Nº Doc. 093/2019. Brasília, 31 de julho de 2019.

Ilmo. Sr.
CICERO CARLOS GOMES DE LACERDA
MD Executor do Contrato nº 015/2014
Serviço de Limpeza Urbana do Distrito Federal – SLU/DF
Brasília – DF

Ilmo. Sr.
JOÃO BOSCO ELIAS RABELO
MD Executor do Contrato nº 015/2014
Serviço de Limpeza Urbana do Distrito Federal – SLU/DF
Brasília – DF

Ref. Contrato 015/2014

ASSUNTO: ENCAMINHAMENTO DO PROJETO EXECUTIVO DA 2ª ETAPA DO ASB E RESPOSTA AO OFÍCIO SEI-GDF Nº 23/2019 - SLU/PRESI/DILUR/GERAT/NUASA

CONSÓRCIO GAE / CONSTRURBAN / DBO (CONSÓRCIO SAMAMBAIA AMBIENTAL), tendo como líder a empresa GAE Construção & Comércio Ltda, com sede na Rua 31, nº 150, Jardim Goiás, Goiânia – GO, inscrita no CNPJ 02.083.764/0001-13, por seu preposto que a este assina, vem à digna presença de Vossas Senhorias encaminhar o projeto da 2ª Etapa do Aterro Sanitário de Brasília com as devidas correções solicitadas e tempestiva resposta ao Ofício SEI-GDF Nº 23/2019 - SLU/PRESI/DILUR/GERAT/NUASA.

Na sequência o CONSÓRCIO, apresentará os esclarecimentos item a item, constantes no Ofício SEI-GDF nº 23/2019 - SLU/PRESI/DILUR/GERAT/NUASA e Manifestação de Pendências SEI-GDF n° 43/2019 - IBRAMPRESI/SULAM/DILAM-III (25409819), vejamos:

"Item 1.1

1.1 Informar se os valores apresentados no Quadro 2 do Documento 25249167 foram determinados na área antes ou depois da escavação, bem como informar a profundidade prevista para a escavação, não explicitada no memorial descritivo, nem nas plantas de corte.
...
Dessa forma, uma melhor avaliação deve ser feita com relação às condições geotécnicas."

Em atendimento a solicitação acima transcrita, cumpre evidenciar que foram complementadas no "QUADRO 2", as informações relativas aos dados de cota de terreno, no ponto de sondagem e as informações em cota de profundidade do lençol freático.

Quanto a avaliação em relação as condições geotécnicas, apresenta-se documentação anexa, a qual contém a "Revisão 2" do Projeto Executivo. Seguem ainda, os esclarecimentos técnicos da GEOTECH, consultoria responsável pelo acompanhamento geotécnico do Aterro, cuja conclusão segue abaixo:

"Portanto, reitera-se que o projeto em questão atende aos condicionantes hidrogeológicos contidos na norma NBR 13.896:97, que determina que, obrigatoriamente, entre a superfície inferior do aterro e o mais alto nível do lençol freático deve haver uma camada de solo de espessura mínima de 1,50 m com coeficiente de permeabilidade inferior a 5 x 10-5 cm/s."

O "Item 1.2" do Ofício SEI-GDF nº 23/2019 - SLU/PRESI/DILUR/GERAT/NUASA e Manifestação de Pendências SEI-GDF n° 43/2019 - IBRAMPRESI/SULAM/DILAM-III (25409819), traz ainda o seguinte:

"Item 1.2

1.2 Incluir as dimensões na legenda da planta de corte constante no documento 25249479.

Motivo: A planta apresenta os detalhamentos, no entanto, não constam as dimensões e distanciamentos das camadas e dispositivos."

Cumpre aduzir que todas as plantas que indicam cortes (que se referem a camadas e dispositivos), foram revisadas e incluídas as dimensões, no que foi possível.

"Item 1.3

1.3 Apresentar aprovação do projeto da Etapa 2 do ASB pela diretoria técnica do SLU, bem como versão final do projeto, caso sofra alterações.

Motivo: Em reunião realizada dia 15/07/2019 no ASB constatou-se que o projeto apresentado ao IBRAM carece de aprovação pela diretoria técnica, dessa forma, passível de alterações."

Resta esclarecer que o projeto foi aprovado pela SLU, via do Ofício SEI-GDF nº 1301/2019 - SLU/PRESI, com as devidas considerações de modificação de apenas alguns pontos do memorial.

"Item 1.4

1.4 O projeto proposto deve abranger sistema de detecção de vazamento de percolado sob o sistema artificial de impermeabilização, bem como deve prever a realização de testes de estanqueidade antes de sua entrada em operação. O projeto deve informar ainda como será testado o desempenho do sistema de impermeabilização durante sua vida útil."

Ressalta-se que o Projeto prevê a construção dos drenos sub superficiais ou Dreno Testemunho (Detecção de vazamento), ou seja, o sistema descrito foi projetado acima no nível do lençol freático, atuando ao longo de toda a área da base do Aterro, situando-se logo abaixo da camada de impermeabilização artificial. Assim, sob todo o aterro estará presente uma malha de drenos, que atuará como testemunho das condições de impermeabilização da base do maciço, uma vez que qualquer líquido proveniente de eventual vazamento será direcionado para os poços de visita, fora da área do mesmo. Por meio de vistorias periódicas, a serem realizadas

nesses dispositivos (as quais serão incluídas no plano de vistoria do Aterro), serão adotados os procedimentos estabelecidos na Norma ABNT 13.896/1997, item 5.2.6[1] no sentido de mitigar o problema, caso seja constatado o aparecimento de percolado no sistema.

Para garantir o desempenho e a durabilidade do sistema de impermeabilização artificial, nos termos do item 5.2.7 da Norma ABNT NBR 13.896/1997, a aquisição, recebimento e instalação dos materiais deverão seguir as Normas ABNT NBR 15.352/2006[2] e NBR 16.199/2013[3].

"Item 1.5

1.5 O projeto deve apresentar a metodologia utilizada para o dimensionamento do sistema de drenagem do percolado, como a definição da declividade (3,23%), altura do colchão drenante (0,80 cm), diâmetro dos drenos guias, granulometria do material drenante. Apresentar simulação hidrodinâmica do percolado ao longo do sistema de drenagem proposto, considerando os horizontes de projeto e verificação hidráulica em seus componentes.

...

- *Para garantir a autolimpeza, deve-se definir uma tensão de arraste média calculada para vazão inicial de percolado (para redes de esgoto adota-se 1Pa como tensão de arraste média verificada por trecho de rede).*
- *A declividade máxima admissível é aquela para qual se tenha velocidade na tubulação igual a 5,0 m/s para a vazão final do percolado.*
- *A lâmina máxima na tubulação deverá ser igual ou inferior a 75% do diâmetro do coletor, calculada para a vazão final do percolado.*

---

[1] Conforme NBR 13896/97, item 5.2.6:
"*5.2.6 Sob o sistema artificial de impermeabilização inferior deve haver um sistema de detecção de vazamento de líquido percolado.*
Nota: Se houver aparecimento de líquido no sistema de detecção, o responsável deve:
a) notificar ao OCA dentro de sete dias o aparecimento do problema;
b) analisar a qualidade deste efluente;
c) remover, tratar, se for o caso, e dispor o líquido acumulado;
d) diminuir a níveis aceitáveis o fluxo de líquido percolado, através da recuperação da impermeabilização ou de outras medidas equivalentes."

[2] ABNT NBR 15352:2006 – Mantas termoplásticas de polietileno de alta densidade (PEAD) e de polietileno linear (PEBDL) para impermeabilização

[3] ABNT NBR 16199:2013 – Geomembranas termoplásticas — Instalação em obras geotécnicas e de saneamento ambiental

- *Para vazão final (Qf) deve ser calculada a velocidade crítica (Vc = 6 (gRh)1/2), quando a velocidade final (Vf) é superior a velocidade crítica (Vc), a maior lâmina admissível deve ser 50% do diâmetro do coletor, assegurando-se a ventilação do trecho. Se a lâmina for superior a 50%, o diâmetro do coletor deverá ser aumentado."*

Para o atendimento desse item, vale esclarecer que foram incluídas as planilhas de dimensionamento da rede de drenagem de percolado, desde a drenagem de base até a tubulação do emissário de percolado. Situação essa, atendida no item 5.6.2 do Relatório de Projeto e por meio do "ANEXO 2b", o qual contém planilha detalhada do dimensionamento hidráulico, constando todas as informações apontadas no Item 1.5, inerente a manifestação de pendências do IBRAM.

Quanto aos demais elementos estão devidamente justificados no Relatório de Projeto.

"Item 1.6

Deve-se adotar série histórica com maior abrangência temporal para a definição da precipitação máxima, o projeto adotou a precipitação máxima de uma série histórica compreendida entre os anos 2006 a 2011. Não se relata o que motivou a escolha desse período, entende-se que se deve utilizar o que existe de série histórica no INMET, inclusive dados mais atuais, no sentido de dar maior confiabilidade e robustez ao dimensionamento proposto. O projeto deve apresentar em forma de gráfico os dados obtidos pela série histórica, de forma a se identificar melhor os pontos críticos de precipitação."

Em atendimento à solicitação supra, inerente a série histórica para o cálculo das vazões de projeto, utilizou-se a máxima precipitação mensal observada entre os anos de 1989 a 2019, conforme dados do INMET[4], e devidamente registrado no Relatório de Projeto.

[4] Instituto Nacional de Meteorologia – INMET. Estação: 83377 – Brasília, DF, Latitude: -15.78; Longitude: -47.93; altitude: 1159.54m.

"Item 1.7

1.7 Informar as distâncias verticais das drenagens horizontais intermediárias;"

No detalhamento do projeto, referente as drenagens horizontais intermediárias, há que ser evidenciado que foram devidamente cotadas e estão na "Revisão 2" do Projeto Executivo.

"Item 1.8

1.8 Informar a inclinação dos taludes internos;"

O dado informado nesse item foi corrigido no relatório de projeto uma vez que informação de desenho de projeto estava correta.

"Item 1.9

1.9 Informar os tratamentos previstos para a área que receberá o material de corte, prevendo dispositivos de drenagem pluvial para contenção de sedimentos."

Foi criado uma extensão do sistema de drenagem que irá captar as águas pluviais da área que receberá o material de corte. Ver desenho 14/21.

"Item 1.10

1.10 Determinação da quantidade de carbonato de cálcio no material a ser utilizado para o colchão drenante."

Para implantação dos drenos de percolado, recomenda-se a utilização de pedra britada de gnaisse, granito, basalto, micaxisto ou materiais que sejam resistentes ao percolado e a **não utilização da pedra com composição de CaCO3 acima de 8,5%[5],** recomendação essa da Agencia Ambiental da Austrália. Além disso, a pedra utilizada deve ser lavada para evitar que o material fino contido nela, seja elemento de causa de obstrução no sistema

[5]Environmental Protection Agency. Australia Environmental Guidelines: Solid Waste Landfills, Second edition 2016. 1.4 Gravel drainage layers

de drenagem de percolado, atendendo condições previstas na mesma Norma Estrangeira citada.

Levando em consideração que na região do ASB só se verifica a presença de pedra de origem calcária, com teor de CaCO3 muito superior a recomendação contida nos estudos realizados no presente projeto executivo. Assim, a alternativa mais próxima é a pedreira localizada na região do Município de Abadiânia – GO., distante 98 km do ASB, cuja a pedra é constituída por micaxisto com composição modal de: Quartzo – 50%; Micas – 36%; Feldspato – 9%; Granada – 3% e Minerais opacos – 2%.

"Item 1.11

1.11 Apresentar a drenagem provisória prevista para a frente operacional do ASB (áreas com resíduos expostos). Informar o disciplinamento previsto para a parcela de água pluvial não infiltrada no aterro mas que terá contato com o resíduo sólido."

No processo de operação do Aterro, toda a água presente na frente de serviço é direcionada diretamente para o dreno de percolado de camada, o sistema de drenagem superficial não é implantado nas frentes de serviço, não havendo dessa forma qualquer possibilidade de haver a mistura de tais águas ou de apresentar detalhamento desse tratamento.

"Item 1.12
1.12 Apresentar estudo conclusivo de estabilidade estrutural do aterro, considerando o dimensionamento proposto. Informar o responsável técnico pelo estudo."

O Estudo de estabilidade estrutural do Aterro foi apresentado à SLU em documento anexo ao projeto e possivelmente não foi apresentado ao IBRAM, assim, encaminha-se novamente o referido estudo, que anexo ao projeto.

"Item 1.13

1.13 Apresentar o tratamento previsto na junção entre as geomembranas."

Para garantir o desempenho e a durabilidade do sistema de impermeabilização artificial, nos termos do item 5.2.7 da Norma ABNT NBR 13.896/1997, a aquisição, recebimento e instalação dos materiais deverão seguir as Normas ABNT NBR 15.352/2006[6] e NBR 16.199/2013[7].

Os procedimentos definidos na norma da ABNT, são os utilizados para garantir e verificar as junções da geomembrana.

"Item 1.14

1.14 Apresentar estudo que subsidie a definição da quantidade e da locação dos piezômetros para medição da poro-pressão. Deve-se utilizar piezômetros com câmaras duplas, em conformidade com a Resolução ADASA nº 18 de 09/08/2018, Parágrafo Único do Artigo 56."

A análise de estabilidade a ser realizada periodicamente, deverá ser correspondente à conformação do maciço de resíduos da Etapa 2, no cenário atual até sua conformação final, com a finalidade de refletir as condições das seções consideradas mais críticas, de acordo com a inclinação e altura do maciço. Nesse sentido, tendo-se como referência a conformação final do Projeto Executivo da Fase 2, foram consideradas 12 seções críticas de análise de estabilidade.

Nessas seções críticas, recomenda-se a implantação de instrumentos geotécnicos, que terão a função de verificar as condições geotécnicas atuais do maciço de resíduos. Neste atendimento, se fez necessário atualizar a quantidade de instrumentos geotécnicos para atender

[6] ABNT NBR 15352:2006 – Mantas termoplásticas de polietileno de alta densidade (PEAD) e de polietileno linear (PEBDL) para impermeabilização
[7] ABNT NBR 16199:2013 – Geomembranas termoplásticas — Instalação em obras geotécnicas e de saneamento ambiental

a Etapa 2, ou seja, a instalação de 21 piezômetros e de 36 marcos superficiais, conforme orientação da consultoria.

Dessa forma, foi modificado o projeto quanto a localização dos piezômetros e marcos, com a finalidade de atendimento a Resolução ADASA nº 18 de 09/08/2018.

"Item 1.15

1.15 Apresentar detalhamentos construtivos e dimensionamentos dos diques de partida e dos diques provisórios de águas pluviais."

Os diques de partida e diques provisórios de águas pluviais não tem função estrutural. Portanto, os diques de partida são apenas separadores e guias de nivelamento do maciço, eles não tem função de contenção de maciço, mais sim de guia de nível para manter a projeção do projeto por camada em uma mesma cota.

E os diques provisórios de águas pluviais, também não têm função estrutural, apenas separam a área de operação da área transitória, para fase seguinte de ampliação do Aterro com a finalidade de separar as águas. Ver desenho 2/21, 19/21 e 20/21.

"Item 1.16

1.16 A drenagem pluvial da segunda etapa deve prever os dispositivos estabelecidos no item 31.5 da LO nº 18/2019 (24607163)."

Nestes termos, vem o CONSÓRCIO evidenciar por fim, que dentro do objeto e das condições estabelecidas no Contrato nº 015/2014, tal complemento de projeto do Aterro Sanitário de Brasília, não faz parte do escopo do contrato firmado com o CONSÓRCIO, contudo ressalta-se que essa situação vem sendo tratada pela SLU e a mesma irá apresentar a solução para tal pendência da LO nº 18/2019 (24607163).

Isto posto, no aguardo de ter prestado os esclarecimentos devidos às solicitações constantes no Ofício SEI-GDF nº 23/2019 - SLU/PRESI/DILUR/GERAT/NUASA e Manifestação de Pendências SEI-GDF n° 43/2019 - IBRAMPRESI/SULAM/DILAM-III (25409819) com o encaminhamento da revisão do projeto executivo da 2ª Etapa do Aterro Sanitário de Brasília que segue em anexo.

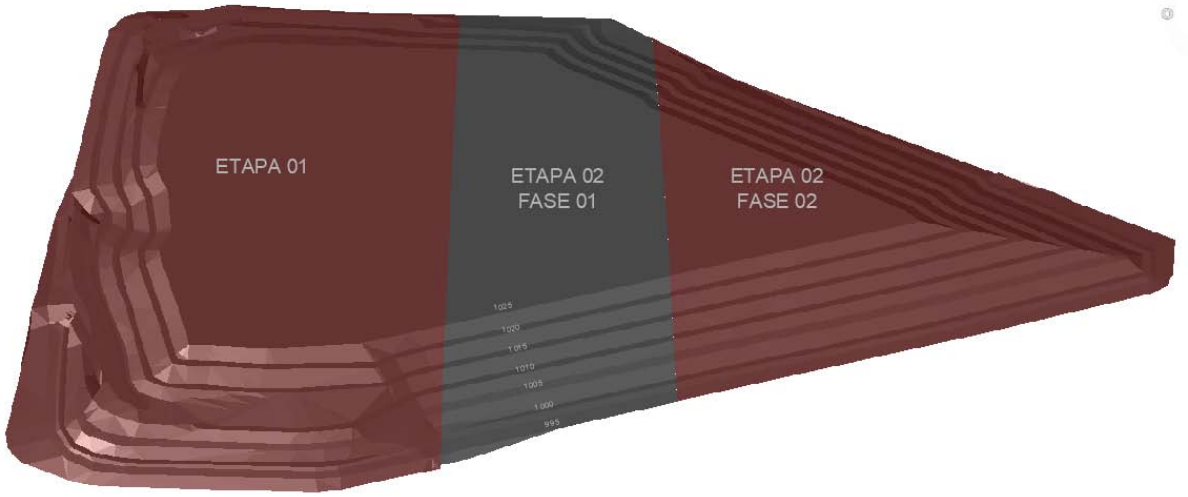
Atenciosamente.

CONSÓRCIO SAMAMBAIA AMBIENTAL
Sérgio de Souza Lima
Gerente de Contrato

Anexo;

1 – Projeto Executivo 2ª Etapa Aterro Sanitário de Brasília

SERVIÇO DE LIMPEZA URBANA DO DISTRITO FEDERAL - SLU DF



PROJETO EXECUTIVO

ATERRO SANITÁRIO DE BRASÍLIA – ASB

ETAPA 2

CONSÓRCIO SAMAMBAIA AMBIENTAL

JULHO/2019

SUMÁRIO

1. APRESENTAÇÃO 5
2. IDENTIFICAÇÃO 6
2.1. EMPREENDEDOR 6
2.1.1. Nome do Empreendimento 6
2.2. EMPRESA RESPONSÁVEL 6
2.3. ÓRGÃO AMBIENTAL LICENCIADOR 6
2.4. EQUIPE TÉCNICA 6
3. CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO 7
4. INFORMAÇÕES SOBRE OS RESÍDUOS A SEREM DISPOSTOS NO ATERRO SANITÁRIO DE BRASÍLIA – ASB -DF- ETAPA 2 8
4.1. HORÁRIO DE FUNCIONAMENTO DO ATERRO CLASSE II 8
5. ATERRO SANITÁRIO DE BRASÍLIA – ASB – ETAPA 2 9
5.1. CONCEPÇÃO E JUSTIFICATIVA DO PROJETO 9
5.1.1. Concepção 9
5.1.2. Justificativa do Projeto 9
5.1.3. Caracterização da área da Etapa 2 11
5.2. PLANO DE AVANÇO DA ETAPA 2 13
5.3. DESCRIÇÃO E ESPECIFICAÇÕES DOS ELEMENTOS DE PROJETO 15
5.3.1. Sistema de Drenagem Superficial 15
5.3.2. Sistema de Drenagem e Remoção de Percolado 15
5.3.3. Sistema de Armazenamento de Percolado 18
5.3.4. Sistema de Drenagem de Biogás 18
5.3.5. Sistema de Impermeabilização 20
5.3.6. Cobertura dos Resíduos 23
5.3.7. Sistema de drenagem sub superficial – Dreno Testemunho (Detecção de vazamento) 24
5.4. MONITORAMENTO GEOTÉCNICO E AMBIENTAL DA ETAPA 2 25
5.4.1. Monitoramento Geotécnico 26
5.4.2. Monitoramento Ambiental 27
5.5. QUALIDADE DAS ÁGUAS 28
5.5.1. Águas Subterrâneas 28
5.5.2. Águas Superficiais 29
5.6. MEMORIAL DE CÁLCULO 30
5.6.1. Cálculo da vazão de percolado 30
5.6.2. Dimensionamento dos drenos de percolado 32
5.6.2.1 Diâmetro das tubulações (d) 32

5.6.2.2 Declividade dos trechos (i) 32
5.6.2.3 Lâmina de percolado (y) 33
5.6.2.4 Tensão trativa (σ) 33
5.6.2.5 Velocidade de escoamento (v) 34
5.6.2.6 Velocidade crítica (vc) 34
5.6.2.7 Colchão drenante 34
5.6.2.8 Planilha dimensionamento 36
5.6.3. Medição de Vazão 36
5.6.4. Dimensionamento do sistema de drenagem de águas pluviais 36
5.6.4.1 Coeficiente de distribuição "run-off" 36
5.6.4.2 Tempo de concentração 37
5.6.4.3 Intensidade média das chuvas 37
5.6.4.4 Cálculo do deflúvio local q 37
5.6.4.5 Dimensionamento 38
5.6.4.6 Planilha dimensionamento 38
5.7. ESTIMATIVA DAS VAZÕES E DIMENSIONAMENTO DAS DESCIDAS HIDRÁULICAS 39
5.7.1. Descidas hidráulicas em colchão Reno nas células de lixo 39
5.8. OPERAÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO 42
5.8.1. Acesso e pátio de manobras 42
5.8.2. Lançamento, Espalhamento e Compactação dos Resíduos 43
5.8.3. Cobertura dos Resíduos 43
5.9. INTERAÇÃO DO PROJETO DA 1ª ETAPA COM A 2ª ETAPA DO ATERRO SANITÁRIO 44
6. EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS PARA OPERAÇÃO DO ATERRO 46
7. PLANILHA DE QUANTITATIVO 48
8. BIBLIOGRAFIA 53
9. ANEXOS 54

FIGURAS

FIGURA 01: COLCHÃO DRENANTE 17
FIGURA 02: DRENO DE BIOGÁS INTERLIGADO AO SISTEMA DE DRENAGEM DE PERCOLADOS 19
FIGURA 03: DISPOSITIVO DE QUEIMA DO BIOGÁS (FLARE) DO ASB(SAMAMBAIA-DF) 20
FIGURA 04: DETALHE DA BARREIRA GEOSSINTÉTICA 21
FIGURA 05: INSTALAÇÃO DE BARREIRA GEOSSINTÉTICA - GCL 23
FIGURA 06: ATERRO SANITÁRIO TÍPICO 24
FIGURA 07: MONITORAMENTO TOPOGRÁFICO 26
FIGURA 08: DETALHES CONSTRUTIVOS DOS POÇOS DE MONITORAMENTO 29
FIGURA 09: MODELO PARA VERIFICAÇÃO DE DISTÂNCIA ENTRE OS TUBOS E ALTURA MÁXIMA DE PERCOLADO 36
FIGURA 10: DESCIDA D'ÁGUA 40

QUADROS

QUADRO 01: QUADRO DE ÁREAS DO ASB 7
QUADRO 02: PONTOS DE SONDAGEM (DESENHO 01/22) 12

QUADRO 03: RESUMO DE ÁREAS, CAPACIDADE E VIDA ÚTIL PARA CADA ETAPA 13
QUADRO 04: CAPACIDADE DE DISPOSIÇÃO DA ETAPA 2 13
QUADRO 05: VOLUME DE ESCAVAÇÃO E ATERRO DAS 2 FASES DA ETAPA 2. 14
QUADRO 06: VOLUME DE SOLO NECESSÁRIO PARA A COBERTURA SANITÁRIA DA ETAPA 2....14
QUADRO 07: BALANÇO DE SOLO 14
QUADRO 08: ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA COMPOSTO BENTONÍTICO 22
QUADRO 09: PROPRIEDADES TÉCNICAS MÍNIMAS DA GEOMEMBRANA DE PEAD 23
QUADRO 10: CRITÉRIOS GERAIS DE AÇÃO PARA VELOCIDADE DE DESLOCAMENTO 27
QUADRO 11: POÇOS DE MONITORAMENTO E PARÂMETROS DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS 28
QUADRO 12: LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM....29
QUADRO 13: DIMENSIONAMENTO DAS DESCIDAS D'ÁGUAS PROVISÓRIAS E DEFINITIVAS 39
QUADRO 14: DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO - DESCIDAS HIDRÁULICAS COLCHÃO RENO 39
QUADRO 15: CARACTERÍSTICAS COLCHÃO RENO - MACAFERRI DO BRASIL LTDA 39
QUADRO 16: TABELA 1 40
QUADRO 17: OS EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS PARA A OPERAÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO 46

1. APRESENTAÇÃO

O presente trabalho tem como objetivo apresentar o projeto executivo da Etapa 2 do Aterro Sanitário de Brasília - ASB, conforme os termos e condições estabelecidos no Contrato Nº 015/2014, proveniente da concorrência pública nº 01/2013-CPL/SLU/DF.

A Etapa 2 deverá ser implantada a oeste da Etapa 1, atualmente em funcionamento, numa área de 121.850 m^2, **(**ver **Desenho 01/21),** com capacidade de receber 68.000 toneladas de resíduos por mês.

O ASB receberá apenas resíduos classificados como classe II A, ou seja, aqueles resíduos provenientes dos serviços de coleta domiciliares e comerciais; dos serviços de conservação de logradouros públicos, de limpeza e varrição, incluindo podas, de acordo com a NBR 1004/04, 04 e com Edital Concorrência Pública nº 001/2013 e com o item 5 do Projeto Básico do referido edital.

O método utilizado neste projeto para a disposição final dos resíduos sólidos do Distrito Federal foi o de Aterro Sanitário, acompanhando o projeto da Etapa 1 em implantação e operação, atualmente.

Com relação a concepção original do projeto básico do ASB houve modificação das especificações, para melhor adequação técnica aos seus objetivos, com a finalidade de atender exclusivamente ao interesse público da administração estabelecidas pela Diretoria Técnica - DITEC da SLU e as novas exigências da Licença de Operação do ASB estabelecidas pelo IBRAM, fato esse novo não previsto inicialmente no processo de contratação do Edital Concorrência Pública nº 001/2013, e caso necessário serão realizadas novas avaliações e modificações ao projeto executivo da 2ªEtapa se solicitadas pela SLU por meio da DITEC ou porventura que sejam recomendadas pelo IBRAM e a ADASA.

Para a elaboração do projeto do aterro, devem ser consideradas resoluções do CONAMA e as seguintes Normas Técnicas:

NBR 13896-Jun/1997 - Aterro de resíduos não perigosos- Critérios para projetos, implantação e operação- Classe II

NBR 8419-Abr/1992 - Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos.

2. IDENTIFICAÇÃO

2.1. EMPREENDEDOR

SLU SERVIÇOS DE LIMPEZA URBANA DO DISTRITO FEDERAL

CNPJ:01567525/0001-76

Endereço: SCS, Quadra 08, Bloco B-50 6º Andar Ed. Venâncio 2000 - CEP 70333-900

Contato: Eliana Filomena Barbosa Nicole

Fone: (61)3213-0153

2.1.1. Nome do Empreendimento

Aterro Sanitário de Brasília - ASB

Rodovia DF 180, Km 21, Bairro Samambaia Norte, Cidade de Brasília-DF - CEP 72.339-800

2.2. EMPRESA RESPONSÁVEL

CONSÓRCIO SAMAMBAIA AMBIENTAL

Empresas participantes do Consórcio Samambaia GAE / CONSTRUBAN / DBO

GAE CONSTRUÇÃO E COMÉRCIO LTDA

CONSTRUBAN LOGÍSTICA AMBIENTAL LTDA

DBO ENGENHARIA LTDA

Endereço: Rua 31, nº 150 – Jardim Goiás – CEP 74.805-340 - Goiânia-Goiás.

Telefone/Fax: (62)3237-3200

Contato: Daniel Jean Laperche

E-mail: diretoria@gaeconstrucao.com.br

2.3. ÓRGÃO AMBIENTAL LICENCIADOR

Instituto Brasília Ambiental – IBRAM

Governo de Brasília

Endereço: SEPN 511, Bloco C, Edifício Bittar – CEP 70.750-543

2.4. EQUIPE TÉCNICA

PROFISSIONAL	FORMAÇÃO	CONSELHO
Ataualpa Nasciutti Veloso	Engenheiro Civil	CREA 2933/D GO.
Lívia Evangelista Veloso Santana	Engenheira Civil	CREA 14526/D GO.
Sérgio de Souza Lima	Engenheiro Civil	CREA 10491/D GO.
André Eugene Laperche	Engenheiro Civil	CREA 956/D GO.
Daniel Jean Laperche	Engenheiro Civil	CREA 3543/D GO.
Ubiratan Sebastião de Carvalho	Engenheiro Civil	CREA 601933540/D SP.

3. CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

O projeto proposto terá o objetivo de dispor adequadamente os resíduos Classe II A produzidos no Distrito Federal.

As áreas destinadas à instalação do **ASB – Etapa 2** estão especificadas no **Quadro 01.**

Quadro 01: Quadro de áreas do ASB

Unidades	Área (m²)
Área total do terreno	760.000,00 m²
Área da Etapa 1I	110.000,00 m²
Área da Etapa 2	121.850,00 m²
Área da Etapa 3	88.000,00 m²

4. INFORMAÇÕES SOBRE OS RESÍDUOS A SEREM DISPOSTOS NO ATERRO SANITÁRIO DE BRASÍLIA – ASB -DF- ETAPA 2

O ASB - Etapa 2 poderá receber apenas os resíduos descritos abaixo:

- **Resíduos Classe II**

Os resíduos classificados como Classe II (não perigosos e não inertes), são aqueles em que em um extrato lixiviado, não libera qualquer substancia tóxica, não possuem, em sua massa, concentrações de compostos ou substâncias que conferem toxidade ao meio ambiente. Além disso, nenhum de seus constituintes solubilizados devem possuir concentrações superiores aos padrões de potabilidade da água, exceto nos aspectos de turbidez, dureza e sabor.

- Classe II A

Os resíduos Classe II A (não perigosos e não inertes) são aqueles que não se enquadram nas classificações de resíduos Classe I (perigosos) ou Resíduos Classe IIB (não perigosos e inertes), de acordo com a NBR1004/04.

Os resíduos Classificados com Classe II A são os provenientes dos serviços de coleta domiciliares e comerciais, regular dos municípios, dos serviços de conservação de logradouros públicos, de limpeza e varrição, incluindo podas.

OBS:

1- *Todos os resíduos a serem dispostos no aterro, proveniente de terceiros e autorizados pela SLU, deverão estar acompanhados de laudo de classificação como resíduos Classe II A-.*

2- *Os lodos provenientes de Estações de Tratamento de Efluentes-ETE´s, os lodos de Estações de Tratamento de Água- ETA´s, assim como os rejeitos de gradeamento e material fino do processo de compostagem, NÃO PODERÃO SER DISPOSTOS NO MACIÇO DO ASB.*

3- *Tendo em vista essa condição de não recebimento dos resíduos destacados no item 2 acima, no maciço do ASB, os mesmo poderão ser dispostos em locais distintos ao do maciço nas áreas abaixo da área de estocagem de solo da 2ª Etapa no lado leste do Aterro paralelo ao emissário da Estação de Tratamento Melchior/Samambaia, ver Desenho 2/21.*

4.1. HORÁRIO DE FUNCIONAMENTO DO ATERRO CLASSE II

O Aterro Sanitário De Brasília – ASB, funcionará 24 horas por dia, durante os 7 (sete) dias da semana.

5. ATERRO SANITÁRIO DE BRASÍLIA – ASB – ETAPA 2

5.1. CONCEPÇÃO E JUSTIFICATIVA DO PROJETO

5.1.1. Concepção

O Aterro Sanitário é uma técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, segundo critérios de engenharia e normas operacionais específicas, permitindo um confinamento seguro, evitando riscos à saúde pública e visando minimizar os impactos ambientais. Este método utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos à menor área disponível e reduzi-lo ao menor volume permissível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho, ou a intervalos menores, se necessário (NBR 8419/92 – ABNT).

A escolha de Aterro Sanitário, dentre as tecnologias existentes de disposição de resíduos sólidos urbanos, deve-se ao fato de este apresentar um menor custo, além da possibilidade de serem incorporadas ao aterro outras tecnologias tais como: usina de reciclagem; compostagem; e incineração que consorciadas ampliariam a vida útil do aterro.

5.1.2. Justificativa do Projeto

O Aterro Sanitário proposto foi projetado para receber 68.000 t/mês resíduos sólidos Classe II A.

Adaptando-se às características geotécnicas, às condições topográficas encontradas e à área de 121.850,00 m² definida para esta etapa, optou-se pela continuidade do método adotado na Etapa 1, atualmente, em implantação e operação, ou seja, trincheira seguida por verticalização.

A Etapa 2 deverá ser implantada em 2 fases sucessivas acompanhados da verticalização conforme detalhes a serem descritos no plano de avanço a ser detalhado ao longo deste projeto.

Este projeto foi elaborado tomando como base o levantamento topográfico da área selecionada.

O projeto prevê a implantação de 1 trincheira, em 2 fases, que serão chamadas de fase 1, fase 2 e deverão ser construídas uma após a outra. Após o preenchimento da fase 1 e sua verticalização, será iniciada o preenchimento da fase 2, que deverá já estar escavada, impermeabilizada e com os drenos de base de percolado construídos.

As trincheiras deverão ser escavadas com taludes internos 1(V):1,50(H), dimensões e detalhes indicados no **Desenho 02/21.**

Após a escavação de cada fase, a área da base deverá ser submetida a uma regularização, de modo a permitir o funcionamento do sistema de drenagem de percolado por gravidade, com as inclinações no sentido sul/norte de 3,23% e distâncias entre drenos, conforme indicado no **Desenho 04/21**.

Em seguida a base com sua devida inclinação deverá ser rebaixada mais 40 cm e posteriormente reaterrada em 2 (duas) camadas de 20 cm de espessura, sendo a 1ª camada com solo natural proveniente da escavação da trincheira e a 2ª camada com solo argiloso, ambas com grau de compactação de 95% do Proctor Normal e umidade ótima.

Este procedimento concede ao terreno natural uma melhor capacidade de suportar às solicitações decorrentes da circulação de veículos sobre as camadas de impermeabilização da base. No entanto, este procedimento não dá ao solo uma função impermeabilizante, apenas contribui para o suporte mecânico do sistema de impermeabilização.

Para garantir a impermeabilização em toda a trincheira de disposição de resíduos, deverá ser aplicado um Geocomposto Bentonítico (GLC)[1] com espessura de 6,5 mm e coeficiente de permeabilidade $K < 10^{-11}$, e sobre ele será instalada uma geomembrana de PEAD de 2,0 mm de espessura, texturizada nas duas faces[2].

Sobre a manta de PEAD, em toda a trincheira, será colocada e compactadas argila, com espessura vaiável de 0,20 m a 0,60cm, conforme detalhes do projeto executivo, para a proteção mecânica da mesma e sobre a última camada de argila será implantado o dreno de percolado (colchão drenante).

Estes procedimentos descritos acima terão a finalidade de assegurar a estanqueidade do aterro, visando proteger o solo e o lençol freático de possíveis contaminações.

Após o preenchimento da Fase1 da trincheira com resíduos, será iniciado a Fase 2, como pode ser visto nos **desenhos 19/21, 20/21, e 21/21,** estando previstos 7 níveis de verticalização, até a cota 1025, com 5,00 metros de altura cada e talude de 1(V):2(H), conforme **desenhos 10/21 e 11/21**.

Ao término de cada camada de verticalização com resíduos, será feito sobre as mesmas a cobertura com solo na espessura de 30 cm e executados novos drenos, na mesma configuração dos drenos da camada anterior. A cobertura de solo deverá ser retirada antes

[1] Ver propriedades no **Quadro 09** – Especificação Técnica Composto Bentonítico.
[2] Ver **Quadro 10** – Propriedades técnicas mínimas da geomembrana de PEAD.

da disposição de lixo na camada seguinte, conforme detalhado na seção 5.8.3, e os drenos terão forma retangular com 0,80 m de largura por 1,40m de altura com declividade de 5%, ver detalhes no **desenho.05/21.**

Os taludes e bermas definitivos serão cobertos com 0,50 m de solo e grama em placas.

O solo para a cobertura diária das células de resíduos e das camadas de verticalização será proveniente da escavação da trincheira e o volume necessário será de aproximadamente 350.947 m^3, ou seja, 11,33% do volume total de resíduo a ser disposto na Etapa 2**,** ver **Quadro 06.**

A camada final de resíduos do maciço será coberta com solo natural, com 0,50 m de espessura de modo a evitar o empoçamento e a infiltração das águas pluviais. Para isto, deverão ser levados em conta os recalques que ocorrerão no maciço de resíduos ao longo do tempo.

5.1.3. Caracterização da área da Etapa 2

A caracterização da área destinada à implantação desta etapa foi realizada com base na investigação geotécnica realizada através de 3 (três) furos de sondagem a percussão (SPT), 6 (seis) furos de sondagem com perfuratriz pneumática (SPR) e 3 (três) ensaios de infiltração com a determinação do coeficiente de infiltração do solo. A localização dos furos pode ser vista no **Desenho 1/21.**

Os estudos geotécnicos foram realizados pela empresa HSN Engenharia Ltda. no dia 19/04/2018. Os laudos podem ser vistos em detalhes no **Anexo 1.**

O **Quadro 02** mostra as coordenadas dos furos de sondagem, sua profundidade e o nível do lençol freático, que se encontra a uma distância da cota de projeto superior a estabelecida pela norma de no mínimo de 1,50 m de solo insaturado.

Os ensaios de infiltração mostram coeficiente de infiltração do terreno de 1,273 x 10^{-4}, 1,180 x 10^{-4} e 9,603 x 10^{-4}, portanto todos os valores encontram-se dentro da condição aceitável apresentada em “nota” do item 4.1.2 “c” da NBR 13896/1997[3], uma vez que se encontram na ordem de 10^{-4} cm/s.

[3] Conforme NBR 13896/97, item 4.1.2:
“*c) o aterro deve ser executado em áreas onde haja predominância no subsolo de material com coeficiente de permeabilidade inferior a 5 x 10^{-5} cm/s;*

Quadro 02: Pontos de sondagem (desenho 01/22)

Quadro dos pontos de sondagem							
Pontos de sondagem	Coordenadas em UTM		Cota do Terreno	Profundidade do furo (m)	Cota de Projeto	Nível do lençol freático (m)	Cota do lençol freático
	X	Y	Natural				
SP-01	8244067,99	161984,44	998,182	4,90	991,697	NE	-
SP-02	8244006,13	161905,81	997,623	5,30	992,815	NE	-
SP-03	8244162,57	161918,52	991,422	8,45	988,124	NE	-
SPR-04	8244094,90	161952,36	995,483	12,25	990,594	11	984,483
SPR-05	8244050,50	161882,02	994,648	15,40	991,212	11	983,648
SPR-06	8244104,80	161882,02	992,820	12,00	989,534	11	981,820
SPR-07	8244234,24	162073,11	991,911	9,25	987,469	7	984,911
SPR-08	8239470,31	161997,79	999,938	15,00	995,000	12	987,938
SPR-09	8244148,18	161835,87	990,109	23,00	987,737	20	970,109

Os ensaios de infiltração mostram coeficiente de infiltração do terreno de 1,273 x 10^{-4}, 1,180 x 10^{-4} e 9,603 x 10^{-4}, portanto todos os valores encontram-se dentro da condição aceitável apresentada em "nota" do item 4.1.2 "c" da NBR 13896/1997[4], uma vez que se encontram na ordem de 10^{-4} cm/s.

Em virtude das condições locais foi utilizado solução tecnológica de impermeabilização artificial com o uso do GCL em atendimento ao item 4.1.1 "b" da NBR 13896/1997[5], uma vez que não há material natural (solo) na área do ASB com coeficiente de permeabilidade da ordem de 10^{-7}. O projeto prevê ainda a utilizado ainda sobre ele será instalada uma geomembrana de PEAD de 2,0 mm de espessura, texturizada nas duas faces, com a finalidade de não permitir a infiltração de percolado no solo.

Nota: Um subsolo com coeficiente de permeabilidade superior a 5 x 10^{-5} cm/s pode vir a ser aceito pelo OCA, a seu critério, dependendo do tipo de resíduo a ser disposto e das demais condições hidrogeológicas do local do aterro, desde que este valor não exceda 10^{-4} cm/s."

[4] Conforme NBR 13896/97, item 4.1.2:

"*c) o aterro deve ser executado em áreas onde haja predominância no subsolo de material com coeficiente de permeabilidade inferior a 5 x 10^{-5} cm/s;*

Nota: Um subsolo com coeficiente de permeabilidade superior a 5 x 10^{-5} cm/s pode vir a ser aceito pelo OCA, a seu critério, dependendo do tipo de resíduo a ser disposto e das demais condições hidrogeológicas do local do aterro, desde que este valor não exceda 10^{-4} cm/s."

[5] Conforme NBR 13896/97, item 4.1.1:

"*b) geologia e tipos de solos existentes - tais indicações são importantes na determinação da capacidade de depuração do solo e da velocidade de infiltração. Considera-se desejável a existência, no local, de um depósito natural extenso e homogêneo de materiais com coeficiente de permeabilidade inferior a 10-6 cm/s e uma zona não saturada com espessura superior a 3,0 m;*"

Portanto, reitera-se que o projeto em questão atende aos condicionantes hidrogeológicos contidos na norma NBR 13.896:97, que determina que, obrigatoriamente, entre a superfície inferior do aterro e o mais alto nível do lençol freático deve haver uma camada de solo de espessura mínima de 1,50 m com coeficiente de permeabilidade inferior a 5 x 10^{-5} cm/s.

5.2. PLANO DE AVANÇO DA ETAPA 2

A Etapa 2 do ASB foi projetada numa área de 121.850 m², como já definido anteriormente no projeto da Etapa 1, e terá a capacidade estimada para receber 2.476.000 toneladas de resíduos sólidos e uma vida útil de 3,03 anos (aproximada de 3 anos). Ver **Quadro 03 -** Resumo de áreas, capacidade e vida útil para cada etapa

Quadro 03: Resumo de áreas, capacidade e vida útil para cada etapa

Resumo de Área/ Capacidade/ Vida Útil - ASB					
ETAPAS	**ÁREA (m²)**	**COTA DA VERTICALIZAÇÃO**	**CAPACIDADE MENSAL(ton.)**	**CAPACIDADE TOTAL (ton)**	**VIDA ÚTIL (Anos)**
Etapa 1 (Em execução)	110.000,00	1015	68.000,00	1.468.000,00	2,5
Etapa 2 Projetada	121.850,00	1025	68.000,00	2.476.000,00	3,03
Etapa 3	88.000,00		51.000,00	1.596.000,00	2,61
Etapa 4- Coroamento			50.600,00	2.672.000,00	4,4
Total	320.000,00		237.600,00	8.212.000,00	12,54

Para estimar a capacidade e a vida útil da Etapa 2 foi considerada uma demanda de 68.000 toneladas de resíduos por mês, diferentes da demanda inicial do projeto da Etapa 1 que era de 51.000 toneladas por mês. Levando em consideração o dimensionamento dos equipamentos para 1ª Etapa atingiu-se o peso especifico médio dos resíduos de 0,8 tf/ m³, situação essa replicada para etapas seguintes do Aterro.

A capacidade estimada de receber 3.944.000 toneladas de resíduos nas duas etapas iniciais, após a adequação da Etapa 1, deverá ser atingida, considerando a verticalização do maciço de resíduos até a cota 1025.

O **Quadro 04** – Capacidade de disposição da Etapa 2 – apresenta o resumo da capacidade de disposição dos resíduos ao longo das 2 (duas) fases da Etapa 2 deste projeto, o tempo estimado, e as cotas de verticalização do maciço para atingir a volume estimado.

Quadro 04: Capacidade de disposição da Etapa 2

Capacidade de Disposição de Resíduos Sólidos- Etapa 2				
Fases	**Cota(m)**	**Volume de Resíduos(m3)**	**Necessidade Mensal (m3)**	**Tempo (meses)**
Fase 1	987 a 1015	1.011.750	85.000,00	11,90
Fase 2	987 a 1015	1.080.000	85.000,00	12,71
Cobertura da Etapa 1 e 2	Até a 1025	1.003.250	85.000,00	11,80
Total		3.095.000		36,41

Como descrito anteriormente, para implantação da Etapa 2 será escavada uma Trincheira, em 2 fases consecutivas. O volume de solo gerado na escavação deverá ser utilizado para a

proteção mecânica da manta de PEAD da base do aterro, na cobertura das células sanitárias, bermas, taludes, na execução do dique de partida e dique provisórios de desvio de águas pluviais. O restante do material escavado deverá ser depositado em área próxima indicada no **desenho 2/21**, para ser utilizada como material de cobertura. Tais detalhamentos se encontram no **Quadro 05** – Volume de escavação das 2 fases da Etapa 2.

Quadro 05: Volume de escavação e aterro das 2 fases da Etapa 2.

VOLUME DE ESCAVAÇÃO E ATERRO- ETAPA 2				
Fases	**Escavação (m³)**	**Escavação acumulada (m³)**	**Aterro(m³)**	**Aterro acumulado (m³)**
Dique de partida	715,00	715,00	2.289,00	2.289,00
Fase 1	285.631,00	286.346,00	0,00	2.289,00
Fase 2	93.942,00	380.288,00	0,00	2.289,00

Para a realização da cobertura sanitária dos resíduos dispostos no maciço, estima-se ser necessário o volume de solo correspondente a 10% do volume de resíduos, conforme apresentado no **Quadro 06** – Volume de solo necessário para a cobertura sanitária da Etapa 2.

Quadro 06: Volume de solo necessário para a cobertura sanitária da Etapa 2

Volume de Solo Para Cobertura dos Resíduos – Etapa 2			
Fases	**Volume de resíduos disposto (m3)**	**Volume de solo para cobertura (m3)**	**Acumulado solo + resíduos (m3)**
Fase 1	1.011.750	115.235	1.126.985
Fase 2	1.080.000	122.198	1.202.198
Cobertura da Etapa 1 e 2	1.003.250	113.514	1.116.764
Total	3.095.000	350.947	3.445.947

A escavação da Trincheira, nas 2 fases, vai gerar, aproximadamente, 571.164,00 m³ de solo. Deverão ser consumidos 413.273,00 m³ de solo para a implantação e operação da Etapa 2 do ASB. Portanto, o volume escavado garante a autossuficiência de toda a Etapa 2 do aterro, conforme demonstrado no **Quadro 07** – Balanço de solo.

Quadro 07: Balanço de solo

Balanço de solo da Etapa 2					
Serviços/ Fases	**Volume de Escavação/cortes (m³)**	**Volume de Aterro(m³)**	**Consumo de solo para implantação e operação (m³)**	**Saldo de solo (m³)**	**Balanço (m³)**
Dique de partida	715	2.289,00	2.289,00	-1.574,00	-1.574,00
Fase 1	381.069,00	0	0	381.069,00	379.495,00
Fase 2	189.380,00	4.077,00	4.077,00	189.380,00	568.875,00
Proteção mecânica da manta	0	0	51.506,00	-51.506,00	517.369,00
Cobertura de resíduos	0	0	350.947,00	-350.947,00	166.422,00
Dique provisório de desvio de água pluvial- Fase 1	0	0	1.952,00	-1.952,00	164.470,00
Dique provisório de desvio de água pluvial- Fase 2	0	0	2.502,00	-2.502,00	161.968,00
Saldo de solo para estocagem Etapa 3	571.164,00		413.273,00		180.292,00

Logo, o **Quadro 07** – Balanço de solo – demonstra que o volume de solo escavado será suficiente para a realização de todas as estruturas de drenagem, impermeabilização e cobertura de resíduos e ainda haverá volume de terra a ser estocado para utilizações na Etapa 3 a ser implantada.

5.3. DESCRIÇÃO E ESPECIFICAÇÕES DOS ELEMENTOS DE PROJETO

5.3.1. Sistema de Drenagem Superficial

O sistema de drenagem superficial tem a finalidade de captar, interceptar e desviar do maciço as águas pluviais, durante a operação e depois de encerrada a vida útil do Aterro Sanitário, evitando o aumento do volume do líquido percolado e a formação de processos erosivos no maciço, bem como serão implantados também nos locais de deposito provisório de material escavado.

O sistema de drenagem de águas pluviais será dotado de dispositivos de caráter provisório, (alterados conforme o avanço da frente de trabalho ou desenvolvimento de camadas) e permanentes (implantação em uma Etapa já concluída e no final da implantação do Aterro).

Para os dispositivos de caráter permanente o sistema será composto por canaletas de pé de talude em concreto, descidas d´águas em gabião em colchão Reno ou Geocélula 30x30cm, caixa coletora e rede de água pluvial. Todos os dispositivos de drenagem estão detalhados nos **Desenhos 14/21**, **15/21** e **16/21.**

Para os dispositivos de caráter provisório o sistema será composto por canaletas de pé de talude em manta de PVC 0,8mm, descidas d´águas em manta PEAD 1,0mm ou Geocélula 30x30 cm. Esses dispositivos de drenagem estão detalhados nos **Desenhos 15/21**.

Com o objetivo de evitar a formação de processos erosivos na área do ASB, toda água pluvial coletada tanto no maciço quanto nas áreas de deposito provisório de material escavado serão encaminhados, através de canaletas, descidas d'água e rede própria para os reservatórios de quantidade e qualidade existente, detalhados no projeto da Etapa 1 desenho 16B/25 e posteriormente encaminhada para as drenagens naturais da área.

Todos os dispositivos de drenagem pluvial devem ser mantidos desobstruídos, principalmente os do maciço do Aterro Sanitário, para minimizarem a entrada de água pluvial no maciço do aterro, o aumento de volume do percolado e a formação de processos erosivos.

5.3.2. Sistema de Drenagem e Remoção de Percolado

A matéria orgânica encontrada nos resíduos de natureza domiciliar ao ser confinada nas células sanitárias do maciço, passa por um processo anaeróbico de decomposição, com

temperaturas na faixa de 40 a 60°C, resultando em materiais nos três estados: sólidos, líquidos e gasosos.

Os materiais em estado sólido, devidamente inertizados, permanecem no mesmo local em que foram gerados, enquanto os líquidos e os gases tendem a migrar pelo corpo do maciço.

O sistema de drenagem coletará e conduzirá o líquido percolado, reduzindo as pressões deste sobre o maciço e, também, minimizando o potencial de migração para o subsolo.

A concepção utilizada para o sistema de dreno horizontal de percolado na base do maciço foi a de colchão drenante com tubos coletores principais em PEAD perfurado com diâmetro de 250 mm (PE-100; PN-10), furos de ø 16 mm, espaçados a cada 10cm, com oito furos por seção, com declividade de 3,23% (sentido Sul/Norte) acompanhando a declividade do fundo da trincheira, ver Desenho 9/21.

Esta concepção foi acatada em virtude da recomendação do IBRAM de alteração da metodologia construtiva utilizada na 1ª Etapa, por meio do Parecer Técnico SEI-GDF Nº 93/2019-IBRAM/ PRESI/ SULAM/ DILAM III – CONCLUSÕES, ITEM 34.

> "*Para as próximas células adotar metodologia construtiva diferenciada da adotada na Célula 1, recomenda-se como alternativa ao sistema de coleta do lixiviado por espinha de peixe a adoção de camada permeável com pedra rachão para a captura do lixiviado";*

O colchão drenante deverá ser implantado com uma camada de Brita 4 de 40 cm, acima da camada de solo de proteção da geomembrana de PEAD, o que possibilita uma maior distância do lençol freático e, consequentemente, uma menor possibilidade de contaminação do mesmo, ver **figura 01**.

Para implantação dos drenos de percolado recomendamos a utilização de pedra britada de gnaisse, granito, basalto, micaxisto ou materiais que sejam resistentes ao percolado e a **não utilização da pedra com composição de CaCO3 acima de 8,5%[6],** recomendação essa da Agencia Ambiental da Austrália. Além disso, a pedra utilizada deve ser lavada para evitar que o material fino contido nela seja elemento de causa de obstrução no sistema de drenagem de percolado, atendendo condições previstas na mesma Norma Estrangeira citada.

Dessa forma, há que se alertar que, levando em consideração que na região do ASB só se verifica a presença de pedra de origem calcária com teor de CaCO3 muito superior a recomendação da

[6]Environmental Protection Agency. Australia Environmental Guidelines: Solid Waste Landfills, Second edition 2016. 1.4 Gravel drainage layers

Norma Australiana, a distância de transporte para aquisição de agregados para a execução do sistema de drenagem de percolado da 2ª Etapa será sensivelmente alterada. Os estudos realizados no presente projeto executivo apontam como alternativa mais próxima pedreira localizada na região do município de Abadiânia – GO, distante 98 km do ASB, cuja a pedra é constituída por micaxisto com composição modal de: Quartzo – 50%; Micas – 36%; Feldspato – 9%; Granada – 3% e Minerais opacos – 2%.

Os detalhes do sistema de drenagem de percolado da base do maciço podem ser vistos nos **Desenhos 04/21** e **12/21**.

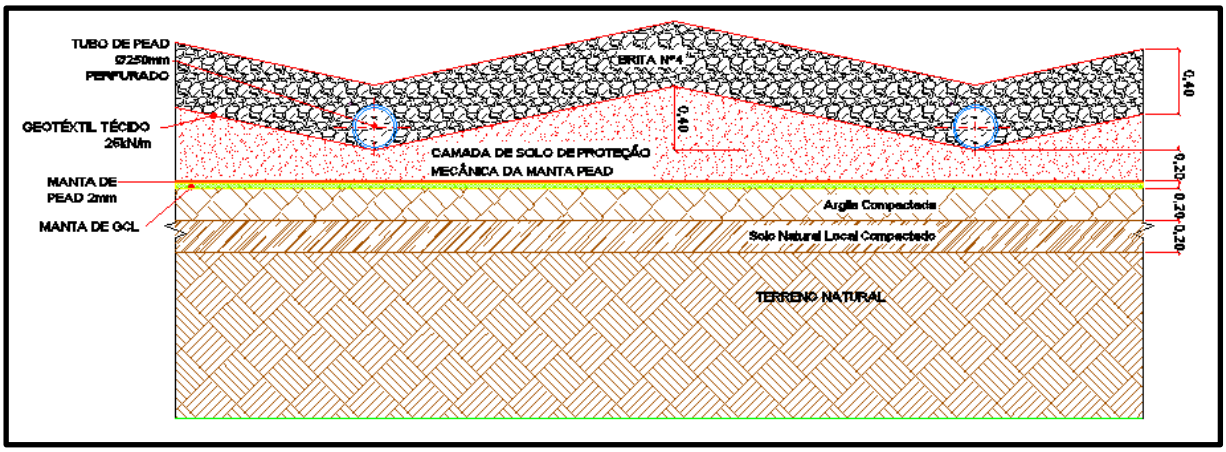


Figura 01: Colchão drenante

Os tubos coletores principais da base do aterro deverão se unir em caixas denominadas Caixas de União (CU), que serão construídas dentro da área da trincheira e depois ligadas aos Poços de Visita de Percolado (PVP) através de tubulação lisa de PEAD de 250 mm de diâmetro. Tais estruturas foram criadas com a finalidade de permitir manutenção do sistema de drenagem de percolado e do emissário de percolado, no intuito de prevenir obstruções dos sistemas de drenagem de percolado ocorrido na 1ª Etapa do ASB. Ver detalhe no **Desenho 6/21**.

Os Poços de Visita de Percolado (PVP) serão construídos em blocos de concreto estruturados com seção quadrada de 1,20 m, que deverão ser implantados fora da área das trincheiras, para uma manutenção periódica do sistema de drenagem com a utilização de hidrojato, tanto para essa estrutura quanto para as Caixas de União (CU) e todo sistema vertical de drenagem. Os detalhes se encontram apresentados nos **Desenhos 7/21** e **8/21**.

Em todas as camadas de verticalização do maciço deverão ser implantados drenagem de percolado horizontal, que serão também interligadas aos drenos verticais de biogases e ao colchão drenante na base do maciço, conforme apresentado nos **Desenhos 5/21** e **12/21**.

A vazão de percolado encontra-se calculada no **Item 5.6.1** deste projeto.

Os efluentes coletados pelos drenos de percolado, em todas as etapas do aterro, serão encaminhados através da rede de percolado, implantada fora da área do maciço, até a lagoa de acumulação de percolado. A rede será composta de emissários com tubulação dupla lisa de PEAD de 400 mm e Poços de Visita de Percolado (PVP), conforme indicado nos **Desenhos 07/21** e **08/21**.

Todos os detalhes e estruturas relacionados ao sistema de drenagem de percolados poderão ser visualizadas no **Desenho 12/21** – Estrutura de drenagem e impermeabilização do aterro sanitário.

5.3.3. Sistema de Armazenamento de Percolado

Os efluentes líquidos percolados deverão ser coletados pelo sistema de drenagem, conforme apresentado no item anterior e encaminhados para as lagoas de acumulação de percolado, devidamente impermeabilizadas existentes no ASB.

A destinação final do percolado acumulado deverá ser indicada e providenciada pelo SLU-DF de forma adequada, não fazendo parte do escopo do presente projeto.

5.3.4. Sistema de Drenagem de Biogás

A formação de gases no interior dos maciços dos aterros sanitários ocorre, principalmente, devido ao processo de decomposição da matéria orgânica em meio praticamente anaeróbico.

Os gases resultantes deste processo apresentam composições variadas conforme os materiais encontrados nos resíduos sólidos, mas quase sempre predominam o metano e o dióxido de carbono, com mais de 90% em massa. Destes gases, o que representa maior preocupação devido às suas propriedades combustíveis é o gás metano que, se não aproveitado, deve ser queimado para não atingir a atmosfera.

Como o processo de biodigestão da matéria orgânica ocorre com temperaturas entre 40 e 60°C, os gases resultantes saem aquecidos e tendem a subir para o topo do maciço. Logo, os dispositivos recomendados constituem-se de drenos verticais construídos, desde a base até o topo, interligados aos drenos horizontais de percolado em todas as camadas.

Os drenos verticais de gases apresentam padrão uniformizado pelos órgãos ambientais, tanto quanto à concepção e execução, quanto às suas dimensões**.**

O sistema de drenagem de gases proposto será caracterizado por drenos verticais distribuídos na massa de resíduos, espaçados na linha vertical a 30 metros uns dos outros e na linha horizontal 25 metros.

Os drenos serão instalados desde a base do aterro e constituídos por tubo de PEAD de 200 mm de diâmetro, perfurados, envolto por material granular (rachão e pedra marroada, materiais que devem seguir as mesmas características físicas descritas para os drenos de percolado e deverão ser lavados antes da aplicação) e por tela metálica com diâmetro de 1,60 m, conforme desenho esquemático apresentado na **Figura 02**.

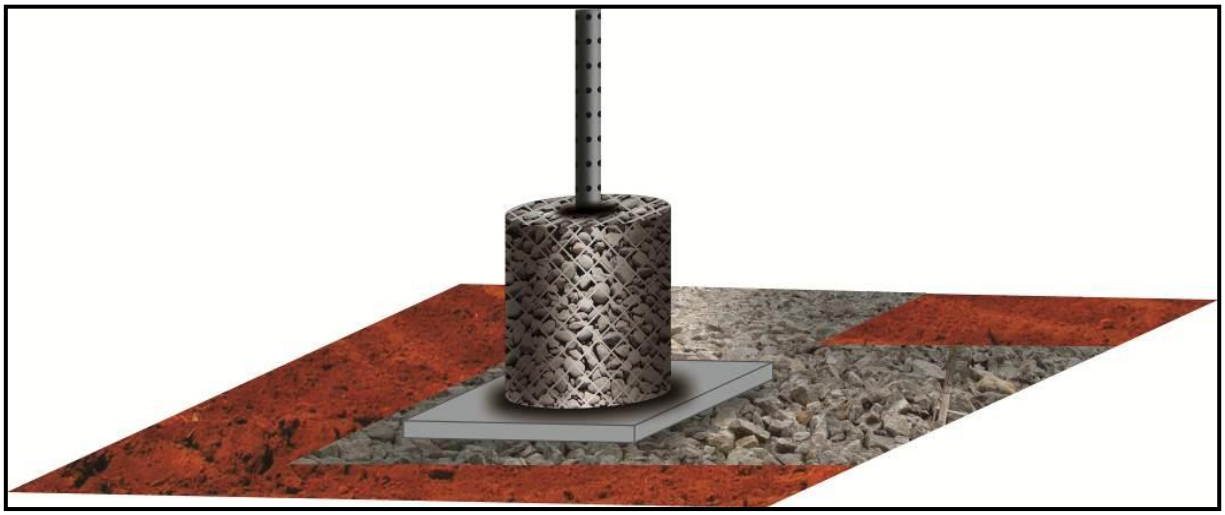


Figura 02: Dreno de biogás interligado ao sistema de drenagem de percolados

Os drenos deverão ser prolongados à medida que as camadas vão sendo alteadas, como se atravessassem o maciço, e serão interligados ao sistema de drenagem de percolados, assumindo também a função de dreno de percolado além da função de direcionamento do gás para fora do maciço.

A distribuição e os detalhes dos drenos de biogás são apresentados nos **Desenhos 04/21**, **05/21**, **12/21** e **13/21**.

Depois de drenado, o biogás é encaminhado inicialmente para a queima direta através do dispositivo de queima (flare) na extremidade do poço drenante de biogás (**Figura 03**), forma mais usual e barata de se tratar o biogás, mas podendo futuramente serem adaptados e conectados em rede própria de usina para produção e geração de energia.

Figura 03: Dispositivo de queima do biogás (Flare) do ASB(Samambaia-DF).

5.3.5. Sistema de Impermeabilização

Após a execução das operações de corte do terreno natural para a construção da trincheira, será realizada a impermeabilização da base da trincheira.

Inicialmente será feita a regularização da base e posteriormente a escavação de 40 cm com retirada do solo e em seguida o reaterro, com material argiloso, em 2 (duas) camadas com espessura de 20 cm cada, compactadas com energia de 95% do Proctor Normal. O espalhamento deverá ser realizado com moto niveladora e a compactação deverá ser feita com rolo pé de carneiro.

Sobre a 2ª camada de solo compactado será instalada o Geocomposto Bentonítico (GCL), barreira geossintética argilosa formado por um núcleo de argila bentonítico sódica confinada entre dois geotêxtis, sendo um tecido e o outro não tecido, agulhados entre si, conforme **Figura 04** abaixo.

A sua principal função é desempenhar o papel de barreira hidráulica impermeabilizante, natural, de pequena espessura com coeficiente de permeabilidade da ordem de 1X 10^{-11} m/s.

O uso do GCL neste projeto se torna necessário para atender a **NBR 13896/1997, item 4.1.1 item b**, uma vez que não há disponibilidade de material natural (solo) na área do ASB com coeficiente de permeabilidade inferior a 10^{-7} (Ver **Anexo 1**). Essa situação segue os termos e condições já previstos na alínea “b” do item 7.7, do Projeto Básico vinculado ao Edital de licitação.

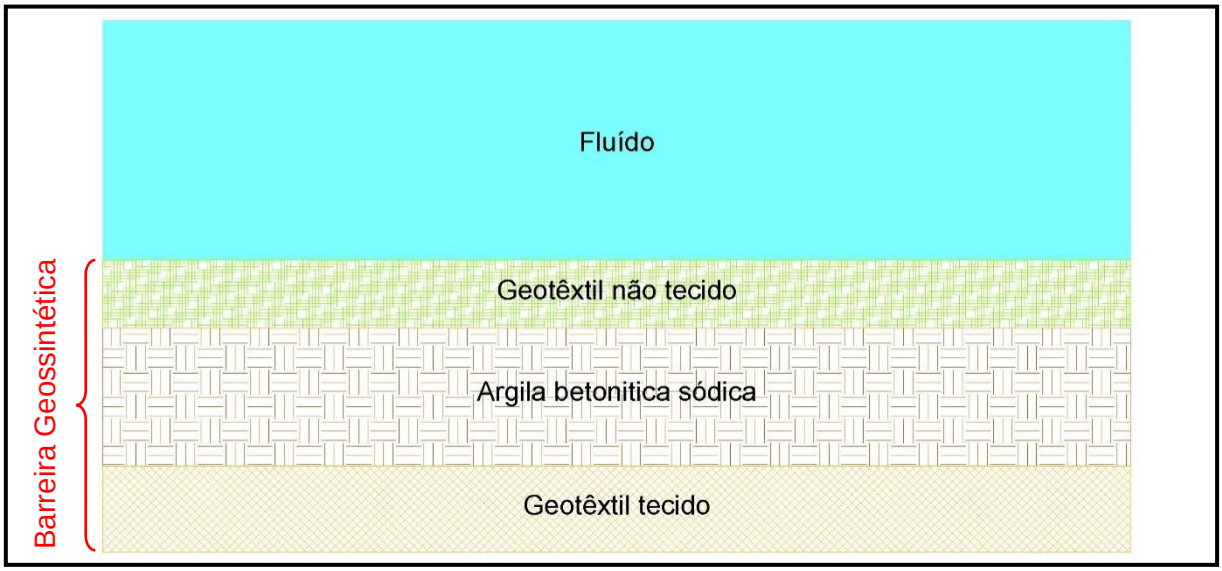


Figura 04: Detalhe da Barreira Geossintética

O GCL substitui a argila compactada com grandes vantagens em obras de impermeabilização da base de aterros sanitários, conforme descrito a seguir:

- A bentonítica sódica absorve água e expande-se até aproximadamente 15 vezes seu peso original, sem necessidade de adicionar água à argila para obter a condição de umidade ótima;
- Acentuado decréscimo da condutividade hidráulica, devido a absorção de água e a consequente expansão;
- A expansão da bentonítica faz com que haja uma regeneração, fenômeno conhecido como auto cicatrização, que ocorre na bentonítica devido a sua capacidade de expandir e vedar pequenos furos que possam surgir durante a construção e a vida útil do aterro. É utilizada como barreira hidráulica, combinada com camada de impermeabilização feitas com geomembrana;
- Em caso de perfuração da geomembrana de PEAD, o fluxo de vazamento se torna muito menor quando existe a impermeabilização com GCL.
- O uso do GCL proporciona um aumento considerável no volume a ser armazenado no aterro devido a sua pequena espessura;
- Apresenta grande redução no tempo de execução da impermeabilização da base do aterro em relação a argila natural compactada;

As propriedades técnicas mínimas do composto bentonítico a ser utilizado estão descritas no **Quadro 08** abaixo:

Quadro 08: Especificação Técnica Composto Bentonítico

COMPOSTO BENTONÍTICO			
PROPRIEDADES	**NORMA**	**UNIDADE**	**RESULTADO**
Barreira Geossintética Argilosa - GCL			
Massa por unidade de área do GCL	ASTM D 5993	g/m²	≥4514
Massa seca de bentonita	ASTM D 5993	g/m²	≥3700
Permeabilidade	ASTM D 5887	m/s	$5x10^{-11}$
Resistência à Tração Faixa Larga	ASTM D 6768	kN/m	12
Adesão de camadas (Peel Strength)	ASTM D 6496	N/m	≥650
Geotêxtil Nãotecido - Camada Superior			
Massa por unidade de área	ASTM D 5261	g/m²	270
Matéria Prima	100% POLIPROPILENO		
Bentonita Sódica - Camada Intermediária			
Índice de inchamento	ASTM D 5890	ml/2g	≥24
Teor de Umidade	ASTM D 2216	%	≤12
Massa com teor de umidade de 12%		g/m²	4144
Perda de Fluido	ASTM D 5891	ml	≤18
Teor de Montmorilonita	XRD	%	≥80
Geotêxtil Tecido - Camada Inferior			
Massa po r unid ade de área	ASTM D 5261	g/ m²	100
Matéria Prima	100% POLIPROPIL ENO		
Informações Adicionais - Bobinas			
Largura		m	4,25
Comprimento		m	40
Área		m²	170
Peso Aproximado		kg	770

[1] Fabricante: OBER Geossintéticos - FortLiner

Após a instalação da manta do composto bentonítico GCL, será instalada sobre ela a geomembrana de PEAD (Polietileno de Alta Densidade) de 2 mm de espessura, matriz plana e para a sua instalação deve-se garantir que a superfície esteja limpa e sem detritos.

Segue abaixo as propriedades técnicas mínimas da geomembrana de PEAD com espessura de 2mm, texturizada nas duas faces, fabricada pelo processo de matriz plana, cujas especificações podem ser alteradas de acordo com o fabricante, mas com valores maiores ou iguais aos indicados.

Para garantir o desempenho e a durabilidade do sistema de impermeabilização artificial, nos termos do item 5.2.7 da Norma ABNT NBR 13.896/1997, a aquisição, recebimento e instalação dos materiais deverão seguir as Normas ABNT NBR 15.352/2006[7] e NBR 16.199/2013[8].

[7] ABNT NBR 15352:2006 – Mantas termoplásticas de polietileno de alta densidade (PEAD) e de polietileno linear (PEBDL) para impermeabilização

[8] ABNT NBR 16199:2013 – Geomembranas termoplásticas — Instalação em obras geotécnicas e de saneamento ambiental

Quadro 09: Propriedades técnicas mínimas da geomembrana de PEAD

CARACTERÍSTICAS	MÉTODO DE ENSAIO	VALORES ESPECIFICADOS			
Espessura (nominall)	ASTM D 5994 (mm)	**1,00**	**1,50**	**2,00**	**2,50**
Densidade (mínimo)	ASTM 792 (g/cm^3)	0,94	0,94	0,94	0,94
Altura da aspereza (média mínima)	ASTM D 7466 (mm)	0,45	0,45	0,45	0,45
Resistência à tração no escoamento (média mínima)	ASTM D 6693 (KN/m)	15	22	29	37
Alongamento no escoamento (média mínima)	ASTM D 6693 (%)	12	12	12	12
Resistência à tração na ruptura (média minima)	ASTM D 6693 (kN/m)	10	16	21	26
Alongamento na ruptura (média mínima)	ASTM D 6693 (%)	100	100	100	100
Resistência ao rasgo (média mínima)	ASTM D 1004 (N)	125	187	249	311
Resistência ao puncionamento	ASTM D 4833 (N)	267	400	534	667
Dispersão de negro de fumo	ASTM D 5596 (categoria)	1 ou 2	1 ou 2	1 ou 2	1 ou 2
Teor de negro de fumo	ASTM D 4218 (%)	2a3	2a3	2a3	2a3
Tempo de oxidação (mínimo)	ASTM D 3895 (1 atm/200° C min)	100	100	100	100
Resistência ao tensofissuramento (NCTL)	ASTM D 5397 (h)	≥500	≥500	≥500	≥500

[1] Fabricante: Engepol Geossintético - Grupo Nortene Qualidade e Tecnologia

Por último serão compactadas 2 (duas) camadas de solo de 20 cm cada, sobre a geomembrana, para proteção mecânica da mesma, compactada através de rolo liso e pé de carneiro respectivamente. A compactação deverá ser executada em etapas até atingir a espessura desejada. Ela é necessária para que seja assegurada a integridade física da geomembrana. A compactação da primeira camada de solo sobre a manta deve ser realizada com rolo liso. Sobre esta última camada deverá ser instalado Geotêxtil Tecido 25 Kn/m, e por fim sobre o Geotêxtil deverão ser instalados os drenos de percolado, conforme já descrito no **Item 5.3.2**, em atendimento as recomendações do IBRAM por meio do Parecer Técnico SEI-GDF Nº 93/2019-IBRAM/ PRESI/ SULAM/ DILAM III – CONCLUSÕES, ITEM 34.

O detalhe da implantação do sistema de impermeabilização da base da trincheira está apresentado no **Desenho 12/21.**

Figura 05: Instalação de Barreira Geossintética - GCL

5.3.6. Cobertura dos Resíduos

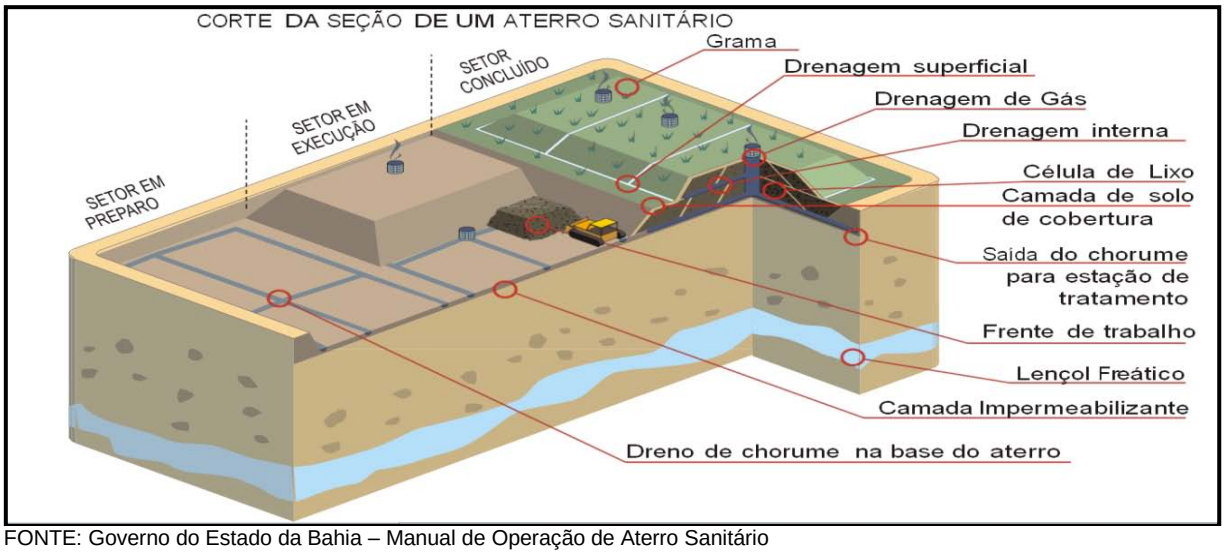
Os resíduos dispostos, ao final de cada jornada de trabalho (célula sanitária), deverão receber cobertura de solo, com aproximadamente 20 cm de espessura.

No encerramento da trincheira e de cada camada de verticalização, os resíduos deverão receber cobertura com uma camada de solo de 0,30m de espessura que deverá ser retirada antes da disposição de lixo na camada seguinte, conforme detalhado na seção 5.8.3. Nos taludes e bermas a camada de cobertura deverá ter 0,50 m.

Para a cobertura das diversas camadas de resíduos do aterro classe II (descritas acima) deverá ser utilizado um volume aproximado de 350.947 m³ de solo que corresponde a 10% do volume resíduos a ser disposto no maciço (conforme **Quadro 06**).

Nas bermas, taludes das camadas de verticalização deverá ser realizada a cobertura vegetal com gramíneas, que possibilitará a selagem do maciço, minimizando emissões gasosas fugitivas e infiltração de águas pluviais no maciço, além da implantação do sistema de drenagem pluvial sobre o maciço, nos taludes e bermas.

No esquema da **Figura 06** apresentam-se os elementos que constituem um aterro sanitário típico.



FONTE: Governo do Estado da Bahia – Manual de Operação de Aterro Sanitário

Figura 06: Aterro sanitário típico

5.3.7. Sistema de drenagem sub superficial – Dreno Testemunho (Detecção de vazamento)

O sistema de drenagem sub superficial da Etapa 2 deverá ser implantado abaixo da cota final de escavação da trincheira, acompanhando a mesma declividade e será composto por Dreno Principal Sub Superficial (DPS), Drenos Secundários Sub Superficiais (DSS), Poços de Visita Sub Superficiais (PVS), e rede de drenagem sub superficial.

Os drenos principais serão executados em valas escavadas mecanicamente e terão seção transversal retangular de 0,60 m de largura por 0,60 m de profundidade. A seção escavada

dos drenos principais deverá ter um lastro de brita 1 de 10 cm na base sobre o qual serão assentados tubos corrugados e perfurados de PVC de 100 mm, sendo o restante da seção preenchido com brita 4. Os drenos secundários terão a mesma seção, que será toda preenchida com brita 4. Os drenos principais e secundários terão toda sua seção revestida por manta de Bidim RT-16 ou similar, conforme **Desenho 03/21**.

Os efluentes coletados nos drenos sub superficiais serão encaminhados através de rede de própria de PVC, com diâmetro de 200 mm, implantada fora da área do maciço, composta de emissário e poços de visitas até os reservatórios de Qualidade 1 e 2, já existentes no ASB, conforme indicado nos **Desenhos 14/21**).

Concluindo, o sistema descrito foi projetado acima no nível de lençol freático, atuando ao longo de toda a área da base do Aterro, situando-se logo abaixo da camada de impermeabilização artificial. Ou seja, sob todo o aterro estará presente uma malha de drenos que atuará como testemunho das condições de impermeabilização da base do maciço, uma vez que qualquer líquido proveniente de eventual vazamento será direcionado para os poços de visita fora da área do mesmo. Por meio de vistorias periódicas a serem realizadas nesses dispositivos (as quais serão incluídas no plano de vistoria do Aterro), serão adotados os procedimentos estabelecido na Norma ABNT 13.896/1997, item 5.2.6[9] no sentido de mitigar o problema, caso seja constatado aparecimento de percolado no sistema.

5.4. MONITORAMENTO GEOTÉCNICO E AMBIENTAL DA ETAPA 2

O monitoramento consiste em avaliar a eficiência da disposição dos resíduos em relação à sua operação e aos controles ambientais do aterro, através de medições de campo e ensaios de laboratório a serem realizados sistematicamente durante a fase de operação e encerramento do aterro.

Para avaliar a eficiência das atividades de operação e dos controles ambientais do aterro, devem ser previstos:

[9] Conforme NBR 13896/97, item 5.2.6:
"*5.2.6 Sob o sistema artificial de impermeabilização inferior deve haver um sistema de detecção de vazamento de líquido percolado.*
Nota: Se houver aparecimento de líquido no sistema de detecção, o responsável deve:
a) notificar ao OCA dentro de sete dias o aparecimento do problema;
b) analisar a qualidade deste efluente;
c) remover, tratar, se for o caso, e dispor o líquido acumulado;
d) diminuir a níveis aceitáveis o fluxo de líquido percolado, através da recuperação da impermeabilização ou de outras medidas equivalentes."

5.4.1. Monitoramento Geotécnico

Para monitoramento geotécnico do aterro sanitário, devem ser executados os seguintes procedimentos:

- Monitoramento visual: visa observar e detectar trincas, fissuras, afundamento, inchamento, enrugamento e erosão na camada de cobertura, surgimento de percolado nos taludes e bermas, falhas no sistema de drenagem superficial. Estes procedimentos devem ser realizados diariamente para que as inadequações possam ser reparadas com a máxima rapidez, com frequência diária;

- Monitoramento topográfico: o monitoramento topográfico de recalques (deslocamento vertical) e deslocamentos horizontais deverá ser realizado com a utilização de marcos superficiais distribuídos pelas camadas e bermas abrangendo todo o maciço de resíduos (**Figura 07**), com frequência semanal na forma estabelecida na Licença de Operação.

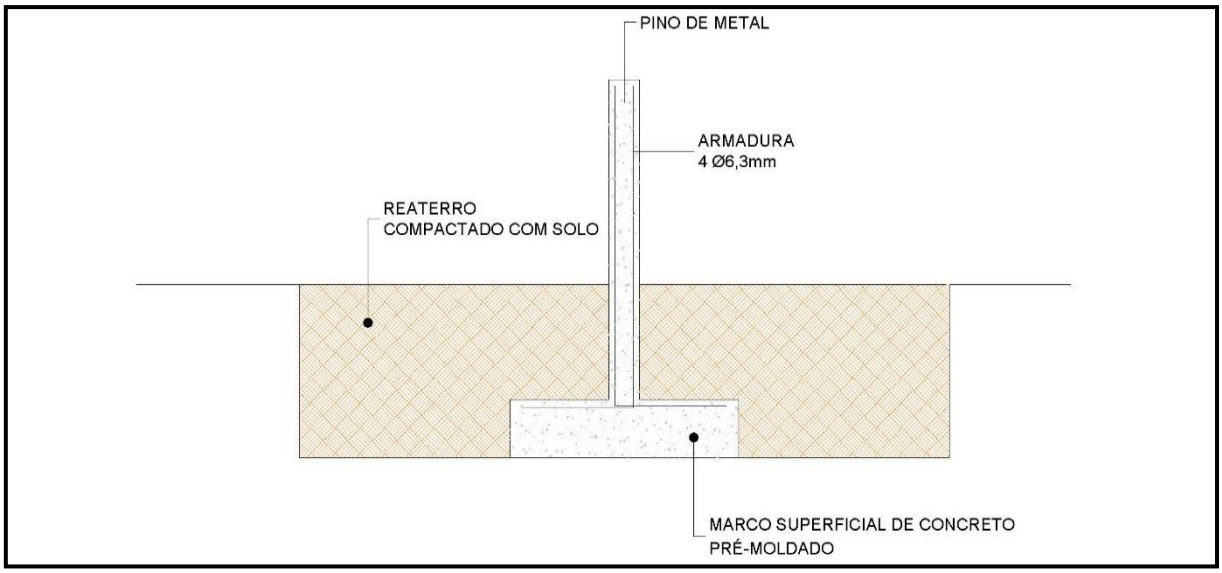


Figura 07: Monitoramento Topográfico

O marco superficial é um instrumento instalado nos taludes e bermas dos aterros, acompanhados por topografia de precisão, onde são levantadas as coordenadas em relação aos marcos fixos, não sujeitos a deslocamentos em função do tempo.

Os movimentos dos marcos superficiais mostram os movimentos do maciço (taludes e bermas) e resultando em informações de uma relação direta com a estabilidade do mesmo, porém nunca devendo ser analisados sem considerar outras grandezas e informações.

O **Quadro 10** a seguir apresenta os critérios gerais de ação para velocidades de deslocamento para aterros sanitários.

Quadro 10: Critérios gerais de ação para velocidade de deslocamento

Recalque		
Atenção	**Alerta**	**Intervenção**
20<x≤ 40 mm/dia	40<x≤ 100 mm/dia	x>100 mm/dia
Deslocamento Horizontal		
Atenção	**Alerta**	**Intervenção**
10<x≤ 20 mm/dia	20<x≤ 50 mm/dia	x>50 mm/dia

FONTE: ABLP (2008)

A ruptura do maciço pode ser considerada como uma deformação, onde se atingem os limites de escoamento dos materiais.

Estes procedimentos devem ser realizados mensalmente para que as inadequações possam ser reparadas com a máxima rapidez.

Está prevista a instalação de 28 marcos superficiais no maciço sanitário da Etapa 2 do ASB, conforme **Desenho 17/21**.

- Medidas de poro-pressão nos diques e no interior das células de resíduos

Com o objetivo de acompanhar os níveis de pressões nos líquidos e gases e identificar a possível formação de níveis suspensos de líquidos no interior das células de resíduos, sugere-se que sejam instalados, na Etapa 2 do ASB, mais 4 (quatro) piezômetros, sendo 2(dois) do Tipo 1, na cota inferior, com câmara simples e 2 (dois) do Tipo 2 nas cotas mais elevadas, com câmaras duplas. Os instrumentos serão instalados na fase definitiva dos maciços de resíduos, conforme indicado no **Desenho 17/21**.

5.4.2. Monitoramento Ambiental

O monitoramento ambiental consiste em monitorar a qualidade das águas subterrâneas e superficiais na área do ASB, contemplando a instalação de poços de monitoramento e a coleta das águas profundas e superficiais para avaliar o impacto ambiental da implantação do empreendimento, e englobando as seguintes atividades: monitoramento das águas superficiais; monitoramento das águas subterrâneas; monitoramento quantitativo e qualitativo do percolado.

Essas atividades deverão ser executadas com frequência mensal, conforme preconizado na licença de operação do ASB, em contraposição aos critérios estabelecidos no Projeto Básico do ASB (trimestral).

5.5. QUALIDADE DAS ÁGUAS

5.5.1. Águas Subterrâneas

As águas subterrâneas devem ser monitoradas em toda a área do ASB, através de 7 poços de monitoramento, sendo 3 (três) poços à montante (PM1, PM2 e PM3) e 4 (quatro) à jusante (PM4, PM5, PM6 e PM7) no entorno do maciço de resíduos. Estes poços devem ser objeto de atenção especial, quanto a sua proteção, manutenção e segurança, a fim de impedir possível contaminação difusa.

Os poços devem ser construídos e amostrados de acordo com a norma técnica ABNT NBR 15.495-1:2007- Versão corrigida 2:2009.

Os parâmetros a serem monitorados estão apresentados no **Quadro 11** seguir.

Quadro 11: Poços de monitoramento e parâmetros de águas subterrâneas

Pontos de Monitoramento		Coordenadas		Principais Parâmetros	Frequência
	PM	Norte	Leste		
Água Subterrânea	PM1	8.243.868,48	162.523,28	Os parâmetros de análise das águas superficiais deverão englobar: Temperatura (°C), Alcalinidade total, Condutividade específica ((µS/cm), Turbidez (UNT), Turbidez, Oxigênio Dissolvido (mg/L), Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO (mg/L), Demanda Química de Oxigênio (mg/L), Nitrogênio amoniacal (mg/L), Nitratos (mg/L), Nitritos (mg/L), Nitrogênio total (mg/L),Óleos e graxas (mg/L), PH, Fósforo Total (mg/L), Fósforo reativo (mg/L), Sólidos totais (mg/L), Sólidos totais dissolvidos (mg/L), Concentração de coliformes totais (NMP/100 mL) e Concentração de coliformes Termotolerante, (NMP/100 mL), óleos e graxas, Arsênio, Bário, Cádmio, Chumbo, Cianeto, Cloretos, Cobre, Cromo total e hexavalente, , Ferro, Manganês, Mercúrio, Selênio, Sulfato e zinco	Mensal- Entrega de relatório semestral
	PM2	8.243.880,58	162.163,79		
	PM3	8.243.704,39	161.945,42		
	PM4	8.244.187,64	161.615,30		
	PM5	8.244.367,09	161.832,12		
	PM6	8.244.388,98	162.163,93		
	PM7	8.244.288,14	162.568,03		

A locação dos poços de monitoramento e os detalhes construtivos estão apresentados nos **Desenhos 17/21** e **18/21** e na **Figura 08** a seguir.

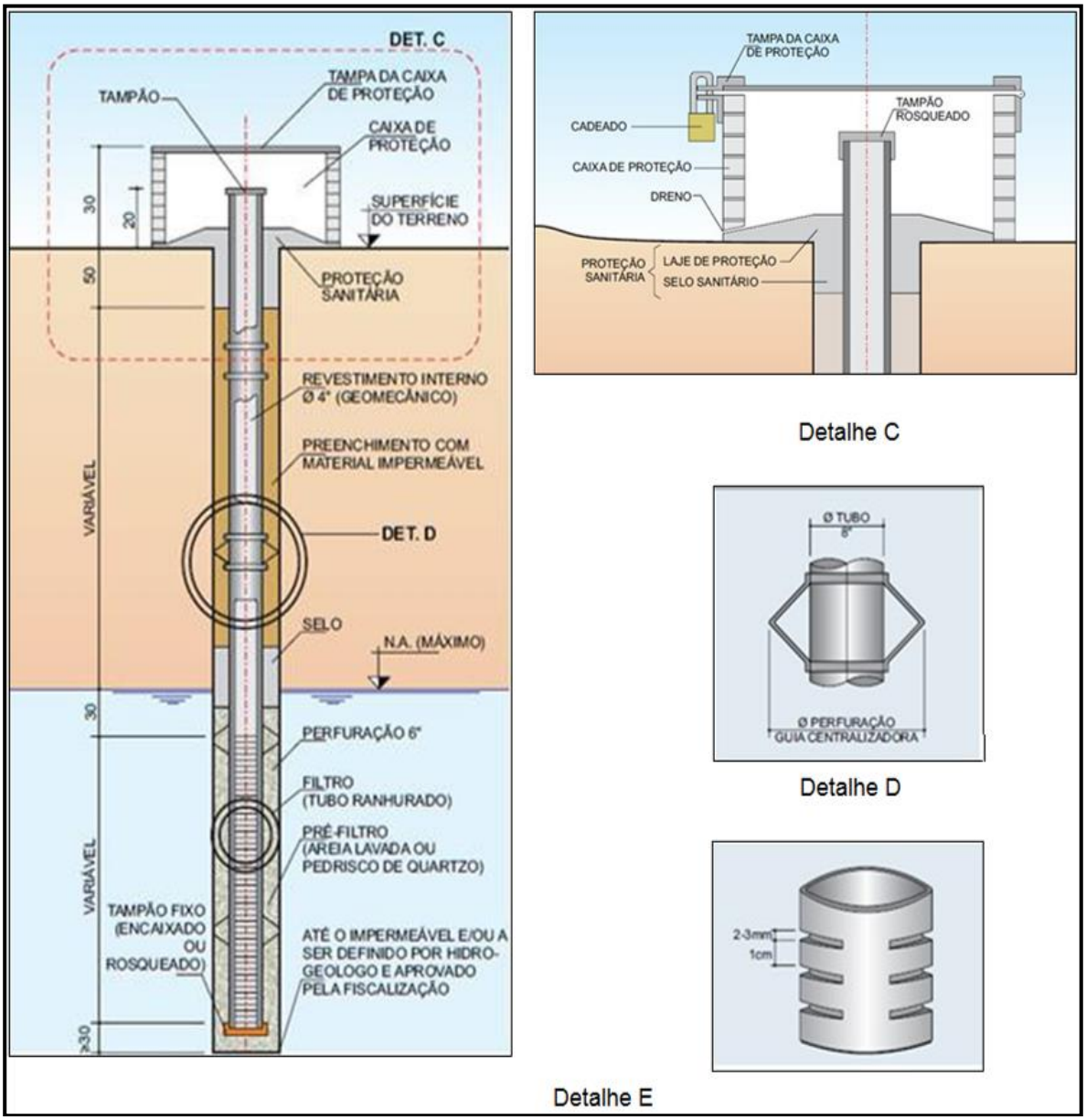


Figura 08: Detalhes construtivos dos poços de monitoramento

5.5.2. Águas Superficiais

Para o monitoramento da qualidade das águas superficiais no ASB, os pontos de amostragem deverão ser os mesmos especificados na Etapa 1, ou seja, 03 (três) pontos de amostragem no Córrego Melchior. A sequência adotada foi PCAS1 à montante, PCAS2 e PCAS3, à jusante**,** conforme estão distribuídos e descritos no **Quadro 12** e **desenho 17/21**.

Quadro 12: Localização e caracterização dos pontos de amostragem.

PONTO	COORD. UTM/BACIA		Parâmetros	Frequência
PSAS	Norte	Leste		
PCSA1	8.244.234,69	163.041,73	Os parâmetros de análise das águas subterrâneas deverão englobar: Temperatura (°C), Alcalinidade total,	
PCSA2	8.244.647,64	162.470,78		

PCSA3	8.244.668,89	161.507,67	Condutividade específica ((µS/cm), Turbidez (UNT), Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO (mg/L), Demanda Química de Oxigênio (mg/L), Nitrogênio amoniacal (mg/L), Nitratos (mg/L), PH, Sólidos totais dissolvidos (mg/L), Ferro (mg/L), Cloreto (mg/L), Manganês (mg/L), Dureza (mg/L), Concentração de coliformes totais Termotolerantes (NMP/100 mL) e Concentração de coliformes fecais (NMP/100 mL), Escheerichia coli (NMP/100 mL), Arsênio, Bário, Cádmio, Chumbo, Cianeto, Cobre, Cromo Total, Oxigênio Dissolvido, óleos e graxas, Fenóis, Nitrogênio amoniacal, Mercúrio, Nitrito, Selênio, Sólidos Totais, Sólidos Dissolvidos, Sólidos Suspensos, Sulfeto e Zinco	Mensal- Entrega de relatório semestral

5.6. MEMORIAL DE CÁLCULO

5.6.1.Cálculo da vazão de percolado

A vazão de percolado em um aterro sanitário é proveniente do chorume produzido pela decomposição da matéria orgânica no interior da massa de resíduos e da contribuição pluviométrica sobre as células sanitárias e o maciço de resíduos.

Na concepção do projeto da Etapa 2 do Aterro Sanitário de Brasília – ASB, considerou-se a implantação de um sistema de drenagem de água pluvial em todo o maciço de resíduos com a finalidade de minimizar a contribuição de água pluvial no maciço de resíduos, diminuindo a vazão de percolado produzido.

A vazão de percolado será calculada pelo Método Suíço e serão utilizados os dados pluviométricos do INMET para aterros sanitários, os mesmos utilizados pela CEPOLLINA ENGENHARIA E CONSULTORIA LTDA, para o cálculo da Etapa 1 do ASB.

A formulação do Método Suíço, utilizado para avaliação das vazões de percolado, é apresentada a seguir, com parâmetros ajustados para as condições locais:

$$Q = (k * P * A)/T$$

Onde:

Q = vazão de percolado

k = coeficiente de contribuição;

P = precipitação média mensal máxima;

A = área de contribuição

T= número de segundos em 1 mês = 2.592.000 segundos

O coeficiente de compactação K depende do grau de compactação dos resíduos sólidos urbanos. Foi considerado neste projeto o valor de 0,52.

Para o cálculo das vazões, utilizou-se a máxima precipitação mensal observada entre os anos de 1989 a 2019 de 526,40 mm/mês, conforme dados do INMET[10], condição essa que extrapola as médias de precipitações, mas são utilizadas como fator de segurança do sistema de drenagem de percolado.

Etapa 2 (Fase 1 + Fase 2)

Área de Contribuição da Etapa 2 =132.000,00 m²;

K = 0,52;

Precipitação máxima mensal = 526,4 mm/mês.

- **Vazão de pico – máxima mensal**

$$Q_p = \frac{K \times P \times A}{T}$$

$$Q_p = \frac{0{,}52 * 526{,}4 * 132.000}{2.592.000}$$

$$Q_p = \frac{36.132.096}{2.592.000}$$

$$Q_p = 13{,}94\ {}^{l}/_{s} = 1.204{,}40\ {}^{m^3}/_{dia}$$

Etapa 2 (Fase 1)

Área de Contribuição da Etapa 1 + Etapa 2 (Fase 1) =175.000,00 m²;

K = 0,52;

Precipitação máxima mensal = 526,4 mm/mês.

- **Vazão de pico – máxima mensal**

$$Q_p = \frac{K \times P \times A}{T}$$

$$Q_p = \frac{0{,}52 * 526{,}4 * 175.000}{2.592.000}$$

[10] Instituto Nacional de Meteorologia – INMET. Estação: 83377 – Brasília, DF, Latitude: -15.78; Longitude: -47.93; altitude: 1159.54m.

$$Q_p = \frac{47.902.400}{2.592.000}$$

$$Q_p = 18{,}48\ {}^{l}/_{s} = 1.596{,}75\ {}^{m^3}/_{dia}$$

Etapa 2 (Fase 02)

Área de Contribuição Etapa 1 + Etapa 2 (Fase 1 + Fase 2) = 242.000,00 m²;

K = 0,52;

Precipitação máxima mensal = 526,4 mm/mês.

- **Vazão de pico – máxima mensal**

$$Q_p = \frac{K \times P \times A}{T}$$

$$Q_p = \frac{0{,}52 * 526{,}4 * 242.000}{2.592.000}$$

$$Q_p = \frac{66.242.176}{2.592.000}$$

$$Q_p = 25{,}56\ {}^{l}/_{s} = 2.208{,}07\ {}^{m^3}/_{dia}$$

5.6.2. Dimensionamento dos drenos de percolado

5.6.2.1 Diâmetro das tubulações (D)

Com relação ao cálculo dos diâmetros das tubulações, o procedimento utilizado foi adotar inicialmente valor mínimo de 250 mm para o dreno principal de base, com verificação do atendimento aos parâmetros operacionais (ou seja, lâmina máxima de percolado, velocidade máxima de escoamento e velocidade crítica inferior à máxima de escoamento).

Especificamente para a velocidade crítica, o aumento de diâmetro se deu, apenas, quando a relação lâmina de percolado/diâmetro (y/D) foi superior a 50% e a velocidade final de escoamento ultrapassou seu valor.

5.6.2.2 Declividade dos trechos (I)

As declividades mínima e máxima foram calculadas pelas equações de Chézy-Manning e da Continuidade:

$$v = \frac{1}{\eta} \times {R_h}^{2/3} \times I^{1/2}$$

$$Q = v \times S$$

Em que:

η = coeficiente de Manning (0,010 para PEAD);

S = área da seção da tubulação (m2);

Rh = raio Hidráulico (m);

v = velocidade de escoamento (m/s);

I = declividade do trecho (m/m).

Considerando a condição natural do terreno que tem uma declividade média 3,23 % (sentido Sul/Norte), foi fixado esse valor tendo em vista a diminuição dos custos com escavação. Assim, obtém-se um perfil de escavação médio homogêneo ao longo da área, além de se garantir uma declividade mais favorável ao escoamento do percolado na base, sendo esta superior a mínima estabelecida nas normas consultadas da Austrália e da Irlanda.

5.6.2.3 Lâmina de percolado (y)

De posse dos valores de vazão e diâmetro, os valores da lâmina de percolado, nos diferentes trechos, foram calculados pelas equações de Chézy-Manning e da Continuidade.

O valor estabelecido para lâmina máxima de percolado nas tubulações do sistema projetado foi de 50% do valor do diâmetro. Entretanto, quando a velocidade final de escoamento foi superior à velocidade crítica, a maior lâmina admissível foi de 50% do diâmetro das tubulações.

5.6.2.4 Tensão trativa (σ)

A Tensão trativa, para os diferentes trechos, foi calculada pela seguinte equação:

$$\sigma = \rho \times R_h \times I$$

Em que:

ρ = peso específico do percolado (≈ 1.000 kgf/m3)

5.6.2.5 Velocidade de escoamento (v)

De posse dos valores de vazão e diâmetro, os valores da velocidade de escoamento, nos diferentes trechos, foram calculados pelas equações de Chézy-Manning e da Continuidade, sendo admitida a velocidade máxima de 5m/s.

5.6.2.6 Velocidade crítica (Vc)

A velocidade crítica foi calculada pela seguinte equação:

$$V_c = 6 \times (g \times R_h)^{1/2}$$

Em que:

g = aceleração da gravidade (m/s²)

Nos trechos em que a velocidade de escoamento foi superior à crítica e a relação lâmina/diâmetro (y/D) superior a 50%, o diâmetro foi imediatamente substituído para o próximo valor comercial. No entanto, quando a relação y/D foi menor igual a 50%, o diâmetro foi mantido.

5.6.2.7 Colchão drenante

Foi adotado para o dreno horizontal de percolado na base do maciço o sistema de colchão drenante, disposto ao longo de toda a área da Etapa 2, com tubos coletores principais em PEAD perfurado com diâmetro de 250 mm acompanhando a declividade da base do maciço, conforme **Figura 01** e **Desenho 4/21**.

Esta concepção foi adotada em virtude da recomendação do IBRAM de alteração da metodologia construtiva utilizada na 1ª Etapa, por meio do Parecer Técnico SEI-GDF Nº 93/2019-IBRAM/ PRESI/ SULAM/ DILAM III – CONCLUSÕES, ITEM 34, cuja concepção inicial do sistema de drenagem de base era em espinha de peixe.

> *"Para as próximas células adotar metodologia construtiva diferenciada da adotada na Célula 1, recomenda-se como alternativa ao sistema de coleta do lixiviado por espinha de peixe a adoção de camada permeável com pedra rachão para a captura do lixiviado";*

Para determinação da estrutura física do colchão drenante foram utilizados alguns parâmetros de Normas Irlandesa (EPA, 2000) e Australiana (EPA, 2016) quanto a altura mínima do

material drenante e filtrante bem, como sua granulometria, permeabilidade, cobertura do tubo de base e altura máxima do percolado sobre a sistema de impermeabilização artificial.

A Norma Irlandesa estabelece que a camada drenante deve ter no mínimo 50 cm[11]. já a Norma Australiana estabelece a espessura mínima de 30 cm[12]. Considerando a drenagem de base com tubo de PEAD de 250 mm, e considerando ainda uma cobertura mínima desse material com brita 4 (cujo diâmetro varia entre 36mm e 76mm), foi adotada espessura mínima de 15 cm sobre o tubo drenante para evitar seu contato com o lixo, uma vez que essa situação poderia ocasionar entupimentos da tubulação. Assim, a camada de brita 4 foi especificada com 40 cm de espessura.

A utilização de brita 4 se deu em virtude de sua permeabilidade média ser igual a 0,8 m/s e de forma a permitir a formação de uma camada filtrante que impeça a passagem de resíduos, possibilitando apenas a passagem do percolado.

Para verificação do nível máximo de percolado na camada drenante e em atendimento a altura máxima de percolado que pode ficar sobre a geomembrana PEAD foi utilizada a equação de Moore constante da Norma Irlandesa (EPA, 2000), com a finalidade de verificar essa condição operacional. A concepção do projeto, com o direcionamento do percolado direto para o tubo condutor principal, permitiu um dimensionamento que direciona o percolado com mais rapidez para saída da base do maciço.

$$h_{max} = \frac{L\sqrt{c}}{2}\left[\frac{tan^2 \propto}{c} + 1 - \frac{\tan \propto}{c}\sqrt{tan^2 \propto + c}\right]$$

Em que:

h_{max} = altura máxima de lixiviado

L = Distância entre dois tubos de drenagem adjacentes (m)

c = q/K = parâmetro adimensional

q = coeficiente de infiltração uniforme (m/s)

[11]Environmental Protection Agency. Landfill Manuals: Landfill Site Design. Irlanda: 2000. 7.3.2 Design Features and Recommended Minimum Standards.
[12]Environmental Protection Agency. Environmental Guidelines: Solid Waste Landfills, Second edition. Australia: 2016. 1.4 Gravel drainage layers"

K = Condutividade Hidráulica do Material Drenante (m/s)

α = declividade do terreno de fundo até o tubo de drenagem

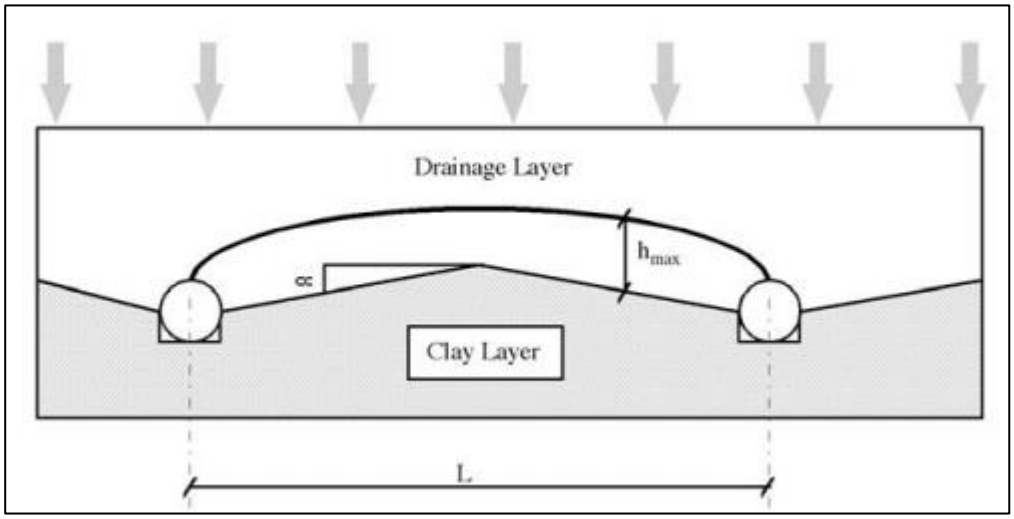


Figura 09: Modelo para verificação de distância entre os tubos e altura máxima de percolado

Considerando a declividade de projeto no sentido do tubo de 1,6%, verifica-se que o $h_{máx}$ de percolado calculado é igual a 13,5cm, ou seja, valor inferior ao máximo estabelecido pela NBR 13.896/1997 de 30cm.

5.6.2.8 Planilha dimensionamento

A planilha detalhada do dimensionamento hidráulico está apresentada no **Anexo 2a**.

5.6.3. Medição de Vazão

A medição de vazão do percolado será através de calha Parshall de 3", construída em fibra de vidro e assentada caixa de alvenaria de ½ vez, ou em conjunto com caixa de areia, rebocada com argamassa de cimento e areia, conforme apresentado no **Desenho 6/21** e **7/21**.

5.6.4. Dimensionamento do sistema de drenagem de águas pluviais

5.6.4.1 Coeficiente de Distribuição "run-off"

Conforme premissas adotas para o projeto do ASB manteve-se para 2ª Etapa do projeto o mesmo utilizado no projeto geral e 1ª Etapa.

Nesse caso o Coeficiente de "run-off" adotado foi de 0,40.

5.6.4.2 Tempo de concentração

Tempo de concentração – tc – é o tempo que decorre desde o início da chuva, até que toda a bacia passe a contribuir para uma seção de uma determinada galeria. Para o projeto foi adotado o tempo de concentração igual a 10min.

5.6.4.3 Intensidade média das chuvas

Para a intensidade de chuva, para o caso em questão, utilizou-se duas equações, sendo a primeira extraída da compilação realizada por Aparecido Vanderlei Festi (2007), e a outra recomendada pela NOVACAP;

Equação 1:

Para Tr = 10 anos,

$$i = \frac{10125}{(t+16)^{0,945}}$$

sendo;

i = intensidade de precipitação, em litros/hectares x segundo);

t = tempo de concentração, em min.

Equação 2:

$$i = \frac{21,7 x Tr^{0,16}}{(t+11)^{0,815}} x166,7$$

sendo;

i = intensidade de precipitação, em litros/hectares x segundo);

t = tempo de concentração, em min;

Tr = tempo de recorrência, em anos;

166,7 = coeficiente de transformação de mm/min e l/s x ha.

5.6.4.4 Cálculo do deflúvio local Q

O deflúvio, isto é, a água escoada, é calculado pela expressão do método racional:

$$Q = C * i * A$$

Onde:

A – área da bacia em hectares;

c – coeficiente “run-off”;

i – intensidade média das chuvas (mm/h);

O deflúvio a escoar será dado pelo deflúvio local mais os trechos de montante.

5.6.4.5 Dimensionamento

Depois de ter calculado o deflúvio a escoar, pode-se chegar ao diâmetro e a declividade através da Planilha de Dimensionamento, que foi calculada com os seguintes parâmetros:

$$Q = \frac{AmxR_h^{2/3}xI^{1/2}}{n}$$

Onde:

Am é a área molhada da seção;

R_h é o raio hidráulico;

I é a declividade do trecho;

n é o coeficiente de manning = 0,015 para tubos de concreto; na tabela 1;

Sendo:

Área Molhada: $Am = C,.D^2 = \frac{Q}{v}$

Fator de Condução: $k = C_2 \frac{D^{8/3}}{n} = \frac{Q}{\sqrt{I}}$, o valor de C_2, sendo n = 0,015. Interpolando esse valor na **Tabela 1 (Quadro 16)**, é encontrado C_1, que é fundamental para o cálculo da velocidade, v, do trecho.

Para o escoamento adotou-se Y/D máx de 0,80.

5.6.4.6 Planilha dimensionamento

A planilha detalhada do dimensionamento hidráulico está apresentada no **Anexo 2b**.

5.7. ESTIMATIVA DAS VAZÕES E DIMENSIONAMENTO DAS DESCIDAS HIDRÁULICAS

5.7.1. Descidas hidráulicas em colchão Reno nas células de lixo

Serão implantadas descidas hidráulicas em colchão Reno transversalmente às células de resíduos, com a finalidade de garantir o escoamento superficial das águas pluviais encaminhadas pelas canaletas de pé de talude.

A vazão crítica de projeto para o dimensionamento das descidas hidráulicas, correspondem a:

- Para as descidas provisórias: DHP-1, que resulta na área de contribuição de 30.000m².
- Para as descidas definitivas: DHD-1, que resulta na área de contribuição de 30.000m².

Quadro 13: Dimensionamento das descidas d'águas provisórias e definitivas

TRECHO	A contrib (m²)	Tc adotado (min)	TR (anos)	i (mm/h)	run-off	Q proj (m³/s)
DHD-01	30.000	10	25	182,25	0,4	0,608
DHP-01	30.000	10	10	157,40	0,4	0,525

Condições de operação:

- Declividade = 0,4500 m/m;
- Coeficiente de Manning: n = 0,027

Nestas condições temos

Quadro 14: Dimensionamento hidráulico - descidas hidráulicas colchão Reno

Largura base (m)	Lâmina (m)	Declividade (m/m)	Coef. Manning	Área molhada (m²)	Perímetro molhado (m)	Raio hidr. (m)	Vazão (m³/s)	Velocidade (m/s)
1,60	0,085	0,4500	0,027	0,136	1,77	0,077	0,611	4,49

Dimensionamento	
H	B
0,20	1,60

De acordo com as características dos colchões Reno, temos:

Quadro 15: Características Colchão Reno - MACAFERRI DO BRASIL LTDA

Tipo	Espessura (cm)	Pedra de enchimento ($d_{50\%}$ mm)	Velocidade crítica (m/s)	Velocidade limite (m/s)
Colchão Reno	17	110	4,2	4,5
Colchão Reno	23	120	4,5	6,1

Adota-se, portanto, uma descida água com base de 1,60 metros com uma profundidade de 0,20 metro, perfazendo um comprimento de colchão de 5,00 metros. Devido à velocidade verificada de 4,49 m/s para um período de retorno de 25 anos, adotou-se colchão Reno com espessura de 17 cm, que suporta a velocidade atingida.

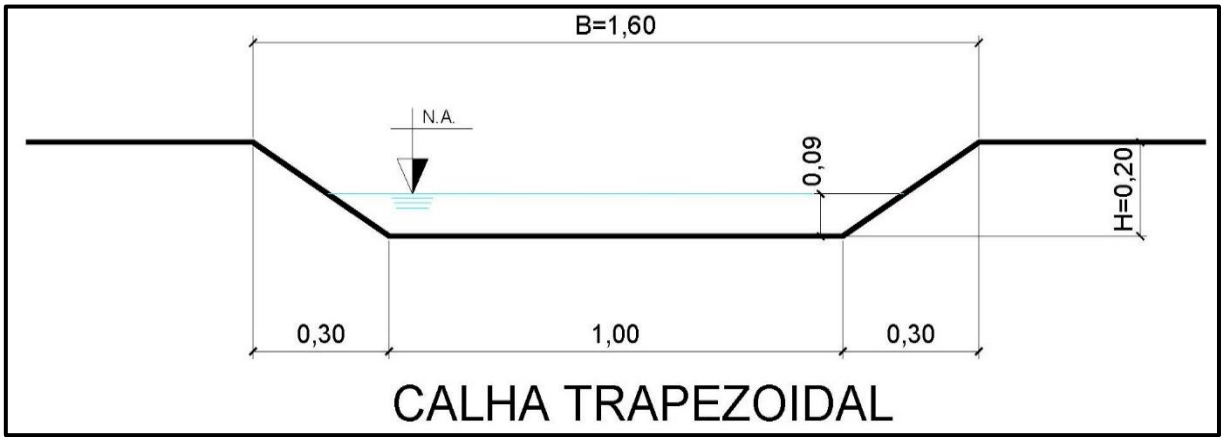


Figura 10: Descida d'água

Quadro 16: Tabela 1

y/d	a	C1	C2
0,10	1,2870	0,0409	0,0065
0,11	1,3523	0,0470	0,0079
0,12	1,4150	0,0534	0,0095
0,13	1,4755	0,0600	0,0113
0,14	1,5340	0,0668	0,0131
0,15	1,5908	0,0739	0,0152
0,16	1,6461	0,0811	0,0173
0,17	1,7000	0,0885	0,0196
0,18	1,7526	0,0961	0,0220
0,19	1,8041	0,1039	0,0246
0,20	1,8546	0,1118	0,0273
0,21	1,9041	0,1199	0,0301
0,22	1,9528	0,1281	0,0331
0,23	2,0007	0,1365	0,0362
0,24	2,0479	0,1449	0,0394
0,25	2,0944	0,1535	0,0427
0,26	2,1403	0,1623	0,0461
0,27	2,1856	0,1711	0,0497
0,28	2,2304	0,1800	0,0534
0,29	2,2747	0,1890	0,0572
0,30	2,3186	0,1982	0,0610
0,31	2,3620	0,2074	0,0650
0,32	2,4051	0,2167	0,0691
0,33	2,4478	0,2260	0,0733
0,34	2,4901	0,2355	0,0776
0,35	2,5322	0,2450	0,0820
0,36	2,5740	0,2546	0,0864
0,37	2,6155	0,2642	0,0910
0,38	2,6569	0,2739	0,0956
0,39	2,6980	0,2836	0,1003
0,40	2,7389	0,2934	0,1050
0,41	2,7796	0,3032	0,1099
0,42	2,8202	0,3130	0,1148
0,43	2,8607	0,3229	0,1197
0,44	2,9010	0,3328	0,1248
0,45	2,9413	0,3428	0,1298
0,46	2,9814	0,3527	0,1349
0,47	3,0215	0,3627	0,1401
0,48	3,0616	0,3727	0,1453
0,49	3,1016	0,3827	0,1506
0,50	3,1416	0,3927	0,1558

y/d	a	C1	C2
0,51	3,1816	0,4027	0,1611
0,52	3,2216	0,4127	0,1665
0,53	3,2617	0,4227	0,1718
0,54	3,3018	0,4327	0,1772
0,55	3,3419	0,4426	0,1826
0,56	3,3822	0,4526	0,1879
0,57	3,4225	0,4625	0,1933
0,58	3,4630	0,4724	0,1987
0,59	3,5036	0,4822	0,2041
0,60	3,5443	0,4920	0,2094
0,61	3,5852	0,5018	0,2147
0,62	3,6263	0,5115	0,2200
0,63	3,6676	0,5212	0,2253
0,64	3,7092	0,5308	0,2306
0,65	3,7510	0,5404	0,2358
0,66	3,7931	0,5499	0,2409
0,67	3,8354	0,5594	0,2460
0,68	3,8781	0,5687	0,2511
0,69	3,9212	0,5780	0,2560
0,70	3,9646	0,5872	0,2610
0,71	4,0085	0,5964	0,2658
0,72	4,0528	0,6054	0,2705
0,73	4,0976	0,6143	0,2752
0,74	4,1429	0,6231	0,2798
0,75	4,1888	0,6319	0,2842
0,76	4,2353	0,6405	0,2886
0,77	4,2825	0,6489	0,2928
0,78	4,3304	0,6573	0,2969
0,79	4,3791	0,6655	0,3008
0,80	4,4286	0,6736	0,3047
0,81	4,4791	0,6815	0,3083
0,82	4,5306	0,6893	0,3118
0,83	4,5832	0,6969	0,3151
0,84	4,6371	0,7043	0,3183
0,85	4,6924	0,7115	0,3212
0,86	4,7492	0,7186	0,3239
0,87	4,8077	0,7254	0,3264
0,88	4,8682	0,7320	0,3286
0,89	4,9309	0,7384	0,3305
0,90	4,9962	0,7445	0,3322
0,91	5,0644	0,7504	0,3335
0,92	5,1362	0,7560	0,3345
0,93	5,2121	0,7612	0,3351
0,94	5,2933	0,7662	0,3353

y/d	a	C1	C2

y/d	a	C1	C2
0,95	5,3811	0,7707	0,3349
0,96	5,4778	0,7749	0,3339
0,97	5,5869	0,7785	0,3322
0,98	5,7156	0,7816	0,3294
0,99	5,8825	0,7841	0,3248
1,00	6,2832	0,7854	0,3117

5.8. OPERAÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO

5.8.1. Acesso e pátio de manobras

Os acesso e pátios de manobras são estruturas provisórias e que permitem o tráfego do veículos, carretas e equipamentos de coleta até o ponto de descarga da frente de operação do Aterro Sanitário de Brasília – ASB. São de fundamental importância uma vez que dão condição de trafegabilidade dentre as camadas de operação do Aterro até o local de descarga desses veículos.

Os Acessos têm uma largura aproximada de 8 metros e são vias internas dentro do maciço que ligam a via pavimentada existente aos pátios de manobra que estão localizados nos pontos de descargas de cada camada de operação e possuem dimensão de 35 metros de largura por 50 metros de comprimento que permite a manobra inclusive das carretas para realizarem as descargas dos resíduos.

Os acessos e pátios de manobra deverão ter pavimentos reforçados, sendo executados com largura aproximada de 8,00 metros, por meio da melhoria efetiva das condições do sub-leito, implantação de camada de brita graduada, com espessura de 5cm, Geotêxtil Tecido 25 kN/m, nova camada de brita graduada com 5cm de espessura, rachão com espessura de 20 cm, compactada com a passagem de trator de esteiras, implantação de camada de brita mista, com espessura de 15 cm, compactada também com trator de esteiras.

Nos trechos onde estão previstos aterros para a implantação das pistas, os mesmos deverão ser lançados em camadas de solo solto não superiores a 30 cm. O material lançado deverá ser espalhado e nivelado de modo a se obter uma superfície plana e de espessura uniforme. As camadas deverão ser compactadas por meio do tráfego de rolo compactador tipo pé de carneiro, devendo a operação de compactação ser feita uniformemente em toda a praça, evitando a formação de trilhas.

Os pátios de descarga terão dimensões de 35 metros de largura por 50 metros de comprimento localizados em vários pontos de cada camada do maciço nas frentes de serviço e deverão ter revestimento reforçado, composto por uma camada de 30cm de reforço de sub-base, 5cm brita graduada, Geotêxtil Tecido 25 kN/m, 5cm brita graduada, 20cm de pedra rachão, 15cm de brita graduada.

Os pátios deverão ser executados de forma a se garantir áreas de manobra e descarga para os coletores compactadores, basculantes e carretas, tanto em períodos de operação

normal, como em períodos de chuvas intensas, de forma a garantir o recebimento de resíduos nas quantidades médias mensais previstas.

Eventualmente, poderá ocorrer a interrupção provisória das descargas visando viabilizar a manutenção dos acessos e pátios de descarga.

5.8.2. Lançamento, Espalhamento e Compactação dos Resíduos

A formação das células de alteamento de resíduos obedecerá aos critérios de execução de aterros sanitários estabelecidos pela norma técnica ABNT NBR 13896.

O caminhão coletor ou basculante ou carreta descarregará 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 de esteira.

Imediatamente antes da descarga dos resíduos na área do aterro, serão removidas as lonas de proteção do caminhão basculante ou carreta, para inspeção dos materiais.

Ressalta-se que o local para realização das atividades de remoção de lona deverá estar corretamente indicado na área do Aterro.

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. Nessa fase de espalhamento o mesmo poderá ocorrer de baixo para cima ou no sentido contrário dependendo das condições de operação no momento da descarga e espalhamento, tendo em vista que poderá ocorrer descarga de resíduos a montante (acima) do local de compactação, o que não interfere no procedimento comum de compactação.

A espessura após o espalhamento será entre 30 e 60cm. 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 resíduo, formando-se a rampa de inclinação máxima de 1(V):3(H).

5.8.3. Cobertura dos Resíduos

As coberturas intermediárias das camadas de verticalização (30 cm) deverão ser sempre removidas quando for iniciar a colocação de resíduos na próxima camada de alteamento/

verticalização do maciço, permitindo que os resíduos novos recebidos sempre estejam em contato os resíduos da camada inferior, ou seja, contato resíduo com resíduo, permitindo uma melhor drenagem de biogás e percolado entre as camadas.

Vale salientar que esta condição não estava prevista no Projeto Básico do ASB. Sendo assim, esta alteração está sendo proposta como forma de melhorar as condições de coesão, ângulo de atrito e consequentemente a estabilidade do maciço inclusive com o ganho de espaço em volume para disposição dos resíduos.

5.9. INTERAÇÃO DO PROJETO DA 1ª ETAPA COM A 2ª ETAPA DO ATERRO SANITÁRIO

Após a implantação da 1ª etapa do projeto do Aterro Sanitário de Brasília, e passados já dois anos de operação do Aterro, foram constatados alguns eventos no sistema de drenagem de percolado que extrapolaram a concepção original do projeto, cuja causa encontra-se em estudo pela Núcleo de Resíduos Sólidos da Universidade Federal de Goiás.

Mas mesmo nessa fase inicial de investigação das causas prováveis já foi possível estudar e analisar quais ações e mudanças de conceito de projeto poderiam ser aplicados à 2ª Etapa, as quais resultam em melhores condições operacionais do sistema de drenagem de percolado e consequentemente, evitando a ocorrência de eventos de obstrução e possíveis vazamentos do percolado pelo sistema de águas pluviais.

Dentre as novas condições de concepção de projeto pode-se destacar a criação de caixa de união antes da retirada do percolado do maciço, como unidade de inspeção e manutenção para limpeza preventiva do sistema interligando aos poços de visita de percolado localizado fora do maciço, bem como a criação de ligação dos drenos verticais ao dreno de base com a utilização de um tê de redução de 250mm x 200mm, o que permitirá o acesso para realização de limpeza com hidrojateamento periódico.

Contrapondo o que foi projetado para 1ª Etapa do Projeto do ASB, houve a necessidade de execução de drenos de pé de talude de forma rotineira (**ver detalhe B, Desenho 12/21**). Tal experiência foi replicada para o projeto da 2ª Etapa do ASB, com a finalidade de permitir a melhor drenagem do percolado até os drenos verticais.

Diante dos eventos supervenientes de obstrução da drenagem de percolado, ocorridos ao longo da operação da 1ª Etapa do ASB, foram construídas 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 60 cm, as quais possuem a finalidade de baixar o nível piezométrico do chorume dentro do maciço, permitindo seu escoamento e melhorando a estabilidade do maciço, interligado ao emissário de chorume os lados norte e leste e ligando o lado sul a drenagem da 2ª Etapa do Aterro, conforme **Desenho 09/21**.

Vale ressaltar que o afloramento de chorume em locais distintos faz parte da natureza do processo de operação de Aterro Sanitário, podendo comumente ocorrer por fatores que fogem ao controle operacional, sendo necessário para essa situação a ligação desses pontos para o dreno vertical mais próximo do afloramento identificado. Frisa-se que essa situação já está prevista no Projeto Básico do ASB.

6. EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS PARA OPERAÇÃO DO ATERRO

Para operação do Aterro Sanitário se faz necessário a utilização de equipamentos conforme descrição abaixo no **Quadro 17**.

Quadro 17: Os equipamentos necessários para a operação do aterro sanitário

Maquinário	*Fase de Operação*	
	Qt.	*Descrição*
a) Trator de esteira D6 ou equivalente, com potência de 140 HP/140 CV, dotado de cabine tipo ROPS que permita a proteção do operador contra sole chuva, em bom estado de conservação;	***01***	*Lançamento, espalhamento e compactação de lixo (CPU 74034/001 da SINAPI)*
b) Trator de esteira D6 ou equivalente, com potência de 153 HP, dotado de cabine tipo ROPS que permita a proteção do operador contra sole chuva, em bom estado de conservação;	***01***	*Lançamento, espalhamento e compactação de lixo (CPU 74034/001 da SINAPI) e cobertura dos resíduos (CPU 74151/0001 da SINAPI)*
c) Trator de esteira, com potência mínima de 90 HP, com peso operacional mínimo de 9 t, dotado de cabine tipo ROPS que permita a proteção do operador contra sol e chuva;	***01***	*Manutenção e operação geral do aterro sanitário (3 h/dia conforme experiência em aterros sanitários) e reserva para a operação.*
d) Rolo compactador pé-de-carneiro vibratório autoprotelido para solos, potência 83 HP e força de impacto de 19 t, dotado de cabine tipo ROPS que permita a proteção do operador contra sol e chuva;	***01***	*Selagem de camadas e manutenção de vias (3 h/dia conforme experiência em aterros sanitários)*
e) Escavadeira hidráulica sobre esteira, potência de 105 HP, peso operacional de 17 t, com profundidade mínima de escavação de 5 metros e caçamba mínima de 0,8 m3, dotadas de cabine tipo ROPS que permita a proteção do operador contra sol e chuva;	***01***	*Escavações, abertura de trincheiras para drenos de chorume de camada e manutenção e operação geral do aterro sanitário (4 h/dia conforme experiência em aterros sanitários)*
f) Retroescavadeira sobre rodas com potência de 79 HP, dotada de cabine tipo ROPS que permita a proteção do operador contra sol e chuva;	***01***	*Manutenção e operação geral do aterro sanitário (4 h/dia conforme experiência em aterros sanitários)*
g) Pá carregadeira sobre rodas, equipadas com motor diesel de potencia mínima de 180HP dotadas de cabine tipo ROPS, com pára-brisas dianteiro e limpador, alarme de ré, conjunto de pneus reserva para imediata substituição no caso de furos e danos, acionamento hidráulico de caçamba, motor e eixo motriz compatíveis com a capacidade da caçamba proporcionando-lhe agilidade nos movimentos de desagregação e carregamento, direção hidráulica, caçamba com lâmina tipo bico de pato ou dentes, de capacidade da caçamba de 2,5 a 3,3m3;	***01***	*Carregamento de solos para estocagem e Cobertura dos resíduos (CPU 74151/0001 da SINAPI)*
h) Trator de pneus com potência mínima de 75 HP	***01***	*Apoio à implantação e manutenção e operação geral do aterro sanitário (3 h/dia conforme experiência em aterros sanitários)*
i) Grade de disco, 20 24", com 20 discos e diâmetro de 24";	***01***	*Preparo de solos para compactação*

Maquinário	Fase de Operação	
	Qt.	Descrição
j) Caminhões basculantes tipo aberto, com sistema de abertura da báscula na face lateral, para evitar que materiais fiquem agarrados na tampa, equipado com motor diesel de potência mínima de 162 HP, chassis PTB 16,8 toneladas, equipado com caçamba basculante com capacidade para 6 m³, em bom estado de conservação;	***03***	*Transporte de solos para estocagem e Cobertura dos resíduos (CPU 74151/0001 da SINAPI)*
k) Caminhão pipa tipo médio ou semi-pesado, com peso bruto total mínimo de 23.000 kg, equipados com tanque de 6.000 litros, dotado de conjunto caixa bomba com alta pressão, de 170 mca ou 250 psi, vazão mínima de 57 m³/hora, com barra irrigadora traseira tubular com comando de abertura pneumático, com conjunto para alto arregamento por escova hidráulica, carretel de mangote com mangueira de 1 polegada de diâmetro e 25 metros de extensão, mais esguicho para irrigação de pistas;	***01***	*Correção de umidade para compactação de solos e Umectação de vias/acessos*
l) Rolo compactador vibratorio liso autopropelido 83HP, forca impacto 11t, tipo Muller vap-ssl ou equiv, dotado de cabine tipo ROPS.	***01***	*Selagem de camadas e manutenção de vias (3 h/dia conforme experiência em aterros sanitários)*
m) Motoniveladora 140 a 155 HP, dotado de cabine tipo ROPS.	***01***	*Acertos de terraplenagem e espalhamento de solo em vias e base (3 h/dia conforme experiência em aterros sanitários)*
n) Caminhão de limpeza à vácuo, com potência de 152 CV, equipado com tanque e equipamento de vácuo ou similar e carga útil com equipamento de 8,55 t.	***01***	*Emergência em caso de paralisação do sistema de bombeamento de chorume*

7. PLANILHA DE QUANTITATIVO

QUANTIDADES DE SERVIÇOS A REPROGRAMAR PARA 2ª ETAPA

LEGENDA	
	Fase de implantação
	Fase de operação
	Fase de implantação e operação

ITEM	DESCRIÇÃO	UNID	Quantidades	
			ETAPA 1	ETAPA 2
01	**Serviços iniciais de implantação do aterro sanitário**			
01.01	Limpeza do terreno	m²	120.517,10	133.664,40
02	**Movimento de terra**			
02.01	Escavação mecânica, carga, transporte e descarga até 1 km	m³	607.200,00	566.372,00
03	**Aterro compactado**			
03.01	Aterro impermeabilização k≤10-7cm/s	m³	163.160,30	51.506,00
03.02	Controle tecnológico do aterro de impermeabilização (ensaio de terraplenagem)	m³	163.160,30	51.506,00
03.03	Aterro de proteção mecânica da manta de PEAD	m³	55.572,00	51.506,00
03.04	Dique em solo compactado	m³	29.434,50	6.028,00
04	**Drenagem sub-superficial**			
04.01	Dreno principal sub-superficial	m	1.567,30	2.600,00
04.02	Dreno secundário sub-superficial	m	2.035,00	2.257,00
04.03	Dreno coletor sub-superficial	m	230,00	437,00
04.04	Emissário sub-superfical	m	85,00	0,00
04.05	Caixa de passagem em concreto e alvenaria, (1,0m x 1,0m)x 1,20m	un	1,00	11,00
05	**Impermeabilização**			
05.01	Impermeabilização com manta PEAD 2mm texturizada nas duas faces	m²	113.580,50	140.000,00
05.02	Fornecimento, transporte local e instalação Geocomposto Bentonítico - GCL	m²	0,00	140.000,00
06	**Drenagem de Chorume e Gás**			
06.01	**Drenagem de chorume na fundação**			
06.01.01	Dreno principal de chorume na fundação	m	1.881,50	0,00
06.01.02	Dreno secundário de chorume na fundação	m	2.217,50	0,00

ITEM	DESCRIÇÃO	UNID	Quantidades	
			ETAPA 1	ETAPA 2
06.01.03	Dreno coletor de chorume na fundação - Tipo 1	m	250,70	0,00
06.01.04	Dreno coletor de chorume na fundação - Tipo 2	m	383,10	0,00
06.01.05	Colchão Drenante com pedra não calcária (0,40 m) (Fornecimento, transporte local e aplicação)	m³	0,00	48.800,00
06.01.06	Dreno principal de chorume somente tubulação (250mm PEAD) ((Fornecimento e aplicação)	m	0,00	3.136,00
06.02	**Drenagem do maciço - drenos de gás e drenos de chorume de camada**			
06.02.01	Dreno horizontal de chorume	m	15.756,20	0,00
06.02.02	Poço de drenagem vertical	m	716,50	0,00
06.02.03	Dreno de gás no platô das células	m	1.930,30	235,00
06.02.04	Poço de drenagem vertical com pedra marroada e tubo 200mm PEAD	m	0,00	3.418,00
06.02.05	Dreno horizontal de chorume (DT pedra não calcária 98Km)	m	0,00	38.058,00
07	**Drenagem superficial**			
07.01	Canaleta meia-cana de concreto, diâmetro 200mm	m	18,70	0,00
07.02	Canaleta pé de talude triangular de brita 2 agulhada, largura 1,0m, altura 0,25m	m	0,00	0,00
07.03	Canaleta triangular em grama, largura 2,0m, taludes 1(V):2,5(H)	m	540,45	599,40
07.04	Canal trapezoidal provisório em grama, base 1,00m, altura 0,40m	m	406,45	0,00
07.05	Canal retangular de concreto e alvenaria, largura 1,00m, altura 0,80m	m	428,35	0,00
07.06	Canal retangular de concreto e alvenaria, largura 1,00m, altura 1,00m	m	340,00	0,00
07.07	Canal retangular de concreto e alvenaria, largura 1,00m, altura 1,20m	m	422,00	0,00
07.08	Descida Hidráulica em colchão reno - Base 1,0m - Definitiva	m²	1.038,30	1.151,60
07.09	Descida Hidráulica em colchão reno - Base 1,0m - Provisória	m²	644,60	714,90
07.10	Tubo de concreto armado PA-3, diâmetro 600mm	m	92,30	102,40
07.11	Tubo de concreto armado PA-3, diâmetro 600mm - Provisório	m	18,85	20,90
07.12	Canaleta meia-cana de concreto, diâmetro 300mm	m	6.172,00	5.378,00
07.13	Canaleta meia-cana de PVC, diâmetro 300mm	m	0,00	1.898,00
08	**Proteção superficial com grama**			
08.01	camada de recobrimento final com solo argiloso (GC=98% e=0,50 m)	m³	24.891,25	27.606,65
08.02	Grama tipo batatais em placa	m²	49.782,50	55.213,30
09	**Acessos e Pátios de descarga**			
09.01	Manutenção do acesso principal externo	vb	20,00%	21,26%
09.02	Manutenção do acesso principal interno	vb	20,00%	21,26%
09.03	Acesso operacional e pátios de descarga - pavimento reforçado	m²	27.053,30	59.757,60
09.04	Manutenção do pátio do estacionamento - pavimento intertravado	vb	20,00%	21,26%
09.05	Umectação das vias de acesso	H	2.522,94	2.677,72

ITEM	DESCRIÇÃO	UNID	Quantidades	
			ETAPA 1	ETAPA 2
10	**Instrumentação e Monitoramentos**			
10.01	Instalação de instrumentação e monitoramento na implantação			
10.01.01	Implantação de poços de monitoramento	m	120,00	0,00
10.01.02	Análises físico químicas do lençol freático (7 amostras) - Trimestral	un	7,00	0,00
10.01.03	Análises físico químicas das águas superficiais (3 amostras) - Trimestral	un	3,00	0,00
10.02	Instalação da instrumentação e monitoramento na operação			
10.02.01	Instalação de Piezômetro tipo 1	m	34,00	0,00
10.02.02	Instalação de Piezômetro tipo 2	m	54,00	630,00
10.02.03	Instalação de Marcos Superficiais	un	37,00	41,00
10.02.04	Análises físico químicas do lençol freático (7 amostras) - Trimestral 1ª Etapa - Mensal 2ª Etapa	un	70,00	273,00
10.02.05	Monitoramento do lençol freático - Trimestral 1ª Etapa - Mensal 2ª Etapa	un	10,00	39,00
10.02.06	Análises físico químicas do chorume (3 amostras) - Mensal	un	90,00	120,00
10.02.07	Análises físico químicas das águas superficiais (3 amostras) - Trimestral 1ª Etapa - Mensal 2ª Etapa	un	70,00	117,00
10.02.08	Monitoramento geotécnico do maciço (Semanal a partir da 2ª Etapa)	un	30,00	171,00
10.02.09	Monitoramento topográfico (Semanal a partir da 2ª Etapa)	un	30,00	171,00
10.02.10	Monitoramento da emanação de gases combustíveis por meio de inspeções realizadas com o explosivímetro realizadas em toda a área do aterro - Semanal	un	0,00	171,00
10.02.11	Monitoramento em todo o perímetro do maciço projetados para avaliar a migração dos gases Metano (CH4), Organoclorados Voláteis (VOCs), Monóxido de Carbono (CO) e Oxigênio (O2))gerados na massa de rejeitos por meio da medição da concentração dos compostos contidos nos gases. Trimestral.	un	0,00	14,00
10.02.12	O Monitoramento dos resíduos que entram no aterro, determinando a composição gravimétrica e peso específico dos resíduos.Trimestral.	un	0,00	14,00
10.02.13	Execução de poços de monitoramento para medição dos gases. Camara simples com profundidade de até 7m com perfuratriz pneumática diâmetro 200mm e encamisamento com revestimento pvc geomecanico de 70mm e preenchimento anelar com areia, seixos e betonita. Colocação de tampa, laje de proteção.	un	0,00	35,00
11	**Balanças**			
11.01	Manutenção de balanças 60t	mês	30,00	39,00
12	**Execução de células**			
12.01	Lançamento, espalhamento e compactação de lixo em células	ton	1.455.000,00	2.489.000,00
12.02	Cobertura dos resíduos	m³	145.500,00	248.900,00
12.03	Remoção de material de cobertura dos resíduos	m³	-	174.230,00
13	**Estocagem de solos - Etapa 1 e 2**			
13.01	**Movimento de Terra**			

ITEM	DESCRIÇÃO	UNID	Quantidades	
			ETAPA 1	ETAPA 2
13.01.01	Limpeza do Terreno	m²	29.250,30	19.215,36
13.02	**Aterro Compactado**			
13.02.01	Aterro Compactado	m³	107.450,00	180.292,00
13.03	**Drenagem superficial**			
13.03.01	Canaleta meia-cana de concreto, diâmetro 500mm	m	821,10	539,40
13.03.02	Canaleta triangular em grama, largura 2,0m, taludes 1(V):2,5(H)	m	561,31	368,74
13.03.03	Canal trapezoidal provisório em grama, base 0,50m, altura 0,50m	m	697,16	457,98
13.03.04	Descida hidráulica em concreto armado com degraus, largura 1,00m, altura 0,50m	m	299,20	196,55
13.04	**Proteção superficial com grama**			
13.04.01	Grama tipo batatais em placa	m²	12.666,00	8.320,66
14	**Manutenção e operação geral do aterro sanitário**		30	39
14.01	Trator de esteiras até 90 HP, peso operacional 9 T	H	2.687,93	3.494,31
14.02	Escavadeira hidráulica sobre esteira 105 HP, peso operacional 17T, cap. 0,7 m³	H	3.583,90	4.659,08
14.03	Restroescavadeira sobre rodas 79 HP	H	3.583,90	4.659,08
14.04	Trator de pneus acima de 75 HP	H	2.687,93	3.494,31
14.05	Rolo compactador vibratorio liso autopropelido 83HP, forca impacto 11t	H	2.687,93	3.494,31
14.06	Motoniveladora 140 a 155 HP	H	2.687,93	3.494,31
14.07	Grupo gerador de 36KVA gabinado trifásico comando ATS	un	0,00	1,00
14.08	Iluminação da frente de operação	H	0,00	13.484,23
14.09	Quebra-molas	m³	0,00	37,02
14.10	Estação Meteorológica PROFISSIONAL com WI-FI, comunicação via INTERNET e DATALOGGER Mod.: IPHP-2000	un	0,00	1,00
15	**Projeto executivo da Etapa 2**			
15.01.	**Estudos Precedentes**			
15.01.01.	**Canteiro de Obra**			
15.01.01.01.	**Construção**			
15.01.01.01.01.	Sanitários	-		1,00
15.01.01.01.02.	Galpão Aberto para Oficina	-		1,00
15.01.01.01.03.	Barracão de Obra - Alojamento/Escritório	m²		1,00
15.01.01.01.04.	Barracão para Depósito	m		1,00
15.01.01.01.05.	Barracão de Obra - Banheiro	m		1,00
15.01.01.02.	**Investigações preliminares de campo**			
15.01.01.02.01.	Montagem e Desmontagem	-		1,00
15.01.02.	Ensaio de Laboratório	-		1,00
15.01.03.	Levantamento Planialtimétrico	m²		122.000,00
15.01.04.	Sondagem a Percussão	m		348,00
15.01.04.01.	Deslocamento de Material	m		300,00

ITEM	DESCRIÇÃO	UNID	Quantidades	
			ETAPA 1	ETAPA 2
16.02.	**Equipe Técnica**			
15.02.01.	Consultor	H		160,00
15.02.02.	Desenhista Cadista	H		720,00
15.02.03.	Engenheiro Ambiental	H		480,00
15.02.04.	Engenheiro Civil	H		320,00
15.02.05.	Estagiário	H		720,00
15.02.06.	Geólogo	H		320,00
15.02.07.	Projetista	H		240,00
15.03.	**Processamento Final**			
15.03.01.	Plotagem + Geração ART + Fornecimento 3 Vias Impressas + 2 Vias Digitais (10%)	- -		1,00
15.04.	**Projeto de Engenharia dos Sistemas de Captação, Coleta e Queima do Biogás**			
15.04.01.	Consultor	H		220,00
15.04.02.	Desenhista Cadista	H		220,00
15.04.03.	Engenheiro Ambiental	H		220,00
15.04.04.	Engenheiro Civil	H		220,00
15.04.05.	Estagiário	H		220,00
15.04.06.	Projetista	H		220,00
15.05.	**Validação e 1ª verificação de Crédito de Carbono junto à UNFCC**			
15.05.01.	Consultor	H		660,00
15.05.02.	Desenhista Cadista	H		660,00
15.05.03.	Engenheiro Ambiental	H		0,00
15.05.04.	Engenheiro Civil	H		660,00
15.05.05.	Estagiário	H		660,00
15.05.06.	Projetista	H		660,00
15.06.	**Projeto Básico do Sistema de Tratamento de Gás e de Geração de Energia**			
15.06.01.	Consultor	H		440,00
15.06.02.	Desenhista Cadista	H		220,00
15.06.03.	Engenheiro Ambiental	H		0,00
15.06.04.	Engenheiro Civil	H		220,00
15.06.05.	Estagiário	H		0,00
15.06.06.	Projetista	H		220,00

8. BIBLIOGRAFIA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS-ABNT (1994) Coleta de resíduos sólidos - NBR 13463. Rio de Janeiro, 3p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS-ABNT (1994) Coleta, Varrição e acondicionamento de resíduos sólidos urbanos – NBR 12980. Rio de Janeiro, 6p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS-ABNT (1994) Transporte de resíduos – NBR 13221. Rio de Janeiro, 9p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS-ABNT (2010) -Aterro Sanitário de pequeno porte- NBR 15849

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS-ABNT (1992)-Apresentação de projetos de aterro sanitário de resíduos sólidos urbanos- NBR 8419

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS-ABNT (1997) - Aterro de resíduos não perigosos 'Critérios para projeto, implantação e operação- NBR 13896

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS-ABNT (2004) Resíduos sólidos –Classificação. NBR 1004

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RESÍDUOS SÓLIDOS E LIMPEZA PÚBLICA – ABLP. 2008

AZEVEDO, A.A.; ALBUQUERQUE FILHO, J.L. (1998). Águas subterrâneas. In: OLIVEIRA, A.M.S.; BRITO, N.A. eds. Geologia de Engenharia. São Paulo, ABGE. P.110-130.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Landfill Manuals Landfill Site Design. Irlanda: 2000.

ENVIRONMENT PROTECTION AUTHORITY. Environmental Guidelines: Solid waste landfills. Second edition, Australia: 2016.

FESTI, Aparecido Vanderlei. Coletânea das Equações de Chuva do Brasil. In: XVII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, São Paulo. 2007. Disponível em: <https://www.abrh.org.br/SGCv3/index.php?PUB=3&ID=19&SUMARIO=267&ST=coletanea_das_equacoes_de_chuva_do_brasil>.

Fomento a Projetos de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos, Edital nº 12/2001 – Ministério do Meio Ambiente / FNMA. Brasília – 2001.

Resíduos Sólidos de Saneamento: processamento, reciclagem e disposição final / Cleverson Vitório Andreoli (coordenador). Rio de Janeiro: RiMa, ABES, 2001. 282 p.: il. Projeto PROSAB

Projeto executivo de implantação da primeira etapa do novo aterro sanitário e projeto básico de infraestrutura- CEPOLLINA ENGENHEIROS CONSULTORE LTDA-2012

9. ANEXOS

ANEXO 1 **LAUDOS DE SONDAGEM E ENSAIO DE PERMEABILIDADE – HSN ENGENHARIA COM ART**

ANEXO 2a **PLANILHA DE DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DOS DRENOS DE PERCOLADO**

ANEXO 2b **PLANILHA DE DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DO SISTEMA DE DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS**

ANEXO 3 **ART's**

ANEXO 4 **ESTUDO DE ESTABILIDADE DO MACIÇO 2ª ETAPA**

ANEXO 5 **DESENHOS DO ATERRO SANITÁRIO – ETAPA 2 – ASB**

1/21 Planialtimétrico e Sondagem
2/21 Planta e Perfil de Escavação
3/21 Implantação e Detalhes do Dreno - Sub Superficial
4/21 Implantação E Detalhes do Dreno de Percolado
5/21 Drenagem de Percolado - Camadas de Verticalização
6/21 Caixa de União Percolado Detalhe Tipo Detalhe Tipo e Medidor de Vazão Ponta Seca Dreno Percolado
7/21 Emissário de Drenagens e Perfis de Percolado e Sub Superficial
8/21 Poço de Visita de Percolado - Detalhe Tipo
9/21 Intervenção Dreno Percolado e Ampliação Pontos de Drenagem de Biogás - 1ª Etapa
10/21 Verticalização - Planta
11/21 Verticalização - Perfil
12/21 Detalhe do Dreno Coletor de Percolado
13/21 Detalhe do Dreno de Biogás
14/21 Planta dos Drenagem Pluvial
15/21 Drenagem de Água Pluvial - Detalhes
16/21 Drenagem de Água Pluvial - Detalhes
17/21 Monitoramento Geotécnico e Ambiental - Planta
18/21 Monitoramento Geotécnico e Ambiental - Detalhes
19/21 Plano de Avanço Operacional - Planta - Fase 1
20/21 Plano de Avanço Operacional - Planta - Fase 2
21/21 Plano de Avanço Operacional - Planta - Fase 3

ANEXO 1 LAUDOS DE SONDAGEM E ENSAIO DE PERMEABILIDADE – HSN ENGENHARIA COM ART

APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS DE INFILTRAÇÃO IN SITU E SONDAGEM A PERCUSSÃO (SPT)

INTERESSADO:
GAE Engenharia

LOCAL:
Aterro Sanitário
DF-180 KM 13 (ZONA RURAL), Samambaia-DF

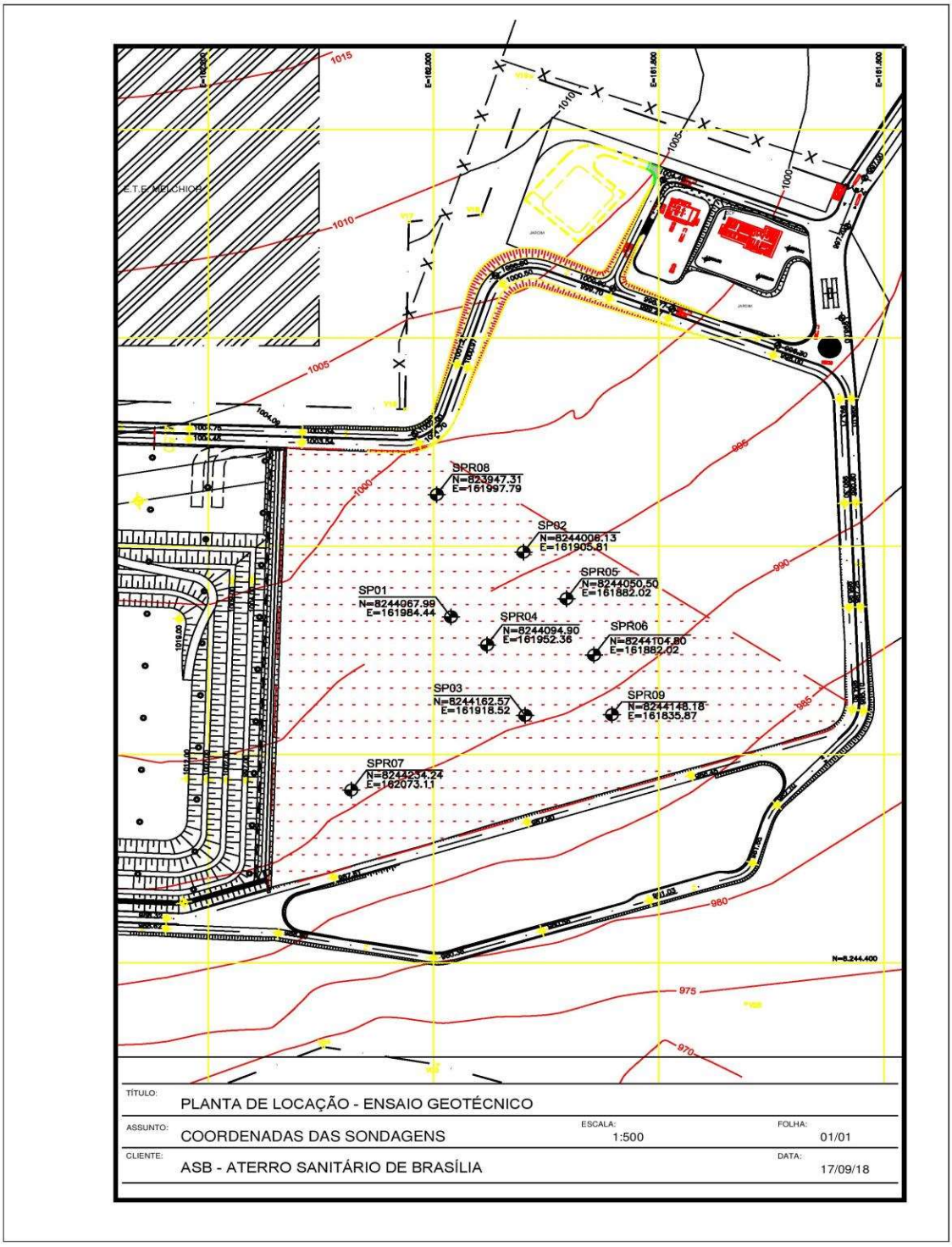
RELATÓRIO:
RT.ENS.037.18

BRASÍLIA, DISTRITO FEDERAL

APRESENTAÇÃO

O Laboratório de Geotecnia do centro de controle tecnológico, representado pela HSN Engenharia, vem através deste Relatório Técnico, apresentar a GAE ENGENHARIA, os resultados dos ensaios a seguir:

1. Sondagem a percussão (SPT - ABNT NBR 6484);
2. Sondagem com perfuratriz pneumática;
3. Determinação da capacidade de absorção do solo - “in situ” anexo B-9 da (ABNT NBR 7229).



INTRODUÇÃO

A sondagem a percussão sem lavagem (SPT) consiste em um estudo geotécnico de campo que permite visualizar o perfil geotécnico do terreno por meio de amostras deformadas coletadas em diversas profundidades. Além disso, ela também permite medir a resistência à penetração do solo a medida que as camadas são perfuradas. Os principais dados a serem obtidos de uma sondagem SPT são:

- O tipo de solo a cada metro perfurado;
- A resistência oferecida pelo solo para a cravação do amostrador padrão, para cada metro perfurado;
- A posição do nível d'água, quando determinado durante ou após a perfuração

Os resultados de 3 furos de sondagem, foram realizados no dia 19/04/2018 no período matutino e vespertino sem ocorrências de chuva e também nos dia 19/09/2018 no período matutino e vespertino sem ocorrências de chuva , em local estabelecido pela contratante.

RESULTADOS DA SONDAGEM E DOS ENSAIOS LABORATORIAIS

Serão apresentados sondagem e os resultados dos ensaios de caracterização, e posteriormente as informações dos poços de inspeção.

SP 1

A sondagem apresentada abaixo foi executada segundo as recomendações da NORMA BRASILEIRA NBR-6484 e em alguns casos específicos pela ASTM e DIN. Foi realizado 1 furo de sondagem, perfazendo um total de 4,45 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

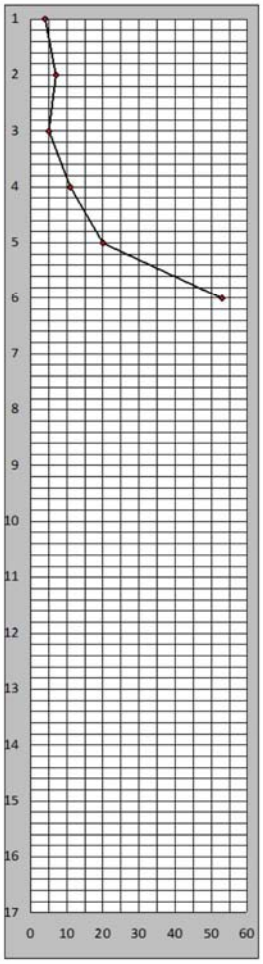
HSN ENGENHARIA

Cliente:	GAE Engenharia
Local:	ATERRO SANITARIO
Obra:	Projeto de Fundação

Amostrador: SPT 2"	Revestimento: 2 1/2"
Peso do Pilão: 65Kg	Altura de queda: 75cm
Comprim.do Revestimento: 1,00 m	Sondador: GLADSON

(N) PENETRAÇÃO - cm	Laudo Nº : 01/2018 - 01/03	Furo	Engenheiro responsável:
(NA) NÍVEL DÁGUA	Data: 19/04/2018	SP 01	Leonardo Neiva
(A) NÚMERO DA AMOSTRA	NA:Não encontrado		CREA: 22629/D-DF
(PG) PERFIL GRÁFICO	Limite da Sondagem.: 4,45m		

30cm final	A	Prof (m)	N.A.(m)	CLASSIFICAÇÃO DO SOLO
4 /30	1	0.00 1.00	Não encontrado	ATERRO.
7 /30	2	1.00 1.45		Argila, Cor Marrom, MÉDIA.
5 /30	3	2.00 2.45		Argila, Pouco Pedregulhosa, Pouco Arenosa, Cor Vermelha, MOLE.
11 /30	4	3.00 3.45		Argila, Siltosa, Arenosa, Cor Variegada, RIJA.
20 /30	5	4.00 4.45		Silte, Arenoso, Cor Variegada, DURO.
53 /30	6	4.45 4.90		Silte, Arenoso, Cor Variegada, DURO.
				Limite da sondagem: 53 golpes para penetrar 30cm.



SP 2

A sondagem apresentada abaixo foi executada segundo as recomendações da NORMA BRASILEIRA NBR-6484 e em alguns casos específicos pela ASTM e DIN. Foi realizado 1 furo de sondagem, perfazendo um total de 5,30 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

HSN ENGENHARIA

Cliente: GAE Engenharia
Local: ATERRO SANITARIO
Obra: Projeto de Fundação

Amostrador: SPT 2" | Revestimento: 2 1/2"
Peso do Pilão: 65Kg | Altura de queda: 75cm
Comprim.do Revestimento: 1,00 m | Sondador: GLADSON

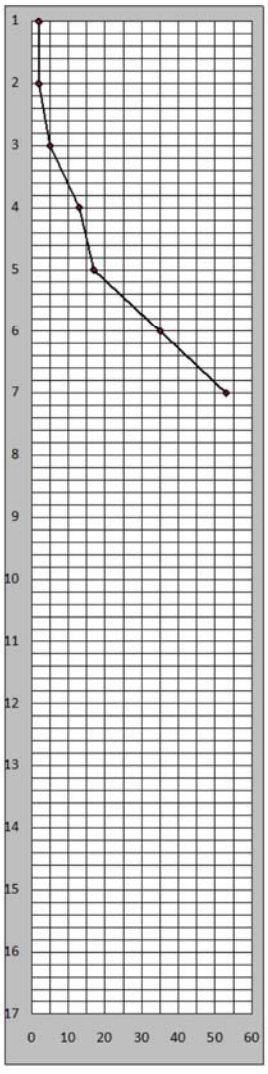
(N) PENETRAÇÃO - cm
(NA) NÍVEL D'ÁGUA
(A) NÚMERO DA AMOSTRA
(PG) PERFIL GRÁFICO

Laudo Nº : 01/2018 - 02/03
Data: 19/04/2018
NA:Não encontrado
Limite da Sondagem.: 5,30m

Furo SP 02

Engenheiro responsável:
Leonardo Neiva
CREA: 22629/D-DF

30cm final	A	Prof (m)	N.A.(m)	CLASSIFICAÇÃO DO SOLO
2 /30	1	0,00 – 1,00	Não encontrado	ATERRO.
2 /30	2	1,00 – 1,45		Argila, Pouco Arenosa, Cor Vermelha, MUITO MOLE.
5 /30	3	2,00 – 2,45		Argila, Pouco Arenosa, Cor Vermelha, MOLE.
13 /30	4	3,00 – 3,45		Argila, Pouco Pedregulhosa, Pouco Arenosa, Cor Variegada, RIJA.
17 /30	5	4,00 – 4,45		Argila, Pouco Arenosa, Poco Siltosa, Cor Variegada, RIJA
35 /30	6	4,45 – 4,90		Silte, Arenoso, Cor Variegada, DURO.
53 /30	7	4,90 – 5,30		Silte, Arenoso, Cor Variegada, DURO.
				Limite da sondagem: 53 golpes para penetrar 30cm.



SP 3

A sondagem apresentada abaixo foi executada segundo as recomendações da NORMA BRASILEIRA NBR-6484 e em alguns casos específicos pela ASTM e DIN. Foi realizado 1 furo de sondagem, perfazendo um total de 8,45 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

HSN ENGENHARIA

Cliente: GAE Engenharia
Local: ATERRO SANITARIO
Obra: Projeto de Fundação

Amostrador: SPT 2"
Peso do Pilão: 65Kg
Comprim.do Revestimento: 1,00 m

Revestimento: 2 1/2"
Altura de queda: 75cm
Sondador: GLADSON

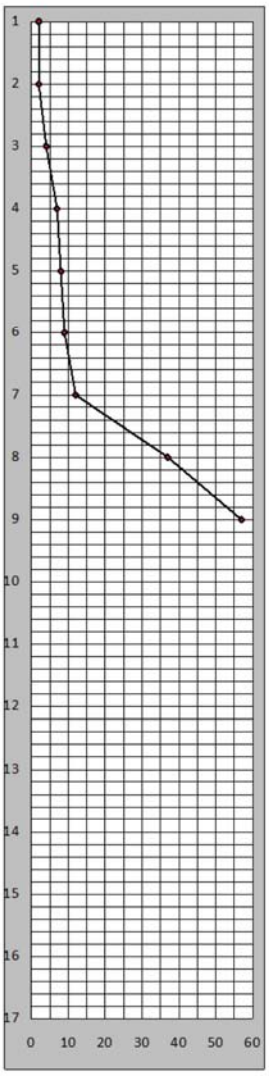
(N) PENETRAÇÃO - cm
(NA) NÍVEL D'ÁGUA
(A) NÚMERO DA AMOSTRA
(PG) PERFIL GRÁFICO

Laudo Nº : 01/2018 - 03/03
Data: 19/04/2018
NA:Não encontrado
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
2 /30	1	0,00 – 1,00	Não encontrado	ATERRO.
2 /30	2	1,00 – 1,45		Argila, Pouco Arenosa, Cor Vermelha, MUITO MOLE.
4 /30	3	2,00 – 2,45		Argila, Pouco Arenosa, Cor Vermelha, MOLE.
7 /30	4	3,00 – 3,45		Argila, Pouco Arenosa, Cor Vermelha, MÉDIA.
8 /30	5	4,00 – 4,45		Argila, Pouco Arenosa, Poco Pedregulhosa, Cor Variegada, MÉDIA.
9 /30	6	5,00 – 5,45		Argila, Pouco Arenosa, Poco Pedregulhosa, Cor Variegada, MÉDIA.
12 /30	7	6,00 – 6,45		Argila, Siltosa, Arenosa, Cor Variegada, RIJA.
37 /30	8	7,00 – 7,45		Silte, Arenoso, Cor Variegada, DURO.
57 /30	9	8,00 – 8,45		Silte, Arenoso, Cor Variegada, DURO.
				Limite da sondagem: 57 golpes para penetrar 30cm.



SONDAGEM COM PERFURATRIZ PNEUMÁTICA

FURO SRP 04

A profundidade total perfurada foi de 12,25 metros com o nível da água encontrado em 11 metros.

BOLETIM DE MISTA (SONDAGEM ROTATIVA)

HSN ENGENHARIA

Cliente: GAE Engenharia
Local: ATERRO SANITARIO
Finalidade: Projeto de Fundação
Coroa: B1
TIPO DE COROA: BW
Comprim.do Revestimento: 1,00 m
Sondador: GLADSON

(N) PENETRAÇÃO - cm
(NA) NÍVEL D'ÁGUA
(A) NÚMERO DA AMOSTRA
(PG) PERFIL GRÁFICO

Laudo Nº : 037/2018
Data: 19/04/2018
NA: 11,00m
Lim. da Sondagem.: 12,25m

Furo
SPR 04

Engenheiro responsável:
Leonardo Neiva
CREA: 22629/D-DF

ϕ DO FURO	COTA (m)	DUREZA	Tam testem	NUM. FRAGMENTOS	ROD (%)	ALTERAÇÃO	FRATURAM.	NA - NÍVEL D'ÁGUA	CLASSIFICAÇÃO
2	6,10	D1	0,40	'	-		F1		Argila arenosa siltosa, Cor Vermelha, MUITO MOLE.
2	8,25	D1	0,40	'	-				Argila Arenosa, com pouco Pedregulho,cor marrom, MOLE.
2	12,25	D1	0,40	-	-		F1	11,00 m	Silte, Arenoso, Cor Variegada, DURO.

IMPENETRAVEL

FURO SRP 05

A profundidade total perfurada foi de 15,40 metros com o nível da água encontrado em 11 metros.

BOLETIM DE MISTA (SONDAGEM ROTATIVA)

Cliente: GAE Engenharia
Local: ATERRO SANITARIO
Finalidade: Projeto de Fundação
Coroa: B1
TIPO DE COROA: BW
Comprim.do Revestimento: 1,00 m
Sondador: GLADSON

(N) PENETRAÇÃO - cm
(NA) NÍVEL D'ÁGUA
(A) NÚMERO DA AMOSTRA
(PG) PERFIL GRÁFICO

Laudo Nº : 037/2018
Data: 19/04/2018
NA: 11,00m
Lim. da Sondagem.: 15,40m

Furo SPR 05

Engenheiro responsável:
Leonardo Neiva
CREA: 22629/D-DF

ϕ DO FURO	COTA (m)	DUREZA	Tam testem	NUM. FRAGMENTOS	ROD (%)	ALTERAÇÃO	FRATURAM.	NA - NÍVEL D'ÁGUA	CLASSIFICAÇÃO
2	5,45	D1	0,40	'	-		F1		Argila arenosa siltosa, Cor Vermelha, MUITO MOLE.
2	9,30	D1	0,40	'	-		F1		Argila Arenosa, com pouco Pedregulho,cor marrom, MOLE.
2	12,75	D1	0,40	-	-		F1	11,00 m	Argila siltosa arenosa, Cor variegada, RIJA.
2	15,40	D1	0,40	-	-		F1		Silte, Arenoso, Cor Variegada, DURO.

IMPENETRAVEL

SCS Quadra 1 Bloco A 12° Andar Edifício União, Brasília-DF
Telefone: (61) 3703-2525 / Celular: (61) 99690-2080

FURO SRP 06

A profundidade total perfurada foi de 12,00 metros com o nível da água encontrado em 11 metros.

BOLETIM DE MISTA (SONDAGEM ROTATIVA)

Cliente: GAE Engenharia
Local: ATERRO SANITARIO
Finalidade: Projeto de Fundação
Coroa: B1
TIPO DE COROA: BW
Comprim.do Revestimento: 1,00 m
Sondador: GLADSON

(N) PENETRAÇÃO - cm
(NA) NÍVEL D'ÁGUA
(A) NÚMERO DA AMOSTRA
(PG) PERFIL GRÁFICO

Laudo Nº : 037/2018
Data: 19/04/2018
NA: 11,00m
Lim. da Sondagem.: 12,00m

Furo SPR 06

Engenheiro responsável:
Leonardo Neiva
CREA: 22629/D-DF

ϕ DO FURO	COTA (m)	DUREZA	Tam testem	NUM. FRAGMENTOS	ROD (%)	ALTERAÇÃO	FRATURAM.	NA - NÍVEL D'ÁGUA	CLASSIFICAÇÃO
2	5,75	D1	0,40	'	-		F1		Argila arenosa siltosa, Cor Vermelha, MUITO MOLE.
2	9,00	D1	0,40	'	-				Argila Arenosa, com pouco Pedregulho,cor marrom, MOLE.
2	12,00	D1	0,40	-	-		F1	11,00 m	Silte, Arenoso, Cor Variegada, DURO.

IMPENETRAVEL

SCS Quadra 1 Bloco A 12° Andar Edifício União, Brasília-DF
Telefone: (61) 3703-2525 / Celular: (61) 99690-2080

FURO SPR_07

A profundidade total perfurada foi de 9,25 metros com o nível da água encontrado em 7 metros.

BOLETIM DE MISTA (SONDAGEM ROTATIVA)

Cliente: GAE Engenharia
Local: ATERRO SANITARIO
Finalidade: Projeto de Fundação
Coroa: B1
TIPO DE COROA: BW
Comprim.do Revestimento: 1,00 m
Sondador: GLADSON

(N) PENETRAÇÃO - cm
(NA) NÍVEL D'ÁGUA
(A) NÚMERO DA AMOSTRA
(PG) PERFIL GRÁFICO

Laudo Nº : 037/2018
Data: 19/04/2018
NA: 7,00m
Lim. da Sondagem.: 9,25m

Furo SPR 07

Engenheiro responsável:
Leonardo Neiva
CREA: 22629/D-DF

ϕ DO FURO	COTA (m)	DUREZA	Tam testem	NUM. FRAGMENTOS	ROD (%)	ALTERAÇÃO	FRATURAM.	NA - NÍVEL D'ÁGUA	CLASSIFICAÇÃO
2	3,80	D1	0,40	'	-		F1		Argila arenosa siltosa, Cor Vermelha, MUITO MOLE.
2	6,45	D1	0,40	'	-		F1		Argila Arenosa, com pouco Pedregulho,cor marrom, MOLE.
2	9,75	D1	0,40	-	-		F1	7,00m	Argila siltosa arenosa, Cor variegada, RIJA.

IMPENETRAVEL

SCS Quadra 1 Bloco A 12° Andar Edifício União, Brasília-DF
Telefone: (61) 3703-2525 / Celular: (61) 99690-2080