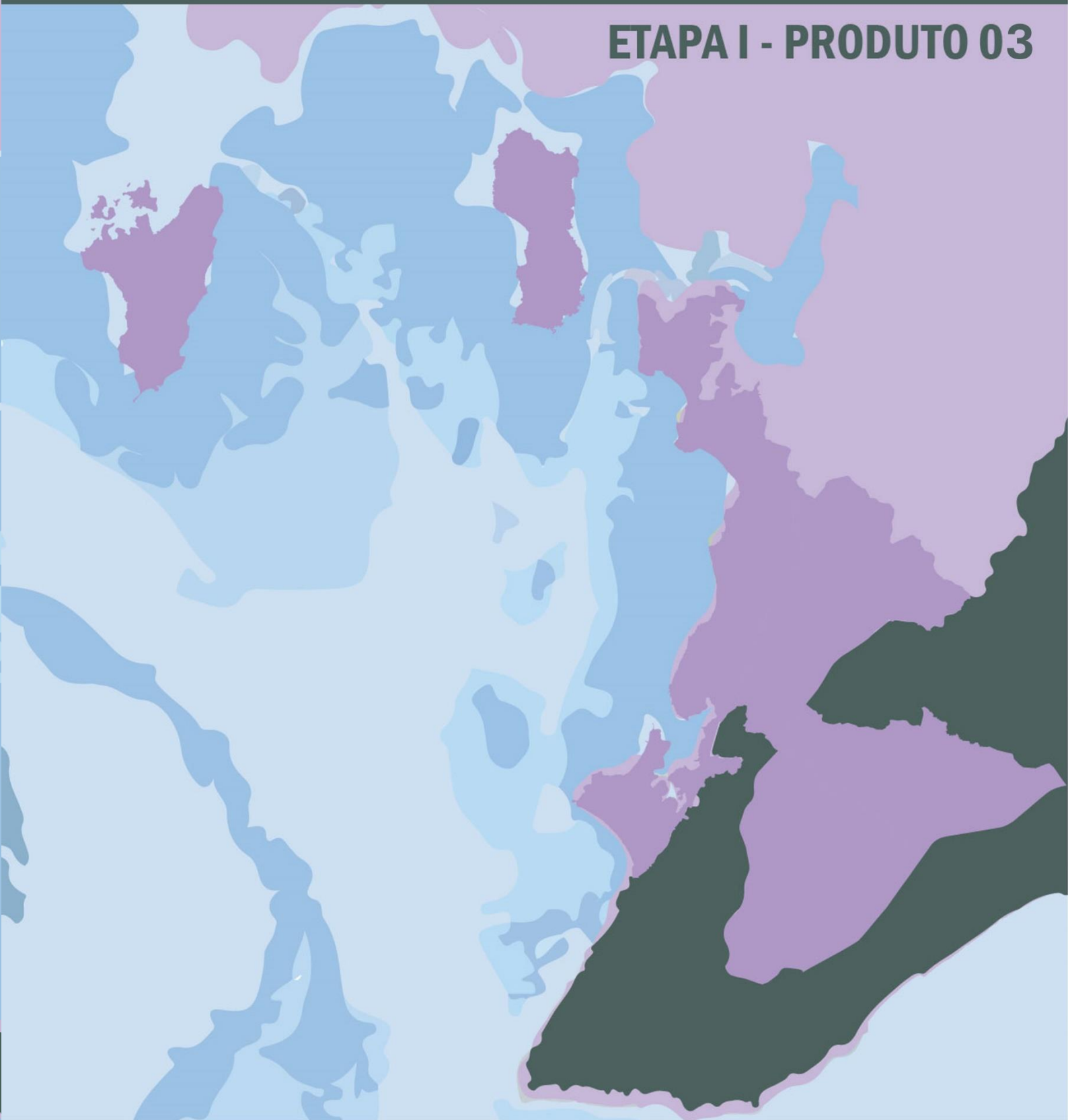


MAPEAMENTO DE BIOGASES E PROJETO DE DRENAGEM DA ÁREA DO ANTIGO ATERRO DE CANABRAVA

ETAPA I - PRODUTO 03



Agente Executor:



Consultoria:

FFA ARQUITETURA E URBANISMO LTDA



Contrato nº 02/2021

SPTA nº45/2024

**MAPEAMENTO DE BIOGASES E PROJETO DE
DRENAGEM DA ÁREA DO ANTIGO ATERRO DE
CANABRAVA – SALVADOR/BA**

**MAPEAMENTO DE BIOGASES E
PROJETO DE DRENAGEM
DA ÁREA DO ANTIGO
ATERRO DE CANABRAVA**

ETAPA I - PRODUTO 03
PROJETO DE DRENAGEM PLUVIAL
ESTUDO HIDROLÓGICO PARA A ÁREA DE TOPO DO
ATERRO CANABRAVA - FASE A E AVALIAÇÃO DA
ESTABILIDADE DO MACIÇO E ENCOSTAS

EMIÇÃO INICIAL: Julho/2024

Nº	DATA	DESCRIÇÃO	RESPONSÁVEL

PREFEITURA MUNICIPAL DE SALVADOR

Bruno Soares Reis

Prefeito

SECRETARIA MUNICIPAL DE DESENVOLVIMENTO URBANO

João Xavier Nunes Filho

Secretário

FUNDAÇÃO MÁRIO LEAL FERREIRA

Tânia Scofield Almeida

Presidente

Diretora de Planejamento e Informações - DIPLAN

Beatriz Loureiro Cerqueira Lima

EQUIPE RESPONSÁVEL PELA COORDENAÇÃO DO PROJETO

Fernando Sergio Barbosa Teixeira

Gerente de Planejamento e Informações

Sheila Maria Moreira de Souza

Arquiteta

EQUIPE TÉCNICA FFA ARQUITETURA E URBANISMO

Floriano Freaza Amoedo

Arquiteto e Urbanista Gerente de Projeto

Rodolfo Elias Madureira Filho

Arquiteto e Urbanista

Roberto F. da A. Souza

Engenheiro Civil

Helen Costa

Arquiteta Urbanista

Claudia Bispo Reis

Auxiliar Administrativo

Equipe Consultoria Especializada:

Francisco Fontes Lima

Engenheiro Civil - Ambiental/ Especialista em
Manejo e Exploração de Águas Subterrâneas

Lindauberto Rodrigues Coura

Engenheiro Civil/ Ambiental / Engenheiro de Segurança do Trabalho

Yuri Wladimiro Ferreira Vieira

Engenheiro Civil / Engenheiro de Segurança do Trabalho

Hércules Rodrigues Coura

Químico Industrial

APRESENTAÇÃO

A Prefeitura de Salvador, através da Fundação Mário Leal Ferreira - FMLF e da FFA Arquitetura e Urbanismo, empresa consultora contratada através da CONCORRÊNCIA PÚBLICA N.º 01/2021 - FMLF apresenta o **PRODUTO 03 – PROJETO DE DRENAGEM PLUVIAL**, conforme escopo do Contrato 02/2021, para a execução de serviços de engenharia referentes ao **MANEJO, CONTROLE E MONITORAMENTO DE EMANAÇÕES DE BIOGASES E ELABORAÇÃO DE PROJETO DE MANEJO, TRATAMENTO E DESTINO FINAL DOS EFLUENTES LÍQUIDOS NA ÁREA DO ANTIGO ATERRO DE CANABRAVA NO BAIRRO DE CANABRAVA-SALVADOR/Ba**, sob a responsabilidade técnica da empresa FFA.

SUMÁRIO

PREFEITURA MUNICIPAL DE SALVADOR.....	3
EQUIPE TÉCNICA FFA ARQUITETURA E URBANISMO.....	4
APRESENTAÇÃO.....	5
1. INTRODUÇÃO.....	7
2. JUSTIFICATIVA TÉCNICA.....	9
3. BACIA DE CONTRIBUIÇÃO	9
3.1 Caracterização da Bacia de Contribuição.....	11
3.2 Metodologia para definição da Bacia.....	12
4. ESTUDOS.....	12
4.1 Estudos Topográficos.....	12
4.2 Estudos Hidrológicos	12
4.2.1. Generalidades	13
4.2.2. Parâmetros Hidrológicos.....	13
4.2.3. Equação das Chuvas	13
4.2.4. Coeficiente de Deflúvio	14
4.2.5. Tempo de Concentração	14
4.2.6. Período de Retorno.....	16
4.2.7. Áreas das Bacias Contribuintes	17
5. PROJETO	17
5.1 Concepção do Projeto de Microdrenagem	17
5.1.1. Generalidades	18
5.1.2. Metodologia e Estudos das Soluções	18
5.1.3. Sistema de Drenagem Proposto	19
5.1.4. Vazões de Projeto	19
5.2 Parâmetros de Projeto	21
5.2.1. Diâmetro Mínimo da Rede	21
6. ESPECIFICAÇÕES E RECOMENDAÇÕES	22
7. ELEMENTOS E ESTRUTURAS CONSTITUINTES DE UM ATERRO SANITÁRIO.....	23
8. CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS.....	24
9. ESTABILIDADE DO MACIÇO E ENCOSTAS	30
10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36
ANEXO I.....	38

1. INTRODUÇÃO

Conforme consta no edital de Concorrência Pública N.º01/2021 – FMLF, o Município do Salvador é constituído de áreas de relevante valor ecológico e sociocultural, formado de sítios naturais singulares de notável beleza cênica e diversidade biológica, ao tempo em que apresenta também, um forte desequilíbrio social, principalmente em contraste com outras áreas mais privilegiadas da cidade, o que é refletido em sua ocupação do solo e em sua infraestrutura básica.

Neste contexto este estudo será integralizado, conforme especificações e produtos a seguir:

- **Produto 01:** Apresenta o plano de trabalho e procedimentos metodológicos.
- **Produto 02:** Relatório preliminar de manejo, controle e monitoramento de emissões de Biogases, envolvendo levantamento de campo, avaliação dos estudos pretéritos, caracterização ambiental, aspectos legais e proposições preliminares. Definição de malha amostral e coleta de amostras, avaliação dos ensaios laboratoriais.
- **Produto 03:** Projeto de Drenagem Pluvial envolvendo as soluções a serem adotadas com descrição e metodologia, estudos, identificação, dimensionamentos e cálculo.
- **Produto 04:** Projeto de Sistemas de Manejo, Tratamento e Destino final de Chorume Exsudante envolvendo as soluções a serem adotadas com descrição e metodologia, avaliações, planejamento, ensaios, especificações, orientações, dimensionamentos e cálculo.
- **Produto 05:** Plano de Fertirrigação envolvendo as soluções a serem adotadas com descrição e metodologia, caracterizações, parametrização, ensaios, especificações, dimensionamentos e cálculo.
- **Produto 06:** Relatório Final compatibilizando todas as informações

O **Produto 03**, apresentado neste documento, contém o Projeto de Drenagem Pluvial das Águas Pluviais e estudo hidrológico para a área de topo do aterro Canabrava - fase A e avaliação da estabilidade do maciço e encostas referente ao estudo de alternativas e determinação das soluções a serem adotadas com descrição e metodologia, avaliações, planejamento, ensaios, especificações, orientações, dimensionamentos e cálculo para a área do antigo Aterro de Canabrava.

Apresenta-se neste documento o memorial descritivo e justificativo do Projeto de drenagem da água pluvial da área do topo do Aterro Canabrava – Fase A em Salvador – Bahia.

O asfaltamento, já em curso, com impermeabilização de 37% da área de topo da Fase A do antigo Aterro Canabrava será positiva sob vários aspectos, inclusive na redução da contribuição de águas pluviais para o interior do maciço. No entanto outros cuidados precisarão ser tomados especificamente o controle biogás formado para não se acumule e venha a formar bolsões de gases e o controle e rebaixamento do nível de água subterrânea no interior do maciço do aterro, ambos capazes de aumentar a instabilidade da encosta que alcança 50m de altura.

Pela sua posição topográfica de topo, este trecho recebe contribuição de drenagem limitada, restrita a própria área de topo parcialmente asfaltada com declividade longitudinal favorável a alcançar a bacia do Rio Trobogi. São atendidas nesse projeto as áreas de topo do Aterro Canabrava-Fase A captando e afastando as águas pluviais das encostas. A drenagem das encostas não foram abrangidas neste projeto pois as mesmas encontram-se erodidas, sem conformação geométrica regular e ocupadas por vegetação arbórea inadequada, fatores que aumentam o risco de instabilidade das mesmas. O estudo ora apresentado avalia de forma preliminar a estabilidade do maciço e suas encostas, propondo-se se promova desde já o monitoramento geométrico e geológico do Aterro Canabrava – Fase A.

As considerações adotadas neste projeto de intervenção de drenagem foram propostas com a finalidade principal de obedecer aos critérios de drenagem urbana, respeitando cotas de lançamento na linha de drenagem natural, e objetivando incorporar-se ao planejamento urbano da área, com o sítio do Aterro e com o meio sócio ambiental. As premissas básicas deste projeto básico foram de manter o controle e disciplinamento do escoamento das águas de chuvas, evitando-se assim alagamentos ou erosões.

2. JUSTIFICATIVA TÉCNICA

O estudo e o projeto, ora apresentados, justificam-se pela necessidade de construir uma estrutura singular de drenagem, que possibilite a coleta, o transporte e o lançamento das águas oriundas das precipitações que ocorrem dentro dos limites da bacia de contribuição, captando águas superficiais. A canalização dessas águas constitui uma intervenção de segurança para o aterro, saneamento básico e ambiental, para reduzir o risco de alagamento, erosões e infiltrações.

O estudo teve como objetivo a definição do tipo de drenagem a ser executada no perímetro interno do muro de fechamento do estacionamento asfaltado e na área de topo restante coberta com gramíneas e arbustos superficiais.

3. BACIA DE CONTRIBUIÇÃO

Para definir a bacia de contribuição foram realizadas visitas em campo, usados dados da SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission – NASA de 2018), as imagens de satélite do Google Earth de 2018 e o receptor Trimble DA2 GEO. Conforme **Figura 3.1**, é possível observar a bacia de contribuição com a área a ser pavimentada/compactada de 4,40 ha, correspondente ao estacionamento e campo de futebol e áreas exposta de aterro de 1,04 ha referente a parte desnuda do topo do aterro. Como pode ser visto na figura apresentada as bacias das áreas de topo tem as seguintes dimensões:

- Área asfaltada e campo de futebol = 4,40 ha = 0,0440 km² = 44.000 m²
- Área não pavimentada do topo = 1,04 ha = 0,0104 km² = 10.400 m²

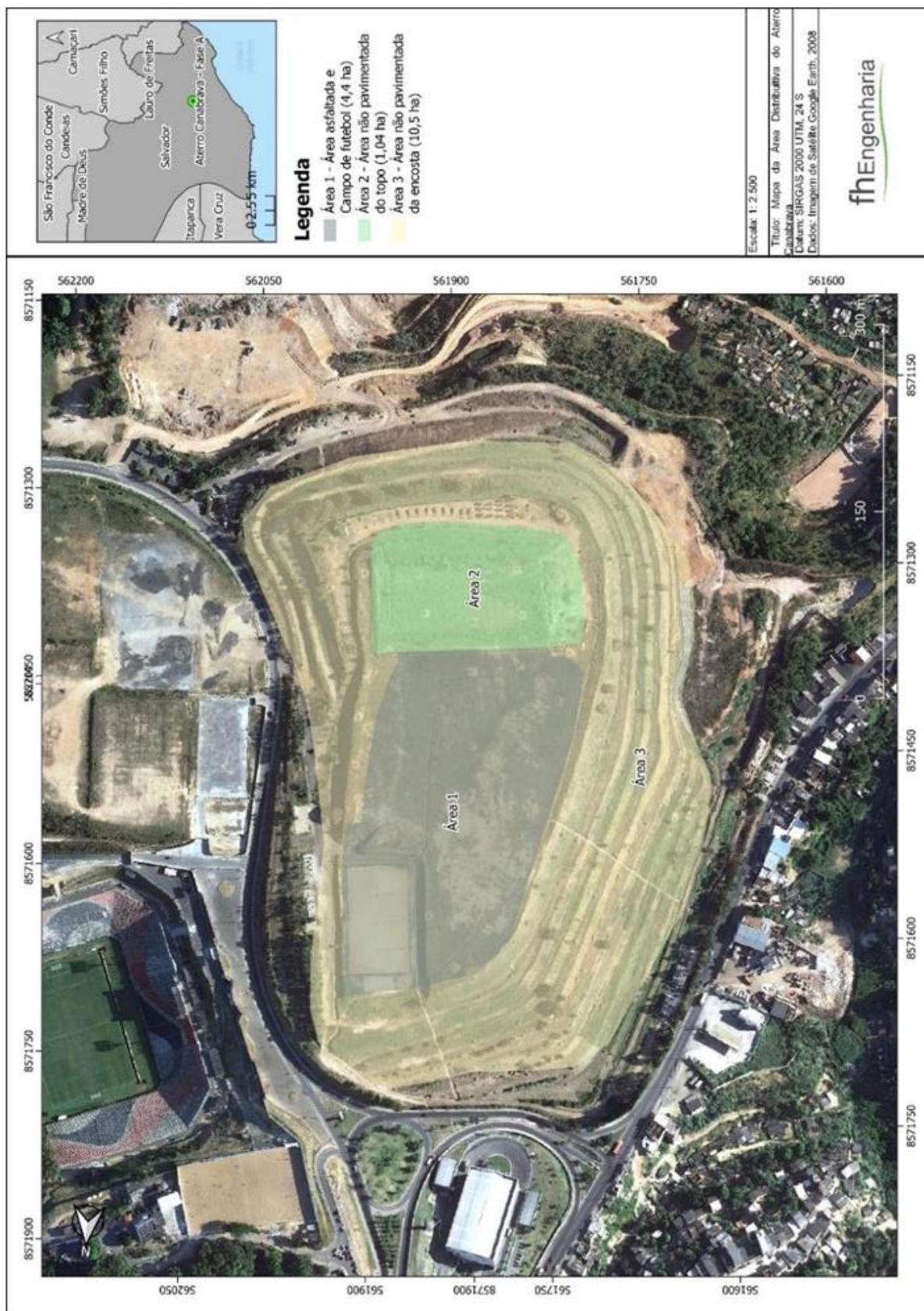


Figura 3.1 – Aterro de Canabrava – Áreas Pavimentadas e Desnudas.

3.1 Caracterização da Bacia de Contribuição

A bacia hidrográfica é um sistema dinâmico, inicialmente lapidado pelas ações da natureza e a partir de um determinado momento experimenta transformações aceleradas pelas ações do homem, o maior agente impactante. A urbanização é uma das ações humanas de maior impacto em uma bacia hidrográfica, onde pode-se registrar na ocupação do solo para sistemas urbanos, moradias, trabalho e lazer. Sendo as bacias hidrográficas áreas delimitadas por muros ou divisores de água, estas são também definidas por suas funções que é a de drenar as águas pluviais conduzindo-as até um corpo receptor hídrico.

A pavimentação asfáltica prevista para um estacionamento no topo do aterro e a implantação proposta de um sistema de drenagem de águas pluviais para área restante não pavimentada promoverá a redução da área exposta e consequente redução da geração de chorume.

No município de Salvador - Bahia, segundo a classificação Köppen e Geiger, o clima é classificado como Am (clima tropical úmido ou subúmido), inserido na zona tropical brasileira, tendo períodos com temperaturas médias no mês mais frio e na estação seca possuindo pouca duração. Apresenta precipitação médias climatológicas de valores calculados a partir de uma série de dados históricos de 30 anos do INMET, com meses de maior pluviosidade abril (298 mm) e Maio (299 mm). Enquanto que os meses de menor pluviosidade são: dezembro (76 mm) e janeiro (79 mm) (ver **Gráfico 3.1**). As médias apresentadas são valores calculados a partir de uma série de dados de 30 anos que configuram uma precipitação média anual de 1875 mm.

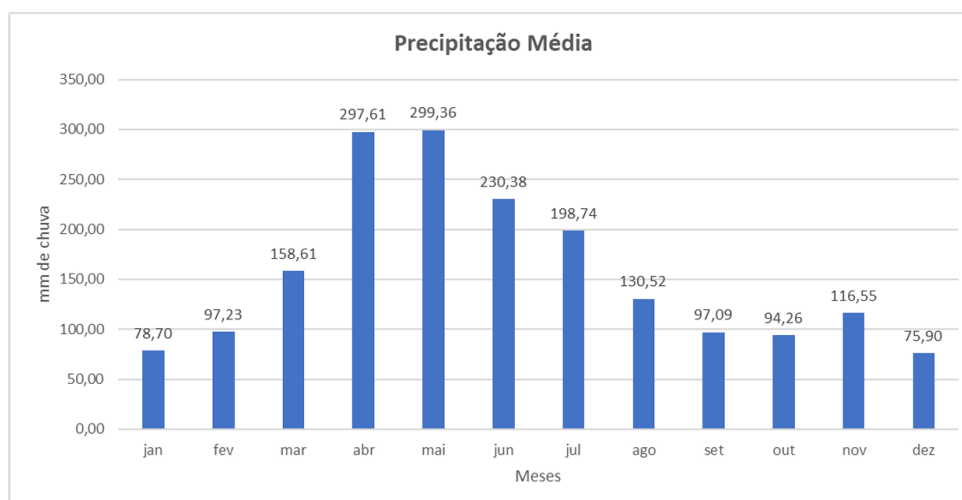


Gráfico 3.1 – Precipitações médias para o município de Salvador. Fonte: INMET – 2024.

3.2 Metodologia para definição da Bacia

A metodologia da construção e definição da Bacia foi realizada com base nos levantamentos topográficos fornecidos, imagens do Google e do satélite ALOS PALSAR **Figura 3.2**. Todos os serviços de levantamento topográfico foi obedecendo aos critérios estabelecidos em normas vigentes. Os estudos resumiram-se basicamente na elaboração de um levantamento planialtimétrico e semi-cadastral em questão.

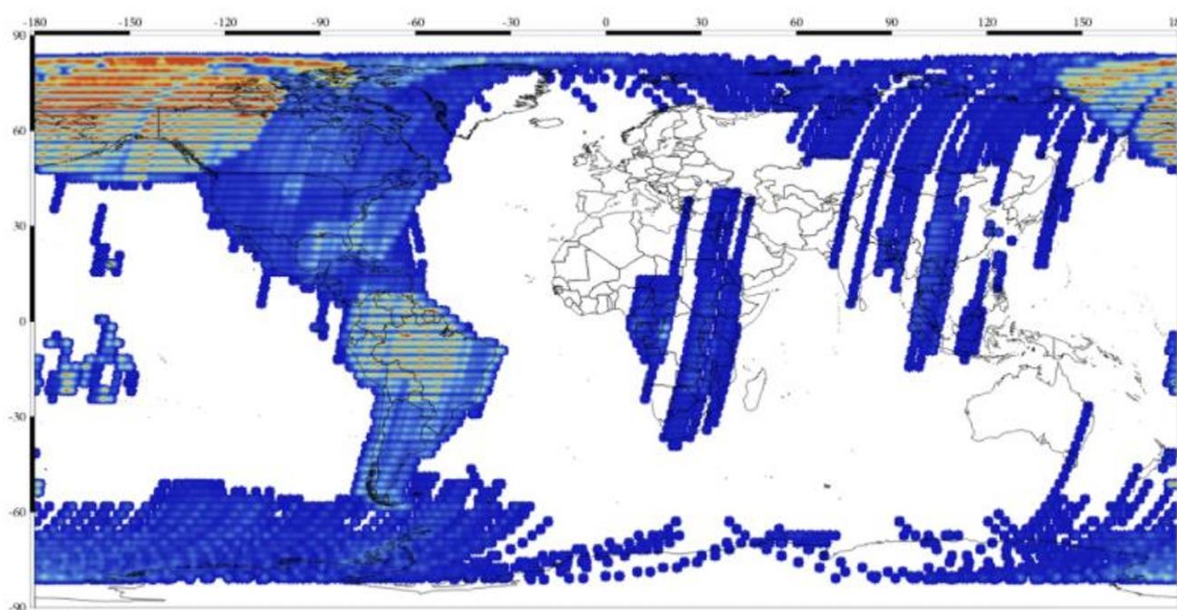


Figura 3.2 – Imageamento Global pelo Radar ALOS PALSAR. Fonte: ASF, 2022.

4. ESTUDOS

4.1 Estudos Topográficos

Os estudos topográficos utilizados para a elaboração deste projeto foram fornecidos pelo contratante, tendo sido também usados dados do Google Earth, 2022 e georreferenciadas para o sistema de coordenadas UTM SIRGAS 2000, zona 24S, obedecendo aos critérios estabelecidos pelas normas vigentes.

4.2 Estudos Hidrológicos

Os estudos topográficos utilizados para a elaboração deste projeto foram fornecidos pelo contratante, tendo sido também usados dados do Google Earth, 2022 e

georreferenciadas para o sistema de coordenadas UTM SIRGAS 2000, zona 24S, obedecendo aos critérios estabelecidos pelas normas vigentes.

4.2.1. Generalidades

Neste trabalho foram utilizadas também plantas do sistema Google e informações coletadas em campo, consideradas importantes para a obra em foco. A planta da bacia contribuinte e a da bacia hidráulica de contribuição que foi confeccionada em função desses dados e do sistema cartográfico citado. O presente memorial visa apresentar e justificar os parâmetros hidrológicos e a metodologia de cálculo para o projeto de drenagem.

4.2.2. Parâmetros Hidrológicos

Na determinação das descargas de projeto, foram utilizados os seguintes parâmetros, definidos a seguir:

- Equação das chuvas;
- Coeficiente de deflúvio;
- Tempo de concentração;
- Período de retorno.

4.2.3. Equação das Chuvas

As intensidades de precipitação foram determinadas com equação de chuvas para a região de Salvador, sendo:

$$I = \frac{1065,66 TR^{0,163}}{(Tc + 24)^{0,743}}$$

Onde:

I = intensidade da chuva em l/s.ha;

TR = tempo de recorrência em anos;

Tc = tempo de concentração em minutos.

Apresentamos as equações dos valores de “Frequência – Intensidade – Duração”, para o posto estudado, considerando os períodos de recorrência de TR= 5, TR = 50 e TR = 100.

4.2.4. Coeficiente de Deflúvio

A relação entre a parcela de água que escoar pela superfície de uma bacia hidrográfica e a quantidade total de água precipitada sobre a mesma, é denominada de coeficiente de deflúvio. O valor desse coeficiente está associado a uma série de fatores físicos, tais como natureza da camada superficial do solo, morfologia e relevo, cobertura vegetal, uso da terra e condições hidroclimatológicas da região. Para área contribuinte de microdrenagem do estacionamento, onde prevalece área pavimentada foi escolhido o valor de $C = 0,95$, considerando grau de impermeabilização da área de intervenção, das condições urbana atual e em um cenário futuro. Para área contribuinte de microdrenagem da área não pavimentada do topo foi escolhido o valor de $C = 0,20$. No **Quadro 4.1**, apresentada adiante, encontram-se respectivamente os valores dos coeficientes de deflúvio “C” (para aplicação no Método Racional).

Quadro 4.1 – Valores dos coeficientes de deflúvio “C”.

CARACTERÍSTICAS DA SUPERFÍCIE	COEFICIENTE DE DEFLÚVIO
Ruas	
Pavimento asfáltico	0,70 a 0,95
Pavimento em concreto	0,80 a 0,95
Passeios	0,75 a 0,85
Telhados	0,75 a 0,95
Terrenos relvados, solos arenosos	
Baixa declividade (até 2%)	0,05 a 0,10
Declividade média (de 2 a 7%)	0,10 a 0,15
Forte declividade (acima de 7%)	0,15 a 0,20
Terrenos relvados, solos argilosos	
Baixa declividade (até 2%)	0,15 a 0,20
Declividade média (de 2 a 7%)	0,20 a 0,25
Forte declividade (acima de 7%)	0,25 a 0,30

4.2.5. Tempo de Concentração

É definido como sendo o tempo necessário para que toda a área drenada passe a contribuir na seção de estudo. De maneira geral, o tempo de concentração de uma bacia qualquer depende de vários parâmetros tais como:

- Forma da bacia
- Área da Bacia
- Recobrimento vegetal
- Comprimento do talvegue
- Declividade do talvegue

Várias são as equações possíveis de serem utilizadas para a determinação deste tempo, entre elas foi utilizada a de Kirpich, a seguir transcrita:

$$T_c = 0,95 \cdot (L^3/H)^{0,385}$$

Fonte : TUCCI, Carlos E. M. – Hidrologia 1993

Onde:

T_c = tempo de concentração, em horas;

L = comprimento do talvegue, em quilômetros em km;

H = desnível entre o ponto mais afastado da bacia ou sub-bacia e a seção.

Para calcular o T_c (tempo de concentração) são necessários alguns dados de entrada:

Área Contribuinte Pavimentada (C = 0,95)

Talvegue: 275 m = 0,275 km

Cota maior: 89,00 m

Cota menor: 85,00 m

Desnível do Talvegue Δh : 4,00 m

Área de contribuição (A): 4,40 ha = 0,0440 km²

Área Contribuinte Não Pavimentada (C = 0,20)

Talvegue: 193 m = 0,193 km

Cota maior: 90,00 m

Cota menor: 89,00 m

Desnível do Talvegue Δh : 1,00 m

Área de contribuição (A): 1,04 ha = 0,0104 km²

4.2.6. Período de Retorno

O período de retorno representa o intervalo de tempo médio, em anos, em que se espera que um determinado evento venha a ser igualado ou superado, pelo menos uma vez. Este risco de ocorrência pode ser calculado através da fórmula teórica deduzida da teoria da probabilidade a seguir apresentada:

$$R = 100 \times [1 - (1 - 1/TR)^N]$$

Fonte : TUCCI, Carlos E. M. – Hidrologia 1993

Onde:

R = Risco em percentagem;

TR = Período de retorno em anos;

N = Vida útil da obra em anos.

Desta forma foram considerados tempos de recorrência de TR = 5, 10, 15, 25, 50 e 100 anos e uma vida útil de 10 anos para a estrutura de drenagem resultando: R5 = 100%, R10 = 100%, R15 = 99,90%, R25 = 98,31%, R50 = 86,73% e R100 = 63,39% chances de ocorrerem as chuvas de projeto, conforme **Quadro 4.2**.

Comumente são adotados os seguintes períodos de retorno, **conforme IS 203/2006, do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT**.

DISPOSITIVOS	TR (anos)
Drenagem Superficial	5 e 10
Drenagem Subsuperficial	10
Bueiros tubulares	10/25
Bueiros Celulares	25/50
Ponte	100

O dimensionado para atender como dispositivos do canal de acordo com o DNIT é de drenagem superficial para uma vazão correspondente ao tempo de recorrência de 10 anos.

Quadro 4.2 – Probabilidade de chuvas

TR (anos)	Probabilidade de Ocorrer a Chuva RISCOS (%)
5	100,00
10	100,00
15	99,90
25	98,31
50	86,74
100	63,40

4.2.7. Áreas das Bacias Contribuintes

A melhor metodologia para a determinação das descargas de uma determinada bacia é definida em função de sua área, conforme IS 203/2006, do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT, os limites fixados são os apresentados na tabela a seguir:

DIMENSÃO DA BACIA	MÉTODO DE CÁLCULO
Área da Bacia ($A < 4 \text{ Km}^2$)	Método Racional
Área da Bacia ($4 \text{ Km}^2 < A < 10 \text{ Km}^2$)	Método Racional Corrigido ou SCS
Área da Bacia ($A > 10 \text{ Km}^2$)	Método do Hidrograma Triangular Unitário (HUT)

Fonte: Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT .

As áreas das bacias contribuintes foram denominadas de área pavimentada e não pavimentada. A área pavimentada com 4,40 ha e área não pavimentada com 1,04 ha, portanto será empregado o “método racional” como poderá visto nos itens a seguir, considerando que a área em estudo é menor que 4 Km^2 .

5. PROJETO**5.1 Concepção do Projeto de Microdrenagem**

A concepção do projeto de drenagem propriamente dito, em sua essência caracterizou-se no dimensionamento das estruturas de drenagem com vistas a escoar todo o caudal oriundo das chuvas, captando e levando-os a local seguro. Para tanto é apresentado neste tópico à metodologia, os parâmetros, as plantas e

planilhas de cálculos com indicação de tipo, dimensões, localização e extensão previstas.

Para o desenvolvimento dos estudos e concepção do projeto, utilizaram-se os elementos básicos presentemente disponíveis, que estão relacionados a seguir:

- As descargas máximas da Bacia;
- Traçado em planta e perfil;
- A planta do levantamento topográfico;
- Os estudos hidrológicos para região;
- Informações e observações de campo sobre o comportamento das obras existentes.

5.1.1. Generalidades

Os estudos hidrológicos visam o conhecimento do regime hídrico da área onde se situa a intervenção proposta. O presente estudo foi desenvolvido de acordo com as normas técnicas vigentes e dos serviços de processamentos e análise dos dados levantados. O objetivo do estudo em questão foi definir as vazões para diferentes tempos de retorno. Com essas vazões em etapas futuras serão definidas a seção hidráulica, as cotas de implantação e dimensões das canaletas para o transpor o terreno.

5.1.2. Metodologia e Estudos das Soluções

A escolha dos elementos de drenagem mais apropriados para os locais onde se fizerem necessários a adoção dos mesmos, foi efetuada pelo Engenheiro Projetista de Drenagem, baseado na análise e processamento dos elementos supracitados, de forma a atender as recomendações e critérios estabelecidos, tendo em vista, também as peculiaridades da área e a finalidade das obras de drenagem.

Os estudos hidrológicos permitiram mensurar as vazões e descargas de projeto, nas quais se baseou o dimensionamento hidráulico.

Desta forma o sistema de drenagem de acordo com a natureza e função de cada dispositivo, para efeito de apresentação, ficou subdividido em:

- Drenagem superficial;
- Galerias Tubulares e Caixa de recepção.

5.1.3. Sistema de Drenagem Proposto

O sistema de drenagem será constituído pelos seguintes dispositivos:

- Canaletas trapezoidal, sarjetas e sarjetão;
- Caixas de ligação e/ou passagem;
- Ligação tubular de concreto;
- Entradas e descidas d'água.

Após a avaliação hidráulica destes dispositivos em relação às várias situações em que se encontram inseridos, foram adotados como base os detalhes constantes do Álbum de Projetos Tipos do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - DNIT.

A boca de lobo do sistema de drenagem deve ser colocada no ponto em que a vazão que escoar pela sarjeta torna-se superior à capacidade admissível naquele trecho de sarjeta. Neste ponto, a sarjeta não é capaz de conter o escoamento superficial sem ocorrência de transbordamento; assim, é necessário iniciar o sistema de galerias para receber o escoamento. Esta vazão é calculada pelo método racional no ponto imediatamente à montante do trecho de sarjeta.

A bocas de lobo (poço de visita ou caixa de passagem) é feita com galerias cuja declividade mínima deve ser de 0,5%. As capacidades destes ramais e os diâmetros são apresentados na planta de rede.

5.1.4. Vazões de Projeto

O presente trabalho considerou as vazões hidrológicas calculadas para períodos de retorno de TR = 5 a TR = 100 anos e o estudo da bacia hidráulica de montante à obra, conforme **Quadro 5.1 e 5.2**.

As vazões de projeto para a bacia contribuinte, foram efetuadas mediante o emprego do Método do Racional. No Método do Racional, são empregadas as seguintes equações:

$$Q = \frac{C \times i \times A}{1000}$$

Fonte : TUCCI, Carlos E. M. – Hidrologia

Onde:

C = Coeficiente de escoamento superficial;

I = Intensidade pluviométrica em l/s.ha;

A= Área da Bacia de contribuição em hectares;

Q = Vazão em m³/s.

Quadro 5.1: Área Contribuinte Pavimentada e vazões para TR de 5 anos a TR de 100 anos.

TR	C	TC	Intensidade (l/s x ha)	Área da Bacia (ha)	Vazão (m³/s)
5	0,95	7,53	106,67	4,4	0,44589
10	0,95	7,53	119,43	4,4	0,49922
15	0,95	7,53	127,59	4,4	0,53333
25	0,95	7,53	138,67	4,4	0,57964
50	0,95	7,53	155,26	4,4	0,64897
100	0,95	7,53	173,83	4,4	0,72660

Quadro 5.2: Área Contribuinte Não Pavimentada e vazões para TR de 5 anos a TR de 100 anos.

TR	C	TC	Intensidade (l/s x ha)	Área da Bacia (ha)	Vazão (m³/s)
5	0,20	8,52	104,23	1,04	0,02168
10	0,20	8,52	116,69	1,04	0,02427
15	0,20	8,52	124,66	1,04	0,02593
25	0,20	8,52	135,49	1,04	0,02818
50	0,20	8,52	151,70	1,04	0,03155
100	0,20	8,52	169,84	1,04	0,03533

5.2 Parâmetros de Projeto

5.2.1. Diâmetro Mínimo da Rede

O diâmetro mínimo da rede de drenagem de $\varnothing = 0,60\text{m}$ da área pavimentada e $\varnothing = 0,20\text{m}$ da área não pavimentada, foi fixado acima do estabelecido conforme recomendação do DNIT. O diâmetro foi calculado com base na seguinte equação:

$$D = 1,55 [(Q \cdot n) / i^{1/2}]^{3/8}$$

Onde:

Q = capacidade de descarga, m^3/s ;

D = Diâmetro em m;

n = coeficiente de rugosidade;

i = declividade de implantação, m/m.

Diâmetro da Bacia de Contribuição Área Pavimentada	
Capacidade de descarga, m^3/s (TR=100)	0,72
Coeficiente de rugosidade	0,013
Declividade de implantação, m/m	0,015
Diâmetro mínimo em m	0,591

Diâmetro da Bacia de Contribuição Área não Pavimentada	
Capacidade de descarga, m^3/s (TR=100)	0,03
Coeficiente de rugosidade	0,013
Declividade de implantação, m/m	0,05
Diâmetro mínimo em m	0,221

Os Desenhos **ACB-FH-PC-DE-DRE-001_R0** e **ACB-FH-PC-DE-DRE-002_R0** são apresentados no **Anexo I**.

6. ESPECIFICAÇÕES E RECOMENDAÇÕES

A execução dos Serviços de regularização do solo e terraplenagem e drenagem do acesso se norteará pelas Especificações Gerais do DNIT e do DERBA. Relaciona-se a seguir as principais especificações aplicáveis.

SERVIÇOS	ESPECIFICAÇÃO
Terraplenagem	
Serviços preliminares	DNER-ES-278/97
Caminhos de serviços	DNER-ES-279/97
Execução de aterro	DNER-ES-282/97
Remoção de solos moles	DERBA-ES-T-05/01
Empréstimos	DNER-ES-281/97
Drenagem	
Bueiros celulares	DNER-ES-286/97

Para o perfeito funcionamento hidráulico do sistema, estamos propondo as seguintes recomendações:

- Manutenção rigorosa dos dispositivos de drenagem: Devem ser limpos periodicamente, para evitar sua obstrução por lixos e detritos, e outros objetos caídos e lançados pelos usuários das vias e de edificações vizinhas. Da qualidade dessa manutenção, dependerá o bom funcionamento de todo sistema projetado.
- As tampas e laje devem ter coberturas removíveis para facilitar a limpeza periódica da estrutura.

Devido a deficiência das informações topográficas nas plantas desatualizadas do sistema cartográfico no local da obra, e também pelo fato da intervenção ser dirigida para uma área já consolidada, torna-se indispensável à locação do projeto, ora apresentado, a partir do ponto inicial e final dos pontos de descargas. De posse desses elementos, pode ser executada, com os devidos ajustes, a proposta prevista de intervenção. Alguns ajustes de implantação dos dispositivos de drenagem podem ser necessários, na locação da obra, em função da cota das linhas de drenagem natural, e da posição da rede de galeria existente.

- Executar locação das obras a partir do ponto de descarga, objetivando garantir as declividades de projeto e a saída livre das águas.

- Executar concordância com estruturas existentes que vão ser aproveitadas e fazer o cálculo estrutural dos dispositivos de drenagem

7. ELEMENTOS E ESTRUTURAS CONSTITUINTES DE UM ATERRO SANITÁRIO

Os elementos que constituem um aterro sanitário são:

Aterramento - processo pelo qual os resíduos sólidos são colocados no aterro sanitário. Esse processo inclui o monitoramento dos resíduos que entram no aterro, a disposição e a compactação dos resíduos, e a instalação de sistemas de monitoramento ambiental e de sistemas de controle;

Célula - é o termo utilizado para descrever o volume de material colocado no aterro durante um determinado período de operação, geralmente um dia (**Figura 7.1**). Uma célula inclui os resíduos depositados e o material de cobertura diária que os encobre. Uma *camada* de resíduos do aterro é uma sequência de células numa mesma altura do aterro. Aterros típicos são constituídos de várias camadas sobrepostas;

Cobertura diária - consiste em uma camada de 15 a 30 cm de solo local ou outro material alternativo como composto ou entulhos da construção beneficiados que são colocados sobre as frentes de trabalho ao final de cada jornada de trabalho;

Patamares (ou terraços) - são utilizados quando a altura do aterro exceder 15 a 20 m. Os patamares são utilizados para manter a estabilidade dos taludes do aterro, para a colocação de drenagem de águas pluviais, para a colocação de redes de drenos de biogás, e para o trânsito de veículos e máquinas na manutenção futura dos taludes;

Camada de cobertura final - é colocada sobre o aterro quando todas as operações do aterro estão completadas. Esta camada normalmente consiste de várias camadas de solo e/ou geomembrana projetadas para melhorar a drenagem superficial, diminuir a infiltração de água da chuva no aterro, controlar e emissão de gases, e dar suporte a revegetação;

Encerramento do aterro - é o termo utilizado para descrever os passos que devem ser dados para encerrar em segurança um aterro que teve seu volume completado. Cuidados de pós-encerramento referem-se a atividades monitoramento e manutenção de longo prazo do aterro após o seu encerramento (usualmente 30 a 50 anos).

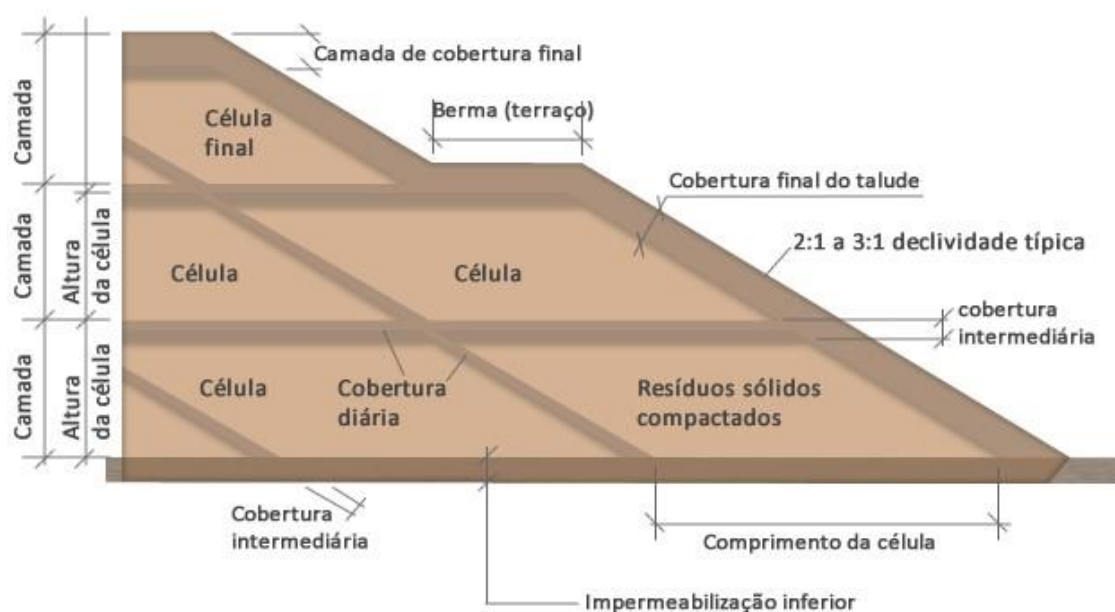


Figura 7.1: Principais elementos em um aterro sanitário.

8. CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS

A **Figura 8.1** mostra a localização do Aterro Canabrava com uma “Linha da Encosta”, onde foi traçado o perfil do topo do aterro até a base e feito o estudo de estabilidade da encosta. A **Figura 8.2** mostra a hipsometria do Aterro Canabrava com Transparência. A **Figura 8.3** mostra a localização dos pontos analisados das **Fotos 8.1 a 8.14**, que mostram a condição do topo do aterro e talude, em visita realizada em 20 de junho de 2024.

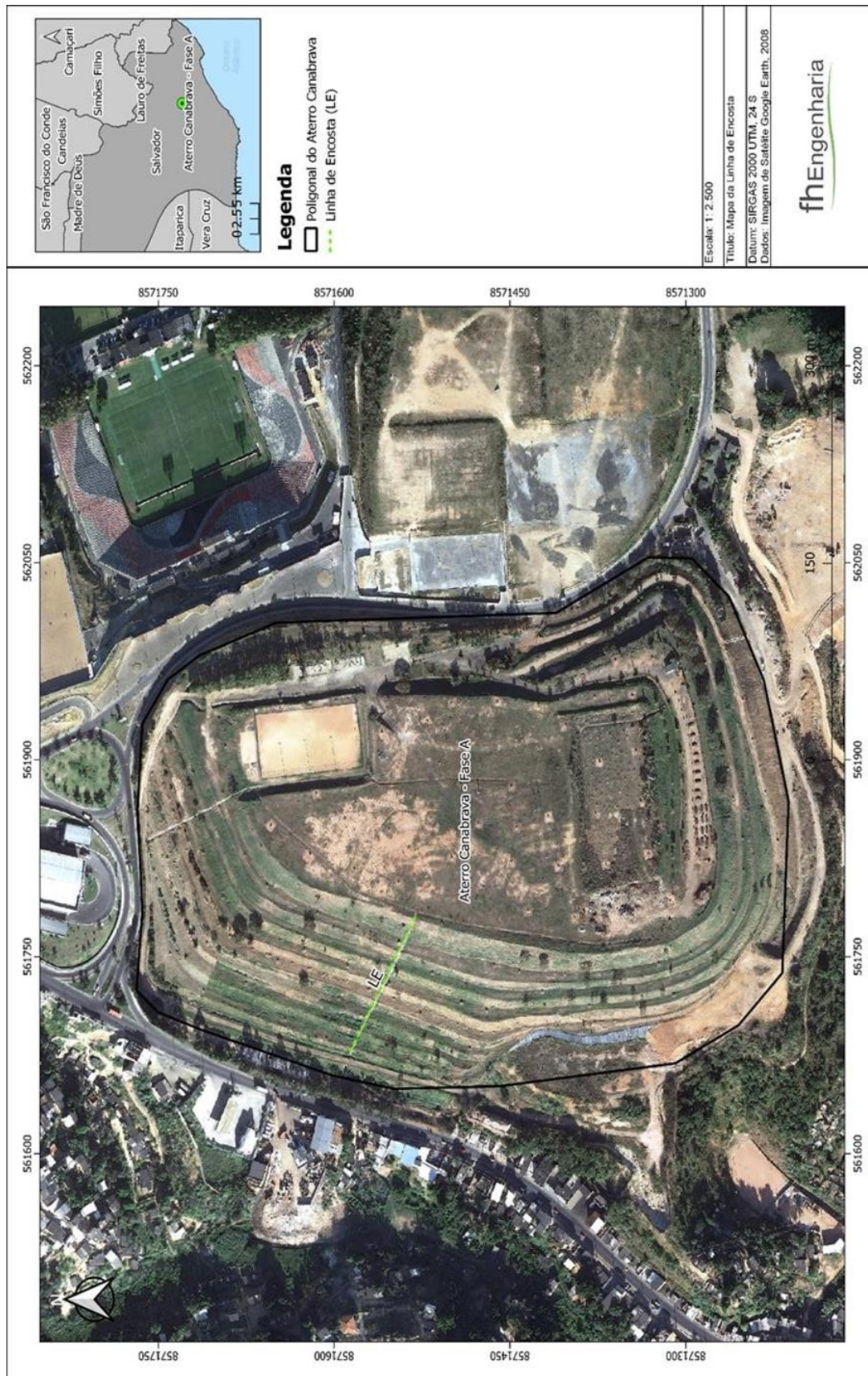


Figura 8.1: Mapa de Localização do Aterro Canabrava

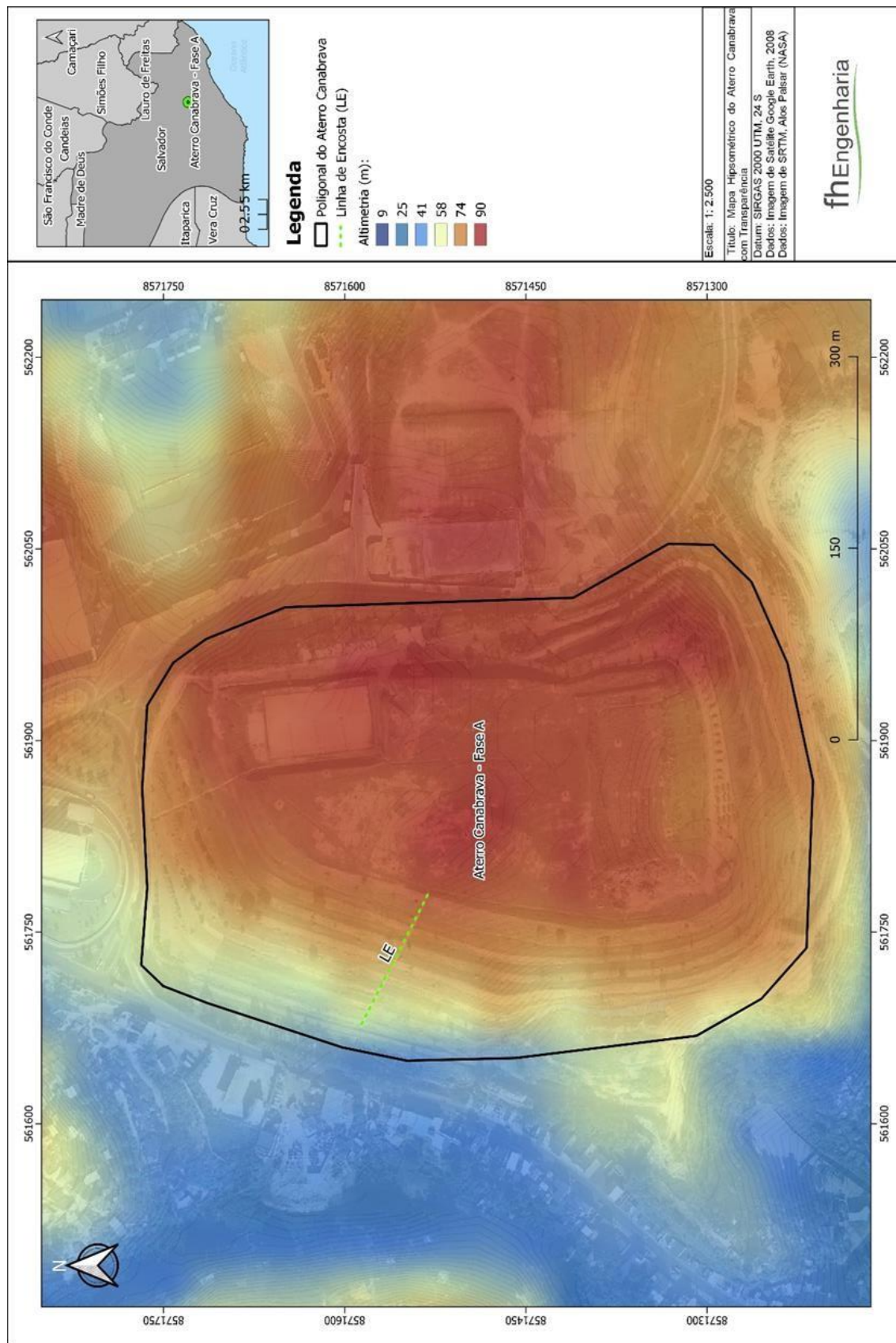


Figura 8.2: Hipsometria do Aterro Canabrava com Transparência

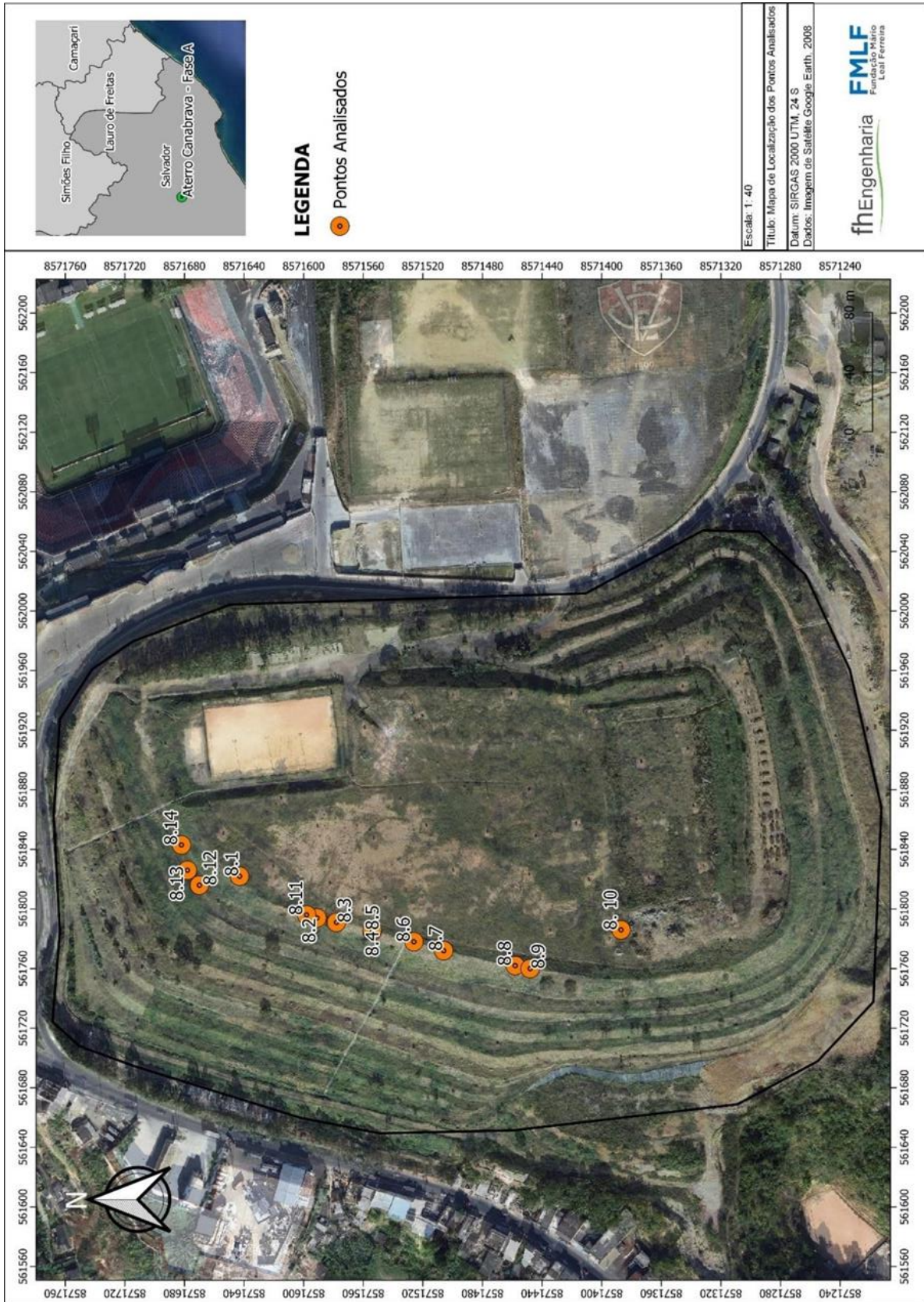


Figura 8.3: Pontos Analisados nos topos do talude



Foto 8.1 – Drenagem superficial



Foto 8.2 – Voçoroca provocada pela drenagem pluvial.



Foto 8.3 - Voçoroca



Foto 8.4 – Voçoroca provocada pela drenagem pluvial.



Foto 8.5 – Distância muro a topo de talude, vegetação de mamonas.



Foto 8.6 - Distância muro a topo de talude.



Foto 8.7 – Deslizamento de talude. Distância de muro ao topo de talude.



Foto 8.8 - Deslizamento de talude. Distância de muro ao topo de talude.



Foto 8.9 – Deslizamento do material de aterro do muro sobre o topo do talude.



Foto 8.10 – Muro lateral terreno a área não pavimentada do topo.



Foto 8.11 – Voçoroca provocada pela drenagem pluvial.



Foto 8.12 - Voçoroca provocada pela drenagem pluvial.



Foto 8.13 - Voçoroca provocada pela drenagem pluvial.



Foto 8.14 - Voçoroca provocada pela drenagem pluvial.

9. ESTABILIDADE DO MACIÇO E ENCOSTAS

Para a verificação dos fatores de seguranças, foram usados os dados levantados em campo e topografia fornecido pela construtora, após o traçado da Linha de Encosta desenvolve-se o perfil da seção transversal conforme **Figura 9.1**.

Para determinar o fator médio de segurança e verificar a estabilidade de solos, pilhas e aterros foi utilizado o software MACSTARS® 2000. O programa permite conduzir as verificações de estabilidade usando o Método do Equilíbrio Limite assim foi determinado, após o processamento de dados do maciço e encosta, o fator médio de segurança na região mais crítica do aterro de **$FS_m = 1,982$** , conforme **Figura 9.2**.

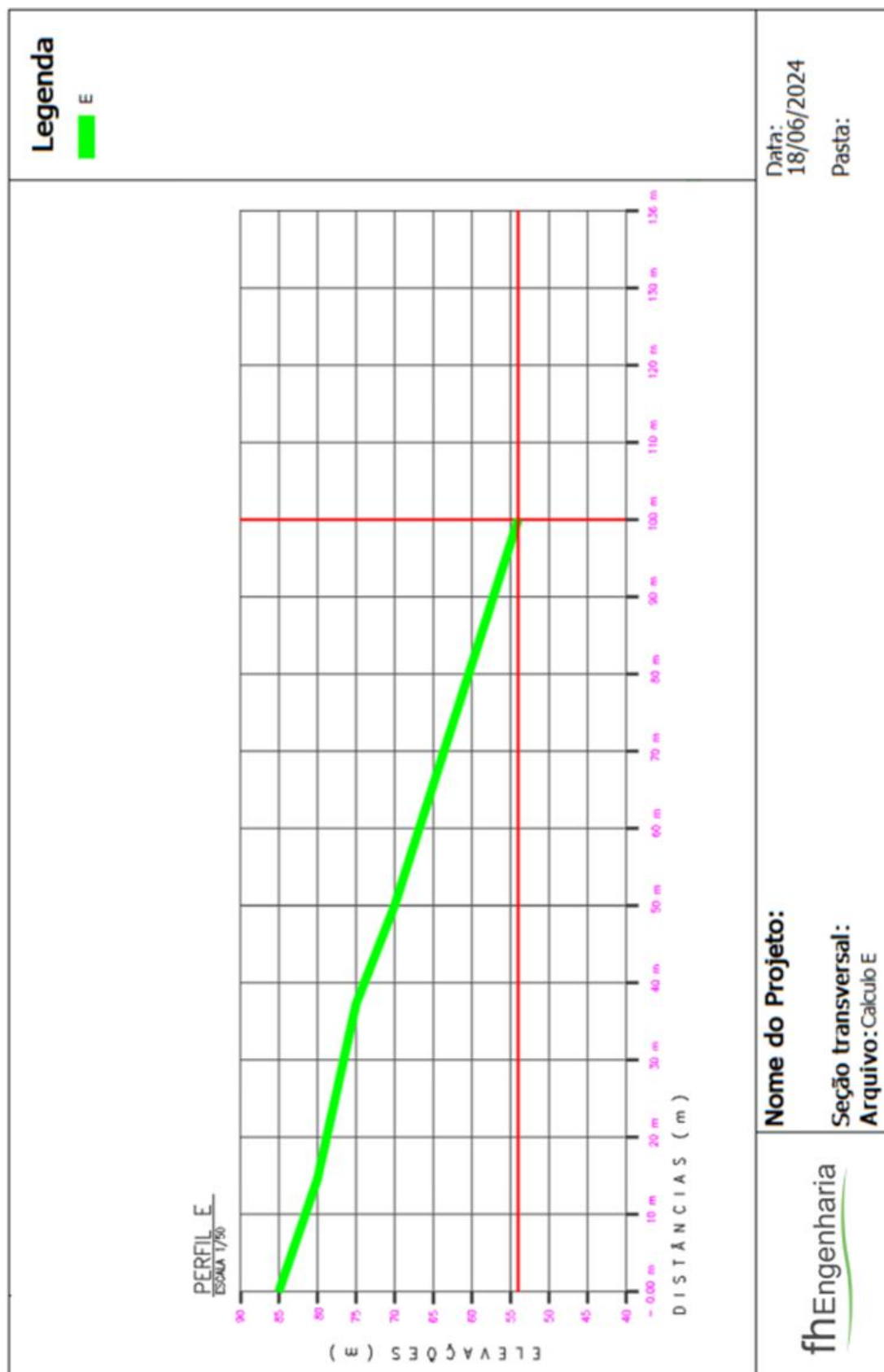


Figura 9.1: Sessão transversal da encosta do Aterro Canabrava.

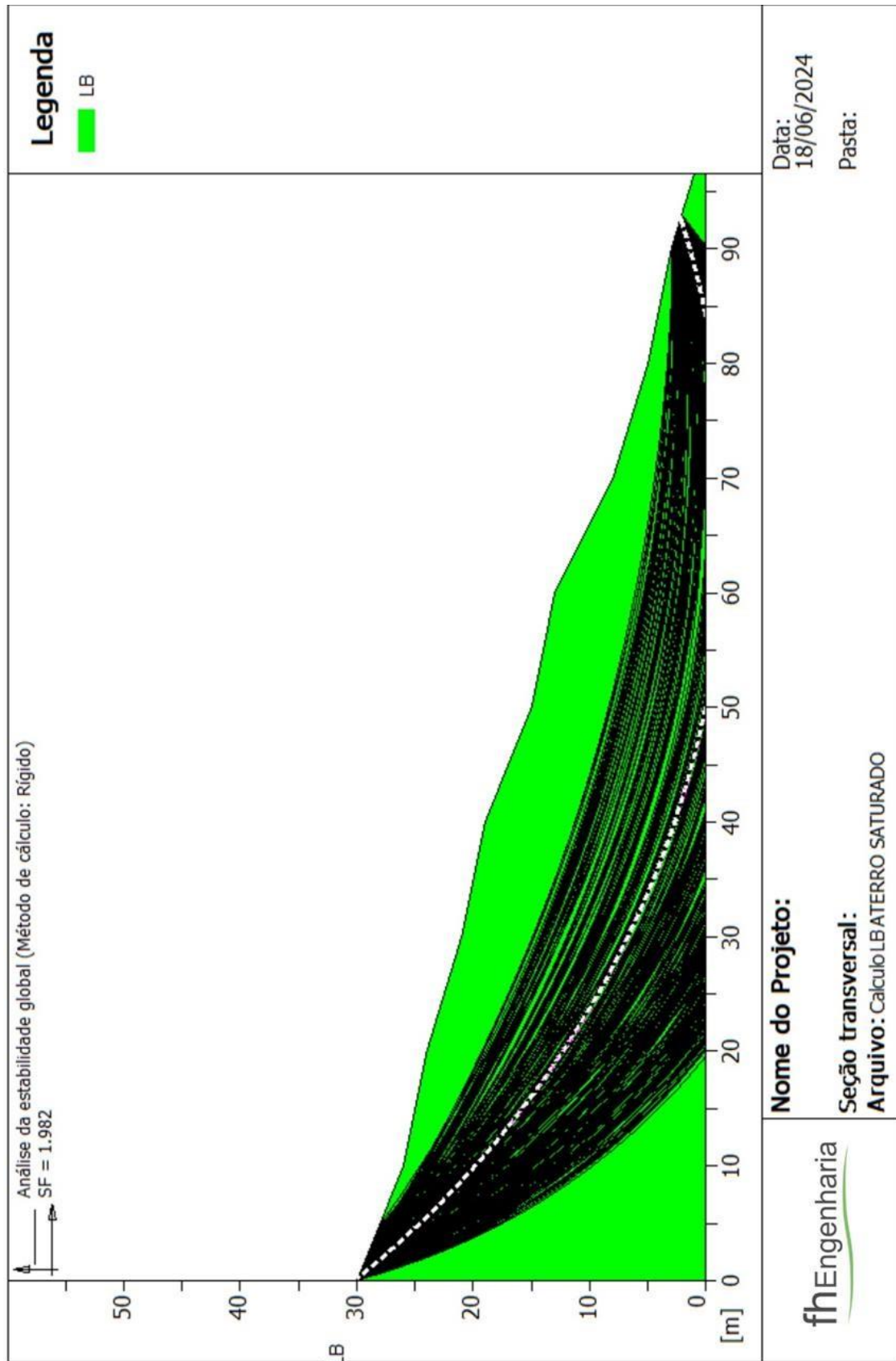


Figura 9.2: MACSTARS W – Copyright © Maccaferri 1998 – Release 4.0.

Neste trabalho foi utilizado como base a **Norma Técnica NBR 11.682/09** que trata sobre Estabilidade de Taludes em Solos. A mesma estabelece critérios e prevê níveis de segurança desejado contra perda de vidas humanas e contra danos materiais e ambientais devido a possíveis escorregamentos de maciços (ver **Quadros 9.1, 9.2 e 9.3**).

Quadro 9.1: Nível de segurança desejado contra perda de vidas humanas.

Nível de segurança	Critérios
Alto	Áreas com intensa movimentação, concentração e permanência de pessoas. Ferrovias e Rodovias de tráfego intenso.
Médio	Áreas e movimentação e permanência restritas de pessoas. Ferrovias e Rodovias de tráfego moderado.
Baixo	Áreas e movimentação e permanência eventual de pessoas. Ferrovias e Rodovias de tráfego reduzido.

Fonte: NBR 11.682/09.

Quadro 9.2: Nível de segurança desejado contra danos materiais e ambientais.

Nível de segurança	Critérios
Alto	Danos materiais: Locais próximos a propriedades de alto valor histórico, social ou patrimonial, obras de grande porte e áreas que afetem serviços essenciais. Danos Ambientais: Locais sujeitos a acidentes ambientais graves (faixa de dutos, barragens de rejeito, fábricas de produtos tóxicos etc).
Médio	Danos Materiais: Locais próximos a propriedades de valor moderado. Danos Ambientais: Locais sujeitos a acidentes ambientais moderados.
Baixo	Danos Materiais: Locais próximos a propriedades de valor reduzido. Danos Ambientais: Locais sujeitos a acidentes ambientais reduzidos.

Fonte: NBR 11.682/09.

Quadro 9.3: Fatores de segurança mínimo para escorregamentos.

Nível de segurança contra danos materiais e ambientais	Nível de segurança contra danos a vida humana		
	Alto	Médio	Baixo
Alto	1,5	1,5	1,4
Médio	1,5	1,4	1,3
Baixo	1,4	1,3	1,2

Fonte: ABNT NBR 11682 (2009).

Para $FS < 1,00$: Talude instável. Caso o talude venha ser executado, sendo corte ou aterro, com esse valor deverá sofrer ruptura;

Para $FS > 1,00$: Condição estável. Quanto mais próximo de 1,00 for o fator de segurança, mais precária e frágil será a condição de estabilidade do talude;

Para $Fs \gg 1,00$: Condição estável. Quanto maior for o fator de segurança, menores serão as possibilidades de o talude vir a sofrer ruptura.

Com base nessas tabelas apresentadas observa-se que o nível de segurança desejado contra perdas de vidas humanas pode ser considerado alto por ser um aterro sanitário onde o seu topo irá virar um estacionamento, haverá uma intensa movimentação, concentração e permanência de pessoas. Em relação à segurança desejada contra danos materiais e ambientais o nível de segurança pode ser considerado médio por ser um local próximo de propriedades de valor reduzido e sujeito a acidentes ambientais medianos (longe de cursos de águas e área de proteção ambiental e proteção permanente). Ao entrar com esses critérios no quadro 3 resulta um fator de segurança mínimo para escorregamento do maciço de 1,50, que será o valor limite que os resultados do cálculo para a situação em que se encontram os taludes atualmente no aterro sanitário que está sendo estudado. Porém após visita em campo foi observado diversas voçorocas provocadas por drenagens pluviais provisórias e por falta de drenagem planejada; deslizamento de terra por conta da má acomodação e coesão do material de cobrimento do aterro; falta de cobertura vegetal e tombamento de algumas árvores nos taludes.

De acordo com o gráfico, é necessário o monitoramento geotécnico, que consiste na verificação da conformação dos resíduos nos taludes e bermas do aterro, e tem como objetivo principal verificar a eventual ocorrência de deslocamentos verticais e horizontais superficiais medidos através dos marcos topográficos. O monitoramento geotécnico busca acompanhar o recalque do aterro durante a operação para evitar potenciais acidentes. A **Figura 9.3** apresenta esquema da lógica das movimentações em perfil em relação aos marcos medidores de recalques superficiais, obedecendo o trabalho proposto às normas ambientais vigentes com destaque para NBR 13133 – Execução de levantamento topográfico.

Os marcos superficiais são instalados na camada de cobertura final do aterro após a conclusão do mesmo, e têm o objetivo de medir os recalques e deformações horizontais. Os marcos podem ser confeccionados em formato piramidal, utilizando

concreto simples, e instalados firmemente na superfície do aterro. As leituras periódicas deverão ser feitas de maneira análoga às das placas de recalque. As placas de recalque são dispositivos que devem ser instalados na camada de resíduos, no talude, nas bermas e no topo do aterro, permitindo o monitoramento geotécnico, conforme **Foto 9.1**, é realizado com a medida da diferença de nível entre marcos do aterro por intermédio de leituras correspondentes a visadas horizontais, obtidas com um nível, em miras colocadas verticalmente nos referidos pontos. Para a coleta dos dados em campo é necessário a utilização de equipamentos específicos e devidamente calibrados. As informações obtidas serão tratadas seguindo normas de instituições regulamentadoras.

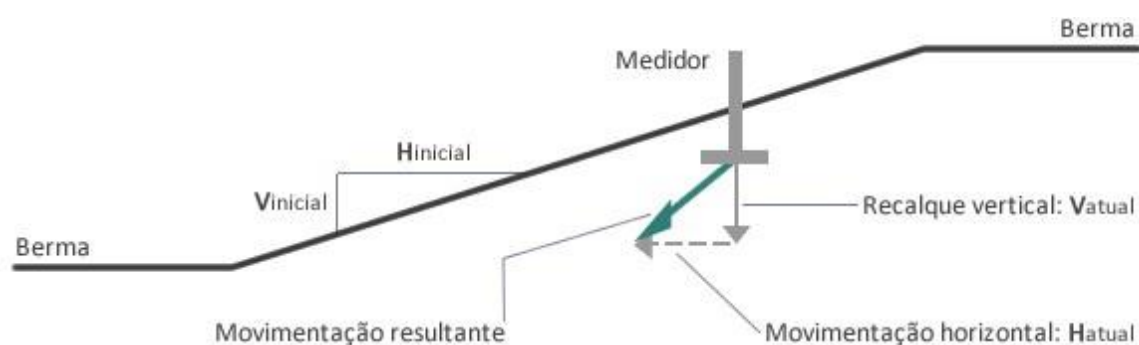


Figura 9.3 – Esquema das movimentações em perfil dos medidores de recalque superficiais.



Foto 9.1 – Medidor de recalque superficial instalado e identificado..

10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aluisio Pardo Canholi. Drenagem Urbana e Controle de Enchentes. 1ª .ed. São Paulo SP: Oficina de Textos 2005. p.302.

Carlos Rodrigues de Mello. Hidrologia de Superfície Principios e Aplicação. 2ª .ed. Lavra MG: Ed UFLA – Universidade Federal de Lavras 2020. p.531.

Paulo Sampaio Wilken. Engenharia de Drenagem Supeficial. 2ª .ed. CETESB SP 1978. p.478.

BITTENCOURT, Abílio C. S. P.; DOMINGUEZ, José M. L.; MEDEIROS, Karla O. P.; GUIMARÃES, Júnia K.; DUTRA, Flávia R. L. S. Severe coastal erosion hotspots in the city of Salvador, Bahia, Brazil. Shore & Beach, v.76, n.1, p.01-07, 2008.

CARVALHO, L. Hernani de. Curso de Barragens de Terra - Volume I - com vistas ao Nordeste brasileiro. Fortaleza: Ministério do interior departamento nacional de obras contra secas, 1983.

CARVALHO, L. Hernani de. Curso de Barragens de Terra - Volume II - com vistas ao Nordeste brasileiro. Fortaleza: Ministério do interior departamento nacional de obras contra secas, 1984.

DUTRA, Flávia R. L. S. Marés meteorológicas e episódios de erosão costeira severa no litoral de Salvador/BA. 2008. 166f. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Instituto de Geociências, Pós-graduação em Geologia, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2008.

CHRISTOFOLETTI, Antônio. Geomorfologia. 2. Ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.

FREITAS, B.B.S. Políticas Públicas, Erosão Costeira E Ocupação Urbana Na Linha De Costa Entre Rio Vermelho e Pituba, Salvador/Bahia. Universidade Federal Da Bahia, Instituto De Geociências, Programa De Pós-Graduação Em Geografia. Salvador, 2016, 133 pag.

TUCCI, Carlos E. M. Hidrologia ciência e aplicação. 3.ed. Porto Alegre: UFRGS / ABRH, 2022. p.818-819.

Marinha do Brasil, 2022. Centro de hidrografia da Marinha. Disponível em: <https://www.marinha.mil.br/chm/tabuas-de-mare>. Acesso em, 25 de Outubro de 2022.

USGS, 2022. Dados Topográficos EARTH EXPLORE, USGS. Disponível em: <https://earthexplorer.usgs.gov/> . Acesso em 28 de Outubro de 2022.

MOLLE, François; CADIER, Eric. Manual do pequeno açude. Construir, conservar e aproveitar pequenos açúdes no Nordesre brasileiro. Recife, SUDENE-DPG-PRN-DPP-APR, 1992, p. 211-212.

MUEHE, Dieter. Geomorfologia costeira. In: CUNHA, Sandra B. da; GUERRA, Antonio J. T. (Org.). Geomorfologia: exercícios, técnicas e aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996, p.191-238.

NETTO, Azevedo; FERNANDEZ, Miguel Fernandez; ARAUJO, Roberto de; ITO, Acácio Eiji. Manual de hidráulica. São Paulo: Edgard Blucher, 1998.

SILVA, Cleverson G.; PATCHINEELAM, Soraya M.; BAPTISTA NETO, José A.; PONZI, Vera R. A. Ambientes de sedimentação costeira e processos morfodinâmicos atuantes na linha de costa. In: BAPTISTA NETO, José A.; PONZI, Vera R. A.; SICHEL, Susanna E. (Org.). Introdução à Geologia Marinha. Rio de Janeiro: Interciência, 2004, p.175-218.

TESSLER, M. G.; GOYA, S. C. Processos Costeiros Condicionantes do Litoral Brasileiro. Revista do Departamento de Geografia, 17, 11-23 p., 2005.

WILKEN, Paulo Sampaio. Engenharia de drenagem superficial. São Paulo, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, 1978. p.132.

VILLWOCK, Jorge A.; LESSA, Guilherme C.; SUGUIO, Kenitiro; ANGULO, Rodolfo J.; DILLENGURG, Sérgio R. Geologia e Geomorfologia de regiões costeiras. In: SOUZA, Celia R. de G.; SUGUIO, K.; OLIVEIRA, Antonio M. dos S.; OLIVEIRA, Paulo E. de (Ed.). Quaternário do Brasil. Ribeirão Preto: Holos, 2005, p.94-113.

ANEXO I