposto argiloso (GCL) a instalação deve ser feita apenas em quantidade suficiente para ser coberta pela geomembrana no mesmo dia.

7.5 PROJETO DO SISTEMA DE DRENAGEM DE GASES E LÍQUIDOS PERCOLADOS

As águas provenientes da precipitação direta sobre o aterro, bem como as do escoamento superficial das áreas adjacentes, tendem a percolar através do maciço de resíduos, carreando poluentes que, juntamente com o lixiviado oriundo da decomposição dos resíduos depositados, constituem material de alta carga poluidora (percolado).

De modo a permitir a drenagem do percolado gerado nas células do aterro de resíduos, deverá ser executado o sistema de drenagem de base, previamente ao lançamento de resíduos. Este sistema é constituído basicamente de estruturas drenantes com escoamento em meio poroso, formado por drenos horizontais, imersos em “berço” de brita, com inclinação de fundo longitudinal mínima de 3,23%.

Sobre a camada de proteção mecânica do sistema de impermeabilização está prevista a implantação de um tapete drenante, com 0,40m de espessura em rachão, a ser

executado sobre uma camada de separação em geotêxtil tecido de polipropileno (PP) com resistência mínima de 25kN/m.

O sistema de drenagem de base ainda será composto por um sistema de coletores de percolado denominado Dreno Principal. Além do sistema de drenagem de base, deverão ser executados os drenos verticais de gases e os drenos de célula.

O dreno principal será composto por um tubo de PEAD perfurado, 250mm de diâmetro, furos com diâmetro de 16mm e espaçados a cada 0,10m, com oito furos por seção, imerso em um berço preenchido com rachão.

Os elementos supracitados, devidamente interligados entre si, irão compor o sistema de drenagem de líquidos percolados, cuja finalidade é captar o lixiviado proveniente dos resíduos e conduzi-los para a lagoa de contenção.

O adequado funcionamento do sistema de drenagem é importante para evitar a geração de excesso de pressões neutras no maciço, comprometendo a estabilidade do mesmo.

As Folhas 10 a 22 do Caderno 2 apresentam o sistema proposto.

Cumpra salientar ainda que para implantação dos drenos de percolado recomenda-se a utilização de pedra britada de gnaise, granito, basalto, micaxisto ou materiais que sejam resistentes ao percolado e a não utilização da pedra de origem calcária. Além disso, a pedra utilizada deverá ser lavada de modo a evitar que o material fino contido nela seja elemento de causa de obstrução no sistema de drenagem de percolado.

Destaca-se a obrigatoriedade de utilização de pedra não calcária apenas para o sistema de drenagem interna (gás e lixiviados – incluindo dreno vertical e dreno de célula), sendo que para os demais serviços ficará a critério do operador a seleção da pedra a ser utilizada.

Por fim, ressalta-se que ao final de cada dreno principal está prevista uma caixa de passagem para acesso à tubulação, permitindo a manutenção e limpeza preventiva do sistema, além de permitir acesso para realização de vídeo inspeção, dando continuidade às ações já realizadas atualmente no Aterro Sanitário de Brasília.

7.5.1 Dreno Principal

O dreno principal será composto por um tubo de PEAD perfurado, 250mm de diâmetro, furos com diâmetro de 16mm e espaçados a cada 0,10m, com oito furos por seção, imerso em um berço preenchido com rachão.

7.5.2 Drenos Verticais de Gases

Os drenos verticais de gases consistem basicamente em tubos perfurados de polietileno de alta densidade (PEAD), com diâmetro de 200mm, furos com diâmetro de 16mm e espaçados a cada 0,10m, justapostos uns sobre os outros, formando uma coluna vertical.

Ao redor desses tubos deverá ser disposta uma camada de rachão, com espessura mínima de 0,70m, que possibilitará a interligação do dreno vertical com os drenos horizontais (de fundação e de célula). A camada vertical de rachão será contida por meio de Tela em aço soldada galvanizada.

A Tela em aço deverá ser produzida conforme o disposto na ABNT NBR 7481 e deverá atender às especificações técnicas do tipo Q-283 ou equivalente técnico e possuir as seguintes características: espaçamento entre fios 10 cm x 10 cm e diâmetro das barras de 6,0mm.

O espaçamento considerado entre os drenos verticais no projeto do aterro será de 25m.

Para possibilitar a interligação dos drenos verticais à tubulação do dreno principal deverão ser utilizados tê de redução (250mm para 200 mm de diâmetro) de maneira a permitir o acesso para realização de limpeza periódica.

Para a adequada queima dos gases, está prevista a implantação de *mini-flare* nas terminações dos drenos de gás.

A implantação do queimador deverá ser realizada assim que finalizado o alteamento do sistema de drenagem vertical, ou seja, quando não for mais prevista a sobreposição de tubos na vertical.

7.5.3 Drenos de Célula

Além do sistema de drenagem de base, deverão ser executados os drenos de célula, previamente ao início de uma nova descarga de resíduos para conformação das células. Estes drenos deverão ser interligados aos drenos verticais que, por gravidade, conduzem o percolado das células até a drenagem de fundação na base do aterro. Os drenos de célula são elementos lineares, de seção trapezoidal, constituído por rachão.

7.5.4 Sistema Coletor e Condutor de Drenagem de Percolados

O sistema de coleta e condução do percolado será feito por meio de tubulação dupla em PEAD, com 200mm de diâmetro cada, interligadas ao sistema atualmente existente, sendo o percolado gerado encaminhado diretamente a Lagoa Principal existente.

7.5.5 Controle do Volume de Líquidos Percolados Gerados

Para o Aterro Sanitário de Brasília – Etapas 3 e 4 está prevista a instalação de uma nova Calha Parshall para controle do volume de líquidos percolados gerado, conforme locação apresentada Prancha 37 do Caderno de Desenhos (Volume 2).

A calha Parshall (Figura 6) é um dispositivo de medição de vazão de líquidos em canais abertos com dimensões padronizadas, conforme disposto nas normas ASTM 19 41:1975 e ABNT NBR ISO 9826:2008.

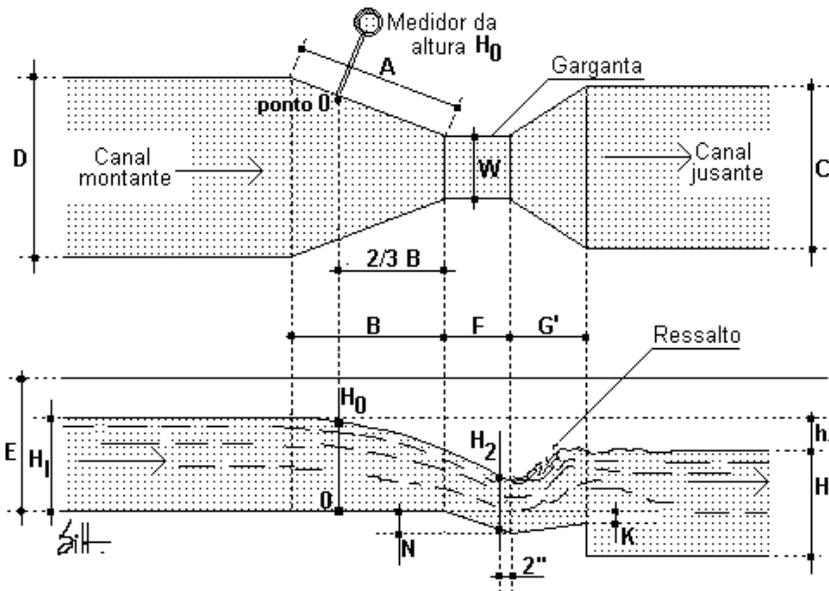


Figura 6: Esquema básico de uma calha Parshall convencional.

O Quadro 5 apresenta os valores padronizados da largura da garganta da calha Parshall (W) bem como de outras dimensões e o Quadro 6 apresenta os valores limites de vazão do medidor em função da dimensão.

Quadro 5: Dimensões padronizadas da calha Parshall.

W	A (mm)	C (mm)	D (mm)
1"	363	93	168
2"	415	135	214
3"	466	178	259
6"	621	294	393
9"	880	380	575
12"	1370	610	845

Fonte: ASTM D1941:91 (2013) e ABNT NBR ISO 9826:2008.

Quadro 6: Valores limites de vazão (L/s) em função da largura da garganta.

W (mm)	Vazão Mínima (L/s)	Vazão Máxima (L/s)
25 (1")	0,11	5,67
51 (2")	0,28	14,17
76 (3")	0,85	53,8
152 (6")	1,52	110,4
229 (9")	2,55	251,9
305 (12")	3,11	455,6

Fonte: ASTM D1941:91 (2013) e ABNT NBR ISO 9826:2008.

Tendo em vista a vazão prevista em projeto (32,1L/s), será utilizada, no empreendimento em questão, a Calha Parshall de 3", a qual possui capacidade de leitura de vazão de 0,85L/s a 53,8L/s.

7.6 SISTEMA DE DRENAGEM SUPERFICIAL

O sistema de drenagem superficial do Aterro será dotado de dispositivos de caráter permanentes, ou seja, implantação em uma Etapa já concluída e no final da implantação do Aterro.

O sistema de drenagem superficial permanente será projetado de modo a garantir a coleta e o escoamento superficial das águas pluviais, evitando sua infiltração na massa de resíduos, bem como a ocorrência de eventuais focos de erosão.

O sistema de drenagem superficial será composto basicamente por:

- Canaleta de berma;
- Descida de água em geocélula;
- Tubo de travessia;
- Caixa de Passagem;
- Canaleta de contorno retangular; e
- Proteção superficial com grama.

Caso dispositivos de caráter provisórios sejam necessários, o sistema poderá ser executado por materiais sintéticos, como mantas de PVC ou PEAD, geotêxteis não tecidos em poliéster (PET) ou polipropileno (PP) entre outros. Outros materiais sintéticos equivalentes também poderão ser aceitos, desde que previamente aprovados pela FISCALIZAÇÃO.

Para melhor entendimento, apresenta-se o sequenciamento previsto para o sistema de drenagem superficial projetado para o Aterro Sanitário – Etapas 3 e 4:

- As águas pluviais incidentes na área do Aterro Sanitário são coletadas por meio das canaletas de berma;
- As canaletas de berma têm a função de conduzir as águas pluviais até a descida d'água em geocélula;
- De maneira a possibilitar mudanças de direção do fluxo das águas pluviais e a interligação entre elementos de drenagem são previstos os elementos denominados caixas de passagem;
- A descida d'água em geocélula possibilita a condução das águas pluviais coletadas para a canaleta de contorno;
- De maneira a possibilitar a condução das águas em locais de acesso, são previstos os elementos denominados tubos de travessia;
- As canaletas de contorno têm a função de concentrar e conduzir toda a água pluvial captada para os reservatórios de qualidade e quantidade (RQQ's implantados).

Os elementos básicos de drenagem superficial serão executados ao longo das etapas de operação do aterro, assim que concluída cada uma das células, após a implantação da cobertura final dos resíduos, a qual será constituída basicamente por uma camada de solo argiloso com 0,60m de espessura, garantindo, no mínimo, 0,5% de declividade nas bermas, e implantação da cobertura vegetal, para evitar a formação de processos erosivos.

As Folhas 34 a 36 do Caderno 2 apresenta os dispositivos previstos no Aterro Sanitário de Brasília – Etapas 3 e 4.

7.6.1 Canaleta de Berma

Previamente à implantação, a área deverá ser regularizada com solo argiloso compactado, a fim de corrigir eventuais depressões oriundas de recalques do aterro.

A seguir, deverá ser feita a escavação da vala para a sua implantação, devendo todo o material oriundo desta operação ser espalhado ao lado, evitando a formação de leiras que possam impedir o afluxo de água para a canaleta. Nos locais em que a escavação da canaleta diminuir o selo de vedação aquém do especificado, deverá ser feita escavação adicional para a reconstituição do solo.

As canaletas definitivas serão constituídas por uma base em geotêxtil não tecido de Polipropileno (PP) de 300 g/m², revestida por bica corrida ou cascalho, em formato triangular.

7.6.2 Descida de água em Geocélula

Com o objetivo de drenar e conduzir as águas pluviais, coletadas através das canaletas de bermas, para fora da área do aterro, serão implantadas, após a execução da última camada do aterro emergencial, as descidas de água em Geocélula, em formato trapezoidal.

As descidas de água serão interligadas a canaleta de contorno para encaminhamento à lagoa de retenção de águas pluviais.

A descida de água na superfície do aterro deve possuir borda livre elevada, prevenindo-se concentrações de vazão não previstas no projeto, e pelo fato do escoamento se processar a altas velocidades (> 4m/s), portanto, turbulento.

As Geocélulas deverão ser colocadas sobre um geotêxtil não tecido de Polipropileno (300 g/m²) e preenchidas com brita 2 ou 3.

Os trabalhos deverão ser iniciados pela escavação da vala na massa do resíduo, na área de sua implantação, com a utilização de equipamentos apropriados. Todo material escavado deverá ser removido para frente de disposição de resíduo.

Na sequência, deverá ser realizado o recobrimento do resíduo das áreas expostas com solo argiloso compactado, assegurando um recobrimento mínimo.

Uma vez concluído este recobrimento com solo argiloso, deverá ser realizado o revestimento da área de implantação das descidas sobre o talude com geotêxtil não tecido e, na sequência, a instalação da Geocélula com o preenchimento de brita 2 ou 3.

A montagem do painel da geocélula é feita utilizando-se tirantes (cordas de poliéster) para as uniões laterais e abraçadeiras plásticas nas uniões entre peças ao longo do comprimento, de forma que as células interligadas adquiram configuração uniforme.

Após o posicionamento e união dos painéis, pode-se iniciar o preenchimento das células com brita 2 ou 3.

Nas bermas com previsão de constante tráfego de equipamentos de manutenção e de coletores ou carretas, será instalada tubulação em concreto armado (Classe PA-3), conforme ABNT NBR 8890, embutida e interligada na Caixa de Passagem.

A Caixa de Passagem será executada em tijolo cerâmico do tipo furado com dimensões: 0,14x0,19x0,29 m (revestimento interno e externo em argamassa com 0,5 cm), sendo que o assentamento dos tijolos cerâmicos deverá ser executado a cutelo.

7.6.3 Tubos de Travessias de Viários e Bermas

As travessias serão executadas com tubulações de concreto, instaladas onde for previsto o tráfego de caminhões coletores e carretas. Para a sua implantação, deverão ser executadas valas de dimensões apropriadas às tubulações previstas. Após a escavação cada vala deverá ser preparada de forma a garantir um fundo uniforme e com a declividade indicada nos desenhos de projeto. Após a regularização do fundo, será executado o berço da tubulação com areia grossa. Em seguida, deverão ser

lançados os tubos de concreto armado (Classe PA-3), conforme ABNT NBR 8890, e, por fim, executado o reaterro da vala em solo compactado.

7.6.4 Caixas de Passagem

Sempre que ocorrer mudanças de direção ou confluência de canaletas e tubos de drenagem, deverão ser instaladas Caixas de Passagem em blocos cerâmicos.

Os blocos cerâmicos deverão ser do tipo furado com as dimensões: 0,14 x 0,19 x 0,29m (revestimento interno e externo em argamassa com 0,5 cm), conforme especificação da ABNT NBR 15270, sendo que o assentamento dos tijolos deverá ser executado a cutelo.

A laje de fundo das Caixas de Passagem será em concreto armado, sendo a armadura em tela de aço produzida conforme o disposto na ABNT NBR 7481 e deverá atender às especificações técnicas do tipo Q-138 ou equivalente técnico e possuir as seguintes características: espaçamento entre fios 10 cm x 10 cm e diâmetro das barras de 4,2mm.

As Caixas de Passagem serão construídas concomitantemente às canaletas.

7.6.5 Canaleta de Contorno

As canaletas de contorno previstas serão retangulares e constituídas por concreto armado.

A laje de fundo e as paredes laterais será em concreto armado, sendo a armadura produzida conforme o disposto na ABNT NBR 7480, com diâmetros das barras de 8,0 e 10,0mm, conforme Detalhes apresentados na Folha 36 (Volume 2).

Destaca-se ainda as premissas básicas para os procedimentos de preparo das fôrmas, posicionamento das armaduras e concretagem:

- O sistema de fôrmas será executado por meio da utilização de chapas de madeira compensada resinada (17 mm de espessura).
- Antes do lançamento do concreto, devem ser devidamente conferidas as dimensões e posição das fôrmas, a fim de assegurar que a geometria dos

elementos esteja conforme projeto e com as tolerâncias previstas na ABNT NBR 14931.

- A superfície interna das fôrmas deve ser limpa e estar suficientemente estanque.
- Deve-se também tomar as devidas precauções para proteger o sistema de fôrmas de risco de incêndio, observando a NR 18.
- Para facilitar a desmoldagem e de modo a se obter uma superfície final com melhor acabamento em concreto aparente, agentes desmoldantes devem ser aplicados na fôrma antes da colocação da armadura.
- Proceder com o posicionamento das armaduras conforme especificado em projeto. Ressalta-se que as barras de aço devem estar previamente limpas.
- Antes do lançamento do concreto deve-se assegurar que as dimensões e posicionamento das fôrmas sejam mantidos de acordo com o projeto durante as atividades de concretagem, por meio do uso de escoramentos, quando necessários.
- Iniciar o lançamento do concreto usinado conforme projeto, incluindo o adensamento, que tem como função retirar os vazios do concreto, diminuindo a porosidade e, conseqüentemente, aumentando a resistência do elemento estrutural.
- O concreto deve ser lançado e adensado de modo que toda armadura seja envolvida na massa de concreto.
- O lançamento do concreto deve ser contínuo até que todo o volume previsto de concretagem tenha sido completado.
- Após o lançamento do concreto, deve-se proceder com a etapa de acabamento superficial, de modo a obter uma superfície lisa de concreto.
- Posteriormente, deve-se proceder ao conjunto de medidas que tem como finalidade evitar a evaporação prematura da água necessária à hidratação do cimento. A realização da cura é fundamental para a garantia da resistência

desejada na estrutura, pois evita a ocorrência de fissuração plástica do concreto, uma vez que impede a perda precoce da umidade. Recomenda-se a cura por um período mínimo de 7 dias.

- A cura será realizada pela molhagem periódica das fôrmas.
- A desforma deve ser feita quando o concreto atingir a resistência prevista em projeto. O tempo para remoção deve ser de, no mínimo, 7 dias.
- As fôrmas devem ser removidas de maneira a não comprometer a segurança e desempenho em serviço da estrutura.

Ressalta-se ainda que todos os procedimentos executivos devem estar de acordo com o prescrito nas normas técnicas ABNT NBR 15696 e ABNT 14931.

7.6.6 Impermeabilização Superior

Os aterros sanitários devem ter um sistema de cobertura final destinado a minimizar infiltração de água para o interior do maciço, minimizar a erosão do solo de cobertura e controlar o transporte de gases oriundos do processo de decomposição dos resíduos.

Assim como o sistema de revestimento de fundo, o sistema de cobertura pode contemplar uma série de materiais naturais (solos) ou sintéticos (geossintéticos) a fim de garantir o cumprimento dos aspectos funcionais supramencionados (PITANGA, 2007).

Para o caso do Aterro Sanitário de Brasília – Etapas 3 e 4, o sistema previsto contempla uma camada de 0,60m de solo argiloso e coeficiente de permeabilidade (k) da ordem de $10^{-7}\text{cm/s} \leq k \leq 10^{-5}\text{cm/s}$. Sobre a camada de solo argiloso, deverá ser executada uma camada de solo orgânico com 0,20m de espessura e, por fim, deverá ser realizado a proteção vegetal.

Destaca-se que o sistema de cobertura final deverá ser realizado assim que finalizada uma célula de resíduos, evitando o acúmulo de ações importantes a serem executadas em um maciço, diminuindo riscos de estabilidade geotécnica e,

consequentemente, custos elevados e diversos a serem despendidos na manutenção e conclusão do aterro.

Os serviços de proteção vegetal dos taludes consistem no plantio de grama com a finalidade de proteger superficialmente as áreas expostas dos taludes (cortes, aterros encostas), proporcionando condições de resistência à erosão superficial e preservando, quando possível, as características da paisagem natural vizinha.

A proteção vegetal será constituída por grama (Esmeralda, São Carlos, Curitiba, Batatais ou equivalente). Recomenda-se a utilização do sistema de leivas, que consiste em placas de gramas já desenvolvidas e que são transportadas para plantio no local desejado.

Para o bom desenvolvimento vegetal há necessidade de se espalhar, sobre o talude a ser protegido, uma camada de solo de regularização/solo vegetal. Quando necessária, a utilização de adubos e corretivos só deverá ser feita por meio de fórmulas obtidas após a análise química do solo a ser protegido e da camada de solo de regularização utilizada. Pode ser utilizado o solo vegetal retirado na fase de limpeza do terreno, caso este tiver sido armazenado de maneira a preservar suas propriedades.

Deverão ser utilizadas leivas de porte baixo, de sistema radicular profundo e abundante, de preferência nativas ou adaptadas à região. Deverão ter dimensões uniformes, sendo extraídas por processo manual ou mecânico. O plantio deverá ser preferencialmente feito 2 (dois) meses antes do período de chuvas e ser seguido por irrigação.

Quando houver necessidade, a irrigação deverá ser feita com equipamento aspersor, não sendo admitidos métodos que possam comprometer a estabilidade dos maciços. A irrigação será processada à medida que as leivas forem implantadas.

No caso de não aceitação dos serviços, deverá ser providenciado o replantio.

A fixação da grama em leivas poderá ser realizada por meio de ripas de madeira ou bambu, grampos de ferro, estacas de madeira etc., após cobertura com uma camada de solo, devidamente compactada levemente com soquete de madeira ou de ferro.

7.7 PLANO DE MONITORAMENTO GEOTÉCNICO E AMBIENTAL

O aterro de resíduos pode ser considerado uma obra de terra, para a qual é necessário o controle sistemático da estabilidade da estrutura. Rupturas em aterros têm ocorrido com frequência em razão do projeto ou da operação inadequada, em parte em virtude do conhecimento insuficiente sobre o comportamento geotécnico de resíduos e os materiais de construção utilizados (BOSCOV, 2008).

Além disso, é essencial a contínua avaliação do impacto ambiental do aterro de resíduos no próprio local e nas regiões circunvizinhas.

Desta forma, os monitoramentos geotécnico e ambiental têm a função de fornecer informações para controle, estabilidade estrutural e impacto ambiental. É também útil para o avanço do conhecimento sobre o comportamento dos resíduos e dos materiais utilizados na construção dos diversos sistemas componentes do aterro.

A elaboração do plano de monitoramento tem por objetivo, também, atender a norma ABNT NBR 8419, a qual em seu item 5.1.7.5 dispõe a respeito do controle tecnológico a ser apresentado em projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos, incluindo no mínimo:

- I. Plano de monitoramento da qualidade de águas superficiais e subterrâneas;
- II. Plano de inspeção e manutenção dos sistemas de drenagem, impermeabilização, tratamento e outros;
- III. Avaliação do recalque com indicação de metodologia adotada entre outros.

Importante ressaltar que os monitoramentos geotécnico e ambiental devem ser realizados por profissionais habilitados, capazes de inspecionar todos os critérios exigidos nas normas aplicáveis, inclusive pelo órgão ambiental competente.

O monitoramento de um aterro de resíduos geralmente compreende: inspeção visual, avaliação dos deslocamentos verticais e horizontais, de pressões de percolados e de gases, da pluviometria, das vazões de percolado e análise química de amostras de lixiviado e águas coletadas nos poços de monitoramento.

O objetivo das inspeções rotineiras de manutenção é avaliar as condições de manutenção dos principais elementos de projeto, de modo que todos os sistemas componentes do empreendimento sejam avaliados periodicamente, por meio de um *check list*.

As inspeções rotineiras de manutenção no Aterro Sanitário devem ser realizadas de modo que todos os sistemas componentes do empreendimento possam ser avaliados periodicamente, por meio do *check list* apresentado no Quadro 7.

Sendo assim, eventuais anomalias e não conformidades devem ser registradas e corrigidas, com recomposição das características, conforme definidas em Projeto Executivo.

Convém destacar, por fim, que são previstas atividades relativas ao monitoramento geotécnico e ambiental antes, durante e após as atividades de operação do empreendimento.

Quadro 7: Modelo de *Check List* utilizado nas inspeções técnicas.

Componente e/ou estrutura do sistema	Possíveis Incidências	Frequência de Inspeção	Principais Riscos Associados	Possíveis Ações corretivas
Edificações	Conservação inadequada; rachaduras; falta de higiene.	Mensal	Segurança do trabalho e trabalhador	Manutenção predial e limpeza.
Balança	Mau funcionamento ou não funcionamento.	Diária	Ausência de controle de pesagem.	Manutenção periódica.
Vias de acesso	Acúmulo de águas pluviais.	Semanal	Erosão e Arraste de sedimentos.	Drenagem Superficial e Manutenção dos acessos.
Bermas e Taludes	Acúmulo de águas pluviais; Processos erosivos; Observação de trincas; Falta de manutenção da cobertura vegetal.	Semanal	Erosão; Arraste de sedimentos e Estabilidade Geotécnica.	Drenagem Superficial e Manutenção da Cobertura Vegetal.
Sistema de impermeabilização	Deteção de rasgos e furos; Instalação inadequada.	Mensal	Risco Ambiental.	Reparos locais e acompanhamento da instalação.
Sistema de drenagem interna e queima de Biogás	Afloramento de lixiviados; Drenos apagados; Tubulação danificada.	Diária	Drenagem interna e Estabilidade Geotécnica.	Substituição da tubulação e acendimento dos drenos.
Sistema de drenagem superficial	Assoreamento; Mudança de declividade; Trincas e Rupturas.	Semanal	Erosão e Arraste de Sedimentos.	Manutenção dos sistemas existentes.
Metodologia Operacional	Compactação inadequada; Ausência de drenos de célula.	Diária	Estabilidade Geotécnica e Drenagem interna.	Compactação adequada e instalação de drenos de célula.
Lagoa para contenção de percolados	Vazão e Vazamento de percolados.	Diária	Risco Ambiental.	Acionamento do sistema de bombeamento e Reparos locais.
Instrumentação de Controle (Marcos Superficiais e Piezômetros)	Instrumentos danificados; Ausência de instrumentação.	Semanal	Estabilidade Geotécnica.	Instalação, Recuperação ou substituição dos instrumentos.
Poços de Monitoramento de Águas Subterrâneas	Sistema de proteção danificado; Poço obstruído ou seco.	Mensal	Risco Ambiental.	Recuperação ou substituição dos instrumentos.
Sistema de Proteção dos Taludes	Erosões; Ausência de cobertura vegetal; Ausência de sistema de drenagem.	Mensal	Estabilidade Geotécnica; Erosão e Arraste de Sedimentos.	Replanteio e correções locais.
Cobertura Vegetal	Falta de manutenção; Ausência de cobertura vegetal.	Mensal	Erosão e Arraste de Sedimentos.	Replanteio e correções locais.

7.7.1 Monitoramento Geotécnico

O monitoramento geotécnico de um aterro sanitário tem como finalidade permitir ao responsável legal a tomada de ações que se fizerem necessárias para garantir a segurança do empreendimento e seu entorno.

Desta forma, os relatórios de monitoramento geotécnico têm como finalidade registrar que a estabilidade geotécnica do empreendimento vem sendo acompanhada e que medidas e ações necessárias para garantir essa estabilidade vêm sendo propostas e tomadas pelo empreendedor. Ressalta-se ainda que a responsabilidade por essas medidas e pela tomada de ações é exclusiva do empreendedor e devem ser executadas independentemente de quaisquer recomendações ou manifestações do órgão ambiental competente.

Os relatórios de avaliação da estabilidade geotécnica de aterros devem considerar os dados correspondentes ao monitoramento geotécnico realizado em campo, cuja análise deverá ser complementada pelos cálculos dos fatores de segurança para as seções críticas do maciço.

Os relatórios devem ainda compilar todos os resultados obtidos nas campanhas de monitoramento realizadas, *de preferência com frequência mensal ou na frequência estabelecida pelo órgão ambiental competente*, e apresentar uma avaliação criteriosa e detalhada do desenvolvimento de pressões neutras e deslocamentos ocorridas no período e, principalmente, a análise do cenário atual face ao histórico do comportamento geotécnico do maciço. Deve ainda discutir os resultados obtidos e propor intervenções e ações que venham a melhorar as estruturas do aterro e garantir sua integridade.

Destaca-se ainda que os relatórios de monitoramento devem apresentar a ART do responsável pela sua elaboração e devem ser utilizados pelo responsável pela operação do aterro para a execução das intervenções necessárias e permanecer disponíveis para consulta no próprio empreendimento.

Desta forma, o monitoramento do comportamento geotécnico de um maciço de resíduos sólidos é efetuado por meio, principalmente, das seguintes atividades:

- A avaliação da geometria de disposição dos resíduos por meio de levantamento topográfico e, também, por meio de ensaios para avaliação de peso específico *in situ*;
- Avaliação da leitura dos instrumentos instalados, compostos por:
 - Marcos superficiais – medidas dos deslocamentos horizontais e verticais; e
 - Piezômetros – medidas de pressões neutras de líquido percolado e de gás (profundidade da linha piezométrica do aterro);

A aferição das coordenadas e cotas dos marcos superficiais dar-se-á por topografia convencional ou outra técnica disponível, desde que comprovada a viabilidade técnica.

- Medidas das vazões de lixiviados, associadas à pluviometria local;
- Inspeções técnicas de campo;
- Histórico da disposição, com características dos resíduos dispostos e geometrias de projeto; e
- Avaliação das condições operacionais, com observação dos fatores influentes.

Ressalta-se que para este Projeto está prevista a instalação de 114 (cento e catorze) marcos superficiais e 11 (onze) piezômetros do tipo câmara simples, incluindo sistema de sinalização e proteção dos mesmos, conforme Folha 37 do Caderno 2.

Destaca-se ainda que a sinalização prevista deverá ser instalada imediatamente após a instalação do instrumento.

A seguir, será descrito o conteúdo a ser contemplado no relatório de monitoramento a ser utilizado pelo responsável pela operação do empreendimento.

Importante ressaltar que o monitoramento geotécnico deve ser realizado por empresa especializada na prestação de serviços técnicos de monitoramento de Aterros Sanitários e que possuam em seu quadro técnico profissionais habilitados pelo seu respectivo conselho de classe e com experiência técnica comprovada, capazes de atender a todos os critérios exigidos nas normas aplicáveis, inclusive pelo órgão ambiental competente.

7.7.1.1 Avaliação da Geometria de Disposição dos Resíduos

Recomenda-se a apresentação numa única prancha sobre base planialtimétrica atualizada, do “*as built*” do empreendimento contendo a conformação geométrica do maciço e a localização georreferenciada dos instrumentos de monitoramento geotécnico (marcos superficiais e piezômetros).

A base planialtimétrica atualizada permite avaliar se a geometria proposta no projeto executivo está sendo executada corretamente.

7.7.1.2 Avaliação da Leitura dos Instrumentos Instalados

A seguir apresenta-se uma descrição dos respectivos instrumentos utilizados para o monitoramento geotécnico.

Marcos superficiais

Marcos superficiais são instrumentos incorporados ao aterro, superficialmente, que têm como função servir como orientadores dos deslocamentos aos quais o aterro está sujeito. São constituídos de uma base de concreto e de um pino de referência para as medições topográficas, além de receberem uma placa de identificação para um melhor acompanhamento e registro da movimentação deste local.

Na execução destes instrumentos é realizada uma escavação de, aproximadamente, 0,50m de profundidade, onde é executada a base de concreto do instrumento, sendo que nesta base é fixado um pino metálico, que servirá como elemento de orientação das medições topográficas. Este procedimento garante que o instrumento esteja solidarizado ao aterro.

São distribuídos de forma a caracterizar linhas de estudo, com direções de deslocamento esperadas, para possibilitar um monitoramento da evolução da movimentação do aterro e, portanto, nortear as ações preventivas que se façam necessárias para se manter o controle do maciço. Para efetuar este monitoramento são implantados, fora da área do aterro, marcos fixos, irremovíveis, de referência de nível e de posição relativa. Baseado nestes, são observados por levantamento topográfico, os deslocamentos verticais e horizontais de marcos superficiais no aterro durante a fase de operação.

Com base nas leituras de coordenadas e cotas dos marcos superficiais são calculados os deslocamentos horizontais e verticais de cada um deles, bem como as respectivas velocidades, de forma a avaliar a situação atual de estabilidade e de definição dos níveis de decisão das ações preventivas, no caso destas serem necessárias.

A Figura 7 apresenta um exemplo de marco superficial.

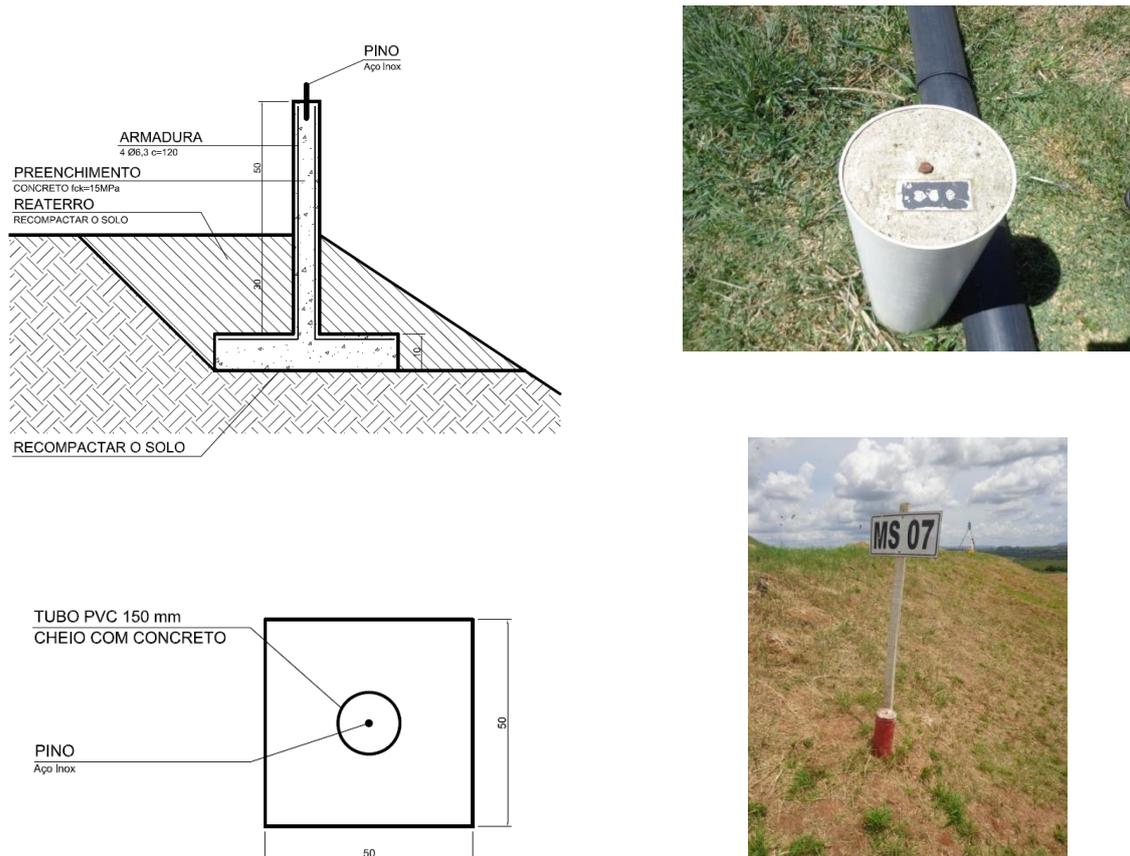


Figura 7: Exemplo de Marco Superficial.

Piezômetros

Para garantia de estabilidade de um Aterro é de fundamental importância que não existam pressões neutra de grande magnitude, pois elas diminuem as tensões efetivas e favorecem os mecanismos de escorregamento. Portanto, é indispensável que as condições de pressão sejam monitoradas no interior da massa de resíduos depositados. Com um monitoramento constante pode-se perceber com razoável antecedência qualquer acréscimo de pressão neutra e agir, preventivamente, no

sentido de diminuir tal pressão. Para que se possa obter uma análise mais detalhada e real possível, estes piezômetros devem ser instalados de forma a caracterizar linhas de estudo, associando-se estas as linhas formadas pelos marcos superficiais, fazendo com que, em conjunto, estas linhas possibilitem uma visão global sobre a movimentação do maciço e suas possíveis causas.

A instalação do piezômetro deve ser feita perfurando-se a camada de resíduos até a profundidade especificada em planta, no diâmetro de 12”, sendo instalados no interior da perfuração dois tubos de PVC, especificados conforme ABNT NBR 13604 (1996), sendo um externo e outro interno, ambos centrados no eixo da perfuração, possuindo respectivamente, 3” e 1 ½” de diâmetro. O tubo de PVC externo deve ser do tipo ranhurado (protegido com malha de nylon). O espaço compreendido entre o tubo externo de PVC e os resíduos deve ser preenchido por pedrisco, areia grossa, areia fina e bentonita. Para a proteção do mesmo deve ser executada uma caixa de concreto ao redor deste instrumento.

O piezômetro sifonado de câmara simples ou dupla possibilita, devido ao seu modelo construtivo, obter a leitura do gás acoplando um manômetro no bocal do registro.

Desta forma, recomenda-se manômetro de medição de leitura com escala máxima de pressão de 2,0 kgf/cm². Após a abertura do registro e alívio de toda pressão de gás, é possível se obter a leitura do nível do chorume sem a influência da pressão de gás, no ponto específico.

O funcionamento do piezômetro sifonado de câmara simples ou dupla, se dá conforme descrito abaixo:

- O gás e o chorume penetram no instrumento através do trecho ranhurado do tubo externo de 3”;
- O chorume tende a penetrar no tubo de 1 ½” e estabilizar-se (teoria dos vasos comunicantes). O gás tende a preencher todo instrumento.
- Procedimento de leitura:
 - Abrir o registro do Piezômetro até todo o gás ser expelido;

-
- Obter a medida do nível de lixiviado, com um medidor elétrico de nível, sem a interferência das subpressões existentes no interior do maciço do aterro;
 - Fechar o registro;
 - Acoplar um manômetro no registro do piezômetro; o registro então é aberto, obtendo-se a leitura de pressão de gás.

A Figura 8 apresenta um modelo de piezômetro sifonado.

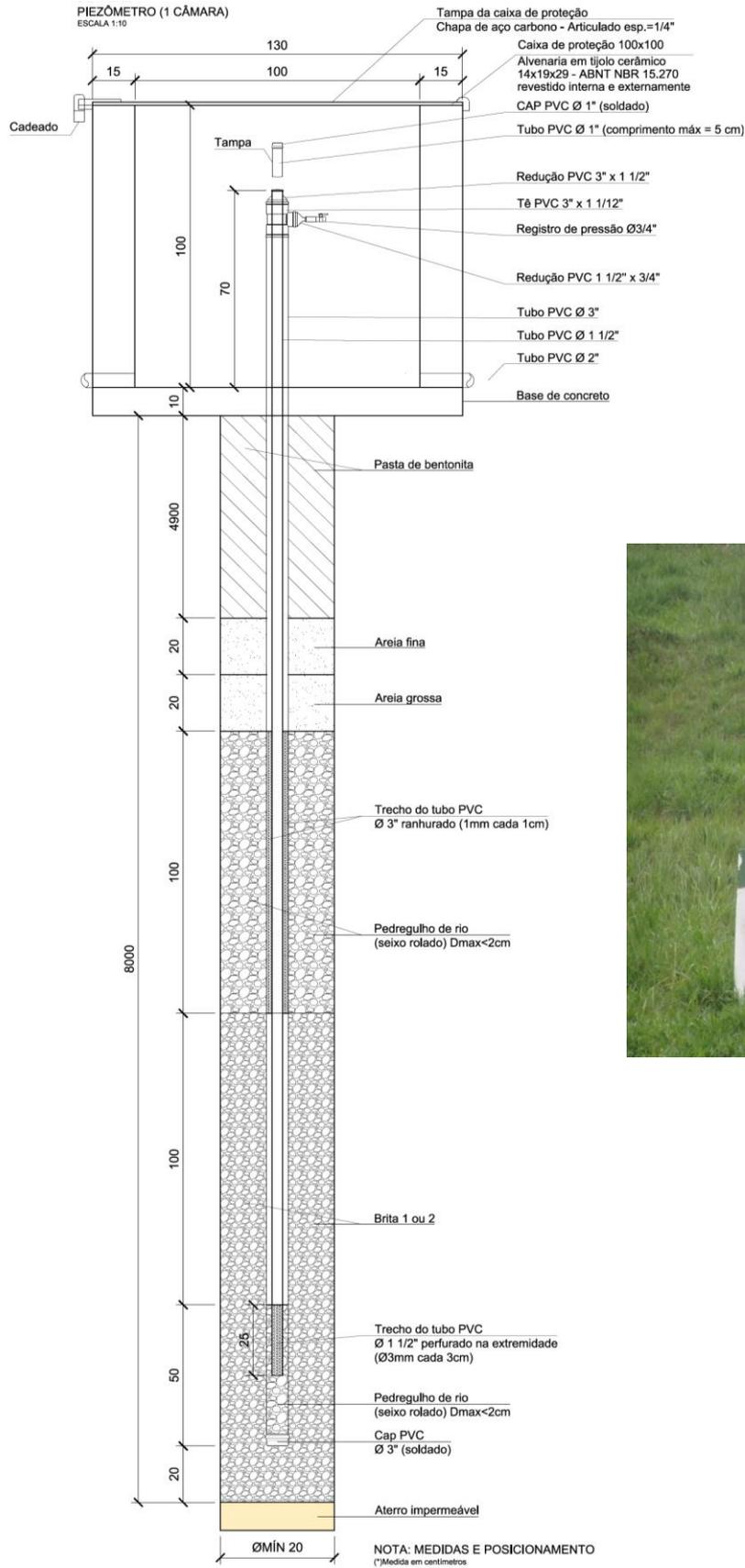


Figura 8: Exemplo de Piezômetro do tipo sifonado.

7.7.1.3 Análise das Deformações dos Marcos Superficiais nos Planos Vertical e Horizontal

O cálculo dos deslocamentos horizontais dos marcos superficiais é feito com base na direção e sentido de deslocamento que evidencie uma possível situação de instabilidade do Aterro. Esta direção e sentido são caracterizados pelo ângulo formado entre a coordenada Norte, locada em planta, e a perpendicular à reta tangente ao talude no ponto onde se encontra o marco superficial em estudo. A partir destes valores é feito o cálculo, por diferença, do deslocamento parcial. A velocidade de deslocamento horizontal é calculada como sendo a razão entre o deslocamento horizontal parcial e o número de dias transcorridos entre os valores em questão.

O cálculo do deslocamento vertical (recalque) acumulado é feito tomando-se a diferença entre os valores de leitura de cota do dia em análise e o valor caracterizado na instalação do marco superficial. Os cálculos dos recalques parciais e velocidades de deslocamento vertical seguem o mesmo critério apresentado no cálculo dos deslocamentos horizontais parciais e velocidades de deslocamento horizontal, respectivamente.

As mesmas considerações apresentadas para o cálculo de deslocamentos verticais servem para o cálculo dos recalques observados por meio, também, dos marcos superficiais.

O procedimento geral de análise das leituras topográficas dos marcos superficiais consiste basicamente na determinação de:

- Deslocamentos verticais (acumulados, parciais, velocidades);
- Deslocamentos horizontais (acumulados, parciais, velocidades);
- Avaliação da tendência da condição de estabilidade do talude em função da direção resultante dos vetores de deslocamento vertical x deslocamento horizontal.

O deslocamento horizontal apresentado no relatório de monitoramento geotécnico representa a distância horizontal entre as posições atual e imediatamente anterior de um determinado marco superficial. A velocidade de deslocamento horizontal é

calculada como sendo a razão entre esse deslocamento parcial e o número de dias transcorridos entre as leituras dos valores em questão.

O cálculo do deslocamento vertical (recalque) acumulado é feito tomando-se a diferença entre os valores de leitura de cota do dia em análise e o valor caracterizado na instalação do marco superficial. Os cálculos dos recalques parciais e velocidades de deslocamento vertical seguem o mesmo critério apresentado no cálculo dos deslocamentos horizontais parciais e velocidades de deslocamento horizontal, respectivamente.

O ângulo apresentado na Figura 9 é um indicativo do comportamento do marco em termos de movimentação tridimensional. Estima-se que se o ângulo de deslocamento for inferior ou igual a 45° , (deslocamento vertical maior que o deslocamento horizontal), a movimentação resultante deste marco tende a deslocamentos aceitáveis em termos de estabilidade do aterro sanitário (Figura 10). Caso este ângulo seja superior a 45° , a movimentação resultante tende a uma condição instável do maciço, com o surgimento de trincas de tração (Figura 11).

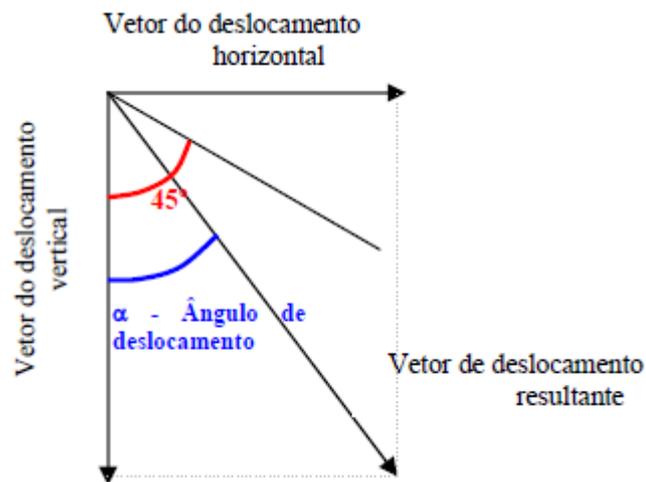


Figura 9: Apresentação do ângulo de deslocamento.

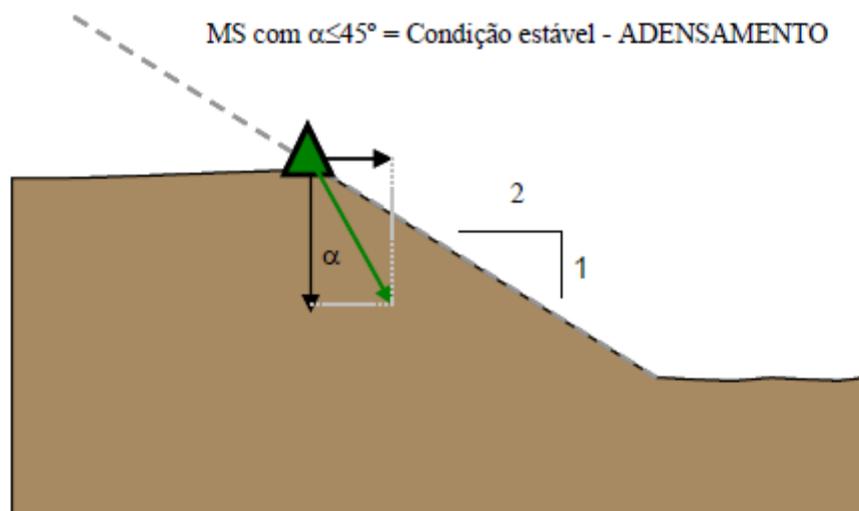


Figura 10: Esquema da condição estável da direção resultante.

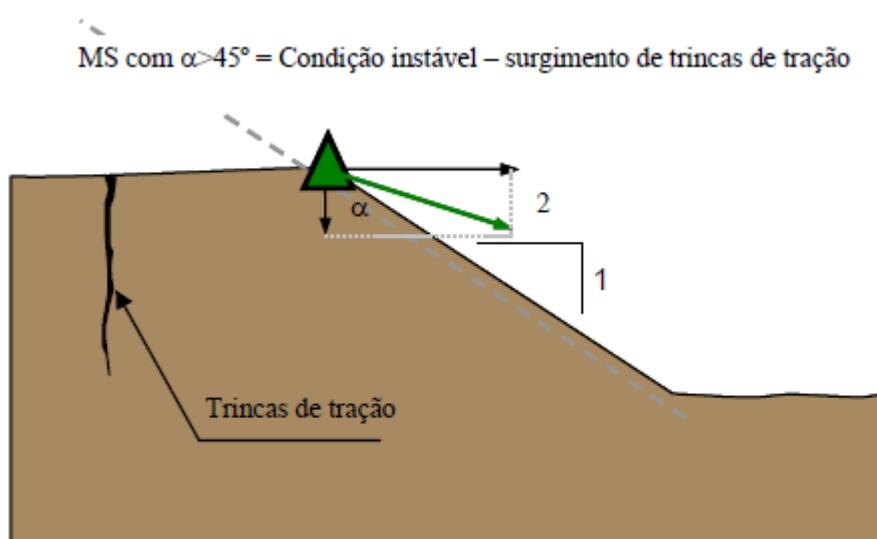


Figura 11: Esquema da condição instável da direção resultante.

O Quadro 8 apresenta o critério utilizado para avaliação das condições de estabilidade do aterro em função das velocidades de deslocamento horizontal apresentadas pelos marcos superficiais. As velocidades de deslocamento vertical também são classificadas de acordo com as faixas de velocidade apresentadas no Quadro 8, porém, a interpretação dos seus valores depende da análise conjunta com as velocidades de deslocamento horizontal no respectivo marco superficial.

Quadro 8: Critérios de avaliação da velocidade de deslocamento.

Velocidade de Deslocamento (cm/dia)	Periodicidade das Leituras Recomendadas	Níveis de Decisão e Ações Preventivas
$V \leq 2,5$	Semanal	Nível aceitável.
$2,5 < V \leq 10$	2 Dias	Intervenções localizadas.
$10 < V \leq 35$	Diária	Paralisação das operações no aterro e intervenção localizada (drenagens).
$V > 35$	Diária	Definição de estado de alerta, paralisação das operações, acionamento da defesa civil para remoção da população existente nas áreas à jusante.

Notadamente, tais critérios de avaliação foram determinados em um período crítico para os maciços (estações chuvosas) e se aplicam através de uma análise conjunta do comportamento dos Marcos Superficiais em uma determinada seção do aterro. Deverão ser registradas as ocorrências de tráfego de veículos, equipamentos médios e pesados, ou qualquer outra ação externa, temporária ou permanente, capaz de provocar acréscimos de tensão nas proximidades dos marcos superficiais.

Ressalta-se ainda que o relatório de monitoramento geotécnico deve, sempre que possível, apresentar um histórico dos deslocamentos acumulados por seção, de pelo menos um ano, de modo a permitir a verificação de possíveis tendências nos deslocamentos observados.

7.7.1.4 Análise das Pressões Internas

Os níveis piezométricos (pressão neutra) permitem executar as seguintes avaliações:

- Avaliação da drenagem subterrânea;
- Avaliação do Fator de Segurança.

Os instrumentos de monitoramento locados nas camadas de resíduos fornecem medidas de sobrepressões neutras relevantes tanto ao acompanhamento dos recalques como para avaliação do desempenho do sistema de drenagem de percolados.

Possíveis variações nas condições operacionais do sistema de drenagem de percolados, ou aumento da recarga do aterro devido à pluviometria, podem resultar em elevação do nível piezométrico, o que afetaria o adensamento dos resíduos.

A diferença de potencial entre as câmaras dos piezômetros multiníveis pode ser plotada nos mesmos gráficos de pressão neutra dos respectivos poços, visando detectar a formação de bolsões de chorume e gás, subsidiando as devidas medidas mitigadoras.

Da mesma maneira que ocorre para os marcos superficiais, o empreendedor deve utilizar um critério de ações a serem adotadas em função dos valores de pressões neutras aferidos nos piezômetros, o que permite a tomada de decisões imediatas quanto a eventuais intervenções necessárias no maciço de modo a garantir a segurança.

Desta forma, os relatórios de monitoramento geotécnico devem, sempre que possível, apresentar um histórico das leituras dos piezômetros instalados no aterro, de pelo menos um ano de observação. Estes gráficos devem conter as leituras do nível de percolados e de gases obtidas nas campanhas.

A utilização de dados secundários pode ser útil no auxílio da interpretação de níveis de saturação de um maciço de resíduos. Por isso, deverá ser apresentado em função do tempo em um mesmo gráfico os níveis de líquidos percolados aferidos, as variações pluviométricas e os volumes de líquidos percolados identificados na saída do sistema de drenagem (Figura 12).

As leituras das vazões de percolados deverão ser aferidas diariamente, de preferência sempre no mesmo horário.

Para este projeto é prevista a instalação de 1 (uma) nova Calha com sistema automatizado de medição, com capacidade mínima correspondente a vazão de lixiviados prevista no **item 9.1**. A locação da nova Calha é apresentada na Folha 37 (Volume 2).



Figura 12: Leitura do volume de líquidos percolados do sistema de drenagem de um aterro sanitário.

7.7.1.5 Análise de Estabilidade (Fator de Segurança)

O estudo de estabilidade dos taludes é feito a partir da avaliação do Fator de Segurança, que visa caracterizar o risco de ruptura instantânea por meio do conceito de equilíbrio limite, quando as tensões atuantes se igualam à resistência do solo. Esta avaliação é de suma importância para avaliar a estabilidade de aterros sanitários, de modo a impedir a ruptura dos mesmos.

O fator de segurança (FS) é o valor numérico da relação estabelecida entre a resistência ao cisalhamento do solo e a resistência ao cisalhamento mobilizado para garantir o equilíbrio do corpo deslizante, sob o efeito dos esforços atuantes.

Os fatores de segurança admitidos nos relatórios de monitoramento geotécnico são definidos com base na ABNT NBR 11682, segundo a qual o fator de segurança (FS) mínimo recomendado para situação definitiva é de 1,4, para médio a alto grau de segurança necessário ao local.

7.7.1.6 Monitoramento Pluviométrico

Complementarmente, há ainda a necessidade de se monitorar a pluviometria, diariamente, devido a sua fundamental importância para a análise do comportamento geotécnico e ambiental do aterro.

Devido ao acréscimo da precipitação, observa-se um incremento na geração de lixiviado e, conseqüentemente, uma elevação no nível da linha piezométrica, reduzindo assim a estabilidade dos taludes.

Além disso, as concentrações dos poluentes no lixiviado gerado são inversamente proporcionais ao índice de precipitação, sendo desta forma de suma importância o monitoramento pluviométrico na avaliação da quantidade de lixiviado gerado e no grau de tratamento necessário para se atingir padrões aceitáveis para o descarte do efluente. Com base no histórico de precipitação e geração de lixiviado, pode-se determinar o momento adequado para se investir no tratamento de efluentes no próprio aterro, haja vista o grande volume de material a ser contido e recirculado, inviabilizando a alternativa em princípio adotada para pequenas quantidades de lixiviado.

Pluviômetro

O pluviômetro é um equipamento simples, composto de um reservatório graduado, utilizado para medir a quantidade de chuva precipitada. Este equipamento deve ser instalado em área descampada, livre de quaisquer influências na captação por meio de arbustos, plantas, árvores ou edificações.

As leituras pluviométricas devem ser executadas diariamente, no mesmo horário, de preferência nas primeiras horas do dia, de modo a minimizar os efeitos da evaporação sobre a superfície livre das águas acumuladas no dia anterior.

A Figura 13 apresenta a leitura de um pluviômetro em aterro sanitário.



Figura 13: Leitura de pluviômetro em aterro sanitário.

7.7.1.7 Inspeções Visuais

As inspeções visuais do aterro devem ser realizadas diariamente, de modo que possam ser visualmente percebidos comportamentos localizados diferenciados/anômalos, tais como fissuras na camada de cobertura, inversões de caimento/declividade nos sistemas de drenagem, danos aos elementos de drenagem superficial, entre outros.

Tais visitas devem ser realizadas por profissionais habilitados, que inspecionam bermas, acessos, elementos de drenagem e instrumentos de leitura, de modo a observar sinais de comportamentos anômalos, tais como:

- Movimentação do talude que se manifesta por meio da abertura de fissuras e trincas na cobertura das células, pavimentos, canaletas e guias, ocorrência de empocamentos etc.;
- Ocorrência de erosões na camada de cobertura das células que possam expor os resíduos;
- Comprometimento da integridade dos dispositivos de drenagem de lixiviados e de gases;
- Existência de lixiviados nos taludes ou no sistema de drenagem superficial.

Caso tais constatações sejam observadas, estas deverão ser registradas, fotografadas e devidamente analisadas para que sejam tomadas medidas de intervenção adequadas, ou para que sejam instalados instrumentos de medição para monitoramentos específicos.

7.7.1.8 Medidas Tomadas e Conclusão quanto à Estabilidade

Os relatórios de monitoramento geotécnico também devem apresentar uma conclusão quanto à estabilidade geotécnica do período, bem como devem ser elencadas eventuais intervenções necessárias para garantir a segurança das pessoas, do empreendimento e seu entorno.

7.7.2 Monitoramento Ambiental

O monitoramento ambiental visa detectar possíveis contaminações dos solos, das águas subterrâneas e superficiais relacionadas ao Aterro Sanitário, bem como informações que permitam avaliar as condições de uma eventual pluma de contaminação nas águas subterrâneas e solo.

O monitoramento das águas subterrâneas deve ser realizado por meio de poços a serem instalados no entorno do empreendimento (mínimo de 4 (quatro) poços, sendo 1 (um) localizado a montante e 3 (três) a jusante do empreendimento), com o objetivo de acusar a influência de uma determinada fonte de poluição na qualidade dessas águas (ABNT NBR 13896). Atualmente, o Aterro Sanitário de Brasília possui 7 (sete) poços de monitoramento de águas subterrâneas instalados e, portanto, para este Projeto não será prevista instalação de novos instrumentos.

O Aterro Sanitário de Brasília, por se tratar de um empreendimento já consolidado, conta com a rotina de monitoramento ambiental da área.

Sendo assim, o monitoramento ambiental local é constituído por:

- Coleta e Análise mensal de águas subterrâneas – 7 (sete) poços de monitoramento;
- Coleta e Análise mensal de águas superficiais – 3 (três) amostras;

- Coleta e análise mensal dos líquidos percolados gerados no aterro – 3 (três) amostras;
- Elaboração de Relatórios Semestrais, conforme estabelecido em Licença de Operação.

Todos os procedimentos de coleta e análise de amostras de água, bem como a instalação de novos poços de monitoramento (caso necessária), devem atender ao disponibilizado nas normas de referência e nas legislações pertinentes.

As amostragens de água subterrânea devem ser realizadas utilizando-se a metodologia de amostragem em baixa vazão (Low Flow), conforme o recomendado na ABNT NBR 15.847 “Amostragem de água subterrânea em poços de monitoramento – Métodos de purga” (ABNT, 2010).

Os dados obtidos no monitoramento ambiental devem ser integrados e analisados, de modo a gerar relatórios, os quais deverão ser encaminhados ao órgão ambiental competente em periodicidade pré-definida.

7.7.2.1 Monitoramento dos Gases

Tendo em vista o atendimento ao artigo 62, inciso III, da Resolução ADASA nº 18/2018 bem como o atendimento a respectiva Licença de Operação, informa-se que o Aterro Sanitário de Brasília já conta com monitoramento específico dos gases gerados, o qual compreende:

- Monitoramento semanal da emissão de gases combustíveis por meio de inspeções realizadas com o explosímetro em toda a área do aterro, com elaboração de relatórios semestrais; e
- Monitoramento com frequência trimestral dos gases gerados no aterro para a análise dos seguintes parâmetros físico-químicos: metano, dióxido de carbono, gás sulfídrico, ácidos voláteis e monóxido de carbono, com elaboração de relatórios semestrais.

As respectivas atividades serão mantidas para as Etapas 3 e 4 do Aterro Sanitário de Brasília.

7.7.2.2 Caracterização Gravimétrica dos Rejeitos

A composição gravimétrica de um rejeito é a porcentagem em peso (massa) de seus componentes e é um dos principais parâmetros de caracterização dos resíduos sólidos em geral.

O procedimento executivo das análises é baseado nas recomendações técnicas descritas no livro “Lixo Municipal – Manual de Gerenciamento Integrado” (IPT – CEMPRE, 2000) e na norma técnica ABNT NBR 10007.

Cumprir informar que o Aterro Sanitário de Brasília já conta a caracterização gravimétrica periódica dos rejeitos dispostos, sendo que as respectivas atividades serão mantidas para as Etapas 3 e 4 do Aterro Sanitário de Brasília, com frequência mensal.

As atividades de caracterização gravimétrica devem analisar, mensalmente, e diferenciando os períodos chuvoso (outubro a abril) e seco (maio a setembro), compreendem a análise mensal, os rejeitos oriundos de (art. 45, Resolução nº 18/2018 – ADASA):

- i. Estações de Transbordo;
- ii. Usinas de Compostagem;
- iii. Centrais de Triagem; e
- iv. Diretamente da Coleta, por rota ou região.

8 ANÁLISE DE ESTABILIDADE DOS TALUDES

8.1 METODOLOGIA DE TRABALHO

Para melhor entendimento dos estudos realizados, apresenta-se a seguir, de maneira detalhada, definições e metodologias utilizadas nas avaliações de estabilidade geotécnica dos maciços do Aterro Sanitário de Brasília – Etapas 3 e 4.

8.2 FATOR DE SEGURANÇA (FS)

Por fator de segurança (FS) entende-se o valor numérico da relação estabelecida entre a resistência ao cisalhamento disponível do solo e a resistência ao cisalhamento mobilizado para garantir o equilíbrio do corpo deslizante, sob o efeito dos esforços atuantes.

Um valor de FS > 1 implica em estabilidade do maciço, ou seja, os esforços atuantes são menores do que os esforços resistentes.

A ABNT NBR 11682 admite fatores de segurança conforme apresentados nas Figuras 14 a 16.

Para o caso das análises de estabilidade geotécnica do Aterro Sanitário de Brasília será utilizado um Fator de Segurança Mínimo igual a 1,4, considerando médio a alto nível de segurança necessário ao local.

Nível de segurança contra danos materiais e ambientais \ Nível de segurança contra danos a vidas humanas	Alto	Médio	Baixo
	Alto	1,5	1,5
Médio	1,5	1,4	1,3
Baixo	1,4	1,3	1,2

NOTA 1 No caso de grande variabilidade dos resultados dos ensaios geotécnicos, os fatores de segurança da tabela acima devem ser majorados em 10 %. Alternativamente, pode ser usado o enfoque semiprobabilístico indicado no Anexo D.

NOTA 2 No caso de estabilidade de lascas/blocos rochosos, podem ser utilizados fatores de segurança parciais, incidindo sobre os parâmetros γ , ϕ , c , em função das incertezas sobre estes parâmetros. O método de cálculo deve ainda considerar um fator de segurança mínimo de 1,1. Este caso deve ser justificado pelo engenheiro civil geotécnico.

NOTA 3 Esta tabela não se aplica aos casos de rastejo, voçorocas, ravinas e queda ou rolamento de blocos.

Figura 14: Fatores de segurança mínimos para deslizamentos

Fonte: ABNT NBR 11682.

Nível de segurança	Critérios
Alto	Áreas com intensa movimentação e permanência de pessoas, como edificações públicas, residenciais ou industriais, estádios, praças e demais locais, urbanos ou não, com possibilidade de elevada concentração de pessoas Ferrovias e rodovias de tráfego intenso
Médio	Áreas e edificações com movimentação e permanência restrita de pessoas Ferrovias e rodovias de tráfego moderado
Baixo	Áreas e edificações com movimentação e permanência eventual de pessoas Ferrovias e rodovias de tráfego reduzido

Figura 15: Nível de segurança desejado contra a perda de vidas humanas

Fonte: ABNT NBR 11682.

Nível de segurança	Critérios
Alto	Danos materiais: Locais próximos a propriedades de alto valor histórico, social ou patrimonial, obras de grande porte e áreas que afetem serviços essenciais Danos ambientais: Locais sujeitos a acidentes ambientais graves, tais como nas proximidades de oleodutos, barragens de rejeito e fábricas de produtos tóxicos
Médio	Danos materiais: Locais próximos a propriedades de valor moderado Danos ambientais: Locais sujeitos a acidentes ambientais moderados
Baixo	Danos materiais: Locais próximos a propriedades de valor reduzido Danos ambientais: Locais sujeitos a acidentes ambientais reduzidos

Figura 16: Nível de segurança desejado contra danos materiais e ambientais

Fonte: ABNT NBR 11682.

8.3 MÉTODO DE ESTABILIDADE

As análises de estabilidade, na sua maioria, são desenvolvidas segundo a abordagem do equilíbrio limite.

O equilíbrio limite é uma ferramenta empregada pela teoria da plasticidade para análises do equilíbrio dos corpos, em que se admite como hipótese:

- Existência de uma linha de escorregamento de forma conhecida: plana, circular, espiral-log ou mista, que delimita, acima dela, a porção instável do maciço. Esta massa de solo instável, sob a ação da gravidade, movimenta-se como um corpo rígido;
- Respeito a um critério de resistência, normalmente utiliza-se o de Mohr-Coulomb, ao longo da linha de escorregamento.

As equações da Mecânica dos Sólidos são utilizadas para a verificação do equilíbrio da porção de solo situada acima desta superfície de deslizamento.

As forças participantes são: as causadoras do deslizamento e as resistivas.

De uma forma geral, as análises de estabilidade são desenvolvidas no plano, considerando-se uma seção típica do maciço situada entre dois planos verticais e paralelos de espessura unitária.

8.3.1 Bishop Simplificado

Normalmente os taludes apresentam-se compostos de vários solos com características diferentes. A determinação dos esforços atuantes sobre a superfície de ruptura torna-se complexa e, para superar essa dificuldade utiliza-se o expediente de dividir o corpo potencialmente deslizante em lamelas (fatias). Assim, pode-se determinar o esforço normal sobre a superfície de ruptura, partindo da hipótese que esse esforço vem determinado basicamente pelo peso do solo situado acima daquela superfície.

A superfície de ruptura pode ter uma forma qualquer ou, para o caso dos métodos de Fellenius e de Bishop, a superfície de ruptura é assumida como circular. As Figuras 17 a 19 apresentam uma representação esquemática do método.

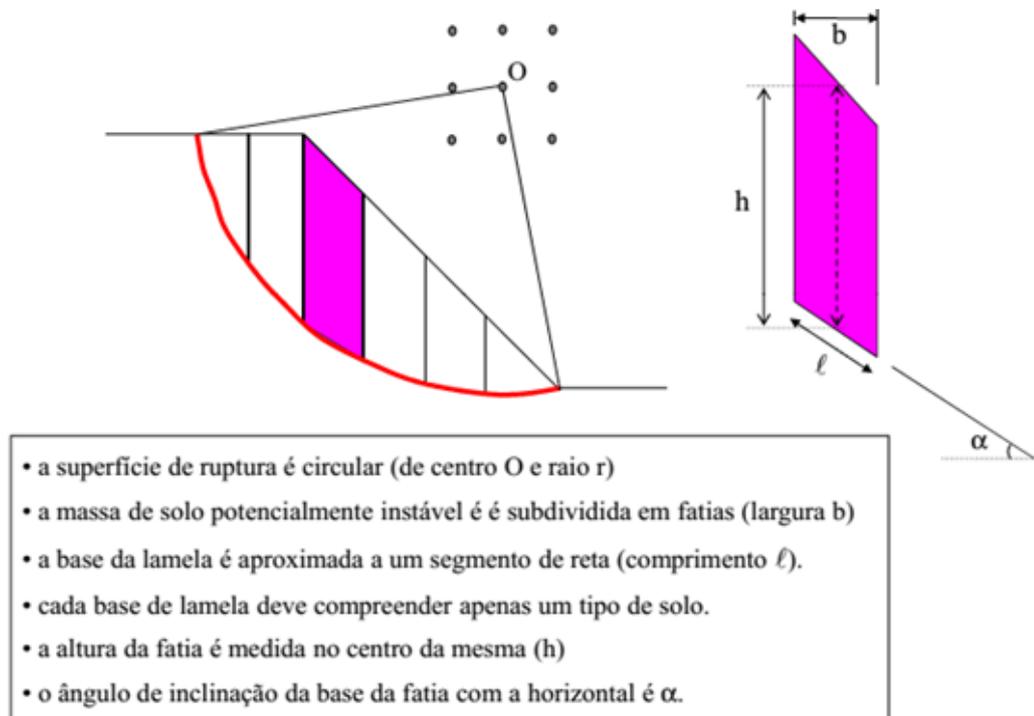


Figura 17: Método das lamelas para superfície circular.

Fonte: GOMES (2019).

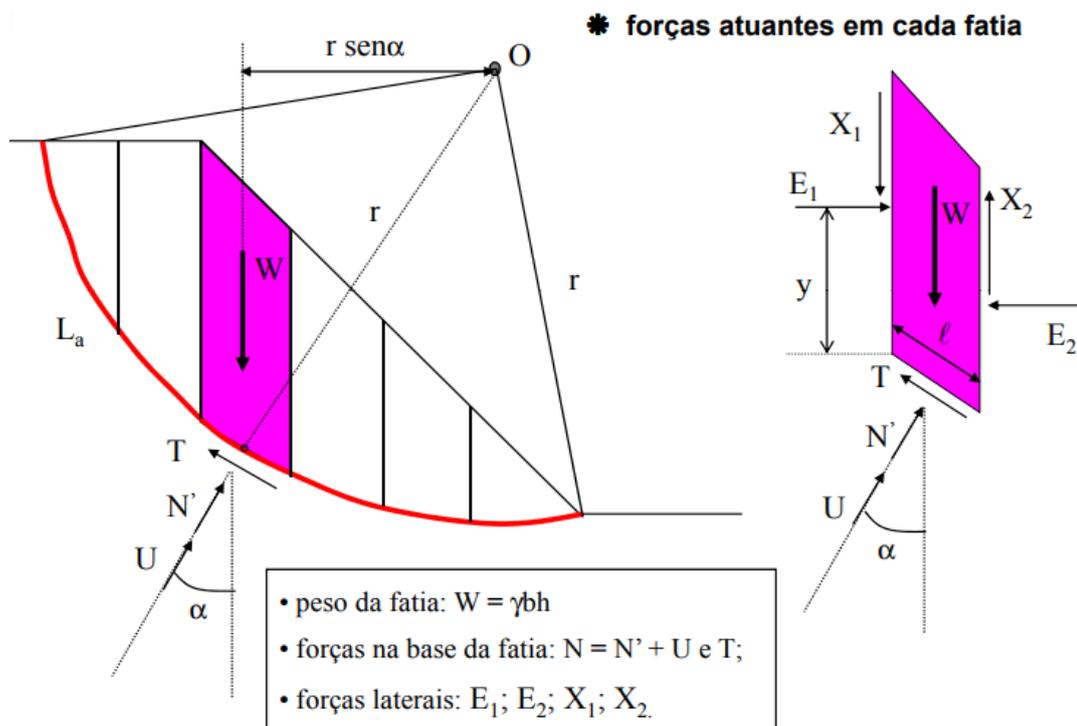


Figura 18: Método das lamelas para superfície circular – Forças atuantes.

Fonte: GOMES (2019).

✱ **Equilíbrio de momentos:** $\sum (T_r - W_r \text{sen} \alpha) = 0 \quad \therefore \sum T = \sum W \text{sen} \alpha$
 (as forças E e X não geram momentos: movimento de corpo rígido)

✱ **Fator de Segurança (expressão geral):** $FS = \frac{\tau}{\tau_m} = \frac{c' + \sigma' \text{tg} \phi'}{\tau_m}$ e $\tau_m = \frac{T}{\ell}$

$$\therefore FS = \frac{\tau}{T/\ell} = \frac{c' \ell + \sigma' \ell \text{tg} \phi'}{T} \Rightarrow \boxed{T = \frac{c' \ell + N' \text{tg} \phi'}{FS}}$$

ou $\sum \left[\frac{c' \ell + N' \text{tg} \phi'}{FS} \right] = \sum W \text{sen} \alpha \quad \therefore \frac{1}{FS} [c' L_a + \text{tg} \phi' \sum N'] = \sum W \text{sen} \alpha$

$$\therefore FS = \frac{c' L_a + \text{tg} \phi' \cdot \sum N'}{\sum W \text{sen} \alpha}$$

FS depende da formulação adotada para o cálculo das forças N' para as n fatias do talude (diferentes métodos das fatias)

Figura 19: Método das lamelas para superfície circular – Fator de segurança.

Fonte: GOMES (2019).

Para o caso do método de Bishop simplificado, a ser utilizado nas análises de estabilidade do Aterro Sanitário de Brasília – Etapas 3 e 4, a resultante das forças laterais entre as lamelas tem direção horizontal e, portanto, o cálculo do Fator de Segurança é realizado por um processo iterativo, por meio do equacionamento apresentado na Figura 20.

✱ **Método de Bishop Simplificado:** a resultante das forças laterais entre as fatias tem direção horizontal.

$$\sum X = 0$$

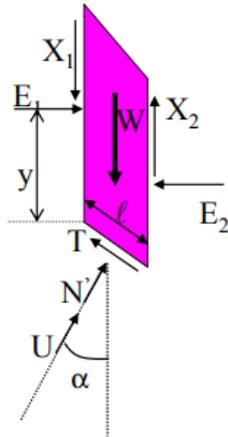
Tomando-se o equilíbrio das forças na direção vertical, tem-se que:

$$W - N' \cos \alpha - U \cos \alpha - T \sin \alpha = 0 \quad \therefore \quad W = N' \cos \alpha + u \ell \cos \alpha + \frac{c' \ell}{FS} \sin \alpha + \frac{N' \operatorname{tg} \phi'}{FS} \sin \alpha$$

$$\therefore \quad N' \left(\cos \alpha + \frac{\operatorname{tg} \phi'}{FS} \sin \alpha \right) = W - u \ell \cos \alpha - \frac{c' \ell}{FS} \sin \alpha$$

$$\text{sendo } M_\alpha = \cos \alpha + \frac{\operatorname{tg} \phi'}{FS} \sin \alpha = \left(1 + \frac{\operatorname{tg} \alpha \operatorname{tg} \phi'}{FS} \right) \cos \alpha$$

$$\text{tem-se: } N' = \frac{W - u \ell \cos \alpha - \frac{c' \ell}{FS} \sin \alpha}{M_\alpha}$$



Levando-se o valor de N' na expressão geral de FS, resulta que:

$$FS = \frac{1}{\sum W \sin \alpha} \sum \left\{ \left[c' b + (W - ub) \operatorname{tg} \phi' \right] \frac{1}{M_\alpha} \right\}$$

Figura 20: Cálculo do Fator de segurança para o método de Bishop Simplificado.

Fonte: GOMES (2019).

8.4 CÁLCULO DOS FATORES DE SEGURANÇA

Para o estudo de estabilidade será utilizado o software SLIDE 7.0 (Rocscience, 2018), com base no Método do Equilíbrio Limite. O método a ser utilizado será o de Bishop Simplificado, que considera em seus cálculos uma superfície de ruptura com forma circular.

8.4.1 Parâmetros Utilizados nas Análises de Estabilidade

O Quadro 9 apresenta os parâmetros geotécnicos utilizados nas simulações numéricas. Os parâmetros geotécnicos adotados para o solo foram definidos de acordo com os dados apresentados no item 3.1.2 e de acordo com os projetos das Etapas 1 e 2.

Os parâmetros dos resíduos foram definidos de acordo com a expertise da FRAL Consultoria Ltda. e são mais conservadores (a favor da segurança) que aqueles propostos na literatura.

Com o objetivo de comparar os parâmetros adotados para o projeto do Aterro Sanitário de Brasília frente à literatura existente sobre o tema, a Figura 21 apresenta as envoltórias de resistência obtidas.

Os parâmetros indicados como: Inferior e Superior representam os limites determinados de acordo com a literatura existente e largamente aceita pela comunidade internacional (KAVAZANJIAN (2008), EID et al. (2001) e STARK et al. (2009).

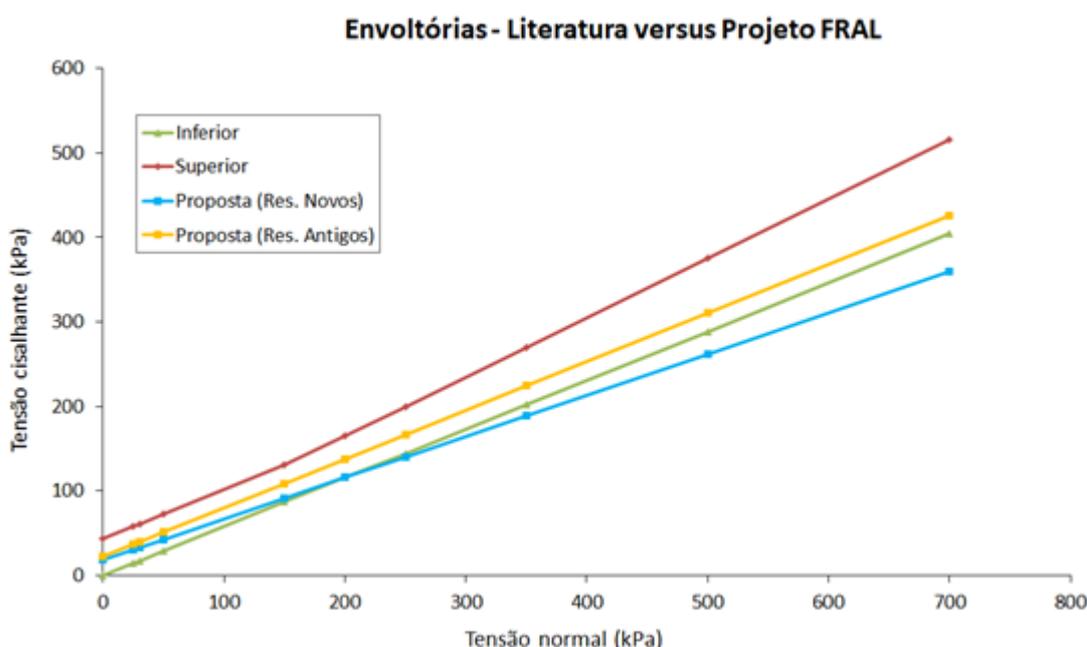


Figura 21: Envoltórias – Literatura versus Projeto FRAL.

Quadro 9: Parâmetros de resistência adotados para análise de estabilidade.

Material	Peso específico γ (kN/m ³)	Coesão c' (kPa)	Ângulo de atrito ϕ' (°)
Resíduos Novos	9,0	18	26
Resíduos Existentes	11,5	22	30
Solo de Fundação	18,0	20	30

Para melhor avaliação de estabilidade dos maciços sanitários do Aterro Sanitário de Brasília – Etapas 3 e 4, foram criadas 3 (três) seções críticas com base no layout final proposto (Folha 39 do Caderno 2).

Os estudos geotécnicos de estabilidade dos maciços de resíduos foram desenvolvidos utilizando-se o parâmetro de poropressão (r_u) para a avaliação das pressões neutras no maciço.

Este parâmetro consiste na relação entre a pressão neutra (poropressão = u) ao longo da superfície potencial de ruptura e a tensão total de resíduos atuante nesta mesma superfície, ou seja:

$$Ru = \frac{u}{\sigma_V}$$

Em que:

u = tensão de líquido atuante, obtida por meio da equação:

$$u = \gamma_w \times h_w$$

Em que:

γ_w : peso específico do líquido (neste projeto considerado igual a 10 kN/m³)

h_w : altura da coluna de líquido [m]

σ_V : tensão vertical da massa de resíduos [kN/m²], obtida por meio da equação:

$$\sigma_V = \gamma \times h$$

Em que:

γ : peso específico da massa de resíduos (neste projeto considerado 9 kN/m³)

h : altura da massa de resíduos [m]

Dessa forma, são consideradas as pressões neutras que podem ocorrer dentro da massa de resíduos devido ao nível piezométrico e/ou eventual acúmulo de biogás, que podem ocorrer durante a operação do Aterro.

Para os estudos geotécnicos de estabilidade neste projeto foi utilizado o valor do parâmetro r_u igual a 0,30, considerando funcionamento pleno do sistema de drenagem (interna e superficial).

Para a avaliação dos estudos de estabilidade do layout alternativo foram ainda consideradas as seguintes características para a geogrelha:

- ✓ Tipo de elemento: *Geotextile*
- ✓ Aplicação da Força: *Passive*
- ✓ Resistência à tração de projeto³: mínima de 400kN/m
- ✓ Adesão: 12 kPa (2/3 do valor da coesão do material a ser reforçado – RSU)
- ✓ Ângulo de atrito: 17° (2/3 do ângulo de atrito do material a ser reforçado – RSU)

8.4.2 Resultados Obtidos

Foram avaliadas 3 (três) seções principais de estabilidade, conforme localização apresentada na Folha 39 do Caderno 2. Para o layout alternativo, considerando a verticalização dos taludes com utilização de geogrelha, a localização das seções avaliadas encontra-se apresentada na Folha 42 do Caderno 2.

Os Fatores de Segurança confirmaram uma satisfatória condição de estabilidade dos maciços do Aterro, uma vez que estes são iguais e/ou superiores ao mínimo exigido pela norma ABNT NBR 11682 (FS \geq 1,40).

O Quadro 10 apresenta os Fatores de Segurança obtidos e as Figuras 22 a 27 ilustram os resultados obtidos nos estudos.

Quadro 10: Fatores de segurança do estudo de estabilidade das seções do ASB.

Seção	FS – Layout Convencional	FS – Layout Alternativo com geogrelha
Seção 1	1,6	1,4
Seção 2	1,8	1,7
Seção 3	1,6	1,4

³ Resistência após a aplicação do fator de redução total, o qual leva em conta fatores de redução parciais referentes a: danos mecânicos de instalação; degradação ambiental; fluência em tração e incertezas estatísticas.

8.4.2.1 Seção 1 – Layout Convencional

Este estudo resultou em um fator de segurança correspondente a $FS = 1,6$ e, portanto, corroborando para uma condição estável, tendo em vista o fator de segurança mínimo recomendado pela NBR 11682 ($FS \geq 1,40$), para médio a alto grau de segurança necessário ao local.

A Figura 21 apresenta a Seção de Estabilidade para a Seção 1.

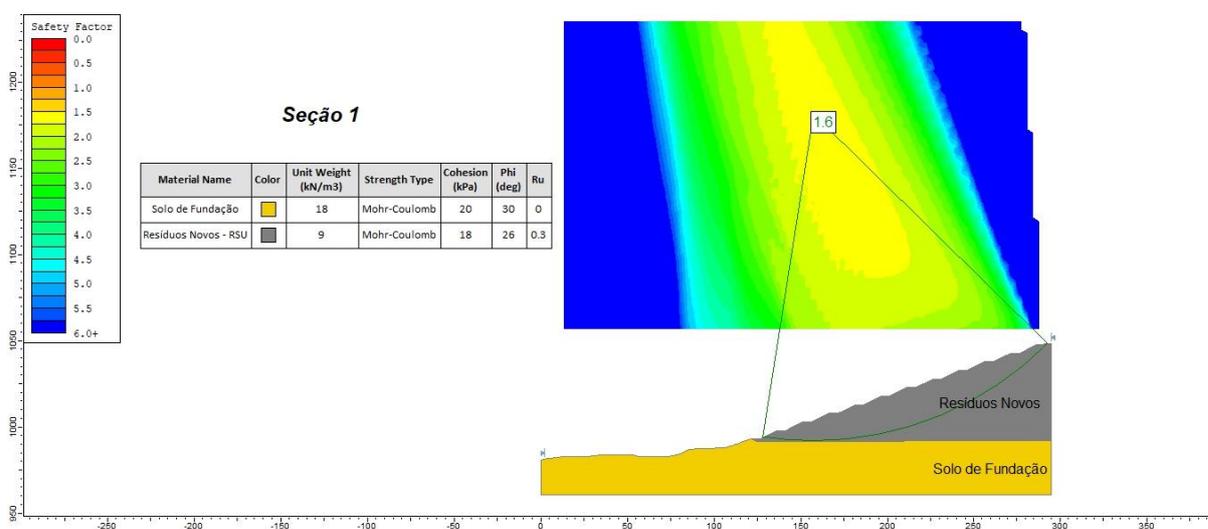


Figura 22: Fator de Segurança – Seção 1.

8.4.2.2 Seção 2 – Layout Convencional

Este estudo resultou em um fator de segurança correspondente a $FS = 1,8$ e, portanto, corroborando para uma condição estável, tendo em vista o fator de segurança mínimo recomendado pela NBR 11682 ($FS \geq 1,40$), para médio a alto grau de segurança necessário ao local.

A Figura 22 apresenta a Seção de Estabilidade para a Seção 2.

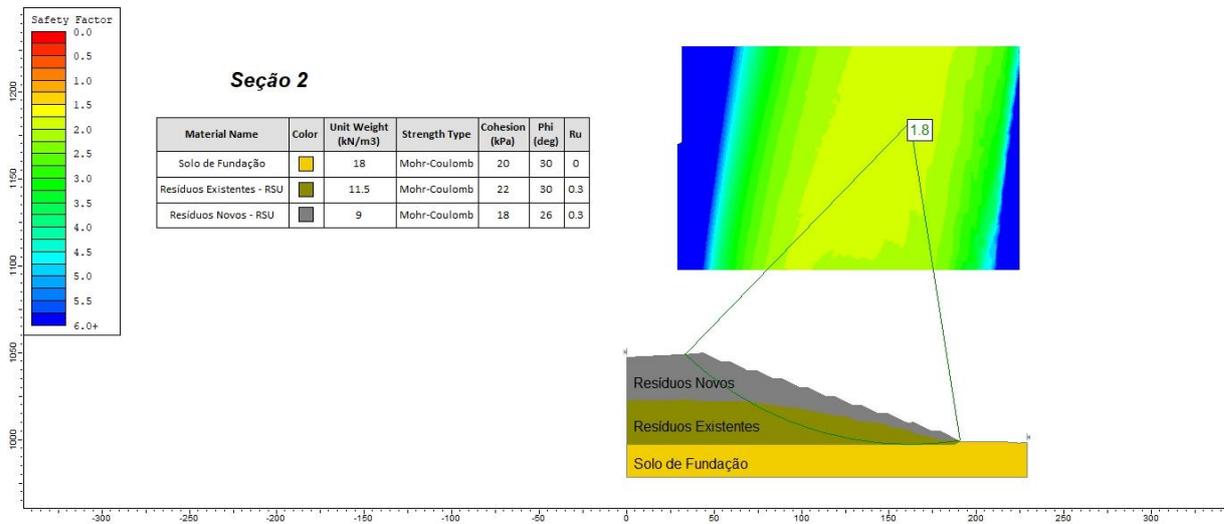


Figura 23: Fator de Segurança – Seção 2.

8.4.2.3 Seção 3 – Layout Convencional

Este estudo resultou em um fator de segurança correspondente a $FS = 1,6$ e, portanto, corroborando para uma condição estável, tendo em vista o fator de segurança mínimo recomendado pela NBR 11682 ($FS \geq 1,40$), para médio a alto grau de segurança necessário ao local.

A Figura 24 apresenta a Seção de Estabilidade para a Seção 1.

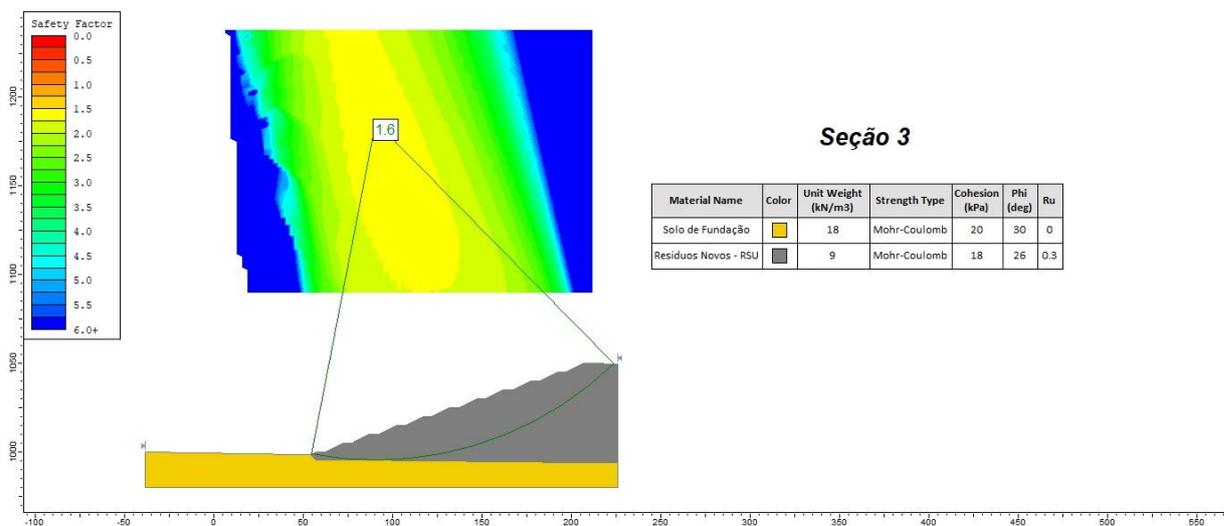


Figura 24: Fator de Segurança – Seção 3.

8.4.2.4 Seção 1 – Layout com Geogrelha

Este estudo resultou em um fator de segurança correspondente a $FS = 1,4$ e, portanto, corroborando para uma condição estável, tendo em vista o fator de segurança mínimo recomendado pela NBR 11682 ($FS \geq 1,40$), para médio a alto grau de segurança necessário ao local.

A Figura 24 apresenta a Seção de Estabilidade para a Seção 1.

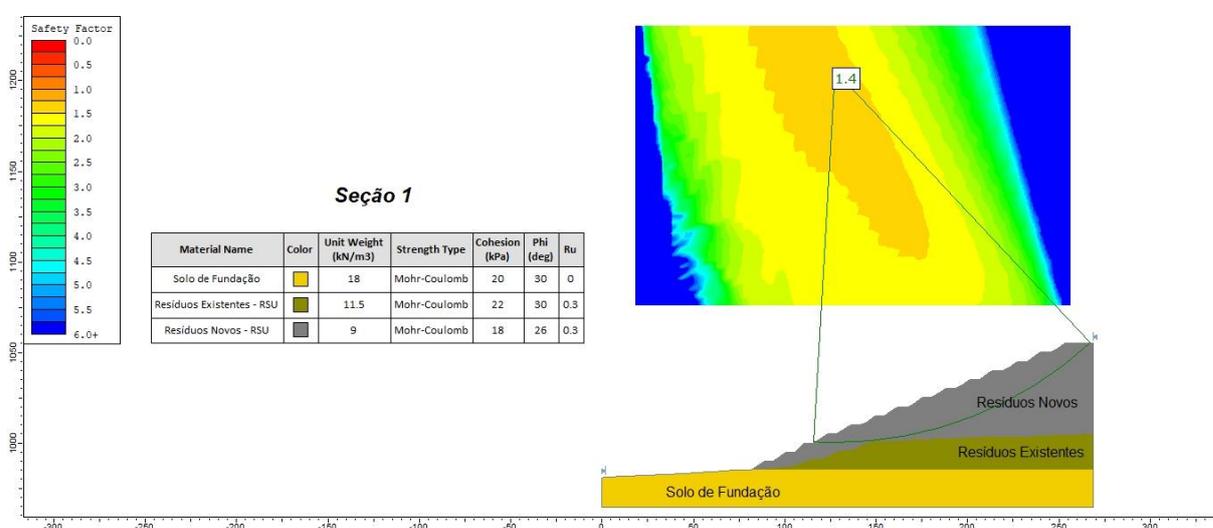


Figura 25: Fator de Segurança – Seção 1.

8.4.2.5 Seção 2 – Layout com Geogrelha

Este estudo resultou em um fator de segurança correspondente a $FS = 1,7$ e, portanto, corroborando para uma condição estável, tendo em vista o fator de segurança mínimo recomendado pela NBR 11682 ($FS \geq 1,40$), para médio a alto grau de segurança necessário ao local.

A Figura 25 apresenta a Seção de Estabilidade para a Seção 2.

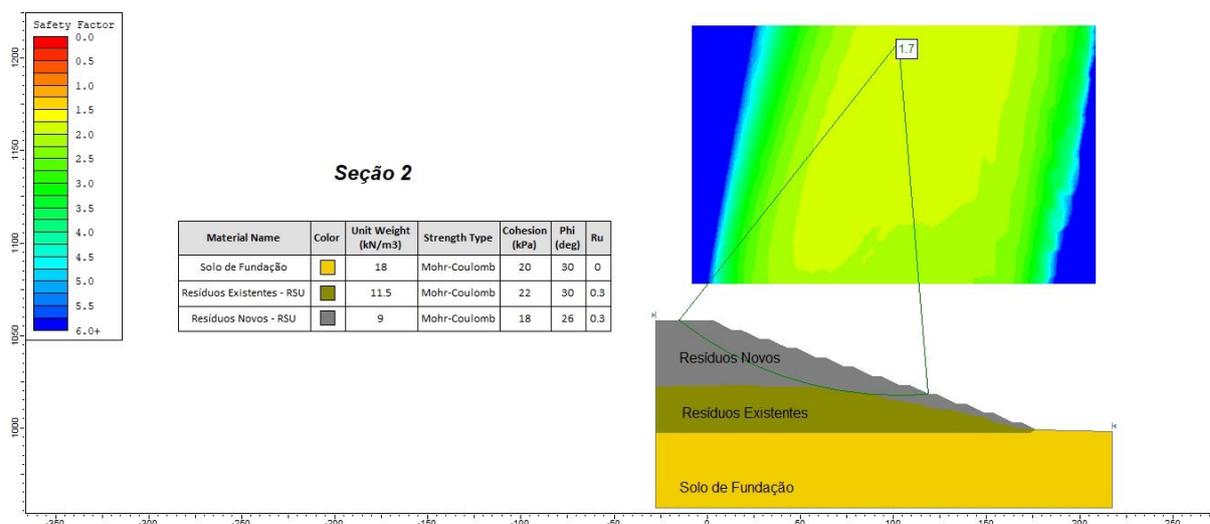


Figura 26: Fator de Segurança – Seção 2.

8.4.2.6 Seção 3 – Layout com Geogrelha

Este estudo resultou em um fator de segurança correspondente a $FS = 1,4$ e, portanto, corroborando para uma condição estável, tendo em vista o fator de segurança mínimo recomendado pela NBR 11682 ($FS \geq 1,40$), para médio a alto grau de segurança necessário ao local.

A Figura 26 apresenta a Seção de Estabilidade para a Seção 3.

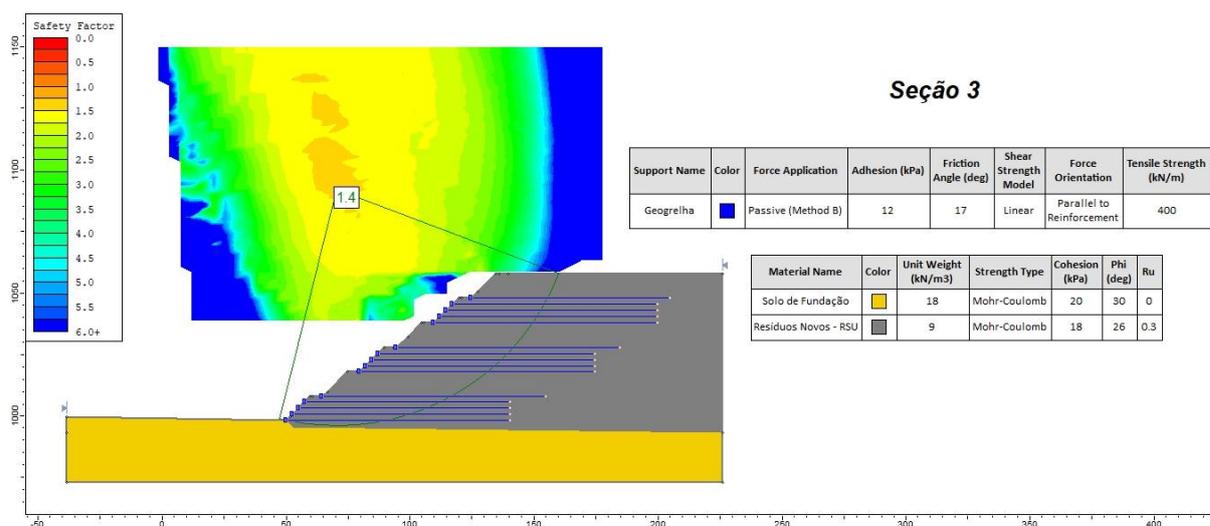


Figura 27: Fator de Segurança – Seção 3.

8.5 CONSIDERAÇÕES A RESPEITO DA CAPACIDADE DE SUPORTE DA ETAPA 1

Considerando a documentação técnica existente e consultada a respeito dos eventos supervenientes de obstrução da drenagem de percolado, ocorridos ao longo da operação da Etapa 1 do ASB, foi observada a execução das seguintes atividades:

- Construção de novas linhas de drenagem de percolado e, por consequência, projetadas intervenções de cerca de 800m de drenagem de percolado ao longo da lateral norte, sul e leste do maciço com tubulação perfurada de 400mm envolta por camada de rachão drenante de 1,20 m x 0,60 m, as quais foram executadas com a finalidade de baixar o nível piezométrico do lixiviado dentro do maciço, permitindo seu escoamento e melhorando a estabilidade do maciço, interligado ao emissário de percolado os lados norte e leste e ligando o lado sul a drenagem da Etapa 2 do ASB;
- Ao longo do ano de 2019, foram executadas intervenções adicionais na drenagem de lixiviado do maciço em sua Etapa 1, situação que resultou ainda em uma ampla revisão da concepção do sistema para a Etapa 2;
- Quanto à drenagem de gases, foram executados no ano de 2021, drenos flutuantes na Etapa 01, de maneira a gerar novas interfaces desobstruídas para a saída dos mesmos.

Ademais, faz-se fundamental realizar uma análise em termos de vazão de lixiviados em função do índice pluviométrico da região.

A Figura 28 apresenta o gráfico da variação da vazão média de lixiviado em função do índice pluviométrico médio da área do Aterro, para os anos de 2020 e 2021.

ATERRO SANITÁRIO DE BRASÍLIA
 Vazão Média de Lixiviado x Índice Pluviométrico Médio
 Janeiro de 2020 a Dezembro de 2021

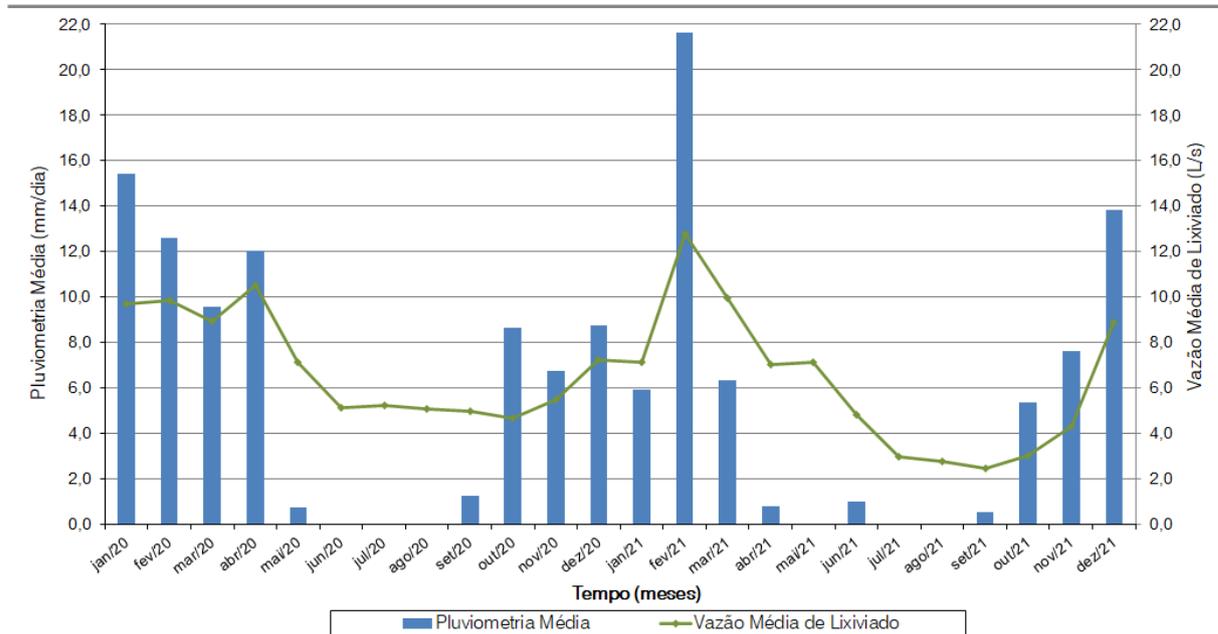


Figura 28: Gráfico da relação de vazão média de lixiviado x Índice médio pluviométrico para os anos de 2020 e 2021.

Observa-se de forma geral que o aumento da pluviosidade resultou em aumento da vazão de lixiviados indicando funcionamento adequado do sistema de drenagem interna. As maiores vazões, inclusive, foram observadas nos meses de maior precipitação.

Ressalta-se ainda que uma avaliação completa deve considerar ainda a geometria de disposição dos resíduos, as condições operacionais e as inspeções técnicas de campo.

Outrossim, são itemizadas as principais atividades periodicamente em execução no Aterro:

- ✓ Realização de inspeções técnicas de campo, de modo a observar sinais de comportamentos anômalos, em especial do sistema de drenagem interna (gás e percolados);

- ✓ Regularização das declividades das bermas, com direcionamento das águas para as descidas de modo a minimizar as erosões e acúmulo de água que possam causar aumento do nível de lixiviados no maciço;
- ✓ Inspeção diária dos drenos de gás existentes verificando se os mesmos se encontram acesos ou não;
- ✓ Continuidade na instalação e manutenção de dispositivos de drenagem interna e superficial.

Nestes termos, conclui-se que as intervenções executadas na Etapa 01 bem como as atividades periodicamente em execução no Aterro, atendem seus objetivos de melhoria da drenagem de gás e lixiviados no local.

Desta forma, considera-se que as análises de estabilidade apresentadas para o Projeto Executivo das Etapas 3 e 4 são adequadas e suficientes.

Cumpre salientar que análises de estabilidade dos maciços sanitários são periodicamente executadas e apresentadas nos Relatórios de monitoramento geotécnico. Além disso, as análises de estabilidade dos maciços são influenciadas não apenas pelo nível piezométrico, mas também pela geometria de disposição dos resíduos e, também, pela resistência dos materiais aterrados. Ademais, os resultados devem considerar ainda uma avaliação completa, a qual considera a análise da leitura dos instrumentos (marcos superficiais, piezômetros entre outros), a geometria da disposição dos resíduos, as condições operacionais e as inspeções técnicas de campo.

Faz-se fundamental salientar que as considerações, aqui apresentadas, têm como função subsidiar ações de melhoria contínua na área de maneira a se garantir a estabilidade geotécnica dos maciços sanitários e se evitar impactos ambientais resultantes das atividades de disposição final de resíduos.

Por fim, destaca-se a exigência na continuidade do monitoramento bem como na execução periódica, com frequência mínima semestral (período de seca e chuvoso), de ensaios geolétricos, de forma especial na Etapa 1, de maneira a fornecer subsídios atualizados a respeito do sistema de drenagem interna dos maciços

sanitários e possibilitando, portanto, uma melhor análise das condições de estabilidade geotécnica.

9 MEMORIAL DE CÁLCULO

9.1 SISTEMA DE DRENAGEM DE LÍQUIDOS PERCOLADOS

9.1.1 Volume de Geração de Líquidos Percolados

Existem atualmente alguns trabalhos a respeito da quantificação dos líquidos percolados produzidos em aterros, sendo comum a consideração de que a fração da precipitação passível de se infiltrar é a principal fonte de contribuição na geração do lixiviado. As outras fontes como líquido proveniente da decomposição do resíduo, teor de umidade inicial do solo e infiltrações subterrâneas são comumente supostas desprezíveis, desde que o aterro seja adequadamente projetado e localizado (CETESB, 1979).

Comumente, são utilizados dois métodos para estimativa da geração de líquidos percolados em aterros sanitários: o método do balanço hídrico e o método Suíço. Entretanto, a utilização do método do balanço hídrico é recomendada para aterros localizados em grandes centros urbanos e, principalmente, desde que se disponha dos dados necessários aos cálculos (CETESB, 1979).

Desta forma, para o projeto do Aterro Sanitário de Brasília – Etapas 3 e 4, a vazão de percolados será determinada pelo Método Suíço, com parâmetros ajustados para as condições locais.

Método Suíço:

$$Q = \frac{1}{t} \times P \times A \times k$$

Em que:

Q = vazão de percolado que se deseja determinar (l/s);

t = nº de segundos em um ano (31.536.000 s)

P = precipitação média anual (mm);

A = área de contribuição (m²);

k = coeficiente que depende do grau de compactação dos resíduos. Neste projeto considerado igual a 0,50, de maneira conservadora (CETESB, 1979).

De acordo com dados disponíveis no Portal HidroWeb, foram utilizados dois valores de precipitação para análise, sendo um correspondente a média anual do período de 2008 a 2020, resultando no valor de, aproximadamente, 1.600 mm/ano, e outro correspondente ao maior valor das médias mensais desse período, que resultou em 271,3 mm/mês, referente à média dos meses de novembro.

O Quadro 11 apresenta as médias mensais e o total anual para precipitação no período analisado.

Quadro 11: Precipitação - Média mensal e total anual (período entre 2008 e 2020).

Mês	Precipitação (mm)
Janeiro	246,4
Fevereiro	198,6
Março	201,9
Abril	189,8
Maió	25,6
Junho	6,1
Julho	0,2
Agosto	11,6
Setembro	39,6
Outubro	143,0
Novembro	271,3
Dezembro	232,6
Total Anual	1.566,7

Fonte: Portal HidroWeb (2021).

As vazões de lixiviado produzidas em um aterro sanitário são provenientes da decomposição dos resíduos, devendo considerar as contribuições devido às infiltrações pluviométricas, principalmente junto às células em operação.

Como critério de projeto, considerar-se-á, como verificação, a vazão anual média e a vazão média de pico mensal, correspondente à situação de configuração final do Aterro Sanitário de Brasília – Etapas 3 e 4.

Situação Final de Projeto

Área de Contribuição = 320.000 m²;

k = 0,50;

Precipitação média anual = 1.600 mm/ano;

Precipitação mensal média do mês de maior pluviometria = 271,3 mm/mês;

Vazão média anual:

$$Q = \frac{1}{t} \times P \times A \times k = \frac{1}{31.536.000} \times 0,50 \times 1.600 \times 320.000 \cong 8,1 \text{ l/s}$$

Vazão correspondente a maior média mensal:

$$Q = \frac{1}{t} \times P \times A \times k = \frac{1}{2.628.000} \times 0,50 \times 271,3 \times 320.000 \cong 17,0 \text{ l/s}$$

De forma complementar e conservadora também foi avaliada a vazão de pico mensal, considerando a maior precipitação mensal registrada entre 1989 e 2019, conforme solicitação do órgão ambiental – IBRAM, a qual corresponde a 526,4mm. Desta forma, tem-se:

Vazão da maior precipitação mensal registrada entre 1989 e 2019:

$$Q = \frac{1}{t} \times P \times A \times k = \frac{1}{2.628.000} \times 0,50 \times 526,4 \times 320.000 \cong 32,1 \text{ l/s}$$

Para o cálculo dos elementos do sistema de drenagem de percolado será utilizado o valor correspondente à Vazão igual a 32,1 L/s, correspondente ao valor máximo previsto, considerando a vazão da maior precipitação mensal registrada entre 1989 e 2019.

Desta forma, tem-se que o volume mínimo a ser disponibilizado pelas lagoas existentes é de cerca de 20.000 m³.

Cumprir destacar por fim que, atualmente, o Aterro Sanitário de Brasília possui em operação: a Lagoa Principal, 2 (duas) novas lagoas implantadas em área adjacente à Lagoa Principal e mais 3 (três) lagoas junto a Face Leste do aterro (denominadas 12; 13 e 14), as quais possuem volume suficiente para o armazenamento temporário do lixiviado por um período mínimo de 7 (sete) dias, até que ocorra seu efetivo tratamento.

9.1.2 Dimensionamento dos Elementos do Sistema de drenagem de percolado

Os drenos de percolado foram dimensionados para os seguintes casos:

- Tapete drenante;
- Dreno principal; e
- Dreno coletor e condutor (tubulação dupla).

Apresenta-se a seguir a verificação do dimensionamento, tendo em vista as características dos drenos a serem implantados.

➤ **Fórmula de Manning:**

- $Q_s = (n^{-1}) * S_h * R_h^{2/3} * I_0^{1/2}$

Em que:

Q_s = capacidade de escoamento (m³/s)

n = coeficiente de rugosidade de Manning

S_h = área molhada da seção (m²)

R_h = raio hidráulico (m) = A / P

P_h = perímetro molhado (m)

I_0 = declividade média (m/m)

Devem ser respeitadas também as seguintes condições:

- Borda livre mínima: 20%;
- Velocidade máxima de escoamento igual a 4,0 m/s.

➤ **Fórmula de Wilkins:**

- $V = 52,45 * P * R_h^{0,5} * i^{0,54}$

Em que:

V = velocidade média de escoamento (m/s)

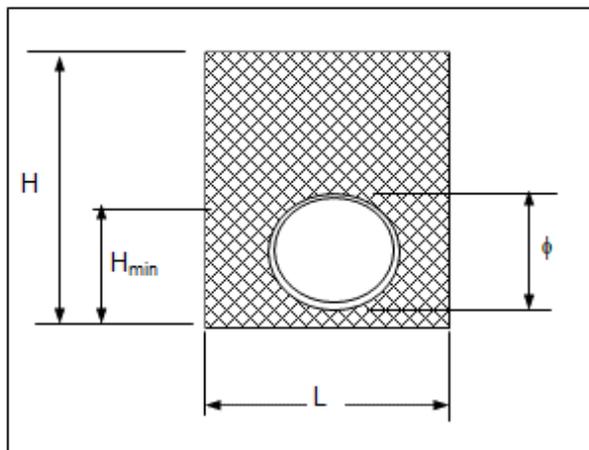
P = porosidade do meio

R_h = raio hidráulico (m) = A / P

i = declividade média (m/m)

9.1.2.1 Tapete Drenante

DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DO MEIO POROSO - TAPETE DRENANTE



1 Dados de Entrada:

1.1	Vazão a ser conduzida:	Q=	32,100 L/s
1.2	Coefficiente de condutividade hidráulica:	K=	80,0 cm/s
1.3	Gradiente hidráulico (=declividade do terreno):	i =	0,03 m/m
1.4	Fator de Segurança:	FS=	1,5
1.5	Porosidade do Meio Drenante:	P=	0,5
1.6	Raio Hidráulico do Meio Drenante:	$R_h =$	0,63 cm
1.7	Diâmetro do tubo dreno:	$\phi =$	0,25 m

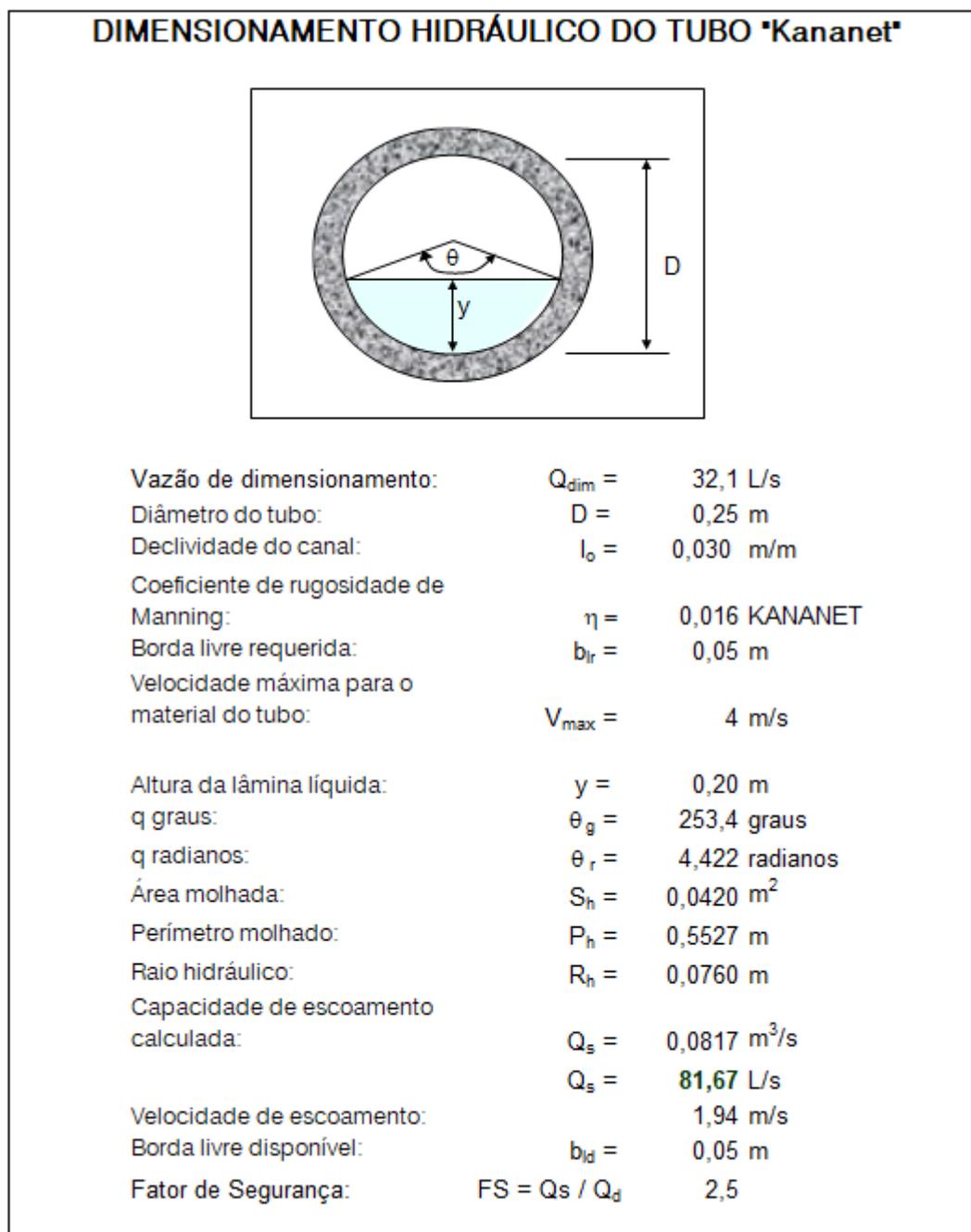
2 Cálculo da Seção Mínima:

2.1	Lei de Darcy:	$S_1 = Q \cdot FS / K \cdot i =$	2,006 m ²
2.2	Cálculo com base na Equação de WILKINS:	$S_2 = Q \cdot FS / V =$	1,537 m ²
2.2.1	Velocidade média de percolação:	$V = 52,45 \cdot P \cdot R_h^{0,5} \cdot i^{0,54} =$	0,031 m/s
2.3	Seção mínima:	$S_{min} =$	2,006 m ²

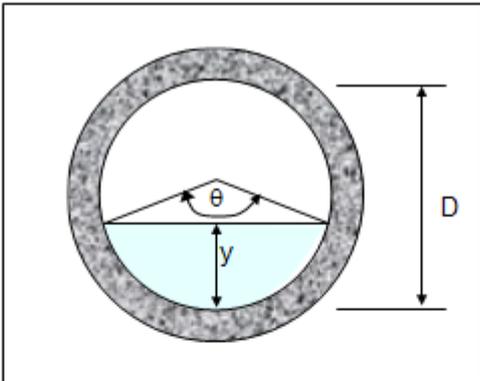
3 Seção Mínima:

3.1	Largura mínima da Seção:	L=	5,20 m
3.2	Altura total da Seção (adotada):	$H_{total} =$	0,40 m
3.3	Área total da Seção:	$A = A_{total} - A_{tubo} =$	2,031 m ²

9.1.2.2 Dreno Principal



9.1.2.3 Dreno Coletor / condutor

DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DO TUBO CONDUTOR DE PEAD		
		
Vazão de dimensionamento:	$Q_{dim} =$	32,1 L/s
Diâmetro do tubo:	$D =$	0,20 m
Declividade do canal:	$I_o =$	0,010 m/m
Coefficiente de rugosidade de Manning:	$\eta =$	0,009 PEAD
Borda livre requerida:	$b_{lr} =$	0,04 m
Velocidade máxima para o material do tubo:	$V_{max} =$	4 m/s
Altura da lâmina líquida:	$y =$	0,16 m
q graus:	$\theta_g =$	253,4 graus
q radianos:	$\theta_r =$	4,423 radianos
Área molhada:	$S_h =$	0,0269 m ²
Perímetro molhado:	$P_h =$	0,4423 m
Raio hidráulico:	$R_h =$	0,0608 m
Capacidade de escoamento calculada:	$Q_s =$	0,0462 m ³ /s
	$Q_s =$	46,25 L/s
Velocidade de escoamento:		1,72 m/s
Borda livre disponível:	$b_{ld} =$	0,04 m
Fator de Segurança:	$FS = Q_s / Q_{dim} =$	1,4

9.2 SISTEMA DE IMPERMEABILIZAÇÃO

A seguir, são apresentados os cálculos realizados para dimensionamento da geomembrana de PEAD que será utilizada para impermeabilização da base e taludes do aterro.

9.2.1 Verificação da espessura da manta de PEAD

Apresenta-se no procedimento de cálculo a seguir, definido por KOERNER (1990), a verificação da espessura mínima da geomembrana de PEAD necessária para impermeabilização da área do aterro sanitário, conforme pode ser conferida no Quadro 12 e visualizada esquematicamente na Figura 29. De acordo com os resultados apresentados, a espessura mínima requerida corresponde a 1,52 mm. Considerando um Fator de Segurança mínimo igual a 1,20, tem-se que a espessura mínima a ser utilizada no projeto corresponde a 1,82mm.

Com a finalidade de se garantir o adequado desempenho do material, será adotada a espessura de 2,00mm.

O cálculo apresentado considera a espessura de 60m de resíduos, correspondente à condição mais crítica encontrada. Para espessuras menores serão geradas menores solicitações mecânicas na manta de PEAD, em comparação com a situação analisada.

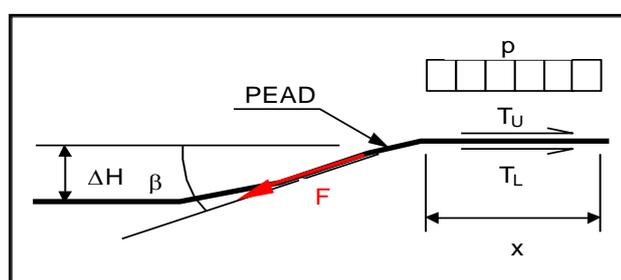


Figura 29: Modelo para cálculo da espessura da manta de PEAD.

Fonte: KOERNER (1990).

Quadro 12: Verificação da espessura da manta de PEAD.

Altura máxima de resíduos:	$H_{\max} = 60,00 \text{ m}$
Peso específico médio dos resíduos compactados:	$\gamma = 0,90 \text{ tf/m}^3$
Pressão aplicada pelos resíduos:	$p = 54,00 \text{ tf/m}^2$
Distância de mobilização da deformação do PEAD:	$x = 0,08 \text{ m}$
Ângulo da deformação do PEAD:	$\beta = 34,00^\circ$
Tensão admissível do PEAD:	$\sigma_{adm} = 2.600 \text{ tf/m}^2$
Ângulo de atrito entre o PEAD e os Resíduos	$\delta_u = 18,00^\circ$
Ângulo de atrito entre o PEAD e o Aterro de Impermeabilização:	$\delta_L = 16,00^\circ$
Força atuante	$F = 2,64 \text{ tf/m}$
Espessura mínima requerida:	$t = \frac{p \cdot x}{(\cos \beta - \text{sen} \beta \cdot \tan \delta_L) \cdot \sigma_{adm}} (\tan \delta_u + \tan \delta_L) = 1,52 \text{ mm}$

9.2.2 Verificação do Fator de Segurança no Trecho inclinado

Os trechos com acentuada declividade constituem situações de risco à manta de PEAD, principalmente em sistemas de impermeabilização constituídos por várias camadas. Evitando-se taludes muito altos (>10 m) e declividades muito acentuadas, é possível reduzir os riscos de danos sobre a manta de PEAD.

O procedimento de cálculo apresentado no Quadro 13 e na Figura 30, formulado por KOERNER (1990), apresenta a verificação do Fator de Segurança da manta de PEAD, nos trechos do sistema de impermeabilização com elevada declividade. Observa-se que o fator de segurança obtido é superior 3 e, portanto, a favor da segurança.

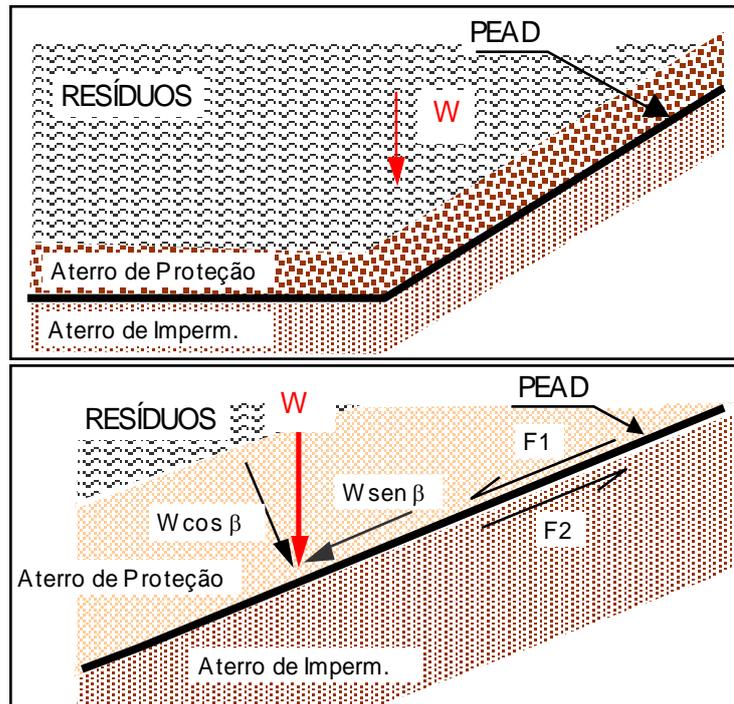


Figura 30: Diagrama dos esforços de tração aplicados na manta de PEAD.

Fonte: KOERNER (1990).

Quadro 13: Verificação do fator de segurança para instalação da manta de PEAD.

Espessura da manta de PEAD:	$t =$	2,00	mm
Altura máxima de resíduos:	$H_{\max} =$	60,00	m
Peso específico médio dos resíduos compactados:	$\gamma =$	0,90	tf/m ³
Peso de uma lamela de resíduos na área em verificação:	$W =$	54,00	tf/m
Ângulo do talude:	$\beta =$	34,00	°
Componente normal ao talude:	$N =$	44,77	tf/m
Ângulo de atrito entre os Resíduos e a manta de PEAD:	$\delta_1 =$	18,00	°
Força de atrito entre os Resíduos e a Manta:	$F_1 = N.\tan\delta_1 =$	14,55	tf/m
Ângulo de atrito entre o aterro de impermeabilização e a manta de PEAD:	$\delta_2 =$	16,00	°
Força de atrito entre o Aterro de Impermeabilização e a Manta:	$F_2 = N.\tan\delta_2 =$	12,84	tf/m
Tensão a ser diretamente suportada pela manta de PEAD:	$\sigma_{\text{atuante}} = (F_1-F_2)/t =$	854	tf/m ²
Fator de segurança:	$FS = \sigma_{\text{adm}} / \sigma_{\text{atuante}} =$	3,04	

9.3 SISTEMA DE DRENAGEM SUPERFICIAL

9.3.1 Intensidade de Chuva Crítica

Conforme NOVACAP (2019), a intensidade da chuva crítica foi determinada de acordo com a equação a seguir:

$$I_c = \frac{4.374,17 * T^{0,207}}{(t_d + 11)^{0,884}}$$

Em que:

I_c : Intensidade de chuva crítica (l/s.ha);

t_d : Tempo de concentração (min);

$t_d = 10$ min (mínimo a ser adotado, conforme recomendações do DAEE, 2005)

T: Período de retorno (anos);

T= 10 anos (Mínimo exigido pela ABNTNBR 13896 é de 5 anos)

Os parâmetros utilizados resultam em:

$$I_c = \frac{4.374,17 * 10^{0,207}}{(10 + 11)^{0,884}} = 2,866 \text{ mm/min}$$

Desta forma, tem-se que a intensidade de chuva crítica prevista, a ser utilizada no dimensionamento dos elementos do sistema de drenagem superficial na etapa de Projeto Executivo, será de 2,866mm/min.

9.3.2 Análise das Vazões de Pico da Bacia

As vazões críticas utilizadas no dimensionamento dos elementos de drenagem superficial foram determinadas pelo Método Racional. Este método é largamente utilizado para áreas de drenagem inferiores a 2,5 km².

As vazões de pico foram dimensionadas através da seguinte expressão:

$$Q = A \cdot I_c \cdot C$$

Em que:

- Q - Vazão de Pico (m³/s);
- A - Área de contribuição (m²);
- I_c - Intensidade de chuva crítica (calculado em 9.3.1) (m/s);
- C - Coeficiente de escoamento superficial (Quadro 14).

Quadro 14: Coeficientes de escoamento superficial (C).

Tipo de cobertura	Solo Arenoso		Solo argiloso	
	Declividades		Declividades	
	<7%	>7%	<7%	>7%
Áreas com matas	0,2	0,25	0,25	0,3
Campos cultivados	0,3	0,35	0,35	0,4
Áreas gramadas	0,3	0,4	0,4	0,5
Solos sem cobertura vegetal	0,3	0,6	0,6	0,7

Fonte: CETESB (1979).

As bacias de contribuição para cada um dos elementos de drenagem foram definidas de acordo com as áreas de influência delimitadas na Folha 34 do Caderno de Desenhos (Volume 2), levando em conta as declividades superficiais da área. Adicionalmente, para cada um dos elementos, foi considerada de forma conservadora, a maior área de influência, sendo que para os elementos: canaleta de contorno e tubo condutor foi considerada a soma das áreas de contribuição referentes à captação dos respectivos elementos (A₁+A₂+... + A_n). Por fim, cabe destacar que para os elementos de canaleta de berma a bacia de contribuição foi definida pela consideração do maior valor obtido para a área de influência dividida pelo número de elementos existente (linhas de canaleta de berma previstas).

O Quadro 15 apresenta os resultados do cálculo da vazão para o dimensionamento dos elementos de drenagem previstos em projeto.

Cumprе salientar ainda que também foram considerados os dispositivos já existentes nas Etapas anteriores de maneira a compatibilizar o sistema existente ao sistema projetado.

Quadro 15: Cálculo da vazão para dimensionamento dos elementos de drenagem.

Sub-bacia	A (m ²)	C*	Q (m ³ /s)	Q (L/s)
I - Canaleta de Berma	5600	0,35	0,094	93,6
II - Descida d'água em geocélula	30000	0,35	0,501	501,5
III - Tubo de Travessia (0,40m)	17500	0,35	0,293	292,5
IV - Tubo de Travessia (0,80m)	30000	0,35	0,501	501,5
V - Canaleta de contorno	185000	0,35	3,092	3092,4
VI - Tubo Condutor	185000	0,35	3,092	3092,4

*adotado com base no Quadro 14.

9.3.3 Projeto hidráulico dos elementos do sistema de drenagem superficial

Os elementos de drenagem foram dimensionados por meio da equação de Manning apresentada a seguir:

$$Q = \frac{1}{\eta} S_h R_h^{2/3} I_o^{0,5}$$

Em que:

- η : Coeficiente de rugosidade de Manning (m^{-1/3}s);
- I_o - Declividade do canal (m/m);
- S_h - Área molhada (m²);
- P_h - Perímetro molhado (m);
- R_h – Raio hidráulico: $R_h = S_h / P_h$ (m).

A Figura 31 apresenta os parâmetros de cálculo para determinação da vazão, para diversos tipos de elementos de drenagem.

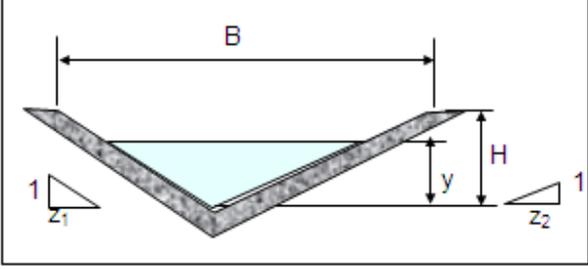
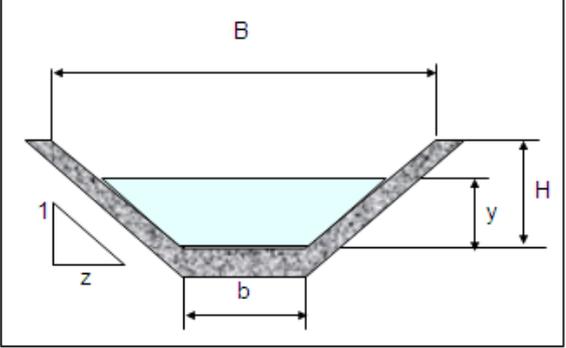
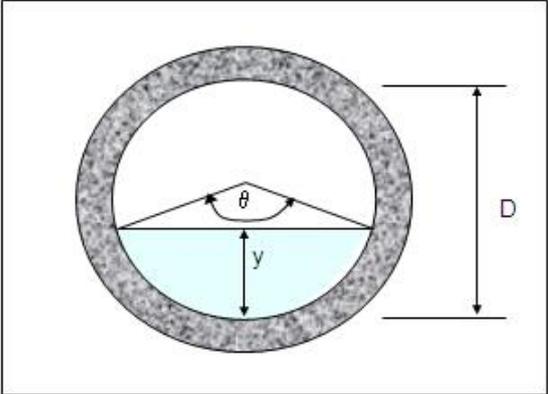
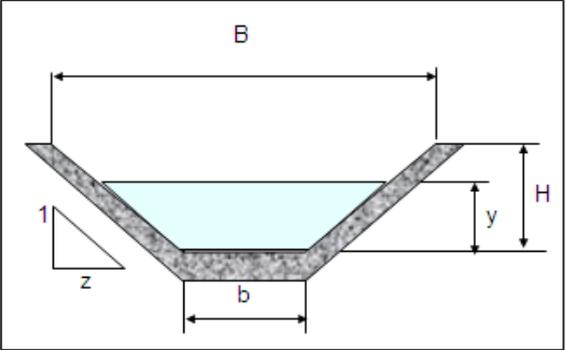
<p>I - Canaleta de Berma</p>	<p>III – Descida d’água</p>
	
<p>III – Tubo de Travessia / Condutor – Tubo de Concreto</p>	<p>IV – Canaleta de contorno (z = 0)</p>
	

Figura 31: Parâmetros para a determinação do raio hidráulico e perímetro molhado.

- Canaleta de Berma: $S_h = \frac{y^2}{2}(z_1 + z_2)$ e $P_h = y(\sqrt{1+z_1^2} + \sqrt{1+z_2^2})$
- Descida d’água em geocélula: $S_h = y(b + yz)$ e $P_h = b + 2y\sqrt{1+z^2}$
- Tubo de Travessia / Condutor: $S_h = D^2 \frac{(\theta - \text{sen}\theta)}{8}$ e $R_h = D \frac{(1 - \text{sen}\theta/\theta)}{4}$
- Canaleta de contorno (z = 0):

$$S_h = y(b + yz) \quad \text{e} \quad P_h = b + 2y\sqrt{1+z^2}$$

Devem ser respeitadas também as seguintes condições:

- Altura livre mínima igual a 20% da lâmina líquida;
- Velocidade máxima de acordo com o material do canal (ver Quadro 16).

Quadro 16: Velocidade máxima de escoamento de acordo com o tipo de material.

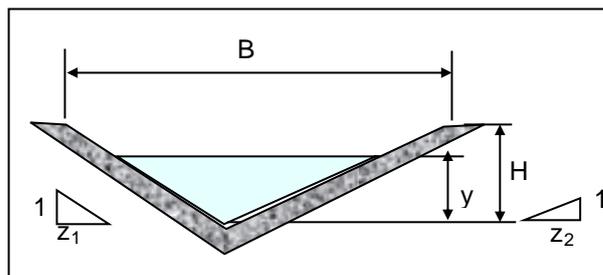
Velocidade (m/s)			Tipo de Material
0,23	a	0,3	Areia muito fina
0,3	a	0,46	Areia solta média
0,46	a	0,61	Areia grossa
0,61	a	0,76	Terreno arenoso comum
0,76	a	0,84	Terreno silte argiloso
0,84	a	0,91	Terreno de aluvião
0,91	a	1,14	Terreno argiloso compacto
1,14	a	1,22	Terreno argiloso duro
1,22	a	1,52	Solo cascalhado
1,52	a	1,83	Cascalho grosso, pedregulho, pirraça
1,83	a	2,44	Rochas sedimentares moles-xistos
2,44	a	3,05	Alvenaria
3,05	a	4,00	Rochas compactas
4,00	a	6,00	Concreto

Fonte: PORTO (1999).

9.3.3.1 Canaleta de Berma

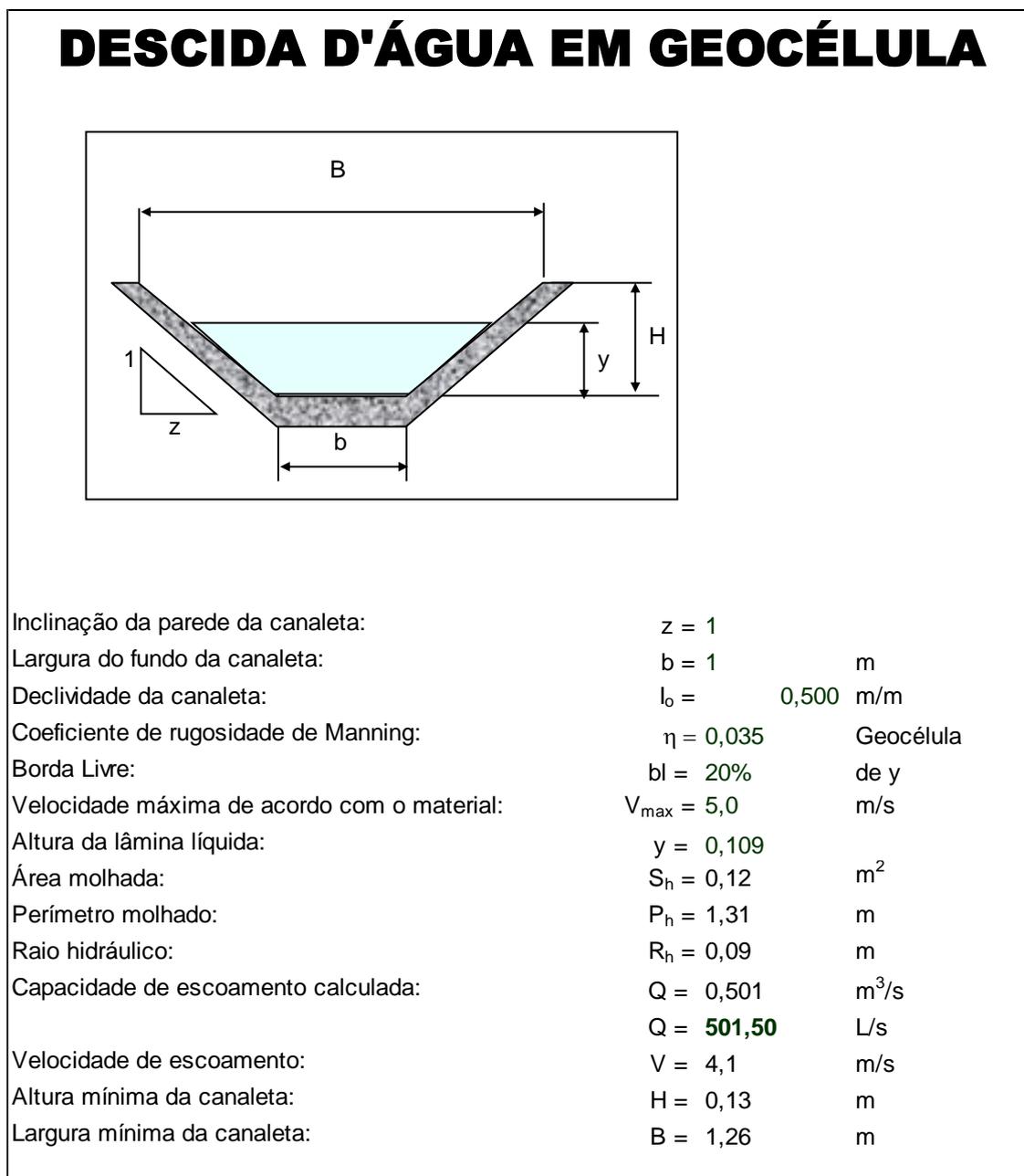
Canaleta de Berma

**Válido para qualquer canaleta triangular,
variando z_1 e z_2 .**



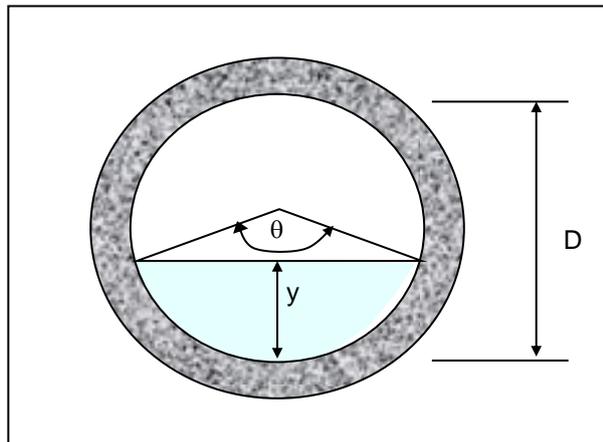
Inclinação da paredes:	$z_1 =$	1,5
	$z_2 =$	2,5
Declividade do canal:	$l_0 =$	0,020 m/m
Coefficiente de rugosidade de Manning:	$\eta =$	0,020
Borda livre:	$bl =$	20% de y
Velocidade máxima para o material da canaleta:	$V_{max} =$	4,00 m/s
Lâmina Líquida:	$y =$	0,19 m
Área molhada:	$S_h =$	0,070 m ²
Perímetro molhado:	$P_h =$	0,84 m
Raio Hidráulico:	$R_h =$	0,08 m
Capacidade de escoamento calculada:	$Q =$	0,094 m ³ /s
	$Q =$	93,60 L/s
Velocidade de escoamento	$V =$	1,35 m/s
Altura mínima da canaleta	$H =$	0,22 m
Largura mínima da canaleta	$B =$	0,90 m

9.3.3.2 Descida D'água em Geocélula



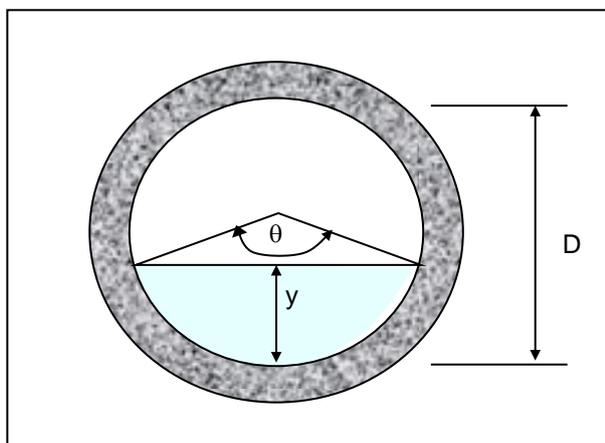
9.3.3.3 Tubo de Travessia

TUBO DE TRAVESSIA - 0,40m



Diâmetro do tubo:	D =	0,4 m
Declividade do canal:	$I_0 =$	0,020 m/m
Coefficiente de rugosidade de Manning:	$\eta =$	0,013 Concreto (DAEE)
Borda livre requerida:	blr =	0,088 m
Velocidade máxima para o material do tubo:	$V_{max} =$	5 m/s
Altura da lâmina líquida:	y =	0,29 m
θ graus:	$\theta g =$	216,9297 graus
θ radianos:	$\theta r =$	3,786 radianos
Área molhada:	$S_h =$	0,1062 m ²
Perímetro molhado:	$P_h =$	0,8330 m
Raio hidráulico:	$R_h =$	0,1275 m
Capacidade de escoamento calculada:	Q =	0,2925 m ³ /s
	Q =	292,50 L/s
Velocidade de escoamento:		2,76 m/s
Borda livre disponível:	bld =	0,15 m

TUBO DE TRAVESSIA

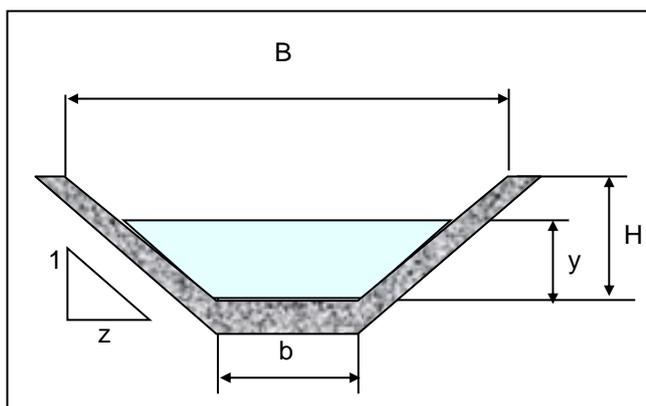


Diâmetro do tubo:	D =	0,8 m
Declividade do canal:	$I_o =$	0,020 m/m
Coefficiente de rugosidade de Manning:	$\eta =$	0,013 Concreto (DAEE)
Borda livre requerida:	blr =	0,16 m
Velocidade máxima para o material do tubo:	$V_{max} =$	5 m/s
Altura da lâmina líquida:	y =	0,28 m
θ graus:	$\theta g =$	145,9678 graus
θ radianos:	$\theta r =$	2,548 radianos
Área molhada:	$S_h =$	0,1590 m ²
Perímetro molhado:	$P_h =$	1,0190 m
Raio hidráulico:	$R_h =$	0,1561 m
Capacidade de escoamento calculada:	Q =	0,5015 m ³ /s
	Q =	501,50 L/s
Velocidade de escoamento:		3,15 m/s
Borda livre disponível:	bld =	0,52 m

9.3.3.4 Canaleta de Contorno

CANALETA DE CONTORNO

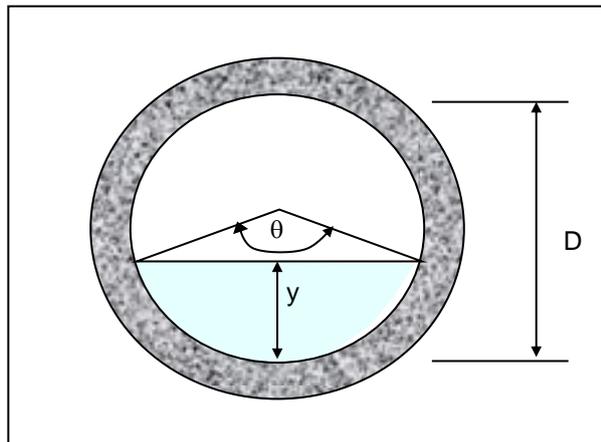
$$z = 0$$



Inclinação da parede da canaleta:	$z = 0$	
Largura do fundo da canaleta:	$b = 1$	m
Declividade da canaleta:	$l_o = 0,020$	m/m
Coefficiente de rugosidade de Manning:	$\eta = 0,013$	Concreto
Borda Livre:	$bl = 20\%$	de y
Velocidade máxima de acordo com o material:	$V_{max} = 5,0$	m/s
Altura da lâmina líquida:	$y = 0,658$	
Área molhada:	$S_h = 0,66$	m ²
Perímetro molhado:	$P_h = 2,32$	m
Raio hidráulico:	$R_h = 0,28$	m
Capacidade de escoamento calculada:	$Q = 3,092$	m ³ /s
	$Q = \mathbf{3092,40}$	L/s
Velocidade de escoamento:	$V = 4,70$	m/s
Altura da canaleta:	$H = 0,79$	m
Largura da canaleta:	$B = 1,00$	m

9.3.3.5 Tubo de Condução

TUBO CONDUTOR



Diâmetro do tubo:	D =	1,2 m
Declividade do canal:	$I_0 =$	0,020 m/m
Coefficiente de rugosidade de Manning:	$\eta =$	0,013 Concreto (DAEE)
Borda livre requerida:	blr =	0,24 m
Velocidade máxima para o material do tubo:	$V_{max} =$	7 m/s
Altura da lâmina líquida:	y =	0,64 m
θ graus:	$\theta g =$	188,161 graus
θ radianos:	$\theta r =$	3,284 radianos
Área molhada:	$S_h =$	0,6167 m ²
Perímetro molhado:	$P_h =$	1,9704 m
Raio hidráulico:	$R_h =$	0,3130 m
Capacidade de escoamento calculada:	Q =	3,0924 m ³ /s
	Q =	3092,40 L/s
Velocidade de escoamento:		5,01 m/s
Borda livre disponível:	bld =	0,56 m

10 ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

Todas as atividades e/ou materiais deverão ter sua qualidade certificada de modo a garantir não só a segurança durante a execução das obras, mas também o desempenho de segurança estrutural e de minimização de riscos ambientais na fase de operação do Aterro.

Assim sendo, deverão ser certificados e controlados os materiais e sua aplicação, conforme orientações descritas a seguir.

10.1 IDENTIFICAÇÃO/MOBILIZAÇÃO

A Placa de Identificação da Obra deverá ser confeccionada em chapa de aço galvanizado, com tratamento antioxidante, sem moldura, por profissional especializado, segundo modelo fornecido pela contratante. A contratada deverá fixá-la em posição de destaque, a ser definido junto à Fiscalização, em estrutura suficientemente resistente para suportar a ação dos ventos.

10.2 SERVIÇOS PRELIMINARES

Após a execução de todos os serviços de limpeza e escavação, será realizada toda a regularização do terreno. Esta regularização visa não só dar à superfície final a conformação topográfica requerida no projeto, mas, sobretudo, garantir que a superfície final esteja isenta de qualquer material perfurante (como pedra, por exemplo) que possa pôr em risco a integridade do sistema de impermeabilização.

Durante a construção, os serviços já executados deverão ser mantidos com boa conformação e permanente sistema de drenagem superficial.

10.3 DIQUE DE CÉLULA, REATERRO E ATERRO (REGULARIZAÇÃO DE BASE E PROTEÇÃO TERMOMECÂNICA)

Os solos a serem utilizados para a execução dos diques de célula, aterros e reaterros, devem possuir as seguintes características:

- ✓ Ser isentos de matérias orgânicas, micáceas e diatomáceas (máximo de 5% de material);
- ✓ Não devem apresentar uma incidência de pedregulhos maior que 5% e uma fração de finos (silte e argila) maior que 40%;
- ✓ Possuir CBR \geq 2% e expansão $<$ 4%;

- ✓ Em regiões em que ocorra a presença de materiais rochosos e ocorra falta de material de 1ª e 2ª categoria, admite-se a construção de aterros com material rochoso, desde que haja especificação complementar de projeto.

Características adicionais:

- a) LL (Limite de liquidez) < 60%
- b) LP (Limite de plasticidade) < 30%
- c) IP (Índice de Plasticidade) \leq 18%
- d) Peso específico seco máximo ($\gamma_{d \text{ Max}}$) - Proctor Normal \geq 16 kN/m³

O lançamento do material para a construção dos aterros deve ser executado em camadas sucessivas, de 0,20m em 0,20m, e em extensões tais que permitam seu umedecimento e compactação de acordo com as especificações de projeto. No caso do solo lançado estar excessivamente úmido, deverá ser providenciada a sua aeração. Tal aeração e exposição deverão ser feitas com revolvimento do solo com grade de disco e secagem, se possível, à sombra.

Para o lançamento de uma nova camada sobre uma já executada, deverá ser feita uma escarificação superficial da camada existente de modo a assegurar uma boa ligação entre camadas.

No caso do solo estar excessivamente seco, deverá ser promovida a umectação do mesmo com caminhão pipa e posterior homogeneização do solo com grade de discos.

Todas as camadas deverão ser convenientemente compactadas. Para o corpo dos aterros, a compactação deve ser procedida com o solo na umidade ótima, até $\pm 5\%$, até se obter a massa específica aparente seca entre 93% e 98% da massa específica seca máxima, definida no ensaio de PROCTOR NORMAL (ABNT NBR 7182). Os trechos que não atingirem as condições mínimas de compactação deverão ser escarificados, homogeneizados, levados à umidade adequada e novamente compactados, de acordo com a massa específica aparente seca exigida.

O controle de compactação consiste na execução de, no mínimo, 2 (dois) ensaios para cada 500m³ de solo compactado.

Durante a implantação, os serviços já executados deverão ser mantidos com boa conformação e permanente drenagem superficial.

10.4 TUBO PERFURADO DE PEAD – DRENAGEM DE GÁS E PERCOLADOS

O tubo perfurado para drenagem deverá ser fabricado em polietileno de alta densidade (PEAD), com diâmetro de 250mm, furos de 16mm e espaçados a cada 0,10m, com oito furos por seção. A Figura 32 apresenta uma seção ilustrativa de tubo perfurado.

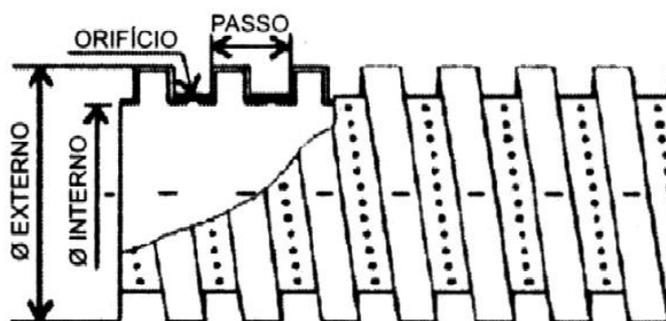


Figura 32: Tubo dreno de PEAD perfurado.

Os tubos deverão cumprir os requisitos estabelecidos na norma brasileira ABNT NBR 15561, os quais deverão ser demonstrados pelo fabricante em laudo e teste dos lotes fornecidos.

As conexões deverão atender os requisitos estabelecidos na norma brasileira ABNT NBR 15593.

10.5 TUBOS DE PEAD – COLETA E CONDUÇÃO DOS PERCOLADOS

Tubos fabricados em Polietileno de Alta Densidade (PEAD), com parede interna lisa.

Deverão cumprir os requisitos para tubos estabelecidos na norma brasileira ABNT NBR 15561, os quais deverão ser demonstrados pelo fabricante em laudo e teste dos lotes fornecidos.

As conexões deverão ser feitas por termofusão e atender os requisitos estabelecidos na norma brasileira ABNT NBR 15593.

Ressalta-se ainda a necessidade de supervisão do fabricante durante a instalação das tubulações.

10.6 MATERIAIS GEOSSINTÉTICOS

10.6.1 Barreira Geossintética Argilosa (GCL)

Produto composto por fina camada de bentonita sódica, envolvida por dois geotêxteis 100% polipropileno (tecido como elemento de suporte e não tecido como elemento filtrante) formando um único material e fabricado.

A barreira geossintética argilosa - GCL (Geosynthetic Clay Liner) deverá atender às especificações técnicas mínimas descritas no Quadro 17.

Quadro 17: Especificações técnicas do GCL.

Característica	Unid.	Valor	Método de ensaio	Frequência Mínima de Amostragem
Massa de Bentonita Sódica por unidade de área (seca)	g/m ²	≥3500	ASTM D5993	Por lote fornecido
Coefficiente de Permeabilidade	m/s	≤5x10 ⁻¹¹	ASTM D5887	Por lote fornecido
Massa por unidade de área do Geotêxtil não tecido	g/m ²	≥200	ABNT NBR ISO 9864	n.a.
Massa por unidade de área do Geotêxtil tecido	g/m ²	≥100	ABNT NBR ISO 9864	n.a.
Ligação entre as camadas	Agulhagem			n.a.

n.a.: não se aplica.

As especificações apresentadas no Quadro 17 deverão ser atendidas na íntegra, tanto em relação à frequência de amostragem, quanto em relação à metodologia a ser aplicada nos ensaios, de forma a garantir o correto funcionamento do elemento a ser utilizado na impermeabilização do aterro.

O FABRICANTE deverá possuir um sistema de controle de qualidade do material durante a sua fabricação.

O controle de qualidade deverá ser baseado em especificações contidas na GRI-GCL3.

Além disso, deverá ser fornecido o Certificado de Controle de Qualidade de Fabricação do material, garantindo as especificações técnicas exigidas, a quantidade de bobinas fornecidas com as respectivas identificações de cada bobina, conforme prescrito na ABNT NBR ISO 10320.

Os lotes deste material somente deverão ser liberados após a apresentação dos resultados dos testes de, pelo menos, 10% (dez por cento) dos mesmos, sendo comprovadas que as amostragens atendem aos critérios especificados.

10.6.2 Barreira Geossintética Polimérica (Geomembrana de PEAD)

O Quadro 18 apresenta a especificação técnica mínima da barreira geossintética polimérica (Geomembrana de PEAD), 2,0mm de espessura e texturizada nas duas faces, a ser utilizada.

Quadro 18: Especificação Técnica da Geomembrana de PEAD.

Propriedade	Método de ensaio	Valor	Frequência mínima de amostragem
Espessura (média mínima)	ABNT NBR ISO 9863-1 ASTM D5994	2,00 mm	Por bobina
• Menor valor individual para 8 de 10 valores		-10%	
• Menor valor individual de 10 valores		-15%	
Altura da ranhura (média mínima)	ASTM D7466	0,40mm	Por bobina
Densidade (valor mínimo)	ASTM D1505/D792	0,940 g/cm ³	Por lote fornecido
1. Resistência no Escoamento	ABNT NBR 15856 ASTM D6693 Tipo IV	29 kN/m – mínimo	Por lote fornecido
2. Alongamento no Escoamento		12 % - mínimo	
3. Resistência na Ruptura		21 kN/m – mínimo	
4. Alongamento na Ruptura		100 % - mínimo	
Resistência ao Rasgo	ASTM D1004	249 N - mínimo	Por lote fornecido
Resistência ao Puncionamento	ASTM D4833	534 N - mínimo	Por lote fornecido
Teor de Negro de Fumo	ASTM D4218	2,0 – 3,0%	Por lote fornecido
Dispersão de Negro de Fumo	ASTM D5596	Nota (1)	Por lote fornecido
Resistência ao Stress Cracking	ASTM D 5397	500 h - mínimo	Por lote fornecido

(1) Classificação mínima para avaliação de 10 amostras:

9 amostras nas Categorias 1 e 2 e 1 amostra na Categoria 3

As especificações apresentadas no Quadro 18 deverão ser atendidas na íntegra, tanto em relação à frequência de amostragem, quanto em relação à metodologia a ser aplicada nos ensaios, de forma a garantir o correto funcionamento do elemento a ser utilizado na impermeabilização do aterro.

A FABRICANTE deverá possuir um sistema de controle de qualidade do material durante a fabricação da geomembrana, como parte de seu plano de CQ/GQ (Controle de Qualidade / Garantia de Qualidade).

O controle de qualidade deverá ser baseado em especificações contidas na GRI-GM13 e/ou ABNT NBR 15352.

Além disso, deverá ser fornecido o Certificado de Controle de Qualidade de Fabricação do material, garantindo as especificações técnicas exigidas, a quantidade de bobinas fornecidas com as respectivas identificações de cada bobina, conforme prescrito na ABNT NBR ISO 10320.

Os lotes deste material somente deverão ser liberados após a apresentação dos resultados dos testes, sendo comprovadas que as amostragens atendem aos critérios especificados.

Todos os serviços de instalação deverão ser baseados na ABNT NBR 16199.

A INSTALADORA deverá comprovar a qualidade dos serviços de instalação da geomembrana por meio da apresentação das planilhas do registro dos trabalhos de instalação e dos relatórios dos ensaios não destrutivos e destrutivos realizados durante os serviços.

10.6.3 Geotêxtil Não Tecido – Proteção mecânica do sistema de impermeabilização

A especificação técnica mínima do geotêxtil não tecido é apresentada no Quadro 19.

Quadro 19: Especificação Técnica do Geotêxtil Não tecido.

Propriedade	Método de ensaio	Valor Mínimo	Frequência Mínima de Amostragem
Massa por unidade de área	ABNT NBR ISO 9864	500 g/m ²	Por lote fornecido
Resistência à tração – Transversal	ABNT NBR ISO 10319	25 kN/m	Por lote fornecido
Alongamento na ruptura – Transversal		50%	
Resistência à tração – Longitudinal	ABNT NBR ISO 10319	23 kN/m	
Alongamento na ruptura – Longitudinal		50%	
Resistência ao Puncionamento – CBR	ABNT NBR ISO 12236	4,50 kN	Por lote fornecido
Matéria Prima	100% Polipropileno		n.a.

n.a.: não se aplica.

10.6.4 Geotêxtil Não Tecido – Base para o dreno principal, drenagem subsuperficial e drenagem superficial

O Quadro 20 apresenta a especificação técnica mínima do geotêxtil não tecido a ser utilizado.

Quadro 20: Especificação Técnica do Geotêxtil não tecido.

Propriedade	Método de ensaio	Valor Mínimo	Frequência Mínima de Amostragem
Massa por unidade de área	ABNT NBR ISO 9864	300 g/m ²	Por lote fornecido
Resistência à tração – Transversal	ABNT NBR ISO 10319	15 kN/m	Por lote fornecido
Alongamento na ruptura – Transversal		50%	
Resistência à tração – Longitudinal	ABNT NBR ISO 10319	14 kN/m	
Alongamento na ruptura – Longitudinal		50%	
Resistência ao Puncionamento – CBR	ABNT NBR ISO 12236	2,40 kN	Por lote fornecido
Matéria Prima	100% Polipropileno		n.a.

n.a.: não se aplica.

O FABRICANTE deverá possuir um sistema de controle de qualidade do material durante a sua fabricação.

Além disso, deverá ser fornecido o Certificado de Controle de Qualidade de Fabricação do material, garantindo as especificações técnicas exigidas, a quantidade de bobinas fornecidas com as respectivas identificações de cada bobina, conforme prescrito na ABNT NBR ISO 10320.

Os lotes deste material somente deverão ser liberados após a apresentação dos resultados dos testes, sendo comprovadas que as amostragens atendem aos critérios especificados.

10.6.5 Geotêxtil Tecido – Base para o tapete drenante e viário

O Quadro 21 apresenta a especificação técnica mínima do geotêxtil tecido a ser utilizado.

Quadro 21: Especificação Técnica do Geotêxtil tecido.

Propriedade	Método de ensaio	Valor Mínimo	Frequência Mínima de Amostragem
Resistência à tração – Transversal	ABNT NBR ISO 10319	25 kN/m	Por lote fornecido
Alongamento na ruptura – Transversal		22%	
Resistência à tração – Longitudinal	ABNT NBR ISO 10319	25 kN/m	
Alongamento na ruptura – Longitudinal		18%	
Resistência ao Puncionamento – CBR	ABNT NBR ISO 12236	3,10 kN	Por lote fornecido
Matéria Prima	100% Polipropileno		n.a.

n.a.: não se aplica.

O FABRICANTE deverá possuir um sistema de controle de qualidade do material durante a sua fabricação.

Além disso, deverá ser fornecido o Certificado de Controle de Qualidade de Fabricação do material, garantindo as especificações técnicas exigidas, a quantidade de bobinas fornecidas com as respectivas identificações de cada bobina, conforme prescrito na ABNT NBR ISO 10320.

Os lotes deste material somente deverão ser liberados após a apresentação dos resultados dos testes, sendo comprovadas que as amostragens atendem aos critérios especificados.

10.6.6 GEOCÉLULA – DRENAGEM SUPERFICIAL

O Quadro 22 apresenta a especificação técnica mínima da geocélula a ser utilizada.

Quadro 22: Especificação Técnica da Geocélula.

Propriedade	Unidade	Valor
Altura da Célula	cm	10,0
Dimensão média da célula	cm	27,0 x 27,0
Área nominal das células	cm ²	729,0
Dimensão da Peça	m	6,0 x 2,60
Matéria Prima	Polipropileno rígido termofixado (PP) ou Polietileno de Alta Densidade (PEAD)	

O FABRICANTE deverá possuir um sistema de controle de qualidade do material durante a sua fabricação.

Além disso, deverá ser fornecido o Certificado de Controle de Qualidade de Fabricação do material, garantindo as especificações técnicas exigidas, a quantidade de material fornecido com as respectivas identificações, conforme prescrito na ABNT NBR ISO 10320.

Os lotes deste material somente deverão ser liberados após a apresentação dos resultados dos testes, sendo comprovadas que as amostragens atendem aos critérios especificados.

10.6.7 Geossintéticos - Recebimento na obra

O descarregamento na obra deve ser realizado com equipamento adequado, como por exemplo, empilhadeiras, caminhão Munck, trator com pá etc. O içamento das bobinas deve ser efetuado utilizando-se, por exemplo, cintas de poliéster, içando-as por meio de, no mínimo, dois pontos de sustentação, para evitar deformações.

10.6.7.1 Estocagem

Os materiais devem ser mantidos dentro da sua embalagem original, de preferência, em local coberto e apropriado para o perfeito abrigo à luz (ultravioleta) e intempéries em geral.

Os materiais não devem ser estocados em locais sujeitos ao excesso de poeira e de sujeiras em geral (lama, graxa, óleo etc.), pois o desempenho de suas funções pode ser prejudicado.

No caso de uma estocagem defeituosa é, no mínimo, indispensável, a eliminação das primeiras “voltas” da bobina antes da instalação do geossintético.

Quanto ao empilhamento, devem ser seguidas as recomendações do fabricante que acompanham o produto. Na falta destas, é aconselhável o empilhamento em no máximo 3 (três) níveis de bobinas.

10.6.7.2 Instalação

O responsável pela instalação dos materiais deverá realizar um planejamento dos serviços, de acordo com as instruções do FABRICANTE, contendo, pelo menos, os seguintes itens:

- ✓ Disposição das mantas, com indicação das direções, sentidos e ordem de instalação;
- ✓ Tipos de união das mantas, com comprimento da sobreposição, direção e sentido;
- ✓ Procedimentos e detalhes construtivos de preparo do solo base; cuidados com o transporte, estocagem e manuseio.

Ressalta-se que, na presença de vento com alta velocidade, deverão ser dispostos sacos de areia sobre a superfície do material. Além disso, não proceder à aplicação do material em dias de chuva forte ou sobre áreas alagadas.

11 MANUAL DE OPERAÇÃO

Apresenta-se a seguir uma descrição sucinta da forma de operação, bem como todos os sistemas de proteção ambiental, visando garantir a disposição final adequada dos rejeitos.

11.1 LANÇAMENTO, ESPALHAMENTO E COMPACTAÇÃO DOS RESÍDUOS

O caminhão coletor ou basculante descarrega os resíduos no sopé da frente de operação. O lançamento e espalhamento dos resíduos, após identificação dos veículos coletores serão realizados a partir das áreas de acesso e manobra com o auxílio de equipamento trator sobre esteiras.

A operação de espalhamento consiste no arranjo das camadas de resíduos. A espessura requerida das camadas será controlada topograficamente mediante a utilização de cruzetas de referência, sendo os acertos em locais especiais, como próximo aos drenos de percolados, realizados através de operações manuais complementares.

A Figura 33 apresenta a relação entre a espessura da camada de resíduos e o peso específico após a compactação.

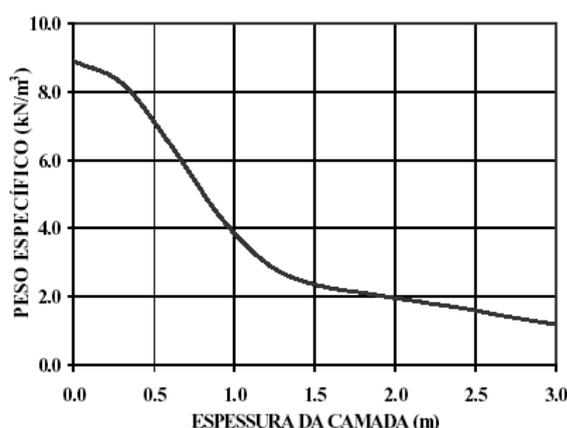


Figura 33: Relação entre o peso específico dos resíduos e a espessura das camadas após o espalhamento para posterior compactação.

Fonte: SCHOMAKER (1972) citado e adaptado por MARQUES (2001).

Recomenda-se a utilização de espessura após o espalhamento entre 0,40 e 0,60m. Posteriormente os resíduos espalhados serão compactados pelo trator sobre esteiras, que deverá subir e descer sobre os resíduos, de 3 a 6 vezes, dependendo da

espessura inicial da camada de lixo, formando-se a rampa de inclinação máxima de 1(V):3(H). No estudo de MARQUES (2001) foi verificado que após 6 passadas o acréscimo de tensões não se faz mais presente. A Figura 34 apresenta a relação entre o número de passadas e o peso específico após a compactação.

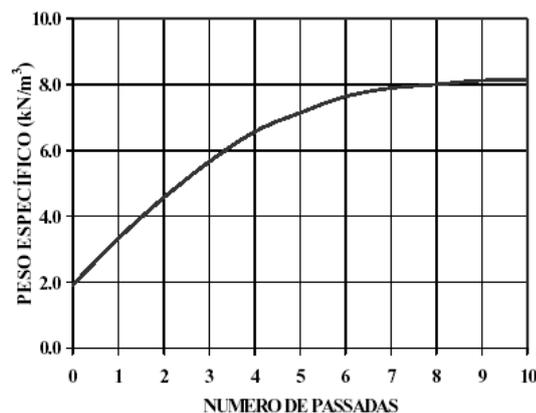


Figura 34: Relação entre o peso específico dos resíduos e o número de passadas do equipamento

Fonte: SCHOMAKER (1972) citado e adaptado por MARQUES (2001).

Previamente ao lançamento e compactação, deverão ser executados os devidos elementos de drenagem, tais como:

- ✓ Drenos de lixiviado sobre a célula;
- ✓ Drenos verticais de lixiviado;
- ✓ Drenos provisórios e definitivos de águas pluviais;
- ✓ Impermeabilização da base e drenagem da fundação.

Deverão ser atendidas todas as especificações técnicas constantes em todos os documentos de projeto.

Importante ressaltar a necessidade em se respeitar as geometrias e declividades definidas no Projeto Executivo, conforme apresentado nos Desenhos de Projeto (Volume 2).

Cumprе salientar ainda a necessidade de se interligar os sistemas de Etapas já encerradas, em especial referente ao sistema de drenagem vertical de lixiviado. Para

o caso de drenos verticais com queimadores já instalados, os mesmos deverão ser removidos para que seja possível a interligação das tubulações já existentes.

Para o caso da interligação dos drenos verticais entre a Etapa 1 e a Etapa 4, visto se tratar de elementos distintos, ou seja, para a Etapa 1 os drenos verticais são compostos por tubos de concreto perfurado e para a Etapa 4 foram previstos tubos perfurados em PEAD, será necessária a interligação dos drenos por meio de um adaptador, conforme detalhe apresentado na Figura 35.

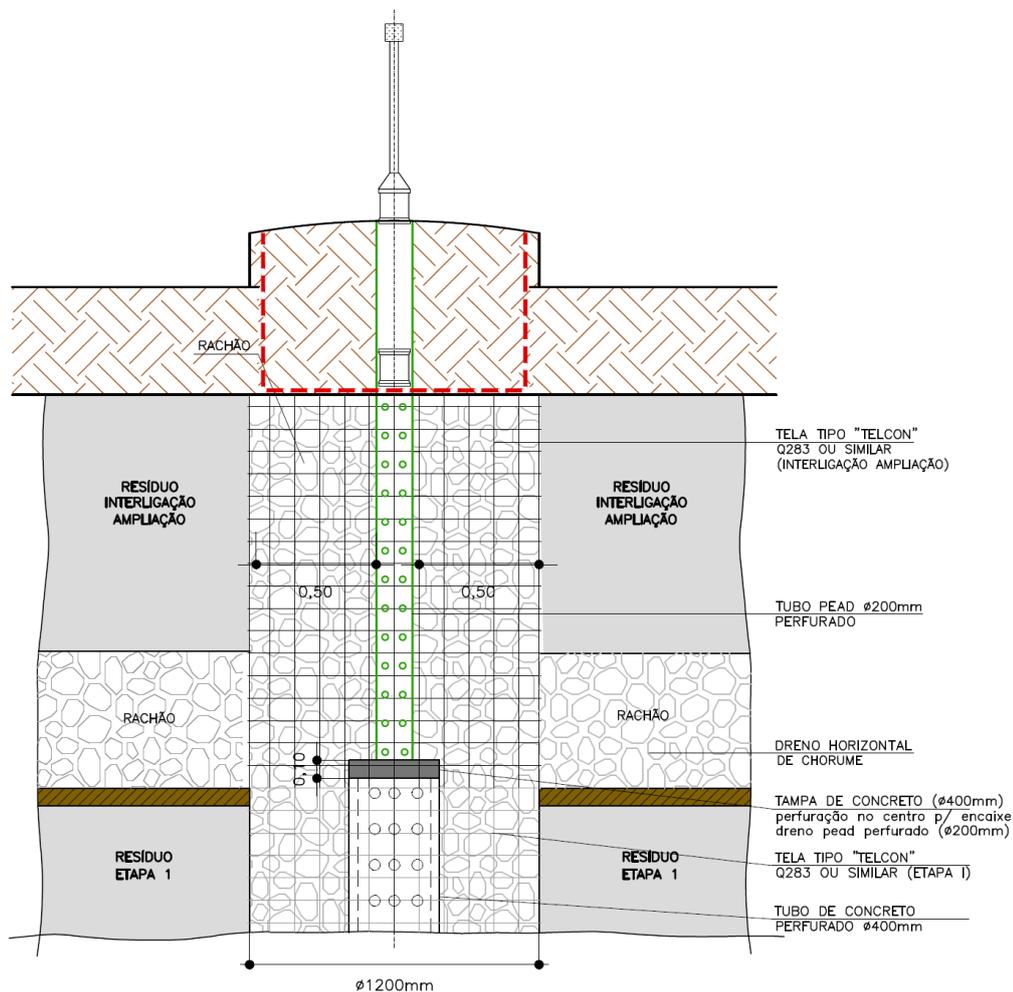


Figura 35: Representação esquemática da interligação de drenos verticais – Etapas 1 e 4.

A respectiva adaptação irá garantir a interligação dos sistemas já existentes e refletir, portanto, em um adequado funcionamento do sistema de drenagem.

11.2 SISTEMA DE COBERTURA DIÁRIA E FINAL

Em Aterros Sanitários a cobertura diária é necessária para prevenir a proliferação de moscas e roedores, dentre outros vetores transmissores de doenças, evitando também o arraste de resíduos pelo vento e chuva, incêndios e reduzindo impactos visuais. A espessura desta cobertura deve levar em consideração o tempo entre a conclusão da célula e o início de nova célula acima desta. Nos trechos onde haverá reinício das operações em períodos relativamente curtos, uma espessura de 0,15 m a 0,20 m de solo lançado é suficiente. Quando o reinício for feito em prazos mais longos, a espessura a ser utilizada deverá ser de 0,30 m (Figura 36). Para cobertura final recomenda-se a utilização de camadas de solo com espessura de 0,60m de solo compactado.

Cumprir destacar que a cobertura diária deverá ser sempre removida antes do início da disposição da próxima camada, permitindo que os resíduos novos estejam sempre em contato com os resíduos da camada adjacente, ou seja, contato resíduo com resíduo, tendo em vista o ganho de eficiência do sistema de drenagem interna (gás e percolados) e melhorando, conseqüentemente, as condições de estabilidade do maciço.

Para o caso da cobertura final em Etapas já encerradas, o mesmo procedimento deverá ser executado, ou seja, a cobertura final deverá ser removida de modo a permitir o contato resíduo com resíduo e, portanto, interligando o sistema de drenagem interna existente.

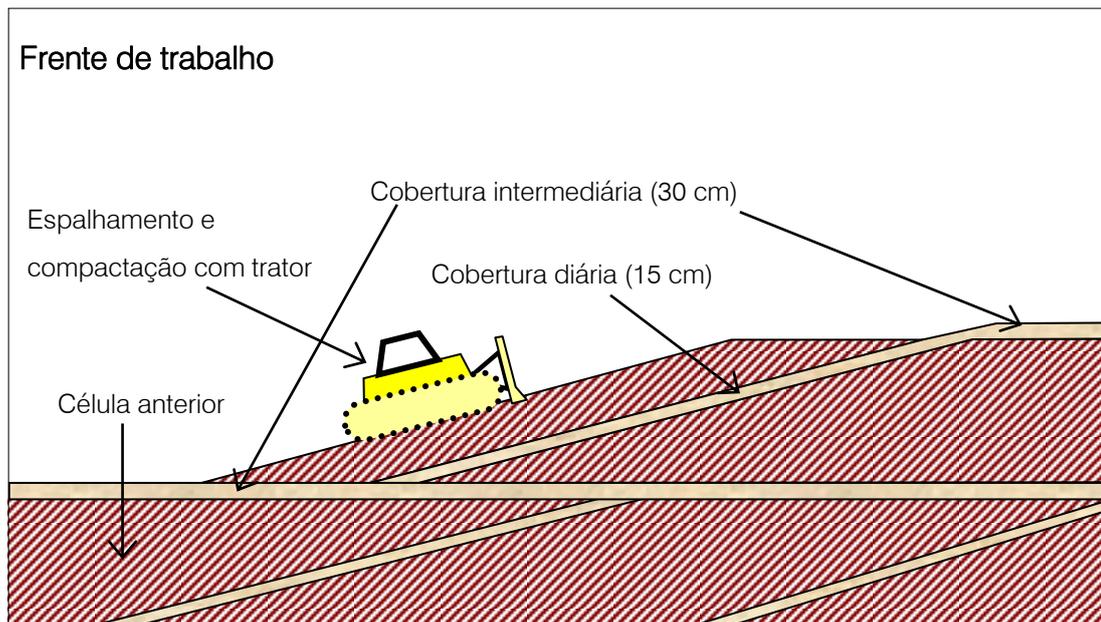


Figura 36: Frente de trabalho do aterro sanitário.

Em função da quantidade de resíduo recebido no aterro e das dimensões da célula em execução, a cobertura do topo da célula deverá ser feita continuamente, deixando exposta apenas a frente de lançamento.

Em longo prazo, a cobertura final previne a proliferação de insetos e outros vetores transmissores de doenças, além de reduzir o escape dos gases e proporcionar condições adequadas para a circulação de veículos.

Durante os horários de pico de recepção de resíduos as dimensões da frente de trabalho aumentam significativamente. No intuito de se evitar a emissão de substâncias odoríferas que venham a ocorrer na área de lixo a céu aberto adotará a seguinte meta de cobertura diária:

- Frente de Trabalho não superior a 50m, com comprimento do talude igual a 15m (equivalente à declividade 1V:3H na compactação, para altura de célula de 5m), e comprimento na plataforma não superior à 10m, totalizando área de projeção do lixo a céu aberto inferior a 1250m².

A manutenção da frente de trabalho, em épocas normais e de chuva, deverá contar com acessos locais de descarga cascalhados e drenados.

Imediatamente após a aplicação da cobertura final prossegue-se com o plantio de grama sobre o talude e implantação dos elementos de drenagem superficial. Desta forma, minimizam-se os impactos relacionados à drenagem superficial, tais como erosão da cobertura dos taludes e deposição de material nas imediações.

De forma a evitar os impactos negativos do excesso de impermeabilização, como o aumento do escoamento superficial, aplica-se também uma camada de solo orgânico, precedida por uma escarificação para garantir ligação entre as duas camadas. Sobre esta camada é efetuada o plantio de grama. Desta forma garante-se tanto impermeabilização como aumento dos índices de Evapotranspiração, reduzindo-se a vazão de percolados e a vazão de pico da drenagem superficial.

A experiência demonstra que em aterros bem operados o volume de material de cobertura diária e final corresponde a, aproximadamente, 10% do volume da célula.

Ressalta-se ainda que na ausência de solo, em situações de alto índice pluviométrico ou quando se mostrar mais econômico poderá ser utilizada cobertura com material sintético de função equivalente (“mantas de sacrifício”) O Anexo B apresenta a especificação técnica de alguns materiais possíveis de serem utilizados.

Ademais, para evitar a dispersão de sacolas plásticas pela ação do vento, é necessária a instalação de dispositivos do tipo cerca de tela ou material com função equivalente no entorno das áreas operacionais.

11.3 DIRETRIZES PARA O CONTROLE DA PRESENÇA DE AVES NA FRENTE DE TRABALHO

A disposição dos resíduos em aterro sanitário deve ser realizada, preferencialmente, com frente única de trabalho tendo em vista a redução da área total de exposição de matéria orgânica bem como a concentração de pessoal e equipamentos. Dessa maneira, a execução e o controle das atividades de disposição, compactação e cobertura dos resíduos ficam facilitados, evitando a exposição prolongada de matéria orgânica.

Durante o período diurno, as operações de compactação e cobertura dos resíduos deverão ser contínuas visando diminuir a exposição dos mesmos e a emissão de odor característico, sendo estes fatores de atração e permanência de aves no local (CENIPA, 2002).

Além do controle operacional, podem ser utilizadas as seguintes medidas mitigadoras:

- Uso de artifícios pirotécnicos: o qual inclui explosões de pólvora, produzidas por fogos pirotécnicos de combustão rápida. Existe uma grande variedade de projéteis, que podem ser disparados por pistolas especiais, capazes de provocar uma explosão bastante ruidosa, assim como fumaça e luz brilhante que atemorize as aves. Alguns cartuchos alcançam mais de 300m de altura (SOUZA, 2001);
- Podem ser utilizados, também, os rojões (foguetes) comuns, que, embora tenham um alcance mais limitado, possuem custo mais baixo. Além disso, permitem uma boa mobilidade dos operadores e tem-se certeza de um direcionamento mais preciso para o bando de aves (FAA, 2000);
- Outros dispositivos dissuasivos colocados em terra, tais como: sonoros, ou seja, emissão de sons semelhantes aos emitidos pelas aves quando se encontram sob pressão ou coação, em sinal de alerta ou perigo. Podem ser, também, repelentes químicos, espantalhos, canhões de laser dentre outros.

A seleção da medida mitigadora deverá observar a sua facilidade de manejo, sua eficiência e custos envolvidos.

Recomenda-se ainda a avaliação periódica, pelo empreendedor, dos resultados das ações mitigadoras empregadas para reduzir a presença de aves e, se necessário, adoção de novas medidas. Os relatórios de avaliação, contendo os registros de monitoramento e a descrição das novas medidas aplicadas, se existentes, deverão ser enviados ao Órgão Ambiental Estadual, ao Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos e ao Instituto de Aviação Civil.

Por fim, importante ressaltar a necessidade da cobertura diária dos resíduos, evitando a infiltração de águas pluviais e a proliferação de vetores.

12 PLANO DE EMERGÊNCIA E CONTINGÊNCIA

O Plano de Emergência e Contingência apresenta estratégias planejadas e coordenadas a serem executadas em uma eventual situação de emergência, de forma a se ter uma resposta rápida, eficaz e organizada, para garantir a segurança e saúde dos funcionários e minimizar os danos ao meio ambiente.

Nele são estabelecidos os principais cenários de riscos que podem ocorrer no Aterro Sanitário e os procedimentos, ações e decisões que devem ser tomadas para minimizar esses riscos. Para a eficácia das ações previstas, é importante que todos os funcionários do local saibam de suas responsabilidades e recebam treinamento contínuo.

Conforme estabelecido na ABNT NBR 13.896, o Plano de Emergência deve conter:

- i. Informações de possíveis incidentes e das ações a serem tomadas;
- ii. Indicação da(s) pessoa(s) que deve(m) atuar como coordenador(es) das ações de emergência, indicando seu(s) telefone(s) e endereço(s) – esta lista deve estar sempre atualizada;
- iii. Lista de todo equipamento de segurança existente, incluindo descrição do tipo e capacidade.

É possível distinguir os acidentes, que são emergências possíveis de serem controladas com os próprios recursos do Aterro (como por exemplo, incêndios e derramamentos) das catástrofes e calamidades, que são praticamente fora de controle quando ocorrem.

Portanto, as emergências podem ser classificadas segundo dois níveis:

- Nível 1: Gestão em operação normal, que inclui a manutenção e inspeção tendo por base o Plano de Monitoramento do Aterro Sanitário, com a finalidade de detectar qualquer irregularidade que possa pôr em perigo a médio e longo prazo a estabilidade do Aterro;
- Nível 2: Gestão em situação de emergência, que inclui a definição e a mobilização dos meios, materiais, recursos técnicos e humanos necessários à gestão da crise e a minimização dos danos na eventualidade da ocorrência de um acidente.

12.1 GESTÃO EM OPERAÇÃO NORMAL

A gestão em operação normal tem suas ações definidas em função do Plano de Monitoramento do Aterro Sanitário.

As principais patologias abordadas por esta parte do plano estão relacionadas à movimentação dos taludes de resíduos do Aterro, a qual pode colocar em risco a integridade do maciço. E com isto, a ocorrência de um deslizamento constituindo-se em uma das catástrofes mais graves.

Com base em TERZAGHI (1950), as causas dos deslocamentos excessivos e/ou escorregamentos podem ser consideradas em três níveis:

Causas externas

São devidas a ações externas que alteram o estado de tensão sobre o maciço.

Causas internas

São aquelas que atuam reduzindo a resistência ao cisalhamento do solo sem ferir seu aspecto geométrico visível, tais como:

- Aumento da pressão neutra;
- Decréscimo da coesão.

Causas intermediárias

São aquelas que não podem ser explicitamente classificadas em uma das classes supracitadas, tais como:

- Liquefação espontânea;
- Erosão interna;
- Rebaixamento do nível d'água.

Dada à natureza das prováveis causas de deslocamentos excessivos, conclui-se que a análise dos deslocamentos superficiais deve ser feita, no mínimo, sempre em conjunto com a análise dos dados piezométricos, dados pluviométricos e registro das operações do Aterro.

12.2 GESTÃO EM SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA

Coordenador de emergência

Funcionário designado para tomar todas as medidas necessárias para o controle em casos de emergência.

Este coordenador deve estar familiarizado com o plano de emergência, com as operações existentes nas instalações e a localização e características dos equipamentos de segurança.

É sua responsabilidade:

Determinar a natureza da emergência;

- Conduzir as ações necessárias para o controle da situação e a proteção dos funcionários/visitantes do aterro em qualquer evento de emergência;
- Determinar a evacuação da área, se necessário;
- Realizar reuniões com a equipe local e os técnicos dos órgãos ambientais fiscalizadores, reguladores e administradores públicos;
- Acompanhar o cumprimento das normas de segurança internas;
- Comunicar aos órgãos envolvidos (polícia, corpo de bombeiros e outros) e comunidades próximas a ocorrência de um evento de emergência;
- Divulgar o conteúdo do Plano a todos os funcionários do aterro;
- Efetuar o registro de ocorrência das emergências, após o retorno à normalidade.

A comunicação da emergência a todos os trabalhadores locais deve ser feita o mais rápido possível. Para tanto, será feito o uso preferencial de rádios e telefones celulares ou fixos.

É recomendado criar um grupo de WhatsApp, para o envio de mensagens de comunicação imediata a todos os trabalhadores que não estão no turno de trabalho no momento de emergência nível alto, não sendo descartado a comunicação via celular ou telefone fixo a todos.

Se a comunicação com agentes externos for necessária, o contato deve ser feito por meio de telefones fixos ou celulares, observando-se a relação de órgãos a serem contatados em casos de emergência.

ÓRGÃOS CONTATÁVEIS EM CASOS DE EMERGÊNCIA

O Quadro 23 apresenta uma lista de Órgãos contatáveis em casos de emergência e deverá ser fixado em local visível e ser periodicamente atualizado.

Quadro 23: Órgãos contatáveis em casos de emergência.

<i>Instituição</i>	<i>Telefone de contato</i>
Consultoria Técnica	<i>Telefone atualizado</i>
Corpo de Bombeiros	193
Hospital	<i>Telefone atualizado</i>
Polícia Militar	190
Órgão Ambiental	<i>Telefone atualizado</i>

ATENDIMENTO A EMERGÊNCIAS

As principais situações de emergência que podem ocorrer no aterro sanitário são as seguintes:

- 1) Emergências médicas
- 2) Queda de energia elétrica
- 3) Recebimento de resíduos não autorizados
- 4) Falhas ou acidentes com veículos e máquinas
- 5) Fogo ou incêndio:
 - a) No maciço de resíduos
 - b) Em caminhões coletores
 - c) Em edificações de apoio
 - d) Nas áreas arborizadas ou gramadas e nas pastagens no perímetro do aterro

- 6) Explosões
- 7) Derramamentos de produtos químicos
- 8) Alagamentos e erosões causadas por falhas na drenagem de águas pluviais
- 9) Extravasamento de percolados
- 10) Ruptura local ou global do maciço de resíduos
- 11) Contaminação ou poluição das águas subterrânea ou superficial por percolado

O Quadro 24 apresenta a classificação das emergências, segundo os danos causados. As ações acerca dos procedimentos a serem realizados em eventos emergenciais são apresentadas nos itens a seguir.

Quadro 24: Classificação das emergências.

SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA	CLASSIFICAÇÃO DOS DANOS CAUSADOS
Ruptura global do maciço de resíduos	Alto
Explosão no maciço de resíduos	Alto
Incêndio nas edificações de apoio	Alto
Emergências médicas por grandes acidentes (atropelamentos, por exemplo)	Alto
Ruptura local no maciço de resíduos	Médio
Fogo ou incêndio no maciço de resíduos	Médio
Fogo ou incêndio em caminhões coletores	Médio
Fogo ou incêndio nas áreas arborizadas ou gramadas	Médio
Extravasamento de percolados	Médio
Alagamentos e erosões causadas por falhas na drenagem de águas pluviais	Médio
Contaminação das águas superficiais e/ou subterrâneas por percolados	Médio
Falhas ou acidentes com veículos e máquinas	Médio
Recebimento de resíduos não autorizados	Baixo
Queda de energia elétrica	Baixo
Derramamentos de produtos químicos	Baixo
Emergência médicas por pequenos acidentes	Baixo

Emergências Médicas

Caso ocorra uma emergência médica no local, os seguintes procedimentos devem ser observados:

- Notificar imediatamente o Coordenador de Emergência;
- Encaminhar os feridos ao Hospital mais próximo. Se não for possível, o Coordenador deverá acionar o serviço de resgate adequado (ambulância do SAMU, corpo de bombeiros).

Todos os atendimentos deverão ser registrados no Formulário para Registro de Ocorrência de Emergência, independentemente do cumprimento do registro formal exigido pela legislação trabalhista.

Queda de energia elétrica

No caso de uma pane ou queda de energia elétrica, a empresa de energia elétrica local deverá ser acionada pelo Coordenador de Emergência, para efetuar os devidos reparos.

Caso haja possibilidade e disponibilidade, um gerador poderá ser utilizado.

Recebimento de resíduos não autorizados

Caso seja identificada uma carga de resíduos em desacordo com a licença de operação, o Coordenador de Emergência deverá registrar a placa do veículo, o nome do motorista e seu documento de identificação, bem como o nome da empresa transportadora, a natureza dos resíduos e, sendo possível, o nome do gerador. Essas informações serão registradas no Formulário para Registro de Ocorrência de Emergência.

O veículo será encaminhado à portaria e o Coordenador de Emergência deverá tomar as providências quanto ao tratamento da carga de resíduo não autorizado.

Falhas ou acidentes com veículos e máquinas

Caso ocorra qualquer acidente com algum veículo ou máquina, o condutor seguirá o seguinte procedimento:

- Parar o veículo, se possível em um local com menor impacto ao trânsito dos demais, desligar o motor e ligar o pisca-alerta;

- Sinalizar adequadamente o local com triângulo ou cone; Caso necessário, qualquer pessoa envolvida ou não no acidente deverá comunicar e solicitar, ao Coordenador de Emergência, assistência médica ou outros serviços (oficina, bombeiros etc.);
- Tirar fotos de qualquer dano causado ao veículo.

A polícia deve ser chamada ao local do acidente quando:

- Uma pessoa for ferida ou for registrado óbito;
- Houver suspeita de que um motorista ou operador esteja portando drogas ilícitas.

Todos os acidentes de veículos devem ser registrados no Formulário para Registro de Ocorrência de Emergência e uma investigação interna sobre a causa deve ser realizada.

Caso haja qualquer tipo de impedimento à disposição de resíduos na frente de trabalho, bem como em qualquer ponto dentro do maciço em operação, será aberta, em uma área específica, uma frente de trabalho provisória e emergencial para dispor os resíduos. Os resíduos dispostos nesta área deverão ser imediatamente transferidos para frente normal de disposição assim que for regularizada a operação do aterro.

Destaca-se que os resíduos somente poderão ser dispostos na frente de trabalho provisória e emergencial definida pelo Coordenador de Emergência. Caso contrário, as informações deverão ser registradas no Formulário para Registro de Ocorrência de Emergência, o veículo deverá ser encaminhado à portaria e o Coordenador de Emergência deverá tomar as providências quanto a notificação da empresa responsável pelo ocorrido.

Exceto para o caso de falta de energia elétrica, caso ocorra qualquer outro problema que resulte na indisponibilidade da balança de pesagem dos caminhões, a massa de resíduos recebida será estimada, provisoriamente, por meio do tratamento estatístico dos valores aferidos de pesagem.

Fogo ou incêndio

A existência de um incêndio está relacionada à presença de fogo. Portanto, incêndio é o nome dado a uma ocorrência de fogo não controlado que pode, pela ação das suas chamas, calor e/ou fumaça, proporcionar danos à vida, ao patrimônio e ao meio ambiente.

O fogo pode ocorrer em diferentes locais do aterro sanitário:

- Na área de operação de aterramento dos resíduos (ou seja, no maciço);
- Nos caminhões de coleta e transporte de resíduos;
- Nas edificações de apoio;
- Nas áreas arborizadas ou gramadas e nas pastagens no perímetro do aterro.

Em qualquer uma das situações apresentadas, a prevenção de incêndios deve envolver, principalmente:

- A inspeção visual constante de áreas onde o fogo pode ser um perigo; e
- A limpeza dessas áreas para minimizar o risco de incêndio.

Os equipamentos de combate a incêndio (extintores) devem estar localizados em todas as edificações do aterro, com placas indicativas da localização desses, em conformidade com as especificações do corpo de bombeiros.

Todos os funcionários do aterro devem ser orientados a avisar imediatamente ao Coordenador de Emergência, caso observem algum incêndio. Os detalhes a serem informados são os seguintes:

- Localização do fogo;
- Se alguém está preso, ferido ou de outra forma envolvido;
- Qualquer ação tomada até o momento.

Importante registrar que nenhuma ação para lidar com o fogo deve ser iniciada sem que outra pessoa seja antes notificada, a menos que a segurança individual esteja em risco.

Após tomar conhecimento dos fatos, o Coordenador de Emergência deverá contatar o corpo de bombeiros para as devidas providências. Se o incêndio for pequeno o

suficiente para ser combatido com segurança, qualquer funcionário da Brigada de Incêndio do Aterro Sanitário poderá tentar extinguir o fogo.

Alternativamente e caso o incêndio seja de pequenas proporções, e suficiente para ser combatido com segurança pela equipe do Aterro Sanitário, poderá ser acionado o caminhão pipa, o qual poderá auxiliar as operações de combate ao incêndio.

Caso seja necessário evacuar completamente o local, todo o pessoal, incluindo motoristas e visitantes, deve se deslocar para a Entrada do Aterro e aguardar as instruções do Coordenador de Emergência.

Uma vez reunidos, o Coordenador de Emergência deve realizar a contagem de todos os presentes. Caso alguém não seja localizado, o Coordenador deverá tentar contatá-lo diretamente por telefone, a fim de verificar se ainda se encontra no aterro.

O Coordenador de Emergência decidirá se as operações podem ser continuadas, caso esteja convencido de que a situação de emergência cessou.

Os efluentes líquidos gerados pela adição de água no combate ao fogo deverão, se possível, ser encaminhados para o sistema de armazenamento de percolados.

As medidas preventivas e os procedimentos a serem seguidos em caso de emergência, para cada tipo específico de incêndio, são descritos a seguir:

✓ **No maciço de resíduos**

A prevenção de fogo no maciço de resíduos deve se basear nas seguintes ações:

- Inspeção local para verificar a existência de qualquer foco de fogo a fim de permitir ação imediata para extingui-lo;
- Recobrimento diário dos resíduos para minimizar os riscos de focos de fogo;
- Controle rigoroso do recebimento de resíduos para evitar a entrada de materiais e produtos inflamáveis;
- Evitar que os operadores fumem no local;
- Disponibilizar caminhão pipa, se possível, para o combate inicial a algum foco de fogo.

Caso ocorra um incêndio, os procedimentos gerais recomendados são:

- O fornecimento de energia elétrica e os drenos de gás devem ser desligados somente se houver risco subsequente;
- Se houver algum maquinário ou equipamento próximo ao fogo, o mesmo deve ser desligado ou movido para uma área segura, desde que tal ação não coloque em risco a pessoa envolvida;
- Caso o incêndio no maciço de resíduos seja persistente, deverá ser providenciada a mobilização de uma equipe específica, capaz de monitorar a região e acompanhar o combate ao incêndio até que seja comprovado que o foco foi totalmente apagado.

Adicionalmente, e de maneira a se evitar focos de incêndio no maciço de resíduos, deve-se providenciar permanentemente a cobertura diária regular dos resíduos, ao final da jornada e, também, a manutenção da cobertura vegetal, em especial na época de seca.

Os funcionários não devem entrar na área durante um evento de incêndio.

✓ **Em caminhões coletores**

Caso ocorra um incêndio em algum veículo, as seguintes providências devem ser tomadas:

- Estacionar o veículo em uma área segura, de preferência afastada de quaisquer instalações, sem vegetação e onde a carga possa ser descarregada e o incêndio extinto com o uso de extintores ou caminhão pipa;
- Caso o veículo não possa ser movido, o condutor deve desligar o motor e se afastar do local o mais rápido possível;
- Se for possível fazer uso de extintores, o condutor deve se posicionar contra o vento para evitar a inalação de fumaça;
- Caso o uso de extintores não seja possível, o Corpo de Bombeiros deve ser acionado o mais rápido possível
- Outros equipamentos devem ser afastados, se possível.

Os efluentes líquidos gerados pela adição de água no combate ao fogo deverão, se possível, ser encaminhados para o sistema de armazenamento de percolados.

✓ **Em edificações de apoio**

Para a prevenção do fogo nas edificações, deve-se:

- Manter os locais limpos e arrumados e com lixeiras esvaziadas regularmente;
- Todos os produtos químicos existentes nesses locais devem estar adequadamente rotulados e armazenados;
- Não deve ser permitido fumar nestes locais;
- Qualquer derramamento de líquidos ou material inflamável deve ser eliminado imediatamente.

Caso ocorra fogo nestes locais, a energia elétrica da área afetada deve ser desligada, juntamente com qualquer outro suprimento de combustível ou gás, se necessário.

Se for seguro, remover qualquer equipamento próximo do fogo, juntamente com quaisquer outros materiais potencialmente inflamáveis.

Os efluentes líquidos gerados pela adição de água no combate ao fogo deverão, se possível, ser encaminhados para o sistema de armazenamento de percolados.

✓ **Nas áreas arborizadas ou gramadas e nas pastagens no perímetro do aterro**

As medidas de prevenção utilizadas neste caso são as seguintes:

- A vegetação local e das imediações devem ser inspecionadas regularmente, em especial durante os períodos mais secos;
- Aceiros devem ser construídos e mantidos de forma adequada ao longo das cercas que limitam a área do aterro.

Caso seja observado fogo em alguma vegetação, o Coordenador de Emergência deve ser imediatamente avisado.

Explosões

Uma explosão na área do aterro sanitário pode ocorrer em três situações distintas:

- Em um ambiente incendiado, desde que o mesmo seja fechado e que haja diminuição de oxigênio. Se o local for oxigenado por alguma abertura haverá

uma deflagração repentina, com uma explosão de dentro para fora do ambiente;

- Em um local aberto, devido a um incêndio no local;
- Pelo acúmulo de biogás pressurizado devido a problemas no sistema de drenagem de gases.

Caso ocorra uma explosão na área do aterro sanitário, qualquer funcionário que estiver presente nas imediações deve realizar os seguintes procedimentos:

- Comunicar imediatamente ao Coordenador de Emergência;
- Evacuar o local;
- Desligar, se possível, a energia elétrica local;
- Nenhum funcionário deve retornar à área sem autorização do Coordenador de Emergência.

O Coordenador de Emergência deverá contactar os serviços de emergência necessários (por exemplo, corpo de bombeiros, ambulância ou até mesmo a polícia).

Os efluentes líquidos gerados pela adição de água no combate ao fogo deverão, se possível, ser encaminhados para o sistema de armazenamento de percolados.

Derramamentos de produtos químicos

Caso ocorra algum derramamento de produtos químicos, as seguintes providências devem ser tomadas:

- Comunicar imediatamente ao Coordenador de Emergência, indicando o tipo de produto derramado;
- Pequenos derramamentos serão contidos com o uso do solo local;
- Dependendo da magnitude do derramamento, o Coordenador de Emergência poderá solicitar ao grupo de apoio que execute uma barreira física com o solo local para evitar o líquido alcance o sistema de drenagem de águas pluviais;
- Caso o produto derramado seja classificado como perigoso, o solo utilizado para a contenção do mesmo deve ser preferencialmente encaminhado para aterros de resíduos perigosos ou incineradores. Se a quantidade de solo

utilizada tiver sido pequena, a critério do Coordenador de Emergência, o mesmo pode ser disposto no próprio aterro sanitário;

- Caso o derramamento ocorra em um ambiente fechado, abrir todas as portas e janelas para permitir melhor ventilação do local;
- A área afetada deve ser isolada e evacuada se necessário (por exemplo, para produtos químicos que liberam gases tóxicos);
- Se o derramamento ocorrer em grandes proporções ou for proveniente de tanques de combustível, o Coordenador de Emergência notificará o Órgão Ambiental e IBAMA;
- Se o derramamento resultar em explosão ou incêndio, serão seguidas as orientações descritas anteriormente.

Importante observar que a contenção de derramamento por um funcionário do aterro, mesmo quando considerado pequeno, só deve ser realizada quando se tiver certeza de que não haverá riscos à segurança do mesmo.

Alagamentos e erosões causados por falhas na drenagem de águas pluviais

Caso os eventos críticos de precipitação resultem no acúmulo de águas pluviais na superfície da área operacional do aterro, serão construídos drenos provisórios mais próximos uns dos outros.

Além disso, como medida preventiva, deverá ser prevista a manutenção periódica de todo o sistema de drenagem de águas pluviais, principalmente antes do período das chuvas, a fim de assegurar a efetividade do escoamento.

Extravasamento de percolados

✓ Nos taludes do maciço de resíduos

O vazamento de percolados através dos taludes do aterro poderá, dependendo de sua magnitude, alcançar o sistema de drenagem de águas pluviais e, por conseguinte, seu corpo hídrico receptor causando poluição ou contaminação das águas.

✓ **Importância do monitoramento do nível de percolado na base do aterro sanitário**

Os piezômetros a serem instalados nos maciços são os principais dispositivos utilizados para o monitoramento do nível de percolados na base do aterro. A fim de proporcionar um controle efetivo, recomendam-se as medições dos níveis uma vez por semana.

O monitoramento do nível de percolados do aterro também será complementado pela comparação da estimativa de geração de percolados, obtida em projeto, com a medição da vazão na Calha Parshall.

Para este projeto é prevista a instalação de 1 (uma) nova Calha com sistema automatizado de medição, com capacidade mínima correspondente a vazão de lixiviados prevista no **item 9.1**.

✓ **Ações de emergência e contingência a serem adotadas**

Em caso de exsudação de percolado nas bermas e taludes, a primeira ação deverá ser a tentativa de conter esse líquido dentro do maciço de resíduos, impedindo seu escoamento para o sistema de drenagem pluvial e direcionando-o para o seu próprio sistema de drenagem pré-existente.

Caso ocorra o vazamento de percolados através dos taludes numa magnitude que alcance o sistema de drenagem de águas pluviais, ações devem ser executadas para evitar a poluição e contaminação do corpo hídrico receptor.

✓ **Na lagoa de contenção de percolados**

Ocorrendo o transbordamento de percolado na lagoa, em magnitude que não atinja o sistema de drenagem de águas pluviais, será adicionada uma camada de solo local para contenção do percolado vazado e posterior coleta, transporte e disposição do solo contaminado para a área operacional do aterro. Para tal procedimento, será utilizado o mesmo veículo que transporta o material de cobertura dos resíduos.

Ruptura local ou global do maciço de resíduos

A instabilidade do maciço de resíduos pode resultar em diferentes tipos de deslizamento, os quais são apresentados nos subitens a seguir com as ações de emergências necessárias para cada tipo.

Caso o Coordenador de Emergência avalie que a segurança dos funcionários possa ser afetada por instabilidade progressiva e de magnitude significativa do maciço de resíduos, como prevenção as seguintes providências poderão ser tomadas:

- Suspender imediatamente os trabalhos no maciço e áreas adjacentes;
- Proceder à evacuação da área;
- Isolar a área até que a estabilização ocorra.

✓ **Ruptura local**

São deslizamentos restritos à movimentação de uma pequena parte da massa de resíduos, não sendo esperados impactos ambientais, danos a equipamento e nem perdas de vidas humanas.

As medidas emergenciais adotadas serão as seguintes:

- Recomposição das estruturas de drenagem danificadas;
- Retaludamento da área afetada com o uso de maquinário já existente no aterro sanitário;
- Caso ocorra vazamento de percolado para o sistema de drenagem de águas pluviais, adotar os procedimentos descritos anteriormente.

✓ **Ruptura global**

São deslizamentos maiores que poderão resultar, além dos danos descritos no cenário anterior, em impactos ambientais, danos aos equipamentos e até mesmo ocasionar a perda de vidas humanas.

As medidas emergenciais adotadas serão as seguintes:

- Qualquer funcionário que estiver presente nas imediações deverá contatar imediatamente o Coordenador de Emergência para que ele solicite a presença do corpo de bombeiros para o resgate de eventuais vítimas;
- Caberá ao Coordenador de Emergência delimitar a área que será isolada e, após avaliar a situação, suspender os trabalhos no maciço e áreas adjacentes se necessário;

- O Coordenador de Emergência deverá obter o registro de visitantes e o ponto de controle dos funcionários no dia da ocorrência, para a contagem e conferência de eventuais desaparecidos;
- Recomposição das estruturas de drenagem danificadas;
- Retaludamento da área afetada com o uso de maquinário já existente no aterro sanitário;
- Caso ocorra vazamento de percolado para o sistema de drenagem de águas pluviais, adotar os procedimentos descritos anteriormente. Além disso, se possível, poderá ser construída uma barreira física, com o próprio solo local, a jusante da massa de resíduos deslizados, a fim de evitar que o percolado não alcance o corpo hídrico local;
- O Coordenador de Emergência comunicará a Secretaria do Desenvolvimento Ambiental e Saneamento para que os mesmos possam informar o ocorrido aos órgãos ambientais fiscalizadores (órgão ambiental e IBAMA).

Contaminação ou poluição das águas subterrânea ou superficial por percolado

Uma vez que o monitoramento das águas subterrânea e superficial acuse aumento significativo na concentração dos parâmetros de qualidade de água avaliados, serão tomadas as seguintes providências:

- Confirmar os resultados, por meio de nova coleta e análise;
- Manter a frequência do monitoramento;
- Detectada a possível contaminação, recomenda-se a contratação de Consultoria Técnica Especializada em Estudos de Áreas Contaminadas para proceder às atividades de Investigação Complementar, as quais têm como objetivo principal confirmar ou não a existência de contaminação gerada à partir da área de disposição de resíduos, incluídas todas as unidades operacionais que dela fazem parte. Após as Etapas de Investigação e confirmada a contaminação, procede-se ao *gerenciamento de áreas contaminadas*, o qual é um processo contínuo de obtenção e interpretação de dados de uma determinada área e visa minimizar os riscos a que estão sujeitos a população e o meio ambiente, por meio de um conjunto de medidas que assegurem o

conhecimento das características dessas áreas e dos impactos por elas causados, proporcionando os instrumentos necessários à tomada de decisão quanto às formas de intervenção mais adequadas.

12.3 DIVULGAÇÃO DO PLANO

Todos os funcionários do aterro sanitário devem ter conhecimento do conteúdo deste plano. Em caso de visitas, as pessoas devem ser informadas sobre a existência do plano, seja por meio de vídeos, panfletos ou palestras.

A fim de evitar falhas nos procedimentos de emergência aqui indicados, faz-se imprescindível fácil acessibilidade das informações e distribuição de panfleto contendo a síntese dos procedimentos.

Uma cópia do plano sempre deve estar disponível para consulta em situações de emergência, especialmente para os profissionais que têm contato com pessoas constantemente.

12.4 REVISÃO DO PLANO

O Plano deve ser revisado com frequência, pelo Coordenador de Emergência, quando ocorrer as seguintes situações:

- Modificações significativas nas operações, no layout ou na área;
- Constatação da possibilidade de seu aprimoramento;
- Término do prazo de 12 (doze) meses da última revisão.

O Coordenador de Emergência deve fazer um processo de auditoria antes da revisão, para verificar se tudo está sendo realizado corretamente. Nessa auditoria, deve ser verificado se os procedimentos estão em conformidade com a legislação em vigor e se os riscos identificados foram eliminados ou, pelo menos, reduzidos.

12.5 EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL (EPI) E EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO COLETIVA (EPC)

É obrigatório o uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPI) e de Equipamentos de Proteção Coletiva (EPC), devidamente especificados no Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional (PCMSO) e no Programa de Prevenção de Riscos

Ambientais (PPRA) por todas as pessoas que circulem nas áreas operacionais do aterro sanitário.

Ressalta-se ainda que tanto o Equipamento de Proteção Individual (EPI) como o Equipamento de Proteção Coletiva (EPC) deverá atender às especificações apresentadas nas Normas Regulamentadoras da Secretaria Especial de Previdência e Trabalho do Ministério da Economia.

13 ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA (ART)

O Anexo D apresenta a Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) do Contrato de Prestação de Serviço nº 13/2021.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA REGULADORA DE ÁGUAS, ENERGIA E SANEAMENTO BÁSICO DO DISTRITO. DISTRITO FEDERAL (ADASA). **Resolução nº 18, de 01 de agosto de 2018. Estabelece diretrizes e procedimentos para a implantação, operação, manutenção, monitoramento e encerramento de aterros sanitários destinados à disposição final de rejeitos originários dos serviços públicos de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos do Distrito Federal e dá outras providências.** Brasília, DF, 2018. Disponível em:

https://www.adasa.df.gov.br/images/storage/audiencia_publica/002-2018/Resolucao_n_18_2018.pdf . Acesso em 23 set. 2021.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D 792. Specific Gravity (Relative Density) and Density of Plastics by Displacement.** ASTM.

_____. **ASTM D 1004. Test Method for Initial Tear Resistance of Plastics Film and Sheeting.** ASTM.

_____. **ASTM D 1505. Test Method for Density of Plastics by the Density-Gradient Technique.** ASTM.

_____. **ASTM D1941-91 (2013). Standard Test Method for Open Channel Flow Measurement of Water with the Parshall Flume.** ASTM.

_____. **ASTM D 4218. Test Method for Determination of Carbon Black Content in Polyethylene Compounds by the Muffle-Furnace Technique.** ASTM.

_____. **ASTM D 4833. Test Method for Index Puncture Resistance of Geotextiles, Geomembranes and Related Products.** ASTM.

_____. **ASTM D 5397. Procedure to Perform a Single Point Notched Constant Tensile Load – (SP-NCTL) Test: Appendix.** ASTM.

_____. **ASTM D 5596. Test Method for Microscopic Evaluation of the Dispersion of Carbon Black in Polyolefin Geosynthetics.** ASTM.

_____. **ASTM D 5887. Standard Test Method for Measurement of Index Flux Through Saturated Geosynthetic Clay Liner Specimens Using a Flexible Wall Permeameter.** ASTM.

_____. **ASTM D 5993. Standard Test Method for Measuring Mass per Unit Area of Geosynthetic Clay Liners.** ASTM.

_____. **ASTM D5994 / D5994M. Standard Test Method for Measuring Core Thickness of Textured Geomembranes.** ASTM.

_____. **ASTM D6693 / D6693M. Standard Test Method for Determining Tensile Properties of Nonreinforced Polyethylene and Nonreinforced Flexible Polypropylene Geomembranes.** ASTM.

_____. **ASTM D7466 / D7466M. Standard Test Method for Measuring Asperity Height of Textured Geomembranes.** ASTM.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7481: Tela de aço soldada - Armadura para concreto.** Rio de Janeiro: ABNT, 1990.

_____. **NBR 8419: Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos.** Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

_____. **NBR 13604: Filtros e tubos de revestimentos em PVC para poços tubulares profundos - Especificação.** Rio de Janeiro: ABNT, 1996.

_____. **NBR 13896: Aterros de Resíduos Não Perigosos. Critérios para Projeto, Implantação e Operação.** Rio de Janeiro: ABNT, 1997.

_____. **NBR 14931: Execução de estruturas de concreto – Procedimento.** Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

_____. **NBR 15073: Tubos corrugados de PVC e de polietileno para drenagem subterrânea agrícola.** Rio de Janeiro, ABNT, 2004.

_____. **NBR 15352: Mantas termoplásticas de polietileno de alta densidade (PEAD) e de polietileno linear (PEBDL) para impermeabilização.** Rio de Janeiro, ABNT, 2006.

_____. **NBR 7480: Aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado – Especificação.** Rio de Janeiro, ABNT, 2007.

_____. **NBR 10007: Amostragem de resíduos sólidos.** Rio de Janeiro, ABNT, 2007.

_____. **NBR 15593: Sistemas enterrados para distribuição e adução de água e transporte de esgotos sob pressão – Requisitos para conexões soldáveis de polietileno PE 80 e PE 100.** Rio de Janeiro, ABNT, 2008.

_____. **NBR 11682: Estabilidade de taludes – Procedimento.** Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

_____. **NBR 15696: Fôrmas e escoramentos para estruturas de concreto - Projeto, dimensionamento e procedimentos executivos.** Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

_____. **NBR 7182: Solo - Ensaio de compactação.** Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

_____. **NBR 15270: Componentes cerâmicos - Blocos e tijolos para alvenaria.** Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

_____. **NBR 15561: Tubulação de polietileno PE 80 e PE 100 para transporte de água e esgoto sob pressão — Requisitos.** Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

_____. **NBR 6484: Solo - Sondagens de simples reconhecimento com SPT – Método de ensaio.** Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

_____. **NBR 8890: Tubo de concreto de seção circular para água pluvial e esgoto sanitário - Requisitos e métodos de ensaios.** Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

_____. **NBR 16199: Barreiras geossintéticas – Instalação de geomembranas poliméricas.** Rio de Janeiro, ABNT, 2020.

_____. **NBR 13133: Execução de Levantamento Topográfico.** Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

_____. **NBR ISO 9826: Medição de vazão de líquido em canais abertos - Calhas Parshall e SANIIRI.** Rio de Janeiro, ABNT, 2008.

_____. **NBR ISO 9863-1: Geossintéticos — Determinação da espessura a pressões especificadas. Parte 1: Camada única.** Rio de Janeiro, ABNT, 2013.

_____. **NBR ISO 9864: Geossintéticos — Método de ensaio para determinação da massa por unidade de área de geotêxteis e produtos correlatos.** Rio de Janeiro, ABNT, 2013.

_____. **NBR ISO 10319: Geossintéticos — Ensaio de tração faixa larga.** Rio de Janeiro, ABNT, 2013.

_____. **NBR ISO 12236: Geossintéticos — Ensaio de punção estático (punção CBR).** Rio de Janeiro, ABNT, 2013.

_____. **NBR ISO 10320: Geotêxteis e produtos correlatos – Identificação na obra.** Rio de Janeiro, ABNT, 2018.

_____. **NBR ISO 10318-1: Geossintéticos — Parte 1: Termos e definições.** Rio de Janeiro, ABNT, 2021.

AZAMBUJA, E. **A influência do dano mecânico na tensão admissível dos geossintéticos em estruturas de solo reforçado.** SIMPÓSIO SUL-AMERICANO DE GEOSSINTÉTICOS, p. 157-165. 1999.

BRASIL. Decreto nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010. **Regulamenta a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010**, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, cria o Comitê Interministerial da PNRS e o Comitê Orientador para a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa, e dá outras providências .

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos**; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, e dá outras providências.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR 18: Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção.** Disponível em:

https://enit.trabalho.gov.br/portal/images/Arquivos_SST/SST_NR/NR-18.pdf. Acesso em 29 jul. 2020.

BOSCOV, M. E. G. **Geotecnia Ambiental**. São Paulo. Oficina de Textos. 2018. 248p.

CENTRO DE INVESTIGAÇÃO E PREVENÇÃO DE ACIDENTES AERONÁUTICOS. **Comando da Aeronáutica: Avaliação do risco de acidente aeronáutico provocado por colisão com aves na área do entorno do aeroporto de Natal**. RN, Brasil. CENIPA, 2002.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **Drenagem em Aterros Sanitários**. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, São Paulo, 1979, 66p.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. **Guia Prático para projetos de pequenas obras hidráulicas**. São Paulo, DAEE, 2005. 106p.

DISTRITO FEDERAL. **Plano Distrital de Saneamento Básico**. Brasília, DF, 2017. Disponível em: https://www.adasa.df.gov.br/images/Produtos-PDSB/Produto_7/1_PDSB_DF_subproduto_7.1_0717_VF_DIGITAL.pdf. Acesso em 23 set. 2021.

DOUBECK, A. **Topografia**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1989, 205p.

EID, H.T.; STARK, T.D.; EVANS, W.D.; SHERRY, P.E. **Municipal solid waste slope failure I: waste and foundation soil properties**. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering. Vol 126(5): 397-407. 2000.

FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION (Estados Unidos). Disponível em: <http://www.faa.gov>. Acesso em 2000.

GERSCOVICH, D., DANZIGER, B. R., SARAMAGO, R. (2016). **Contenções – Teoria e aplicações em obra**. São Paulo. Oficina de Textos.

GOMES, R. C. **Aula 3 – Método das Fatias das Análises de Estabilidade CIV 247 – OBRAS DE TERRA**. Universidade Federal de Ouro Preto, UFOP, 2019.

GOOGLE EARTH. Disponível em: <http://earth.google.com/>. Acesso em 02 ago. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Demográfico, 2010**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em 5 ago. 2021.

IPT-CEMPRE (2000). **Lixo Municipal – Manual de gerenciamento integrado**. Publicação IPT 2622. 370p.

KAVAZANJIAN, E., Jr. **The impact of degradation on MSW shear strength.** Proceedings of GeoCongress'08: Geotechnics of Waste Management and Remediation. ASCE Geotechnical Special Publication 177, p. 224-231. 2008.

KOERNER, R.M. **Designing with geosynthetics.** 2ª edição. Prentice-Hall Inc. New Jersey. USA. 1990.

MARQUES, A.C.M. **Compactação e compressibilidade de resíduos sólidos urbanos.** Tese (Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. 2001.

NOVACAP (2019). **Termo de Referência e Especificações para Elaboração de Projetos de Sistema de Drenagem Pluvial no Distrito Federal.** Disponível em: https://caudf.gov.br/wp-content/uploads/2019/07/Termo_de_Referencia_21151132_Termo_de_fererencia_e_Especificacoes_Para_elaboracao_de_Projeto_de_Sistema_de_Drenagem_Pluvial_no_DF_Abril_de_2019__1_.pdf. Acesso em 11 out. 2021.

PGIRH. **Plano de Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos do Distrito Federal. Distrito Federal.** Revisão e Atualização do PGIRH. Relatório Final: Volume II - Prognóstico e Programas de Ação. Brasília, DF, 2012a. 965p.

PITANGA, H.N. (2007). **Caracterização dos comportamentos hidráulico e mecânico de geocompostos bentoníticos e de outros sistemas geossintéticos destinados às camadas de cobertura de aterros sanitários.** Tese (Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. 2007.

PORTAL HIDROWEB. Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH). **Séries Históricas de Estações.** Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>. Acesso em 10 set. 2021.

PORTO, R.M. (1999). **Hidráulica Básica.** 591pp. EDUSP. São Paulo/SP.

REGIÕES ADMINISTRATIVAS DO DISTRITO FEDERAL (BRASIL). In: **WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. Flórida: Wikimedia Foundation, 2021.** Disponível em: <[https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Regi%C3%B5es_administrativas_do_Distrito_Federal_\(Brasil\)&oldid=60643406](https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Regi%C3%B5es_administrativas_do_Distrito_Federal_(Brasil)&oldid=60643406)>. Acesso em: 14 mar. 2021.

STARK, T.D.; HUVAJ-SARIHAN, N.; LI, G. **Shear strength of municipal solid waste for stability analyses.** Environmental Geology. Vol. 57 (8): 1911-1923. 2009.

SOUZA, C.A.F. **Procedimentos de Gestão Ambiental em Aeroportos. (2001).** Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Gestão da Aviação Civil) - Centro de Formação de Recursos Humanos em Transportes, Universidade de Brasília.

TERZAGHI, K. **Mechanism of landslides, in Application of Geology to Engineering Practice.** Berkey Vol., Geological Society of America, p.83-123, 1950.

VERTEMATTI, J.C. (coord.). **Manual Brasileiro de Geossintéticos**. 2. ed. – São Paulo: Blucher, 2015.

ANEXO A – RELATÓRIO DE SONDAGEM

RELATÓRIO DE ENSAIOS

APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS DE ENSAIOS DE LABORATÓRIO

LOCAL:

Fral Consultoria

ENDEREÇO:

Aterro Sanitário de Brasília

RELATÓRIO:

RT.ENS.026.21

BRASÍLIA, DISTRITO FEDERAL

APRESENTAÇÃO

O Laboratório de Geotecnia do centro de controle tecnológico, representado pela HNS Engenharia, vem através deste Relatório Técnico, apresentar à Fral Consultoria os resultados dos ensaios a seguir:

1. Sondagem a percussão SPT - ABNT NBR 6484;

INTRODUÇÃO

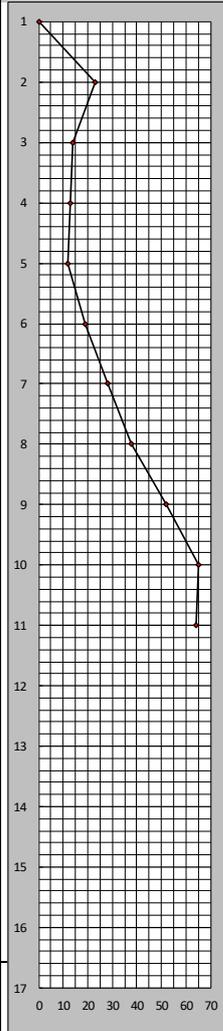
Para a execução dos ensaios solicitados foram realizadas sondagens a percussão (SPT) em 1 área distinta no Aterro Sanitário de Brasília. As sondagens foram realizadas no dia de 11/08/2021. A sondagem SPT foi realizada até o impenetrável.

RESULTADOS DOS ENSAIOS LABORATORIAIS

Serão apresentados, os resultados dos ensaios de sondagem.

SONDAGEM A PERCUSSÃO SPT – FURO 1

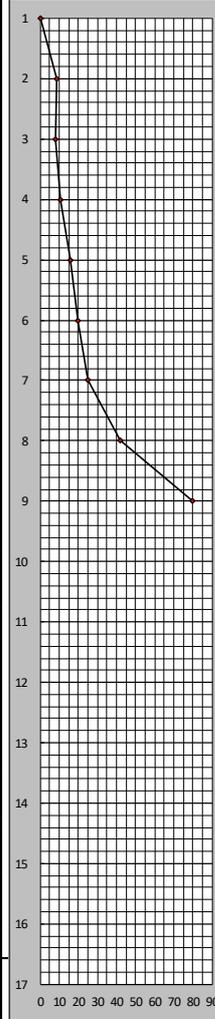
A sondagem apresentada abaixo foi executada segundo as recomendações da NORMA BRASILEIRA NBR-6484 e tem alguns casos específicos pela ASTM e DIN. Foi realizado 1 furo de sondagem, perfazendo um total de 10,45 metros até o impenetrável. A sondagem executada foi a Percussão Simples com avanço por lavagem, com padrões (altura de queda de 75cm, peso do pilão = 65kg), normatizados.

LAUDO DE SONDAGEM- SPT			
		Cliente: Fral Consultoria Local: Aterro Sanitário de Brasília Obra: Drenagem	
		Amostrador: SPT 2" Peso do Pilão: 65Kg Comprim.do Revestimento: 1,00 m	Revestimento: 2 1/2" Altura de queda: 75cm Sondador: MARCOS
(N) PENETRAÇÃO - cm (NA) NÍVEL D'ÁGUA (A) NÚMERO DA AMOSTRA (PG) PERFIL GRÁFICO	Laudo Nº : 027/2021 Data: 11/08/2021 NA: - Limite da Sondagem: 10,45m	Furo SP-01	Engenheiro responsável: Leonardo Neiva CREA: 22629/D-DF
30cm final	A	Prof (m)	CLASSIFICAÇÃO DO SOLO
0 30	1	0,00	
		1,00	
23 30	2	1,00	
		1,45	
14 30	3	2,00	
		2,45	
13 30	4	3,00	
		3,45	
12 30	5	4,00	
		4,45	
19 30	6	5,00	
		5,45	
28 30	7	6,00	
		6,45	
38 30	8	7,00	
		7,45	
52 30	9	8,00	
		8,45	
65 30	10	9,00	
		9,45	
64 30	11	10,00	
		10,45	
			Limite da sondagem : 64 golpes para penetrar 30cm.
			continuação

SONDAGEM A PERCUSSÃO SPT – FURO 3

A sondagem apresentada abaixo foi executada segundo as recomendações da NORMA BRASILEIRA NBR-6484 e tem alguns casos específicos pela ASTM e DIN. Foi realizado 1 furo de sondagem, perfazendo um total de 10,45 metros até o impenetrável. A sondagem executada foi a Percussão Simples com avanço por lavagem, com padrões (altura de queda de 75cm, peso do pilão = 65kg), normatizados.

LAUDO DE SONDAGEM - SPT			
		Cliente: Fral Consultoria Local: Aterro Sanitário de Brasília Obra: Drenagem	
		Amostrador: SPT 2" Peso do Pilão: 65Kg Comprim.do Revestimento: 1,00 m	Revestimento: 2 1/2" Altura de queda: 75cm Sondador: MARCOS
(N) PENETRAÇÃO - cm (NA) NÍVEL D'ÁGUA (A) NÚMERO DA AMOSTRA (PG) PERFIL GRÁFICO	Laudo Nº : 027/2021 Data: 11/08/2021 NA: - Limite da Sondagem: 8,45m	Furo SP-03	Engenheiro responsável: Leonardo Neiva CREA: 22629/D-DF
30cm final	A	Prof (m)	N.A.(m)
CLASSIFICAÇÃO DO SOLO			
0 30	1	0,00 1,00	Aterro
9 30	2	1,00 1,45	Argila vermelha arenosa (média)
8 30	3	2,00 2,45	Argila variegada siltosa com pedregulho (média)
11 30	4	3,00 3,45	Argila variegada siltosa com pedregulho (rija)
16 30	5	4,00 4,45	Argila variegada siltosa arenosa (rija)
20 30	6	5,00 5,45	Argila variegada siltosa arenosa (dura)
25 30	7	6,00 6,45	Silte variegado arenoso (compacto)
42 30	8	7,00 7,45	Silte variegado arenoso (muito compacto)
80 30	9	8,00 8,45	Silte variegado arenoso (muito compacto)
			Limite da sondagem: 80 golpes para penetrar 30cm.
			continuação



DECLARAÇÃO

O relatório técnico de ensaios de laboratório é uma descrição ampla dos procedimentos, sondagens, resultados e comportamento dos materiais obtidas no campo. Fica a cargo do engenheiro do projeto a definição dos parâmetros de altura de camada a serem considerados nas decisões necessárias para garantir a estabilidade do local.

Brasília, 19 de agosto de 2021.

Eng.º Leonardo Neiva – Crea 22629/D-D
Especialista em Auditoria e Perícias



ANEXO B – COBERTURAS TEMPORÁRIAS

COVERTECH 100

A linha de filmes de Polietileno CoverTech, disponível nas cores preta/branca e preta/verde, é desenvolvida especificamente para aplicação como cobertura temporária em diversas aplicações como nas frentes de trabalho de aterros sanitários e rejeitos de mineração, apresentando boa resistência ao rasgo e ao puncionamento.

Tamanhos disponíveis	
Largura (m)	Comprimento (m)
8	100
10	50
12	50



CARACTERÍSTICA	MÉTODO	UNIDADE	ESPECIFICADO
Resistência por Queda de Dardo	ASTM D 1709	g	≥ 200,0
Resistência ao Rasgo Elmendorf	ASTM D 1922	g/F	≥ 800
Resistência ao Rasgo Inicial	ASTM D 1004	N	≥ 14
Resistência à Perfuração	ASTM D 5748	N	≥ 100
Resistência à Tração	ASTM D 882	Mpa	≥ 20
Alongamento na Ruptura	ASTM D 882	%	≥ 600

O uso da CoverTech evita a ocupação de volume que seria comprometido por camadas de solo, reduz a infiltração de água de chuva, traz velocidade e praticidade no processo de cobertura, além de controlar vetores, poeira e odores dependendo da aplicação.

Briefing de Produto

Roma Silo Manta Super / Roma Silo Dupla

Utilização do produto



A Romasilo é uma lona agrícola tipo forração desenvolvida para as mais diversas funções no campo. Dentre elas se destacam os usos em silagens forrageiras (sistema de conservação de plantas que são utilizadas na alimentação animal) ou grãos, proteção de silos forrageiros, cobertura de fardos de algodão e canaletas hidropônicas, proteção de maquinário e equipamentos agrícolas, entre outras.

Aplicação/ Instalação do produto

A lona é aplicada envolvendo e vedando todo o produto (grãos, silos forrageiros, fardos de algodão, etc.)

Nomes conhecidos no mercado

Lona para Silagem.

Unidade de medida

Rolo.

Modo de Produção

Produzida pelo processo “blow film” (extrusão por matriz circular) em forma de bobinas.

Matéria Prima

Polietileno de baixa densidade (PEBD).

Embalagem

Enrolada em tubo de papelão, embalada em uma proteção de papelão e envolvida em uma capa plástica.

Durabilidade

Manta Super: 8 meses;

Dupla: 12 meses.

Propriedade mecânica

Manta Super:

Tensão na ruptura DT ≥ 17 e DM ≥ 18 mPa e Alongamento na ruptura DT ≥ 830 e DM ≥ 500 %;

Dupla:

Tensão na ruptura DT ≥ 19 e DM ≥ 20 mPa e Alongamento na ruptura DT ≥ 880 e DM ≥ 540 %;

DT: Direção Transversal;

DM: Direção de Máquina.

Briefing de Produto

Características Técnicas

Código	Modelo	Peso	Largura(m)	Comprimento (m)	Cor
314		21,0		50	
315		30,0	4,00		
316		39,5		100	
317		58,0			
318		31,0		50	
319		45,0	6,00		Dupla Face
320	Manta	59,0		100	
321	Super	87,0			Branca e Preta
322		41,5		50	
323		60,0	8,00		
324		79,0		100	
325		116,0			
326		52,0	10,00	50	
327		75,0			
266		21,0		50	
269		30,0	4,00		
267		39,5		100	
270		58,0			
282		31,0		50	
284		45,5	6,00		
283		59,0		100	Dupla Face
285		87,0			
273	Dupla	41,5		50	Branca e Preta
275		60,0	8,00		
274		79,0		100	
276		116,0			
290		52,0	10,00	50	
291		75,0			
294		62,0	12,00		
295		90,0			

Rev.: 01
Data: 07/11/2016**Tecelagem Roma Ltda**Rua Prof. Elza Orsi Avalone, 230, Jardim Saba – Tatuí – SP – Brasil - CEP: 18276-760
(11) 4195-0100 – www.roma.ind.br – vendas@roma.ind.br

DOCUMENTO NÃO CONTROLADO



COBERTURA TEMPORÁRIA COM GEOCOBER - ATERRO

Cliente: EcoUrbis Ambiental S.A

Data: jul/2017

Obra: Cobertura temporária dos resíduos no período entre 18h de sábado e 6h de domingo, quando o aterro não opera. A GEOCOBER substitui solo e serve para conter o odor do resíduo exposto e evitar a aproximação de vetores, o que poderia incomodar a população que reside próximo ao aterro. O aterro sanitário CTL está situado no bairro de São Mateus, e sua operação foi iniciada em novembro de 2010 e recebe cerca de 7.000 toneladas por dia de resíduos sólidos domiciliares coletados pela EcoUrbis.

Local da Obra: São Paulo / SP

Solução:

Para esta aplicação optou-se pela GEOCOBER, que é leve e resistente, com 8 m de largura.



Cobertura temporária aplicada sobre os resíduos

Vantagens:

- ✓ Fácil manuseio
- ✓ Reutilizável
- ✓ Leve e resistente
- ✓ Instalação simples e rápida
- ✓ Reduz custo: custa 6 vezes menos que a cobertura tradicional com solo.



Detalhe da colocação



Detalhe da colocação

Geo Soluções Strata

Rua Paes Leme, 524 – cj 113 – Pinheiros

CEP: 05424-904 | São Paulo | SP

Tel: 55 11 3513-4360 / 3034-5479

Email: contato@geosolucoes.com

Website: www.geosolucoes.com

DEMOSTRATIVO TÉCNICO

Apresentação

O objetivo deste documento é apresentar aspectos técnicos relativos à geomembrana reforçada de polietileno denominada RhinoMat.

Elementos de referência

Para a elaboração desse estudo foram utilizados como elementos de referência os seguintes documentos:

- Especificações GRI:
 - GM13
 - GM30
- Literatura técnica-acadêmica e normas ASTM citadas ao longo do texto

Sobre o RhinoMat

De acordo com Manual Brasileiro de Geossintéticos (Vertematti 2015), o RhinoMat pode ser classificado como uma “geomembrana” sintética reforçada de polietileno, pois é um produto bidimensional de baixíssima permeabilidade, composto por materiais elastômeros, com utilização predominante de controle de fluxo e separação, nas condições de solicitação.

Ainda de acordo com o Manual Brasileiro de Geossintéticos, o RhinoMat ainda pode ser classificado como um “geocomposto”, pois é um produto industrializado formado pela associação de vários tipos de geossintéticos concebidos para desempenhar função de impermeabilização e separação.

Este produto inovador oferece excepcional resistência mecânica, à tração, ao rasgo e ao puncionamento e baixíssimos coeficientes de permeabilidade.

Sua especificação e sua apresentação não estão vinculadas à espessura do produto, pois em virtude de avanços tecnológicos que envolveram a indústria mundial, este conceito é

considerado em desuso em diversos países do mundo, onde ao invés da Espessura a Especificação do produto é feita pelas funções e propriedades específicas necessárias para o atendimento dos requisitos da obra ou projeto.

O seu coeficiente de permeabilidade reduzido faz com que este geossintético apresente desempenho superior a outros produtos encontrados no mercado, principalmente em aplicação de contenção de líquidos em geral e cobertura temporária e permanentes de aterros de resíduos.

A sua estrutura em camadas (multicamadas), associada a uma tecnologia de ponta, garante eficácia do processo de soldagem de campo em todos os climas e ambientes. Este geossintético é tido como referência no mercado mundial devido a facilidade de confecção de painéis e kits pré-fabricados em função de sua ótima relação peso-resistência.

O RhinoMat, por meio de seu fabricante, disponibiliza uma garantia de até 25 anos (garantia de produto associada ao tipo de aplicação). Também dispomos de Certificação NSF – ANSI 61 – para Água Potável.

A mistura (blend) de diversos polímeros (Polietileno de Alta Densidade - PEAD, Baixa Densidade - PEBD, Linear – PELBD, e superfície em Surfex®), aliado ao seu núcleo tecido de PEAD, confere a este produto uma elevada resistência química e garante uma estabilidade dimensional superior a outros, garantindo elevada resistência aos raios UV, ozônio e à oxidação. A união destes geossintéticos reduz sensivelmente a variação dimensional (evita rugas) e elimina o stress crack.

O RhinoMat é aplicado em lagoas de tratamento de efluentes, canais de adução e irrigação, coberturas temporárias e permanentes em aterros de resíduos, lagoas de irrigação a aquicultura, reservatórios de água para irrigação, lagoas ornamentais e de recreação e outros sistemas de impermeabilização.

Na sequência são apresentadas fotos de algumas dessas aplicações.



Lagoas de irrigação



Canais de adução e irrigação



Coberturas permanentes e temporárias de tanques



Coberturas permanentes e temporárias em aterros de resíduos



Lagoas de tratamento de efluentes



Lagoas ornamentais



Lagoas de aquicultura

Especificações e recomendações normativas internacional

A seguir é apresentada a tabela de propriedades da geomembrana RhinoMat, que é produzido em 3 diferentes linhas: Aqua Cap, Aqua Flex e Aqua Pro.

Propriedades			Normas	Unidade	RhinoMat™		
					Aqua Cap	Aqua Flex	Aqua Pro
Resistência à Tração <i>Grab</i>	MD	ASTM D751	N	850	1650	1750	
	CD			1000	1400	1750	
Resistência ao Rasgo	MD	ASTM D4533	N	240	300	300	
	CD			240	300	300	
Resistência ao Puncionamento			ASTM D4833	N	700	750	850
Resistência ao Estouro - <i>Mullen Burst</i>			ASTM D751	kPa	2480	4820	5510
Permeabilidade			ASTM D4491	cm/s	< 1x10 ⁻¹²	< 1x10 ⁻¹²	< 1x10 ⁻¹²
Negro de Fumo			ASTM D4218	%	5	5	5
Resistência ao Intemperismo (UV) (*)			ASTM G154	%	>90% - 2000h	>90% - 2000h	>90% - 2000h
Resistência Hidrostática			ASTM 751-A	kPa	1276	3620	4138
Resistência ao <i>Stress Crack</i>			ASTM D5397	h	N.A.(***)	N.A.	N.A.
Propriedades Físicas							
Dimensões das Bobinas (**)	Largura		m	2,74	3,66	3,66	
	Comprimento		m	100	100	100	
	Área		m ²	274	366	366	
Peso / Bobina				kg	70	155	212
Garantia do Fabricante							
Condições	Exposto		anos	4	5	10	
	Enterrado			5	10	20	
	Água Potável			-	-	25	

Os dados de ensaios apresentados são baseados na média obtida ao longo de vários ciclos de produção e não devem ser considerados ou interpretados como valores MARV.

(*) QUV-A 340 8 horas lâmpadas UV @ 60 ° C, durante 4 horas de condensação a 40 °

(**) Larguras e comprimentos especiais sob consulta

(***) N.A. - não se aplica

Especificações e recomendações normativas internacional

A Geomembrana RhinoMat possui as suas especificações em acordo com a recomendação GRI-GM30, semelhante ao que acontece com as geomembrana convencional de PEAD que seguem a GRI-GM13.

Portanto, assim como as geomembranas convencionais de PEAD, o Rhinomat®, igualmente possui suas especificações definidas pelo GRI (Geosynthetic Research Institute) sendo regido pela GM30.

Comparativo técnico com geomembranas convencionais

A tabela a seguir apresenta um comparativo técnico entre o RhinoMat e as geomembranas convencionais de PEAD.

Propriedades	RhinoMat™						Propriedades PEAD (GM13)						
	Normas	Unidade	Aqua Cap	Aqua Flex	Aqua Pro	Normas	Unidade	0,75 mm	1,0 mm	1,5 mm	2,0 mm	2,5 mm	
Resistência ao Rasgo	MD	ASTM D4533	N	240	300	300	ASTM D1004	N	93	125	156	187	249
	CD			240	300	300							
Resistência ao Funcionamento		ASTM D4833	N	700	750	850	ASTM D4833	N	240	320	400	480	640
Negro de Fumo		ASTM D4218	%	5	5	5	ASTM D5596	%	2-3	2-3	2-3	2-3	2-3
Resistência ao Intemperismo (UV) (%)		ASTM G154	%	>90% - 2000h	>90% - 2000h	>90% - 2000h	ASTM D5885	%	>50% - 1600h				
Stress Crack Resistance		ASTM D5397	h	N.A	N.A	N.A	ASTM D5397	h	500	500	500	500	500
Garantia do Fabricante													
Condições	Exposto	anos	4	5	10								
	Enterrado		5	10	20								
	Água Potável		-	-	25								

Resistência ao rasgo

• Geomembrana RhinoMat

- Especificação GRI-GM30: Ensaiado segundo a ASTM D4533 em ambos os sentidos (MD e CD), o AquaCap® tem resistência de 240 N, o AquaFlex® e o AquaPro®, ambos, tem resistência de 300 N.

• Geomembrana convencional de PEAD

- Especificação GRI-GM13: Ensaída segundo a ASTM D1004 em ambos os sentidos (MD e CD), a geomembrana de 0,75 mm de espessura tem resistência de 93 N, a geomembrana de 1,0 mm tem resistência de 125 N, a geomembrana de 1,5 mm tem resistência de 156 N, a geomembrana de 2,0 mm tem resistência de 187 N e a geomembrana de 2,5 mm tem resistência de 249 N.

• Conclusão

- Analisando esta propriedade chegamos a conclusão que o RhinoMat AquaCap® pode substituir uma geomembrana convencional de PEAD em até 2,0 mm e o Rhinomat® AquaFlex® e AquaPro® pode substituir com eficiência superior qualquer espessura de geomembrana disponível no mercado atualmente.

Resistência ao punçonnemento

- **Geomembrana RhinoMat**
 - Ensaiado segundo a ASTM D4833, o AquaCap® tem resistência de 700 N, o AquaFlex® tem resistência de 750 N e o AquaPro® tem resistência de 850 N.
- **Geomembrana convencional de PEAD**
 - Ensaída segundo a ASTM D4833, a geomembrana de 0,75 mm de espessura tem resistência de 240 N, a geomembrana de 1,0 mm tem resistência de 320 N, a geomembrana de 1,5 mm tem resistência de 400 N, a geomembrana de 2,0 mm tem resistência de 480 N e a geomembrana de 2,5 mm tem resistência de 640 N.
- **Conclusão**
 - Analisando esta propriedade chegamos à conclusão que o RhinoMat AquaCap®, AquaFlex® e AquaPro® pode substituir com eficiência superior qualquer espessura de geomembrana disponível no mercado brasileiro atualmente.

Teor de negro de fumo

- **Geomembrana RhinoMat**
 - Ensaiado segundo a ASTM D4248, o AquaCap®, o AquaFlex® e o AquaPro® tem um percentual de 5% de Negro de Fumo em sua composição.
- **Geomembrana convencional de PEAD**
 - Ensaída segundo a ASTM D5569, as geomembranas convencionais disponíveis no mercado brasileiro possuem um percentual que varia de 2 a 3% de Negro de Fumo em sua composição.
- **Conclusão**
 - Analisando esta propriedade chegamos a conclusão que todas geomembranas RhinoMat (AquaCap®, AquaFlex® e AquaPro®), por terem um percentual superior de Negro de Fumo em sua composição, possuem maior benefício perante as geomembranas convencionais pois o Negro de Fumo possui a propriedade de elevar as Resistências Mecânicas e de Proteção UV quando misturado com polímeros elastômeros.

Permeabilidade

- **Geomembrana RhinoMat**
 - Ensaiado segundo a ASTM D4491, o AquaCap®, o AquaFlex® e o AquaPro® possuem uma Permeabilidade inferior a: $K = 1 \times 10^{-12}$.
- **Geomembrana convencional de PEAD**
 - Ensaiado segundo a ASTM D4491, o AquaCap®, o AquaFlex® e o AquaPro® possuem uma Permeabilidade inferior a: $K = 1 \times 10^{-12}$.
- **Conclusão**
 - Analisando esta propriedade chegamos a conclusão que as geomembranas Rhinomat® (AquaCap®, AquaFlex® e AquaPro®) e as geomembranas convencionais se equivalem nesta propriedade.

Stress Crack

- **Geomembrana RhinoMat**
 - Ensaiado segundo a ASTM D5397, o AquaCap®, o AquaFlex® e o AquaPro® não possuem esta possibilidade de dano. Esta característica não é aplicada a este material.
- **Geomembrana convencional de PEAD**
 - Ensaiaida segundo a ASTM D5397, as geomembranas convencionais disponíveis no mercado são suscetíveis a esta ação após 500 h.
- **Conclusão**
 - O Stress Crack é quando determinadas substâncias induzem o polietileno á ruptura frágil, sendo que este efeito é acelerado sob temperaturas mais altas. Estas substâncias agem nos pontos de tensão do material, diminuindo as forças de ligação entre os cristalitos provocando ruptura. O fenômeno ocorre quando o material está tensionado e age nos pontos de concentração de tensões, provocando uma falha e propagando-a em fendas e trincas. O RhinoMat por não sofrer este processo é considerado um produto superior as geomembranas convencionais disponíveis no mercado brasileiro.

Procedimentos de solda

- **Geomembrana RhinoMat**
 - O procedimento de solda é feito por termo-fusão usando os equipamentos convencionais. O mesmo se aplica aos ensaios na solda.

- **Geomembrana convencional de PEAD**
 - O procedimento de solda é feito por termo-fusão usando os equipamentos convencionais. O mesmo se aplica aos ensaios na solda.
- **Conclusão**
 - Analisando esse item se verifica que a geomembrana RhinoMat possui as mesmas condições de solda das geomembranas convencionais.

Garantias

- **Geomembrana RhinoMat**
 - O fabricante emite uma garantia do produto baseada na informação de qual será a aplicação. Trata-se de um procedimento normal e corriqueiro para todas as vendas.
- **Geomembrana convencional de PEAD**
 - Não temos informação de que este procedimento ocorra nas vendas deste produto sem a solicitação do cliente.
- **Conclusão**
 - Analisando este item concluímos que os fabricantes da geomembrana RhinoMat garantem seu produto e tendem ter uma proximidade do mercado através da apresentação de valores e segurança nos produtos fabricados.

Dimensões e peso das bobinas

- **Geomembrana RhinoMat**
 - As geomembranas RhinoMat são apresentadas nas seguintes dimensões: AquaCap® na dimensão de 2,74 metros de largura por 100 metros de comprimento, pesando cerca de 70 kg, AquaFlex® e AquaPro® nas dimensões de 3,66 metros de largura por 100 metros de comprimento, pesando respectivamente 155 e 212 kg.
- **Geomembrana convencional de PEAD**
 - As geomembranas convencionais são apresentadas nas seguintes dimensões: geomembranas de até 1,00 mm tem 5,90 metros de largura por 100 metros de comprimento e as de espessura superior até 2,5 mm tem 5,90 metros de largura por 50 metros de comprimento. Os pesos são de 472 Kg para as de 0,75 mm, 590 Kg para as de 1,0 mm, 440 Kg para as de 1,5 mm, 500 Kg para as de 2,0 mm e de 610 Kg para as de 2,50 mm.

- **Conclusão**

- Analisando este item concluímos que as geomembrana RhinoMat tem benefícios superiores as geomembranas convencionais, pois as mesmas por terem larguras menores, possuem o diferencial de terem mais disponibilidades de fretes, seu peso reduzido reduz também os valores de fretes, além de facilitarem o manuseio das bobinas na obra (eliminam grande parte dos problemas ocasionados pelo arraste das bobinas de grandes dimensões).
- A dimensões das bobinas do RhinoMat reduz também as perdas de materiais ficando as mesmas em torno de 2%, enquanto que as convencionais, estima-se em torno de 5%.

Conclusões

O presente documento apresentou os aspectos técnicos relativos à geomembrana reforçada de polietileno denominada RhinoMat, comparando-a com as geomembranas convencionais de PEAD já empregadas no mercado.

De acordo com o apresentado, verifica-se que a geomembrana RhinoMat possui características mecânicas e de desempenho superior às geomembranas convencionais de PEAD, além de melhores condições de trabalhabilidade.

Por fim, ressalta-se o benefício da garantia fornecida pelo fabricante da geomembrana RhinoMat, mostrando um diferencial de qualidade do produto.



55 11 3034-5479

Rua Paes Leme, 524 – cj 113 - Pinheiros CEP: 05424-904 | São Paulo | SP
contato@geosolucoes.com | www.geosolucoes.com

ANEXO C – PLANO DE CONTROLE AMBIENTAL DAS OBRAS

ATERRO SANITÁRIO DE BRASÍLIA
PLANO DE CONTROLE AMBIENTAL DAS OBRAS

APRESENTAÇÃO

Este documento tem como objetivo apresentar o Plano de Controle Ambiental das Obras detalhado, contemplando as medidas mitigadoras e de controle apropriadas, indicação dos responsáveis por sua execução e suas atribuições gerenciais.

Ressalta-se que todos os estudos foram realizados tendo em vista a garantia do atendimento às normas e regulamentações ambientais vigentes e, também, a garantia dos critérios de estabilidade e desempenho dos maciços de resíduos.

1. INTRODUÇÃO

O Plano de Controle Ambiental das Obras, de acordo com as orientações da Legislação vigente, abrange um conjunto de diretrizes e técnicas básicas recomendadas para serem empregadas previamente e durante a construção de um determinado empreendimento, destinadas a evitar e/ou minimizar os impactos ambientais potenciais.

As ações de prevenção e controle destinam-se à máxima redução possível dos processos de degradação ambiental provenientes das atividades das obras; dos incômodos à população residente nas proximidades e dos trabalhos posteriores de recuperação das áreas afetadas, fatores que explicam a necessidade de sua implementação desde o início das obras e sua manutenção durante todo o período de implantação do empreendimento.

Para que este Programa atinja seus objetivos, é fundamental que as medidas de controle dos impactos ambientais sobre o ambiente sejam incorporadas aos contratos de execução das obras de ampliação do Aterro Sanitário de Brasília e nos procedimentos construtivos pelo(s) empreiteiros, pressupondo a mobilização e a colaboração de todos os trabalhadores envolvidos nas obras, desde os supervisores até os operários, de forma que a(s) empreiteira(s) assumam(m) contratualmente o compromisso de sua implementação, incorporando os eventuais custos adicionais ao custo de seus serviços.

O desenvolvimento dessas medidas deve ser acompanhado pelo profissional responsável pelo gerenciamento ambiental do empreendimento, confirmando assim sua aplicação, eficiência e eficácia e indicando também eventuais correções ou complementações que se façam necessárias.

Serão de responsabilidade do Empreendedor o acompanhamento da execução dessas medidas e a tomada de decisões sobre eventuais correções de problemas que possam ser identificados no decorrer das obras.

2. OBJETIVOS

O objetivo deste programa é permitir o correto desenvolvimento ambiental das obras de ampliação do Aterro Sanitário de Brasília, de forma a prevenir e controlar os impactos negativos causados pela implantação do empreendimento.

Principais Atividades

O Programa de Controle Ambiental das Obras compreende o seguinte conjunto de medidas: prevenção e controle da erosão e da sedimentação; controle de recalques e rupturas de solos; proteção dos recursos hídricos subterrâneos e superficiais; controle da qualidade do ar e adequação dos níveis de ruídos; gerenciamento de resíduos sólidos; controle das interferências de tráfego e recuperação das áreas afetadas.

As medidas mitigadoras para os impactos previstos consistirão de obras e procedimentos usuais em Engenharia, de eficiência comprovada e consagrada, preconizadas e descritas por normas técnicas e amplamente aplicadas em empreendimentos nos quais os impactos aqui avaliados se manifestam.

As medidas indicadas são descritas a seguir.

2.1. PREVENÇÃO E CONTROLE DE EROSÃO E DE SEDIMENTAÇÃO

As atividades de ampliação do Aterro Sanitário de Brasília serão desenvolvidas em uma área já alterada do ponto de vista das suas características físicas. Entretanto, os serviços relacionados à preparação dos terrenos e às escavações para instalação de novas etapas poderão provocar o desencadeamento de processos indesejáveis de instabilização do solo, espalhamento de material das escavações que sob a ação das chuvas poderá atingir as drenagens superficiais naturais.

Para conter esses processos de degradação, foi formulado o seguinte conjunto de medidas:

Medidas de Controle da Erosão

a. Proteção da Superfície das Obras e Instalações de Apoio

A circulação de veículos e equipamentos pesados na área das obras deverá ser

disciplinada para evitar a compactação da superfície do solo e desenvolvimento de processos erosivos.

À medida que as obras civis do empreendimento forem terminando, as superfícies deverão ser rapidamente recuperadas, seja construindo o novo pavimento ou reconstruindo o anterior, seja utilizando o solo armazenado e recompondo a vegetação, evitando-se a exposição desnecessária do solo nu.

b. Proteção das superfícies e dos taludes expostos

A superfície de todas as instalações provisórias de apoio e de locais de estocagem de material deverá ser protegida contra o impacto das chuvas, mediante instalação de sistemas de drenagem superficial e recobrimento com enrocamento.

A superfície dos taludes expostos deverá ser protegida com grama em placas, biomanta de fibra vegetal ou enrocamento.

Os taludes de aterros que apresentarem rupturas, solapamentos e erosão serão devidamente recuperados e protegidos contra erosão.

c. Reordenamento do sistema superficial de escoamento

Para mitigar os efeitos das alterações do escoamento superficial decorrentes da execução de terraplenagem, aterros e estruturas de apoio, serão utilizadas valas, valetas, canaletas, galerias e caixas de coleta e de passagem, e estruturas de descarga nos pontos baixos, com dissipadores de energia.

Os caimentos serão adequados às áreas drenadas e as seções hidráulicas serão compatíveis com as vazões previstas.

As pilhas de materiais, de caráter provisório, deverão ser adequadamente dimensionadas e dispostas, de forma a não interferir com o sistema de drenagem superficial.

d. Monitoramento dos processos erosivos

O monitoramento da instalação de processos erosivos será executado por acompanhamento visual sistemático das superfícies dos terrenos e dos taludes dos aterros, com apoio topográfico, e dos sistemas de drenagem, de forma a se detectar:

- Trincas, solapamentos e rupturas nos taludes;
- Obstruções por vegetação e outros resíduos, assoreamentos, e
- Estado de conservação das estruturas hidráulicas do sistema de drenagem superficial.

Controle do Escoamento Superficial e da Sedimentação

Associadas às medidas de controle de erosão deverão ser adotadas medidas de controle do escoamento superficial para evitar os processos de assoreamento dos cursos d'água e sedimentação ou entulhamento de áreas baixas.

As medidas de controle do escoamento superficial e da sedimentação deverão ser aplicadas nas estruturas de apoio e áreas de estocagem de material, de manuseio de óleos, graxas, lubrificantes e de disposição de resíduos sólidos.

a. Sistema de drenagem superficial

As águas superficiais serão devidamente controladas por sistemas de drenagem constituídos por valas, valetas, canaletas, galerias e caixas de coleta e de passagem, e estruturas de descarga nos pontos baixos, com dissipadores de energia.

Esse sistema deverá ser dimensionado de acordo os índices máximos de pluviosidade da região e deverá ser executado de acordo com o projeto de engenharia.

b. Avaliação do regime pluviométrico e do regime do lençol freático local

Para o dimensionamento e execução do sistema de drenagem superficial, deverão ser conhecidos, monitorados e avaliados, o regime pluviométrico da região e o regime do lençol freático local, relacionando-se as variações do nível da água, surgências e concentrações de umidade aos períodos de chuva e estiagem.

A utilização de pluviômetro possibilitará a obtenção de dados quantitativos sobre os volumes de água pluvial e os tempos de precipitação, aferindo-se as vazões consideradas no dimensionamento dos sistemas de drenagem superficial, procedendo-se às adequações necessárias.

c. Realização de inspeções periódicas

O controle do assoreamento dos cursos d'água poderá ser feito por meio de seções topográficas e batimétricas levantadas periodicamente, de forma que as comparações entre seções nos mesmos pontos de controle indiquem variações devidas a acúmulos de materiais ou erosões.

O diagnóstico de assoreamentos e sua caracterização para determinação da natureza do processo e suas áreas-fonte deverá se basear em sondagens à percussão.

Estas inspeções deverão considerar também a inspeção dos taludes e superfícies de forma a se detectar indícios de erosão laminar, ravinas e sulcos indicativos de erosão profunda, avarias nos revestimentos dos taludes e sistemas de drenagem, e rupturas e escorregamentos que possam provocar assoreamentos, tomando-se as medidas necessárias para sua recuperação e estabilização. Periodicamente, deverão ser realizadas avaliações de taludes quanto à estabilidade, adequando-se suas inclinações, medidas de proteção e drenagem se necessário.

Também deverão ser inspecionadas, e limpas regularmente, todas as unidades componentes do sistema de drenagem superficial, sendo o material retirado encaminhado para disposição adequada.

d. Medidas corretivas

No caso de detecção de processos de assoreamento, como medidas corretivas serão procedidas:

- Recuperação das áreas erodidas ou rompidas e recomposição do seu revestimento;
- Desobstrução dos sistemas de drenagem superficial e cursos d'água, com a remoção dos materiais de assoreamento por meio de escavação manual ou mecanizada, e
- Disposição final adequada dos sedimentos e resíduos em áreas de bota-fora.

2.2. CONTROLE DE RECALQUE E RUPTURA DE SOLOS

As medidas propostas para se evitar a ocorrência de recalques excessivos e rupturas dos solos são as seguintes:

Identificação e Monitoramento de Rupturas e Recalques

- Vistorias nos taludes para a identificação e caracterização de trincas, abatimentos e outras movimentações indicativas de recalques e rupturas;
- Monitoramento dos recalques por meio de controle topográfico, marcos superficiais e piezômetros para acompanhamento da dissipação das pressões neutras correspondentes às cargas aplicadas, as quais são indicativas da evolução do adensamento do solo.
- Caracterização da superfície e do local de ruptura e/ou recalque: os recalques e/ ou rupturas serão caracterizados quanto à forma e extensão, e os volumes de material mobilizado deverão ser estimados, sendo elaborados croqui e seções ilustrativas.

Medidas mitigadoras e corretivas

Como medidas mitigadoras para os recalques maiores do que os esperados se adotarão os critérios de engenharia pertinentes a cada caso. Dentre tais medidas pode-se citar desde a execução e aperfeiçoamento do sistema de drenagem até a substituição de materiais rompidos por outros com parâmetros de resistência mais elevados.

2.3. PROTEÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS E SUBSOLOS

Os recursos hídricos subterrâneos e o subsolo poderão ser afetados pela infiltração de substâncias poluentes manuseadas nos canteiros de obras e áreas de apoio, tais como: vazamentos ou derrames acidentais de óleos e lubrificantes de máquinas e motores entre outros.

Além das substâncias poluentes caracterizadas acima o lixiviado, resultante do processo de decomposição dos resíduos que serão dispostos no aterro, também

poderá contaminar o subsolo e os recursos hídricos subterrâneos caso entre em contato com os mesmos.

Para esses impactos potenciais são recomendadas as medidas indicadas na sequência, que deverão ser implementadas nas edificações de apoio, oficinas de manutenção de máquinas e equipamentos, locais de disposição temporária de materiais das obras e de resíduos sólidos, durante todo o período das obras até sua conclusão, incluindo-se a recuperação de áreas afetadas.

Controle de efluentes e da disposição de resíduos sólidos

Durante a fase de obras deverão ser implantados sistemas de drenagem superficial segregados, de modo a coletar as águas cuja infiltração possa contaminar as águas subterrâneas (águas dos pátios de manutenção de equipamentos e máquinas; dos pátios de disposição temporárias de materiais para as obras ou de descartes de resíduos e pátios de estacionamento) e encaminhar para os locais de tratamento e disposição final adequada.

2.4. PROTEÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS E SOLOS

Controle do arraste de materiais

Uma das causas principais de eventuais impactos sobre a qualidade das águas superficiais na fase de obras é o carreamento de materiais (sedimentos e resíduos sólidos diversos) aos cursos d'água pelas chuvas. Para evitar que isso aconteça, recomenda-se:

- Todos os equipamentos e materiais utilizados nas obras deverão ficar armazenados em galpões cobertos;
- Restos de materiais acumulados em áreas descobertas deverão ser recolhidos diariamente;
- Todas as áreas das obras, inclusive vias de serviço e pátios de estacionamento, deverão contar com um sistema de canaletas de interceptação de águas pluviais;

- As caixas constituintes do sistema de drenagem deverão contar com gradeamento para retenção de sólidos grosseiros;
- Nas áreas onde podem se acumular resíduos de óleos e de combustíveis – vias de tráfego intenso, oficinas, pátios de estacionamento de veículos – deverão ser instalados tanques adequados para a retenção desse tipo de substâncias;
- Os tanques e grades deverão passar por limpezas periódicas, retirando-se o material acumulado e enviando-o para disposição adequada; e
- Implementação e manutenção do Programa de Gerenciamento de Resíduos Sólidos.

Prevenção de rompimentos acidentais na tubulação de efluentes existente

- De maneira a se evitar esse tipo de impacto, todas as interferências invasivas no solo – escavação de valas, estaqueamento etc. deverão ser precedidas de uma análise das plantas de cadastro da área e, se for o caso, de um levantamento de campo para identificação de eventuais tubulações e/ou tanques enterrados.

Prevenção contra derrames acidentais de líquidos utilizados nas obras.

O armazenamento de líquidos que possam acarretar contaminação da água (ex. óleos, combustíveis) deverá ser feito em área coberta, impermeabilizada e dotada de tanques de contenção para eventuais derrames ou vazamentos.

Controle de processos erosivos

As obras de terraplenagem da área deverão contar com valas para coleta e direcionamento adequado das águas pluviais e bacias de contenção de modo a evitar que ocorram fluxos de águas barrentas para os corpos d'água existentes no entorno.

2.5. CONTROLE DA QUALIDADE DO AR E ADEQUAÇÃO DOS NÍVEIS DE RUÍDOS

As emissões das fontes móveis de poluição são regulamentadas pelo CONAMA (legislação federal), que estabelece os níveis de emissões atmosféricas e de ruídos em veículos automotores.

O controle das atividades das obras que interferem nas condições atmosféricas deverá ser implementado nas áreas onde serão realizadas as obras de ampliação do Aterro Sanitário de Brasília, nas áreas de apoio e nas vias de acesso aos locais vinculados às atividades do empreendimento, de forma a manter dentro dos padrões da legislação vigente, os níveis de emissões atmosféricas e de ruídos, compatíveis com a manutenção da saúde dos trabalhadores e dos moradores das imediações das obras.

Medidas para Redução das Emissões Atmosféricas

A emissão de gases e de particulados durante as obras será ocasionada devido à circulação de veículos, máquinas e equipamentos necessários às atividades de implantação do empreendimento.

Para minimizar este impacto recomenda-se a adoção das seguintes medidas:

- Durante a realização das atividades das obras, tais como escavações e regularização de terreno, o material extraído deve ser mantido umedecido, de forma que não ocorra emissão exagerada de partículas, principalmente nos locais onde exista população no entorno das obras;
- As áreas de estocagem de materiais e de manutenção de equipamentos, bem como as vias de acesso, devem ser umedecidas constantemente, especialmente durante o período seco;
- O transporte de material oriundo das escavações deve ser feito em caminhões cobertos com lona, principalmente no caso de transitarem em área urbana, para evitar a formação de poeira, a queda e o espalhamento de terra ao longo do trajeto. Se necessário, o material transportado deverá ser umedecido;
- O tráfego com os veículos, vinculados às obras, deverá ser feito em velocidade compatível com as vias e sem excesso de carga;
- Utilizar veículos com sistema de proteção junto às rodas para minimizar a ressuspensão de material particulado;

- Os equipamentos, máquinas e os veículos utilizados nas obras e serviços associados devem passar por manutenção regular e periódica, de modo a obedecer às exigências do PROCONVE – Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores, minimizando-se assim a emissão de gases poluentes e material particulado na atmosfera, fora dos padrões estipulados;
- A queima de materiais combustíveis, de resíduos e de matéria orgânica deve ser proibida.

Medidas para o Controle da Emissão de Ruídos

As obras de ampliação do Aterro Sanitário de Brasília deverão provocar ruídos, em função da circulação de veículos e da operação de máquinas operatrizes, tais como escavadeiras e tratores, dentre outros equipamentos.

Estes ruídos provocam incômodos nas proximidades das áreas das obras e aos trabalhadores locais. Para sua mitigação, são sugeridas as seguintes diretrizes:

- Os equipamentos deverão ter especificações técnicas rigorosas com relação à emissão de ruídos, adotando-se a melhor tecnologia disponível;
- As máquinas e equipamentos deverão passar por serviços de manutenção e regulagem periódicos, bem como os veículos deverão ser fiscalizados para a verificação do nível de ruídos e a manutenção das características originais do sistema de escapamento, em atendimento à Resolução CONAMA 008/93, referente a este tema;
- Paralelamente às diretrizes indicadas, cabe salientar que, do ponto de vista da saúde dos operários, os responsáveis pelas obras deverão obedecer à Norma Reguladora NR-15 do Ministério do Trabalho, que estabelece 85 dB(A) como limite inicial de restrição à exposição prolongada de trabalhadores;
- Em casos de necessidade de exposição dos operários a situações em que os níveis de ruído sejam superiores a 85 dB(A), esta mesma Norma indica os seguintes limites de tempo de exposição (Quadro 1).

Quadro 1: Limites de Ruído para Exposição dos Trabalhadores

Nível de Ruído	Tempo Máximo de Exposição Permitido por Dia
< 85 dB(A)	8 horas
85 dB(A)	5 horas
88 dB(A)	4 horas
91 dB(A)	3 horas
96 dB(A)	2 horas
85 dB(A)	8 horas
105 dB(A)	1 hora
110 dB(A)	30 minutos
115 dB(A)	15 minutos
> 115 dB(A)	Proibido sem equipamento de proteção

2.6. GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS – FASE DE OBRAS

Este Programa apresenta as diretrizes de Gerenciamento e Disposição de Resíduos Sólidos que compreende um conjunto de recomendações que visam reduzir a geração de resíduos e determinar o manejo e disposição dos resíduos, de forma a minimizar os seus impactos ambientais durante a fase de obras.

Tais procedimentos e diretrizes, a serem desenvolvidos pela empresa contratada para ampliação do Aterro Sanitário de Brasília, deverão estar incorporados à rotina de atividades desenvolvidas diariamente, desde o início das obras, mantendo-se até a conclusão das mesmas.

O objetivo principal deste Programa é assegurar que a menor quantidade possível de resíduos seja gerada durante a fase de obras e que esses resíduos sejam adequadamente coletados, estocados e dispostos na área do atual aterro de forma a não contaminar o solo e as águas superficiais e subterrâneas.

As atividades propostas são:

Detalhamento do Programa de Gerenciamento de Resíduos Sólidos da Fase de Obras, contemplando:

- Estimativa dos resíduos a serem gerados, com a identificação de resíduos passíveis de reciclagem;
- Detalhamento das ações de gerenciamento de resíduos durante as obras conforme as especificações do projeto; e
- Treinamento dos trabalhadores no que se refere aos aspectos de gerenciamento de resíduos.

Implantação deste Programa de Gerenciamento

A implantação do Programa de Gerenciamento deverá contemplar as seguintes ações:

- Classificação e caracterização detalhada de todos os resíduos gerados de acordo com a Norma ABNT NBR 10004 e Resolução CONAMA 307/02;
- Triagem, respeitando as classes de resíduos apresentadas acima (Resolução CONAMA 307/02, art. 3º);
- Acondicionamento adequado;
- Contratação e fiscalização dos serviços de transporte e disposição dos resíduos nos locais adequados e indicados no programa;
- Transporte, de acordo com as normas técnicas para transporte de resíduos;
- Obtenção dos certificados de destinação de resíduos industriais e emissão dos manifestos de transporte de resíduos industriais; e
- Fiscalização sobre as atividades geradoras de resíduos durante toda a ampliação do Aterro Sanitário de Brasília.

2.7. MEDIDAS DE SEGURANÇA DOS TRABALHADORES DA OBRA

- Durante os serviços de escavação para preparo da área onde será implantada a ampliação do Aterro Sanitário de Brasília, o material retirado deverá ser

disposto em locais protegidos, de modo a não impedir o trânsito seguro dos trabalhadores e de veículos vinculados às obras;

- As áreas de escavação deverão ser previamente isoladas através de fitas e/ou proteções de madeira;
- Todas as frentes de trabalho deverão estar permanentemente sinalizadas durante todo o período das obras, de acordo com um plano de sinalização definido em conjunto pelo empreendedor e a empresa construtora.

2.8. MEDIDAS DE CONTROLE DO TRANSPORTE DE MATERIAIS

Como medidas de controle e segurança para o transporte de materiais por veículos longos, carretas-prancha e outros veículos menores, destacam-se:

- Identificação de todos os veículos próprios, fretados e contratados pela construtora com etiquetas ou placas de identificação;
- O transporte dos materiais deverá ser planejado, de forma a percorrer um itinerário determinado até o local de descarga definido. Alterações de locais de descarga de materiais não poderão ser efetuadas sem a autorização dos encarregados responsáveis pela logística das obras;
- Os materiais deverão ser transportados por veículos apropriados à natureza do material: caçambas ou carros-pipas para evitar vazamentos ou transbordos de materiais úmidos, e caçambas fechadas/cobertas por lonas ou acondicionamento de materiais secos para evitar a produção de poeiras;
- As velocidades permitidas tanto aos veículos de carga, como do pessoal vinculado às obras, deverão ser sumariamente respeitadas;
- O abastecimento de combustível e a lubrificação dos equipamentos, por serem atividades de risco, deverão ser executados por pessoal e veículos apropriados, de forma a evitar o derramamento de produtos no solo e os impactos ambientais que poderão advir dessa operação;

- Todos os veículos utilizados no transporte de materiais deverão ser periodicamente revisados, para o controle da integridade dos equipamentos, particularmente sistemas de freios, direção, injeção de combustível, além dos sistemas de escapamento de gases e controle de ruídos.

Sinalização de Segurança das Obras e do Tráfego

- A sinalização de segurança para o tráfego deverá obedecer às recomendações do Código Nacional de Trânsito quanto às dimensões, formatos e dizeres. Qualquer sinalização complementar de obras nas vias públicas deverá seguir a Resolução nº 561/80 do CONTRAN;
- Os operadores de máquinas e equipamentos serão treinados para seguir rigorosamente as indicações da sinalização;
- Os dispositivos de sinalização deverão ser mantidos em perfeitas condições de conservação durante todo o período de obras, devendo os mesmos ser substituídos, caso se apresentem danificados;
- A sinalização nas proximidades das obras deverá ser luminosa ou fosforescente para facilitar a visualização à noite, devendo ser colocada a uma distância adequada informando obstruções e desvios de tráfego;
- As saídas e entradas de veículos nas áreas das obras, áreas de apoio e em área de empréstimo ou bota-fora, também deverão ser providas de sinalização diurna e noturna adequadas.

2.9. RECOMPOSIÇÃO DAS ÁREAS DAS OBRAS

Esta etapa é destinada à correção de impactos ocorridos no meio físico e ao restabelecimento das condições de qualidade do ambiente.

Este Programa compreende os trabalhos de recuperação e recomposição das áreas afetadas, devendo ser iniciado imediatamente após a conclusão das obras de cada frente de trabalho, tendo em vista aproveitar equipamentos, ferramentas e mão de obra disponíveis, ainda presentes na área.

As atividades propostas são as seguintes:

Limpeza das Áreas de Trabalho

Nesta etapa deverá se proceder à:

- Remoção de todos os vestígios da obra, tais como restos de material da construção (ferragens, fios, parafusos, madeiras, tapumes, isolantes, estacas etc.), entulhos, restos de estruturas provisórias, embalagens, ferramentas e equipamentos, material excedente ou inútil, pisos das instalações etc.;
- Encaminhamento das ferragens, fios, equipamentos e demais materiais passíveis de reutilização para o almoxarifado da empresa ou para locais de reciclagem. Os demais resíduos sólidos não recicláveis deverão ser recolhidos e acondicionados em recipientes apropriados para seu encaminhamento para disposição final adequada, de acordo com o Programa de Gerenciamento de Resíduos;
- Remoção e transporte dos resíduos e entulhos até o local devidamente licenciado para sua disposição final;
- Demolição dos pavimentos das instalações provisórias de apoio às obras, desativadas, e descompactação das superfícies, para que se possa proceder à recomposição do solo (no caso das áreas a serem revegetadas).

Recomposição Topográfica

- No caso das áreas de apoio desativadas, que não forem utilizadas imediatamente, deverá ser reconstituída a superfície original dos terrenos para: evitar o surgimento de pontos favoráveis à erosão e integrá-las ao conjunto das áreas industriais.
- A recomposição topográfica compreende duas operações básicas: o restauro das linhas e condições do relevo local (sistematização do terreno) e o reordenamento das linhas de drenagem, mediante:

- Nivelamento da superfície do terreno: remoção de eventuais saliências (acúmulo de material inerte das escavações realizadas) e recobrimento de depressões; e
- Implantação de estruturas de controle de erosão e do escoamento superficial definitivas.

Proteção das Superfícies das Áreas Afetadas

Por se tratar de uma área de aterro, cujos solos muitas vezes se encontram expostos, as superfícies livres deverão ser protegidas da ação das águas pluviais, preferencialmente com a implantação de cobertura herbácea nos locais onde não houver trânsito de pessoas e equipamentos. Alternativamente poderá ser utilizado cascalho ou brita que possibilitam a infiltração da chuva.

Recomposição de Calçadas, Guias e Vias

O pavimento das calçadas, guias e vias danificadas pela movimentação de veículos e equipamentos pesados deverá ser recuperado de modo a retomar ou melhorar a qualidade observada anteriormente.

2.10. COORDENAÇÃO

A responsabilidade pela implementação dessas medidas e diretrizes compete aos empreiteiros e responsáveis pelas obras, cabendo ao SLU, por meio do técnico responsável pelo gerenciamento ambiental do empreendimento, a fiscalização de sua aplicação e efetividade.

Cronograma

As medidas integrantes do Programa de Controle Ambiental das Obras deverão ser aplicadas a partir da obtenção da Licença de Instalação.

Essas medidas de controle deverão ser desenvolvidas durante todo o período de obras até o término de todas as atividades, incluindo o desmonte das estruturas auxiliares de apoio.

À medida que for concluída uma frente de trabalho, é recomendável a aplicação das

medidas do Programa de Recomposição das Áreas das Obras, para aproveitar a presença de equipamentos e mão de obra disponível e para evitar o surgimento de processos indesejáveis de degradação ambiental.



Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977
Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Estado de São Paulo

CREA-SP

ART de Obra ou Serviço
28027230211099487

1. Responsável Técnico

FRANCISCO JOSE PEREIRA DE OLIVEIRA

Título Profissional: **Engenheiro Civil**

RNP: **2605801705**

Registro: **0600793880-SP**

Empresa Contratada: **FRAL - CONSULTORIA LTDA**

Registro: **0575815-SP**

2. Dados do Contrato

Contratante: **SLU - SERVIÇO DE LIMPEZA URBANA DO DISTRITO FEDERAL**

CPF/CNPJ: **01.567.525/0001-76**

Endereço: **Setor SCS QUADRA 8 BLOCO B LOTES 50/60**

Nº: **50**

Complemento: **EDIFICO VENANCIO 2000**

Bairro: **ASA SUL**

Cidade: **Brasília**

UF: **DF**

CEP: **70333-900**

Contrato: **13/2021**

Celebrado em: **14/07/2021**

Vinculada à Art nº:

Valor: R\$ **95.000,00**

Tipo de Contratante: **Pessoa Jurídica de Direito Público**

Ação Institucional:

3. Dados da Obra Serviço

Endereço: **Rodovia DF 180 KM 21**

Nº:

Complemento: **Aterro Sanitario - ASB**

Bairro:

Cidade: **Brasília**

UF: **DISTRITO FEDERAL**

CEP:

Data de Início: **02/08/2021**

Previsão de Término: **02/12/2021**

Coordenadas Geográficas:

Finalidade: **Ambiental**

Código:

CPF/CNPJ:

Endereço: **Rua CAMANDOCAIA**

Nº: **77**

Complemento:

Bairro: **CAMPO BELO**

Cidade: **São Paulo**

UF: **SP**

CEP: **04606-040**

Data de Início: **02/08/2021**

Previsão de Término: **02/12/2021**

Coordenadas Geográficas:

Finalidade:

Código:

CPF/CNPJ:

4. Atividade Técnica

				Quantidade	Unidade
Elaboração					
1	Projeto	Estudo Ambiental Aterro Sanitário	Descrição das Atividades Relativas à Implantação e Operação de Aterro	1,00000	unidade

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deverá proceder a baixa desta ART

5. Observações

ELABORACAO DE PROJETO EXECUTIVO DE AMPLIAÇÃO DO ATERRO SANITARIO DE BRASILIA - ASB (3a e 4a ETAPAS), CONFORME REQUISITOS DEFINIDOS NO TERMO DE REFERENCIA

6. Declarações

Acessibilidade: Declaro atendimento às regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no Decreto nº 5.296, de 2 de dezembro de 2004.

7. Entidade de Classe

0-NÃO DESTINADA

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

Local

de

data

de

FRANCISCO JOSE PEREIRA DE OLIVEIRA - CPF: 668.122.088-68

SLU - SERVIÇO DE LIMPEZA URBANA DO DISTRITO FEDERAL -
CPF/CNPJ: 01.567.525/0001-76

9. Informações

- A presente ART encontra-se devidamente quitada conforme dados constantes no rodapé-versão do sistema, certificada pelo *Nosso Número*.

- A autenticidade deste documento pode ser verificada no site www.creasp.org.br ou www.confea.org.br

- A guarda da via assinada da ART será de responsabilidade do profissional e do contratante com o objetivo de documentar o vínculo contratual.

www.creasp.org.br

Tel: 0800 017 18 11

E-mail: acessar link Fale Conosco do site acima



Valor ART R\$ 233,94

Registrada em: 04/08/2021

Valor Pago R\$ 233,94

Nosso Numero: 28027230211099487

Versão do sistema

Impresso em: 05/08/2021 15:10:34