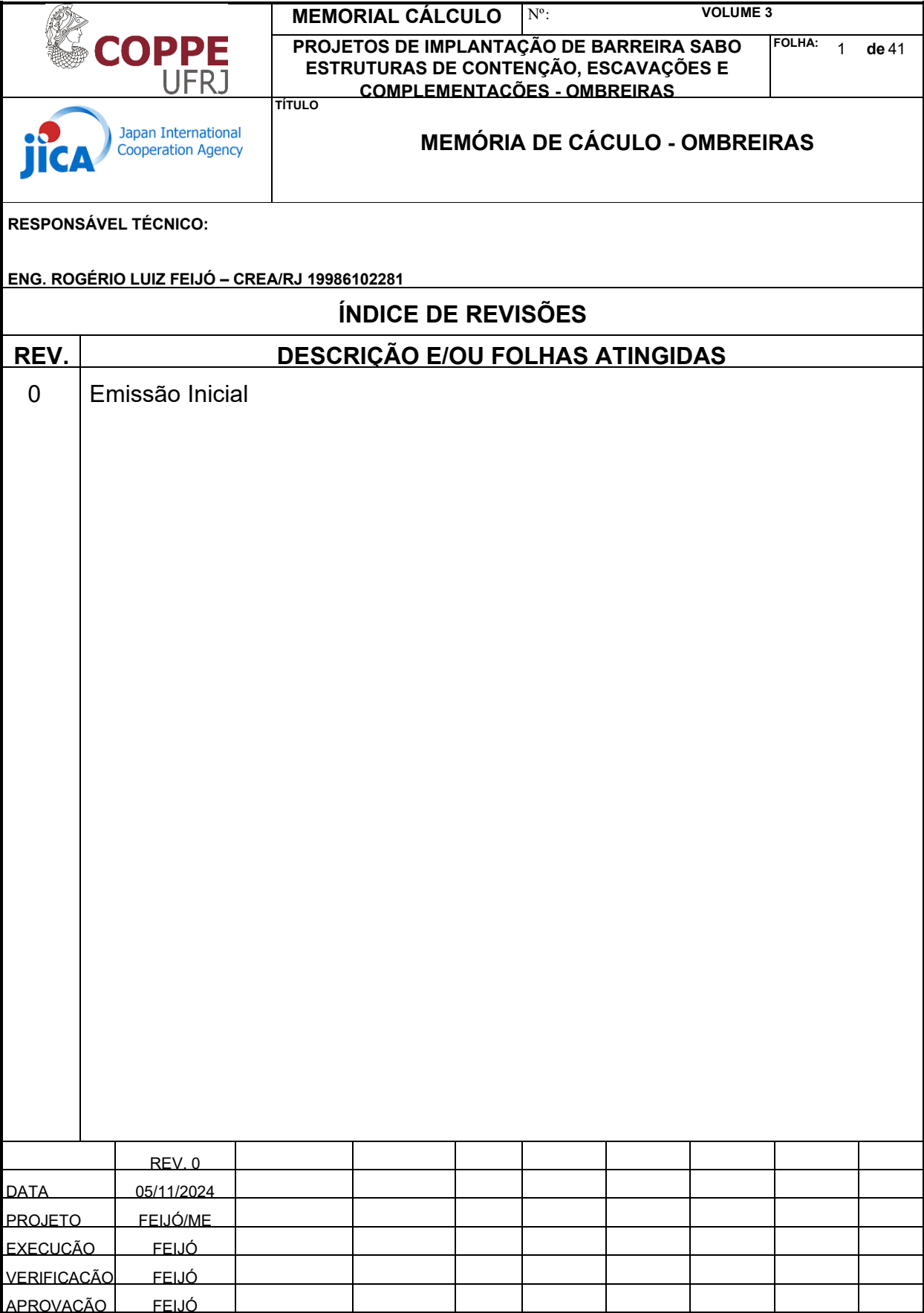




SUMÁRIO

1	APRESENTAÇÃO	3
2	MAPA DE SITUAÇÃO	4
3	MEMÓRIA DESCRITIVA	5
4	ELEMENTOS NORTEADORES	6
4.1	ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS	6
4.2	DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA.....	8
5	ESTUDOS NECESSÁRIOS	10
5.1	LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO	10
5.2	SONDAGENS	10
5.3	CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA GEOTÉCNICA DA ÁREA	10
5.4	ESTUDO HIDROLÓGICO	18
6	DEFINIÇÃO DE PROJETO.....	20
7	METODOLOGIA PARA ANÁLISE DE ESTABILIDADE DO TALUDE	28
7.1	FATORES DE SEGURANÇA.....	28
7.2	MÉTODO DO EQUILÍBRIO LIMITE	29
8	PARÂMETROS GEOTÉCNICOS ADOTADOS	30
9	RESULTADOS DA ANÁLISE DE ESTABILIDADE.....	31
10	DIMENSIONAMENTOS GEOTÉCNICOS	34
10.1	DIMENSIONAMENTO DA SEÇÃO DE AÇO DOS GRAMPOS	34
10.2	DIMENSIONAMENTO DA SEÇÃO DE AÇO DOS TIRANTES.....	35
10.3	COMPRIMENTO DO BULBO DE ANCORAGEM.....	36
10.3.1	ADERÊNCIA CALDA-AÇO	36
10.3.2	COMPRIMENTO ANCORADO NO SOLO	37
11	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	38
12	TERMO DE ENCERRAMENTO	40
	ANEXO – SONDAGENS	41

1 APRESENTAÇÃO

O presente documento apresenta o **VOLUME 1 – MEMÓRIA JUSTIFICATIVA E DE CÁLCULO**, referente ao **PROJETO EXECUTIVO DE ENGENHARIA** contemplando estabilização dos taludes para implantação da barreira SABO em Nova Friburgo. O projeto foi desenvolvido através do contrato de prestação de serviço XXXXXXXX/XXXX.

O desenvolvimento do projeto aqui apresentado foi baseado nas respectivas normas da ABNT, especificações do Edital e na adoção de soluções compatíveis com a boa prática da engenharia.

O projeto executivo é composto pelos seguintes documentos:

VOLUME 1 – MEMORIAL DESCRITIVO DE CONSTRUÇÃO/JUSTIFICATIVAS DE PROJETO: apresenta os elementos que nortearam os projetos da barreira sabo e especificações construtivas em formato A4;

VOLUME 2 - MEMÓRIA DE CÁLCULO – BARREIRA SABO - Tecton

VOLUME 3 – MEMÓRIA DE CÁLCULO - OMBREIRAS: apresenta o relatório de memória de cálculo elaborado para os projetos de contenção das ombreiras e drenagens em formato A4;

VOLUME 4 – MEMÓRIAS CÁLCULOS – ESTRUTURAS DE CONTENÇÃO, ESCAVAÇÕES E ESTABILIZAÇÕES: apresenta o relatório de memórias de cálculos elaboradas para os projetos de contenção, escavações e estabilizações de taludes e drenagens em formato A4;

VOLUME 5 – MEMÓRIAS CÁLCULOS/JUSTIFICATIVAS – Geometria das vias de acesso e manutenção, pavimentação e drenagem;

VOLUME 6 – HIDROLOGIA: apresenta os estudos hidrológicos;

VOLUME 7 – DESENHOS: apresenta os desenhos de projetos em formato A1;

VOLUME 8 – TOPOGRAFIA;

VOLUME 9 – PROSPECÇÕES.

2 MAPA DE SITUAÇÃO

A intervenções indicadas neste projeto estão localizadas no Município de Nova Friburgo – RJ, na zona UTM 23K com coordenadas explicitadas na Tabela 1. O principal acesso se faz pela Rodovia RJ-492. A Figura 1 e a Figura 2 apresentam a localização das intervenções.

Tabela 1- Coordenadas dos pontos de intervenção.

LOCAL	COORDENADAS UTM	
	LATITUDE (N)	LONGITUDE (E)
Barreira Sabo	7.536.400,00 m	753.550,00 m



Figura 1 – Localização Macroscópica da região.

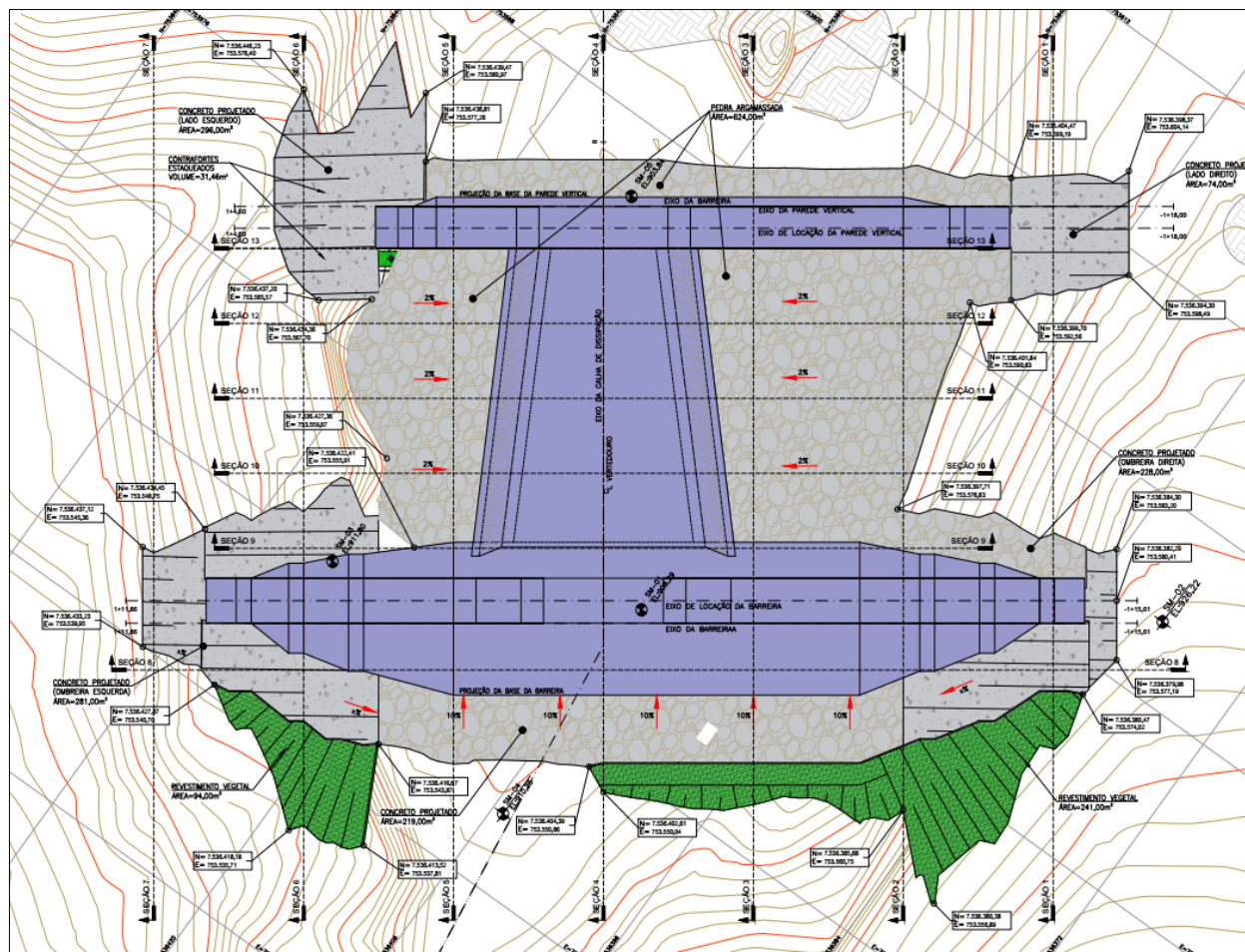


Figura 2 – Localização dos pontos de intervenção.

3 MEMÓRIA DESCRITIVA

As obras de estabilização e prevenção envolvem a adequação do meio físico local através da remoção do material terroso em condições precárias de estabilidade e obras de contenção genericamente descritas a seguir:

- Barreira SABO;
- Solo grampeado com concreto projetado;
- Revestimento vegetal com biomanta;
- Solo cimento;
- Contrafortes ancorados;
- Gabião; e
- Drenagem superficial.

Com base na topografia do terreno e nas informações fornecidas pelas sondagens foram realizados os estudos de estabilidade do talude.

Foram feitas análises de estabilidade por equilíbrio limite, para verificação do fator de segurança (FS) das estruturas de contenção. O FS encontrado foi comparado ao requisitado na norma de estabilidade de taludes da ABNT (NBR 11682).

4 ELEMENTOS NORTEADORES

O relatório foi elaborado em consonância com a legislação vigente, em especial a Lei 5.194 de 24/12/66, as resoluções 205, 218 e 345 do CONFEA – Conselho Federal de Engenharia e Agronomia – e as normas técnicas da ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas, sendo utilizados os seguintes meios e documentos:

4.1 ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS

Para a elaboração do presente relatório técnico, foram utilizadas as seguintes normas:

- DNER-ME 037/97 - Agregado graúdo para concreto de cimento;
- DNER-ME 038/97 - Agregado miúdo para concreto de cimento;
- DNER-ME 035/98 - Desgaste de agregado por abrasão e demais instruções;
- DNER-ME 046/98 - Concreto - moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos ou prismáticos;
- DNER-ME 051/94 - Solos - Análise granulométrica;
- DNER-ME 091/98 - Concreto - ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos;
- DNER-ME 402/00 - Concreto - amostragem de Concreto fresco;
- DNER-ME 404/00 - Concreto - determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone;
- DNIT 016/2006 - ES- Drenagem - Dreno subsuperficial;
- DNIT 088/2006 - ES - Dispositivos de segurança lateral: guarda-rodas, guarda-corpos e barreiras;
- DNIT 092/2006 - ES - Juntas de dilatação;
- DNIT 104/2009 - ES - Terraplenagem-Serviços preliminares - Especificação de Serviço;
- DNIT 105/2009 - ES - Terraplenagem - Caminhos de serviço;
- DNIT 106/2009 - ES - Terraplenagem - Cortes - Serviços preliminares - Especificação de Serviço;

- DNIT 107/2009 - ES - Empréstimos - Cortes - Serviços preliminares - Especificação de Serviço;
- DNIT 164/2013-ME - Solos - Compactação utilizando amostras não trabalhadas;
- DNIT IPR 736, 2018 – Álbum de Projetos - Tipo de dispositivos de drenagem;
- DNIT OI 07/2006 - ES - Drenagem - Dreno sub-horizontal;
- ABNT NBR 11682 - Estabilidade de encostas;
- ABNT NBR 12655 - Concreto de cimento Portland - Preparo, controle, recebimento e aceitação – Procedimento;
- ABNT NBR 13044 - Concreto projetado - Reconstituição da mistura recém-projetada - Método de ensaio;
- ABNT NBR 13069- Concreto projetado - Determinação dos tempos de pega em pasta de cimento Portland com ou sem aditivo acelerador de pega - Método de ensaio;
- ABNT NBR 13070 - Moldagem de placas para ensaio de argamassa e concreto projetado;
- ABNT NBR 13597 - Procedimento para qualificação de mangoteiro por via seca;
- ABNT NBR 16697 - Cimento Portland - Requisitos;
- ABNT NBR 16796 - Solo — Método padrão para avaliação de energia em SPT;
- ABNT NBR 16797 - Medida de torque em ensaios SPT durante a execução de sondagens de simples reconhecimento à percussão — Procedimento;
- ABNT NBR 16889 - Concreto - determinação do abatimento pelo tronco de cone;
- ABNT NBR 16903 - Solo — Prova de carga estática em fundação profunda;
- ABNT NBR 16916 - Agregado miúdo - Determinação da densidade e da absorção de água;
- ABNT NBR 16917 - Agregado graúdo - Determinação da densidade e da absorção de água;
- ABNT NBR 16920-2 - Muros e taludes em solos reforçados – solos grampeados;
- ABNT NBR 16920-1 - Muros e taludes em solos reforçados – solos reforçados em aterros;
- ABNT NBR 5629 - Execução de Tirantes Ancorados no Terreno.;
- ABNT NBR 5739 - Concreto - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos;

- ABNT NBR 5741 -Cimento Portland - Coleta e preparação de amostras para ensaios;
- ABNT NBR 6118 - Projeto de estruturas de concreto.;
- ABNT NBR 6122 - Projeto e execução de fundações.;
- ABNT NBR 6484 - Solo — Sondagem de simples reconhecimento com SPT — Método de ensaio;
- ABNT NBR 6502 - Solos e rochas - Terminologia;
- ABNT NBR 7191 - Execução de desenhos para obras de concreto simples ou armado;
- ABNT NBR 7211 - Agregados para concreto;
- ABNT NBR 7481 - Tela de aço soldada nervurada para armadura de concreto - Requisitos;
- ABNT NBR 7681-1 - Calda de cimento para injeção - Parte 1: Requisitos;
- ABNT NBR 7681-2 - Calda de cimento para injeção - Parte 2: Determinação do índice de fluidez e da vida útil — Método de ensaio;
- ABNT NBR 7681-3 - Calda de cimento para injeção - Parte 3: Determinação dos índices de exsudação e expansão — Método de ensaio;
- ABNT NBR 7681-4 - Calda de cimento para injeção - Parte 4: Determinação da resistência à compressão — Método de ensaio;
- ABNT NBR 8036 - Programação de sondagens de simples reconhecimento dos solos para fundações de edifícios - Procedimento;
- ABNT NBR 8044 - Projeto geotécnico - Procedimento;

4.2 DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

Para a elaboração do presente Relatório Técnico, foram utilizados os seguintes documentos de referência:

- 020-PE-GEO-CNT-PL-001 - Projeto Executivo Geotécnico - Estruturas De Contenção - Planta De Situação;
- 020-PE-GEO-CNT-PL-002 - Projeto Executivo Geotécnico - Est. 6+15,00 A 8+3,00 - Muro Atirantado - Planta De Situação;
- 020-PE-GEO-CNT-PL-003 - Projeto Executivo Geotécnico - Est. 17+2,00 A 19+7,45 - Cortina Atirantada - Planta De Situação;

- 020-PE-GEO-CNT-SE-004 - Projeto Executivo Geotécnico - Est. 6+15,00 A 8+5,00 - Seções Transversais 01/02;
- 020-PE-GEO-CNT-SE-005 - Projeto Executivo Geotécnico - Est. 6+15,00 A 8+5,00 - Seções Transversais 02/02;
- 020-PE-GEO-CNT-SE-006 - Projeto Executivo Geotécnico - Est. 17+0,00 A 19+7,45 - Seções Transversais 01/04;
- 020-PE-GEO-CNT-SE-007 - Projeto Executivo Geotécnico - Est. 17+0,00 A 19+7,45 - Seções Transversais 02/04;
- 020-PE-GEO-CNT-SE-008 - Projeto Executivo Geotécnico - Est. 17+0,00 A 19+7,45 - Seções Transversais 03/04;
- 020-PE-GEO-CNT-SE-009 - Projeto Executivo Geotécnico - Est. 17+0,00 A 19+7,45 - Seções Transversais 04/04;
- 020-PE-GEO-CNT-ST-010 - Projeto Executivo Geotécnico - Est. 0+,00 A 19+7,45 - Solo Grampeado Verde - Seções Típicas do Tratamento;
- 020-PE-GEO-CNT-DE-011 - Projeto Executivo Geotécnico - Est. 6+15,00 A 8+3,00 - Muro Atirantado - Planta, Forma e Locação;
- 020-PE-GEO-CNT-DE-012 - Projeto Executivo Geotécnico - Est. 6+15,00 A 8+3,00 - Muro Atirantado - Seções Típicas e Detalhes Executivos;
- 020-PE-GEO-CNT-DE-013 - Projeto Executivo Geotécnico - Est. 17+2,00 A 19+7,45 - Cortina Atirantada - Vista, Elevações e Forma;
- 020-PE-GEO-CNT-DE-014 - Projeto Executivo Geotécnico - Est. 17+2,00 A 19+7,45 - Cortina Atirantada - Seção Típica e Detalhes Construtivos;
- 020-PE-GEO-CNT-DE-015 - Projeto Executivo Geotécnico - Solo Grampeado Verde - Est. 0+,00 A 19+7,45 - Seção Típica e Detalhes Construtivos;
- 020-PE-GEO-CNT-DE-016 - Projeto Executivo Geotécnico - Solo Grampeado com Concreto Projetado - Seção Típica E Detalhes Construtivos;
- 020-PE-GEO-CNT-AR-017 - Projeto Executivo Geotécnico - Est. 6+15,00 A 8+3,00 - Muro Atirantado - Armaduras;
- 020-PE-GEO-CNT-AR-018 - Projeto Executivo Geotécnico - Est. 6+15,00 A 8+3,00 - Muro Atirantado - Armaduras;
- 020-PE-GEO-CNT-AR-019 - Projeto Executivo Geotécnico - Est. 17+2,00 A 19+7,45 - Cortina Atirantada - Armaduras do Painel 01;

- 020-PE-GEO-CNT-AR-020 - Projeto Executivo Geotécnico - Est. 17+2,00 A 19+7,45
- Cortina Atirantada - Armaduras do Painei 02;
- 020-PE-GEO-CNT-AR-021 - Projeto Executivo Geotécnico - Est. 17+2,00 A 19+7,45
- Cortina Atirantada - Armaduras do Painei 03;
- 020-PE-GEO-CNT-AR-022 - Projeto Executivo Geotécnico - Est. 17+2,00 A 19+7,45
- Cortina Atirantada - Armaduras do Painei 04;
- 020-PE-GEO-CNT-AR-023 - Projeto Executivo Geotécnico - Est. 17+2,00 A 19+7,45
- Cortina Atirantada - Armaduras do Painei 05;
- 020-PE-GEO-CNT-AR-024 - Projeto Executivo Geotécnico - Cortina Atirantada -
Armaduras do Painei 06;
- 020-PE-GEO-CNT-AR-025 - Projeto Executivo Geotécnico - Cortina Atirantada -
Armaduras das Estacas;

5 ESTUDOS NECESSÁRIOS

Com base no levantamento topográfico foram elaboradas as seções, análises de estabilidade e o projeto de contenção. Os dados da topografia e sondagens também foram utilizados para desenhar os perfis geotécnicos, com intuito de entender o comportamento do terreno e as distribuições das camadas de solo nas proximidades do trecho afetado.

5.1 LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO

Foi realizado para estudo, levantamento topográfico contendo curvas de níveis de metro em metro, sendo apresentadas coordenadas UTM.

5.2 SONDAgens

Foram realizadas sondagens a percussão e mistas, com ensaios SPT a cada metro, para que fosse possível a caracterização geotécnica dos taludes. As locações de sondagens podem ser consultadas abaixo, enquanto as sondagens podem ser acessadas no Anexo.

5.3 CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA GEOTÉCNICA DA ÁREA

De acordo com o Mapa Geológico do estado do Rio de Janeiro, disponibilizado pelo CPRM (Serviço Geológico do Brasil), a região de estudo está inserida na região de Granitóides pós tectônicos, conforme Figura 3, possui como particularidade (Hornblenda)-biotita granitóides do tipo-I, de granulação fina a média, textura equigranular a porfirítica localmente com foliação defluxo magmático preservada. Ocorrem como corpos tabulares, diques, *stocks* e pequenos batólitos

12

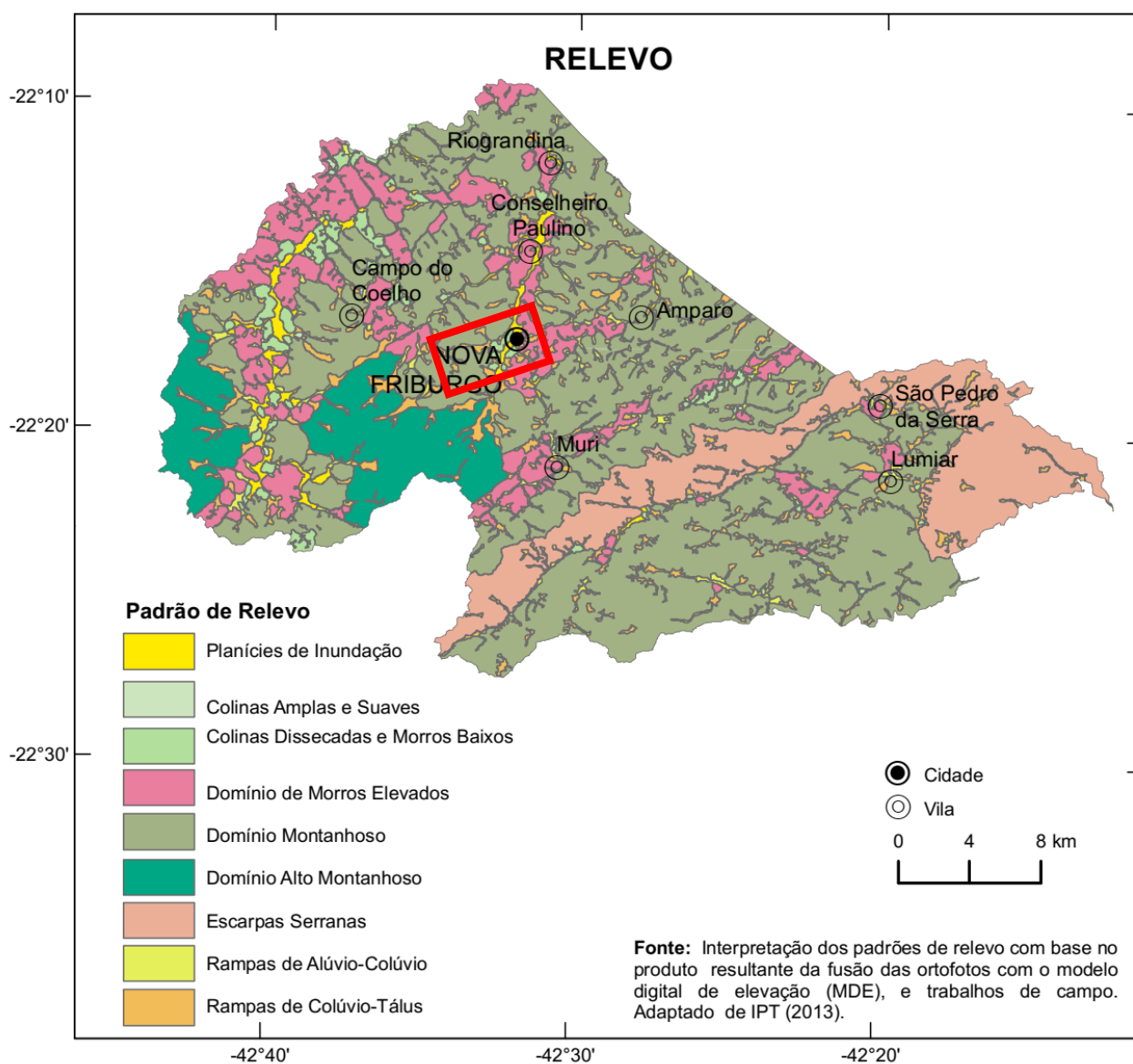


Figura 5 – Relevo – Engenheiro Nova Friburgo.

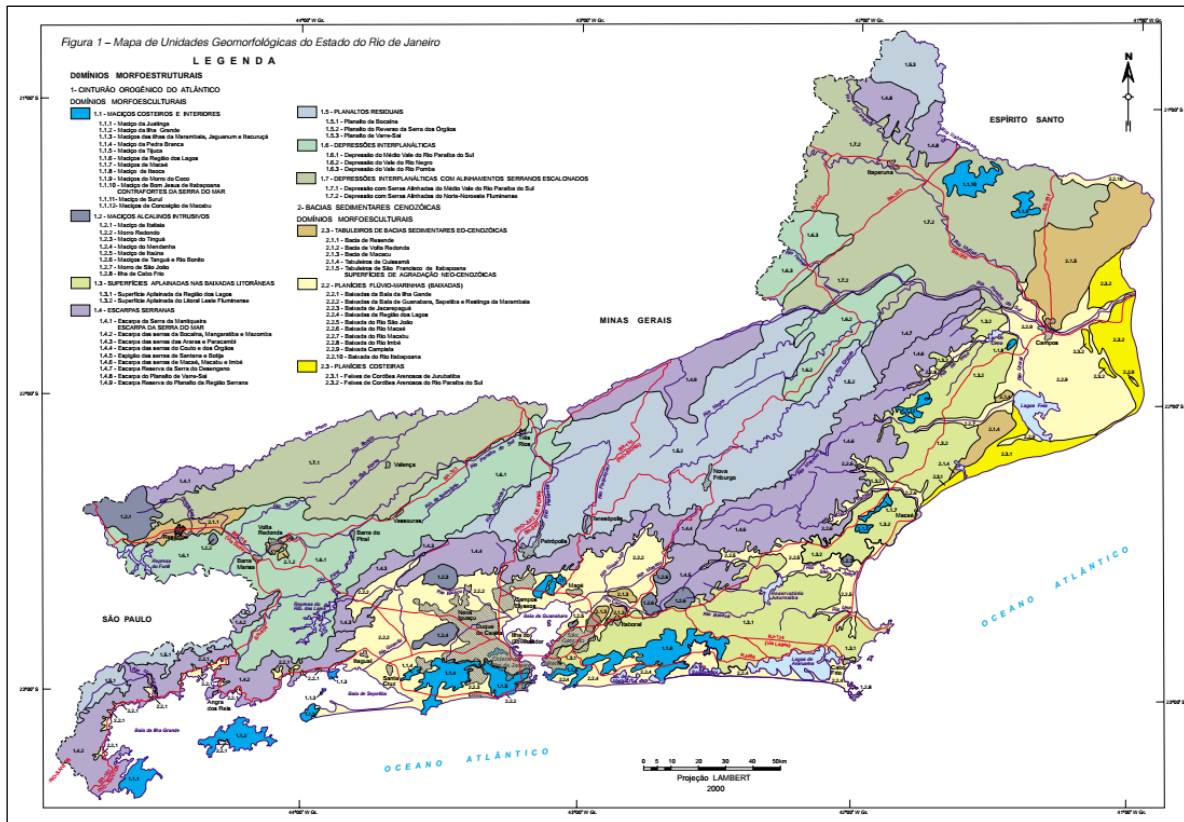


Figura 6 – Mapa de unidades Geomorfológicas do Estado do Rio de Janeiro. (CPRM – Serviço Geológico do Brasil).

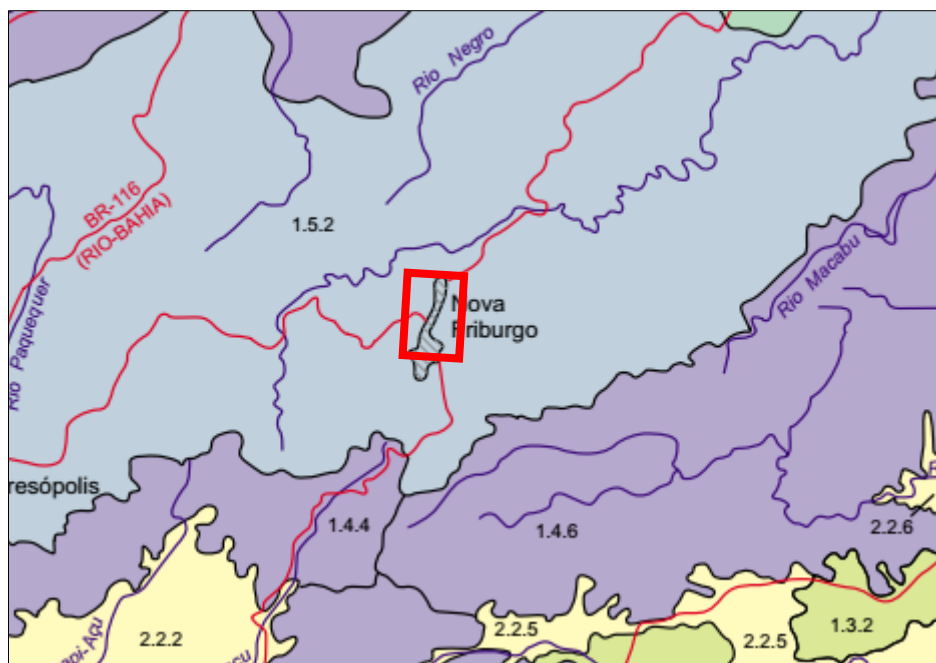


Figura 7 – Unidade Geomorfológica 1.5.2 – Planalto do Reverso da Serra dos Órgãos.

Figura 9 - Carta de susceptibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação do Município de Nova Friburgo – RJ de 2015. (CPRM – Serviço Geológico do Brasil).

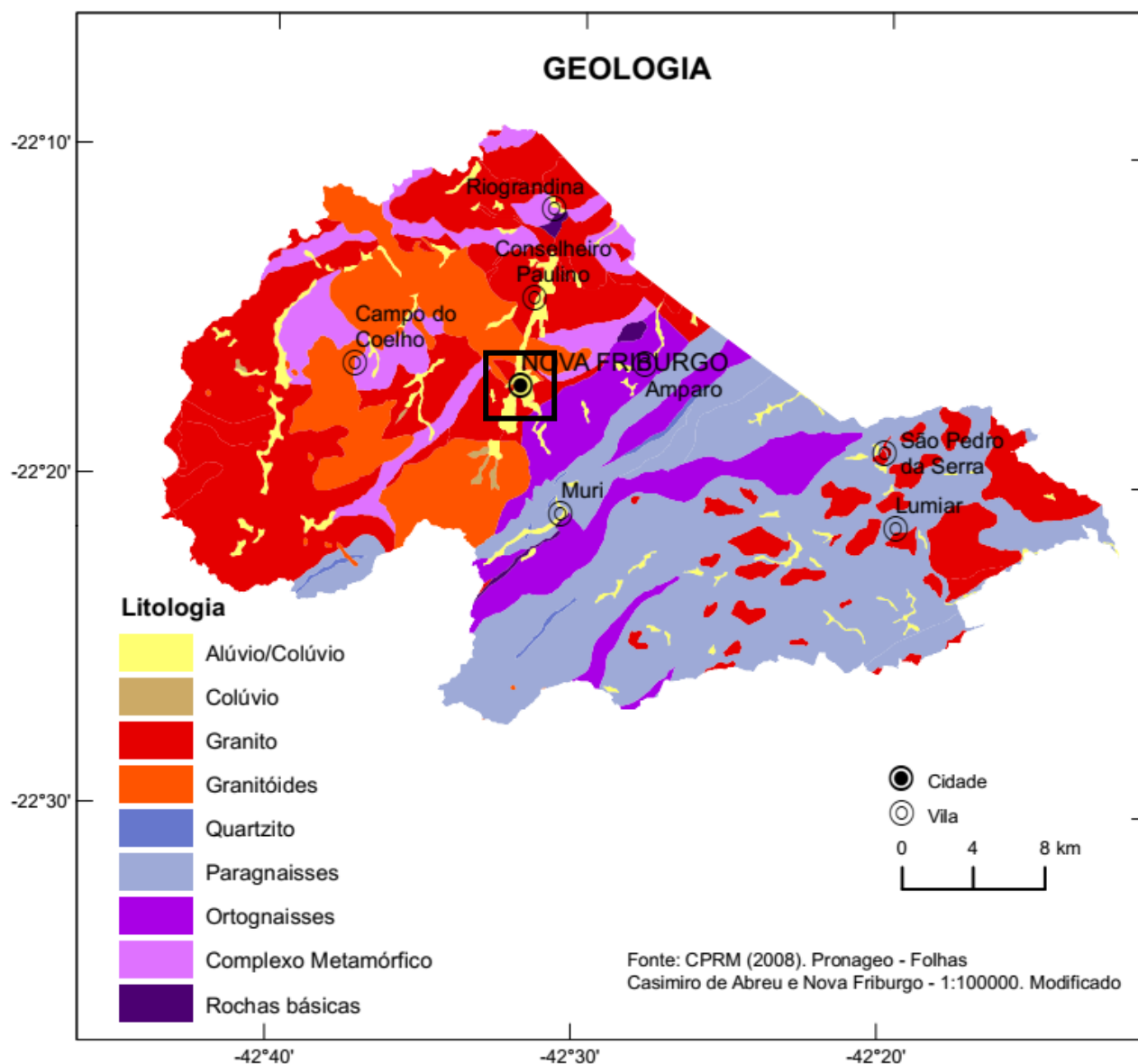


Figura 10 – Geologia – Município de Nova Friburgo – RJ de 2015. (CPRM – Serviço Geológico do Brasil).

QUADRO-LEGENDA A - SUSCETIBILIDADE A MOVIMENTOS GRAVITACIONAIS DE MASSA			Área		Área urbanizada/edificada	
Classe	Fotos ilustrativas	Características predominantes	km ²	% (*)	km ²	% (**)
Alta		•Relevo: alinhamentos serranos, montanhoso, alto montanhoso e morros elevados; •Forma das encostas: predomínio de vertentes retilíneas a côncavas com depósitos de talus de grandes dimensões nos sopés das mais íngremes e de maiores amplitudes; •Amplitudes: 100 metros a mais de 1500 metros; •Declividades: > 25°; •Litologia: rochas cristalinas (gnaisse para e ortoderivados e granitoides diversos); •Densidade de lineamentos/estruturas: alta; •Solos: neossolos litólicos, cambissolos; •Processos: deslizamento planares rasos, corrida de massa, enxurrada, queda e/ou rolamento de blocos de rocha.	650,39	69,54	7,74	23,58
Média		•Relevo: Predomínio de colinas dissecadas e morros baixos; rampas de colúvio nas baixas vertentes e sopés e em alvéolos das áreas serranas; •Forma das encostas: convexas a retilíneas e côncavas, com anfiteatros de cabeceira de drenagem; •Amplitudes: 30 a 100 m; •Declividades: 5 e 20°; •Litologia: granitoides e gnaisse orto e paraderivados; •Densidade de lineamentos/estruturas: moderada a alta; •Solos: moderadamente desenvolvidos, tais como Latossolos Vermelho-Amarelos; •Processos: deslizamentos planares rasos e profundos.	235,52	25,18	22,12	67,40
Baixa		•Relevo: Terrenos suavemente ondulados, de colinas arredondadas e/ou alongadas; rampas de alúvio-colúvio suaves nos sopés das vertentes; topos de morros; •Forma das encostas: convexas suavizadas e topos amplos; •Amplitudes: < 50 m; •Declividades: < 10°; •Litologia: granitoides e gnaisse orto e paraderivados altamente alterados; •Densidade de lineamentos/estruturas: baixa a média; •Solos: espessos muito desenvolvidos (Latossolos Vermelho-Amarelos); •Processos: rastejos, e erosões, deslizamentos de pequeno porte.	67,40	5,28	2,96	9,02

(*) Porcentagem em relação à área do município. (**) Porcentagem em relação à área urbanizada/edificada do município.

Figura 11 - Quadro Legenda da carta susceptibilidade a movimentos gravitacionais de massa. (CPRM – Serviço Geológico do Brasil).

QUADRO-LEGENDA B - SUSCETIBILIDADE A INUNDAÇÕES			Área		Área urbanizada/edificada	
Classe	Fotos ilustrativas	Características predominantes	km ²	% (*)	km ²	% (**)
Alta		•Relevo: Terrenos praticamente planos, com amplitudes e declividades muito pequenas a inexpressivas, localizados junto às calhas dos rios principais (Rio Grande e Rio Bengalas), formando amplas planícies de inundação; •Solos: hidromórficos muito mal drenados (Gleissolos e Organossolos), argilosos a areno-argilosos. Também ocorrem Neossolos Flúvicos; •Altura de inundação: Terrenos alagados durante o período chuvoso, com lençol freático sub-aflorante; •Processos: cheias de baixa energia, de longa e curta duração nos períodos mais chuvosos pela ausência de relevo, o que as coloca quase no mesmo nível dos rios.	13,97	1,50	3,38	10,3
Média		•Relevo: Terrenos sub-horizontais com baixas declividades (< 5°), que correspondem a rampas de alúvio-colúvio e às planícies de inundação de alto curso dos rios; •Solos: neossolos flúvicos; •Altura de inundação: Em geral são menos sujeitos aos processos de cheias por estarem em níveis topográficos mais elevados e com alguma declividade. Embora sofram processos de inundação, a pequena declividade favorece o escoamento e reduz o tempo de retenção da água; •Processos: inundação de curta duração.	6,0	0,64	1,63	4,97
Baixa		•Relevo: terraços fluviais altos e/ou flancos de encostas, com amplitudes e declividades baixas (< 5°); •Solos: Formado por material argiloarenoso de contribuição das vertentes; •Altura de inundação: Em geral são bem menos sujeitos aos processos de cheias por estarem em níveis mais elevados do que as planícies de inundação atuais; •Processos: raros eventos de inundação de curta duração.	1,27	0,14	0,15	0,46

(*) Porcentagem em relação à área do município. (**) Porcentagem em relação à área urbanizada/edificada do município.

Figura 12 - Quadro Legenda da carta susceptibilidade a inundações. (CPRM – Serviço Geológico do Brasil).

5.4 ESTUDO HIDROLÓGICO

Os estudos preliminares foram elaborados com a finalidade de fornecer elementos necessários à avaliação da suficiência de vazão dos dispositivos de drenagem.

Para a intensidade de chuva, foi utilizado o software Pluvio2.1, disponibilizado pela Universidade Federal de Viçosa. Neste consta a equação IDF da área aproximada onde será feita a intervenção. A equação foi desenvolvida na revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental, com o título: Estimativa e espacialização dos parâmetros da equação de intensidade-duração frequência da precipitação para os Estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo.

Para a equação foram utilizados a interpolação do inverso da potência da distância (IPD), com expoente dois e seis postos como limite de abrangência (Silva *et. al.*, 1999). No mesmo trabalho, foi considerado, para a espacialização, um período de retorno de 15 anos com duração de precipitações de 30, 360, 720 e 1440 min, respectivamente.

$$i = \frac{aT^b}{(t + c)^d}$$

Sendo:

i = intensidade da chuva (mm/h);

T = tempo de retorno (anos);

t = duração da precipitação (minutos);

a, b, c, d = parâmetros da equação.

No caso da área de estudo, os parâmetros da equação Intensidade-duração-frequência (IDF) são:

Tabela 2 – Parâmetros da equação.

MIMOSO DO SUL	
a	2629,477
b	0,236
c	24,664
d	0,975

*Para durações de 5 minutos a 2 horas.

Com os parâmetros da equação, é possível plotar as curvas IDF para os diferentes tempos de retorno, sendo essa expressa na Figura 13.

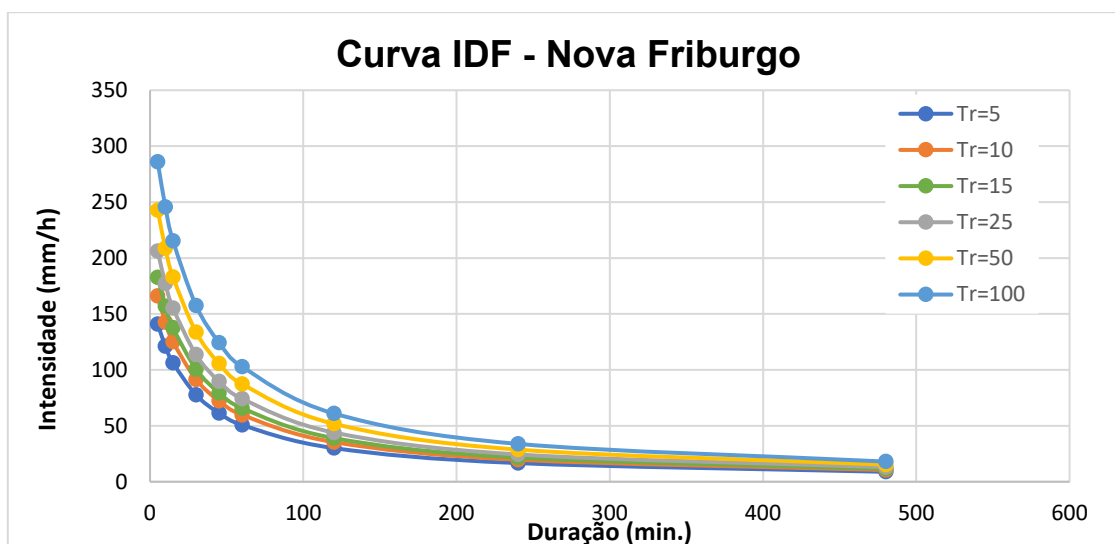


Figura 13 – Curva IDF.

Tabela 3 – Intensidade pluviométrica Nova Friburgo – RJ.

INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA (mm/h)										
T (anos)	t (duração da precipitação)									
	0,08 h	0,17 h	0,25 h	0,5 h	0,75 h	1 h	2 h	4 h	8 h	24 h
	5 min.	10 min.	15 min.	30 min.	45 min.	60 min.	120 min.	240 min.	480 min.	1440 min.
5	141,1	121,2	106,3	77,7	61,4	50,7	30,1	16,7	8,9	3,1
10	166,1	142,7	125,2	91,5	72,3	59,8	35,4	19,7	10,5	3,7
15	182,8	157,1	137,7	100,7	79,5	65,8	39,0	21,6	11,5	4,1
25	206,2	177,2	155,4	113,6	89,7	74,2	44,0	24,4	13,0	4,6
50	242,9	208,7	183,0	133,8	105,7	87,4	51,8	28,8	15,3	5,4
100	286,1	245,7	215,5	157,6	124,4	102,9	61,0	33,9	18,0	6,4

Complementando o resultado com estudos apresentados na Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), mais de 70% da precipitação total cai nos meses da primavera e do verão nos municípios listados na Figura 14. A distribuição das chuvas sofre uma influência marcante do relevo e da exposição das serras, que favorecem o controle orográfico do regime de chuvas.

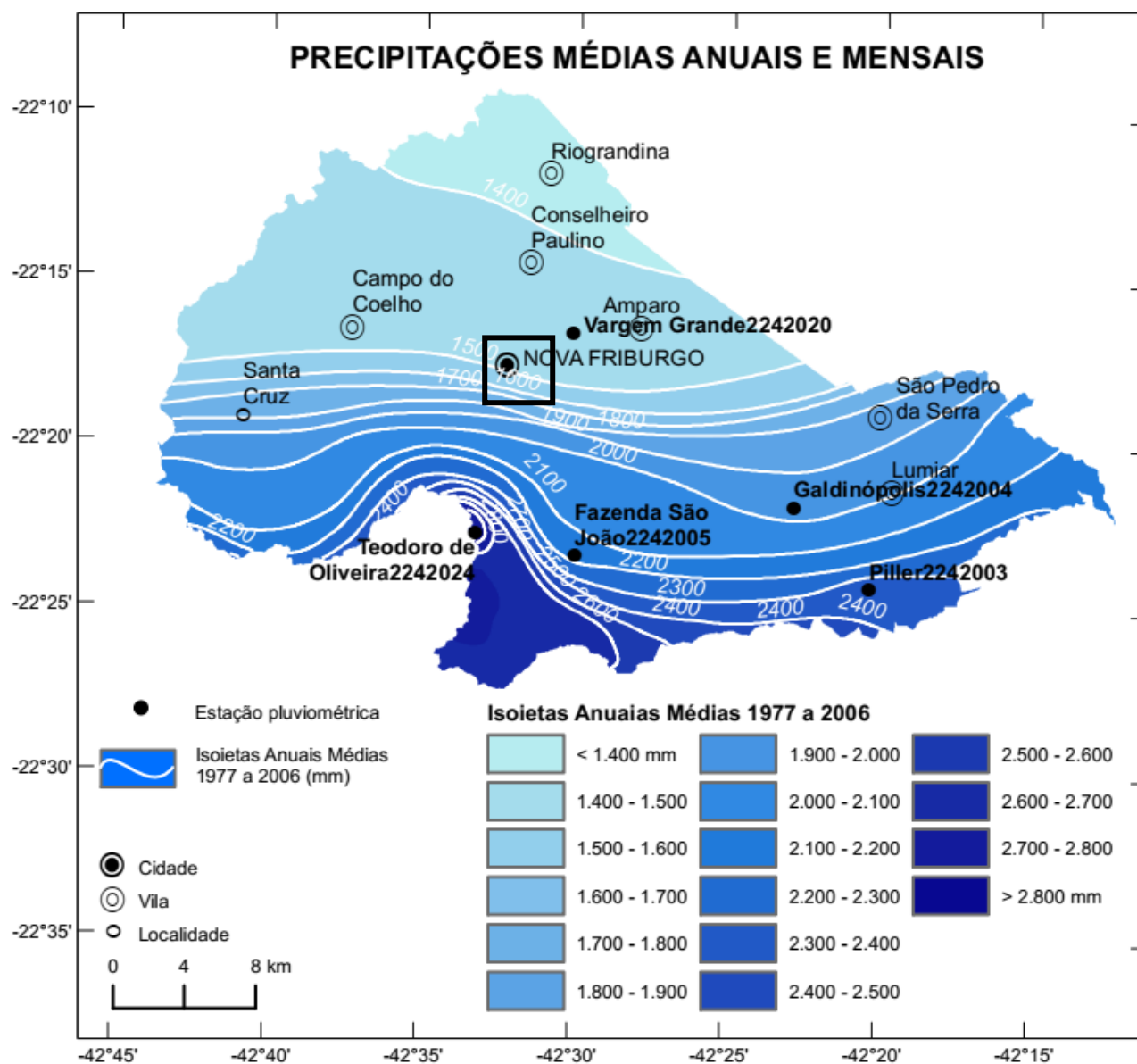


Figura 14 - Precipitações médias anuais e mensais - carta susceptibilidade a inundações para o município de Nova Friburgo-RJ. (CPRM – Serviço Geológico do Brasil).

6 DEFINIÇÃO DE PROJETO

As obras de estabilização envolvem a adequação do meio físico local através da remoção do material terroso em condições precárias de estabilidade e obras de contenção para se alcançar a estabilidade.

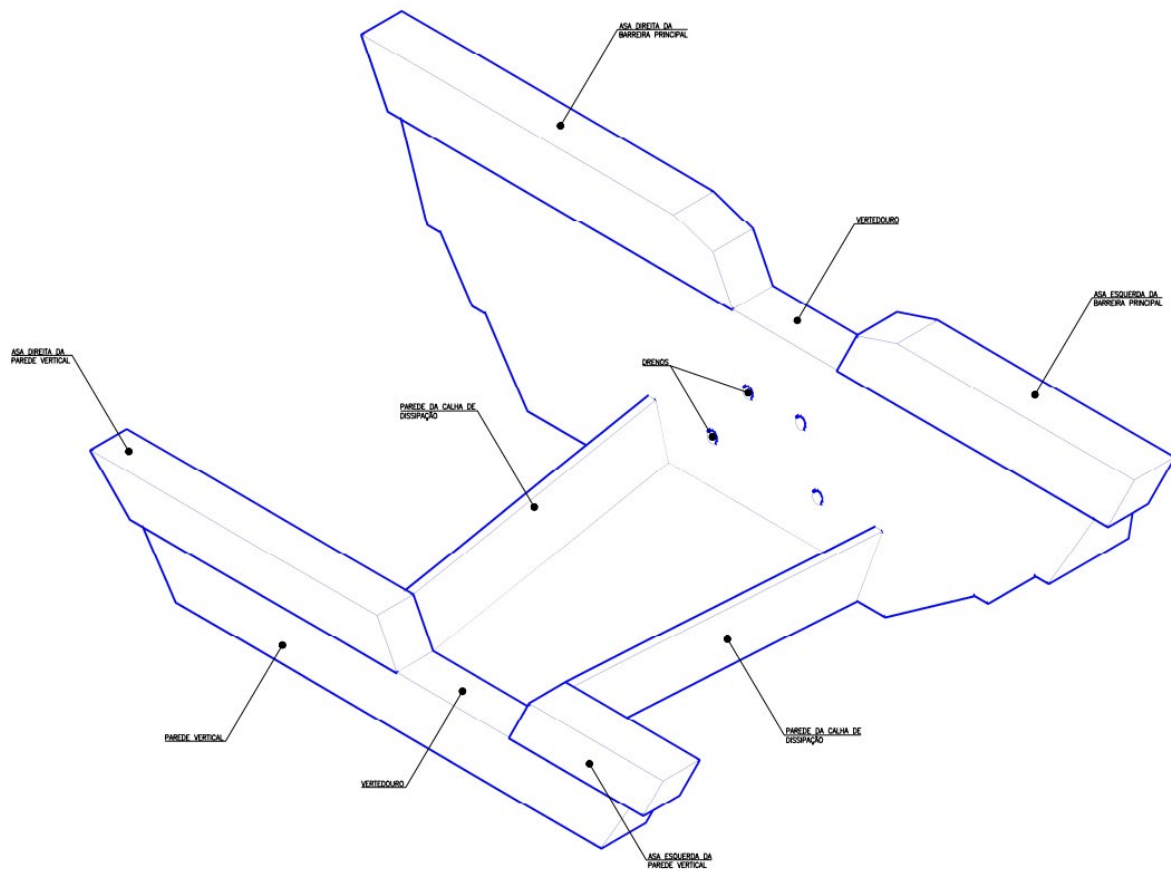


Figura 16 – Isométrico da barreira SABO.

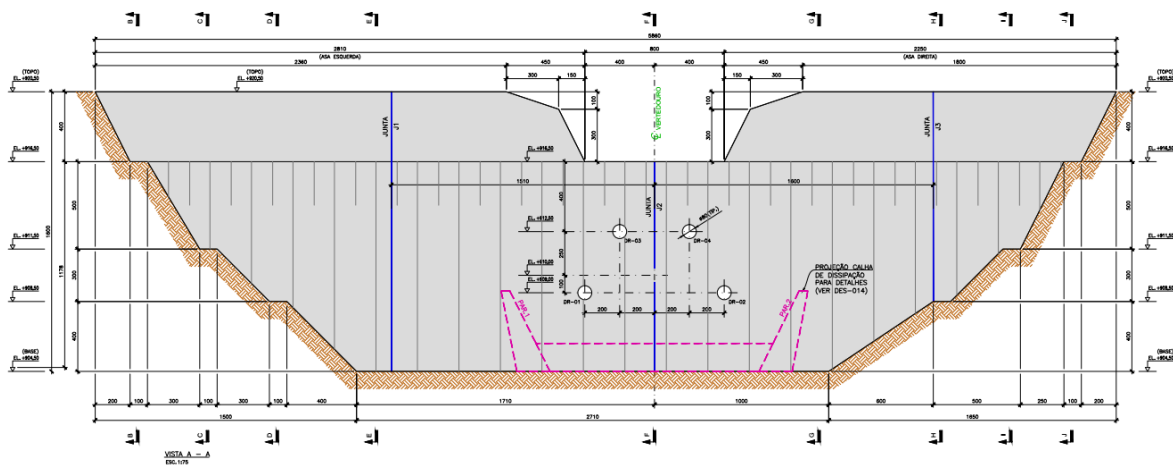


Figura 17 – Vista frontal da barreira SABO.

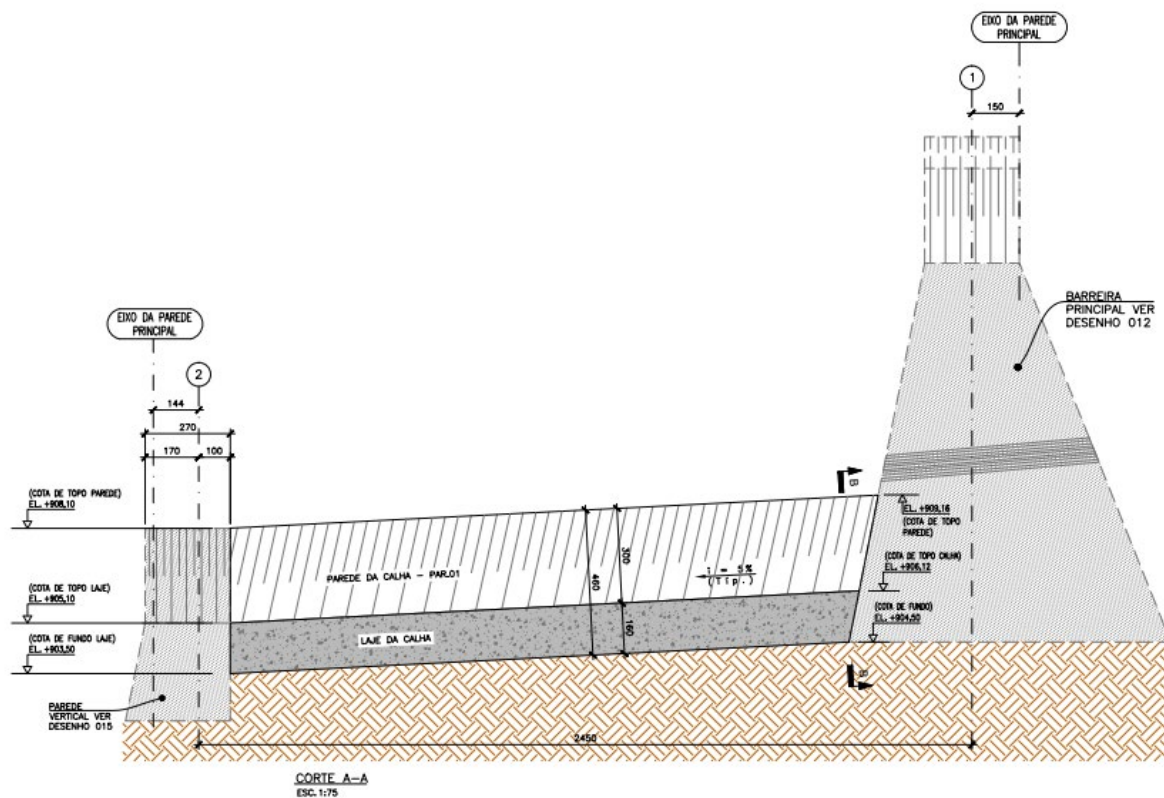


Figura 18 – Seção da calha de dissipação.

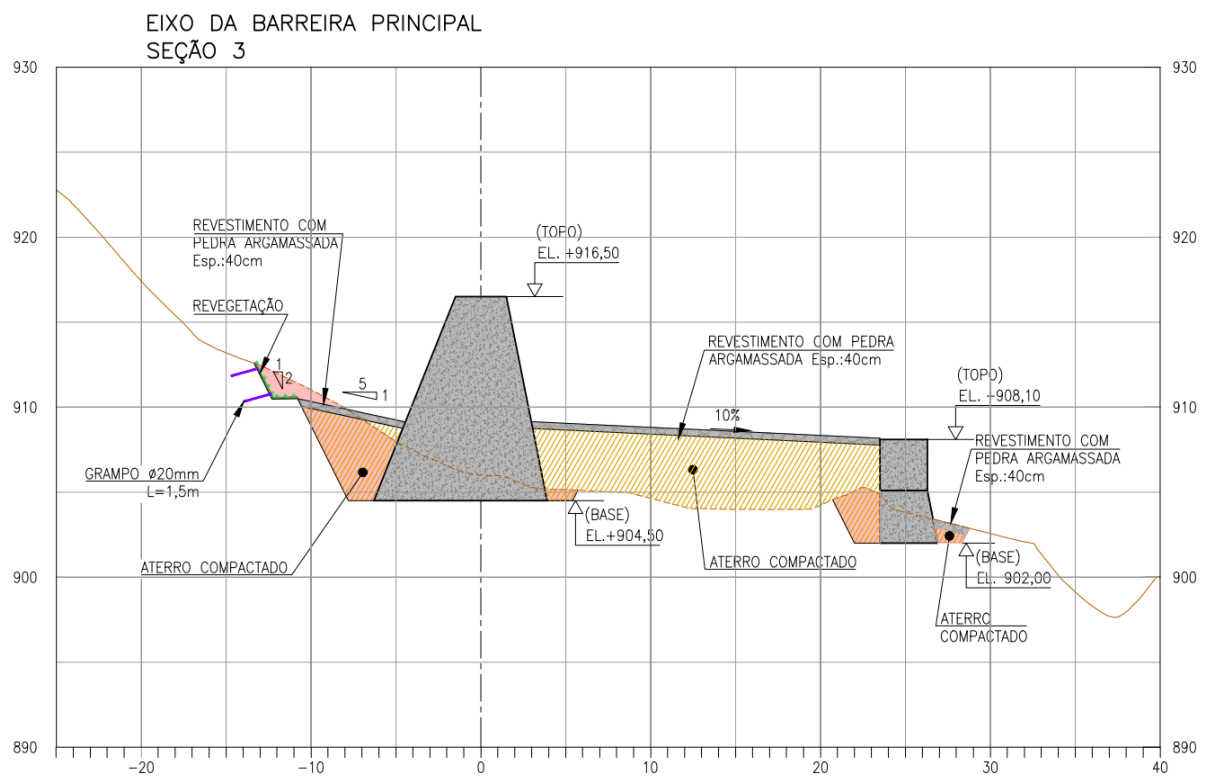


Figura 19 – Seção da barreira SABO.

DETALHES CONSTRUTIVOS DO "RIP-RAP" COM SOLO-CIMENTO

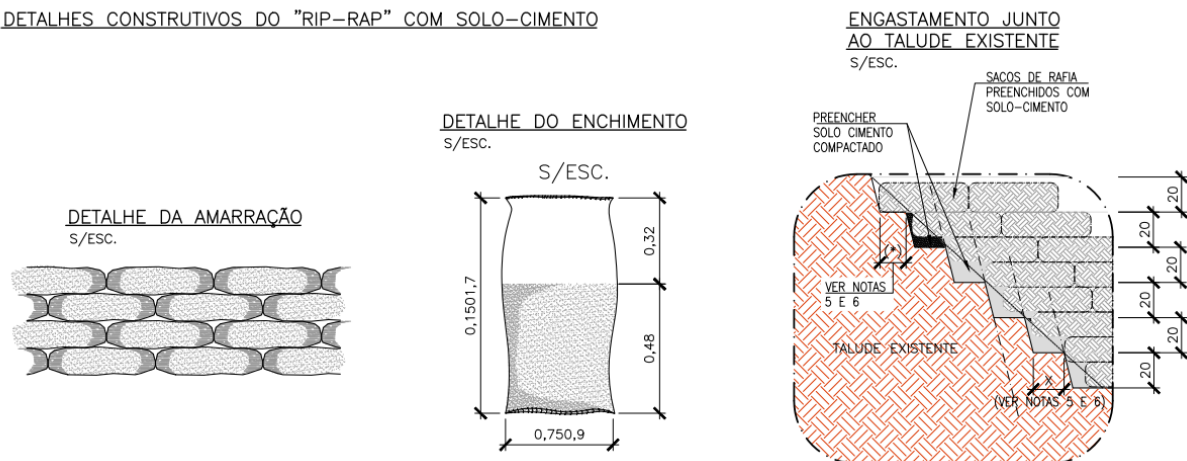


Figura 20 – Detalhe executivo do solo cimento.

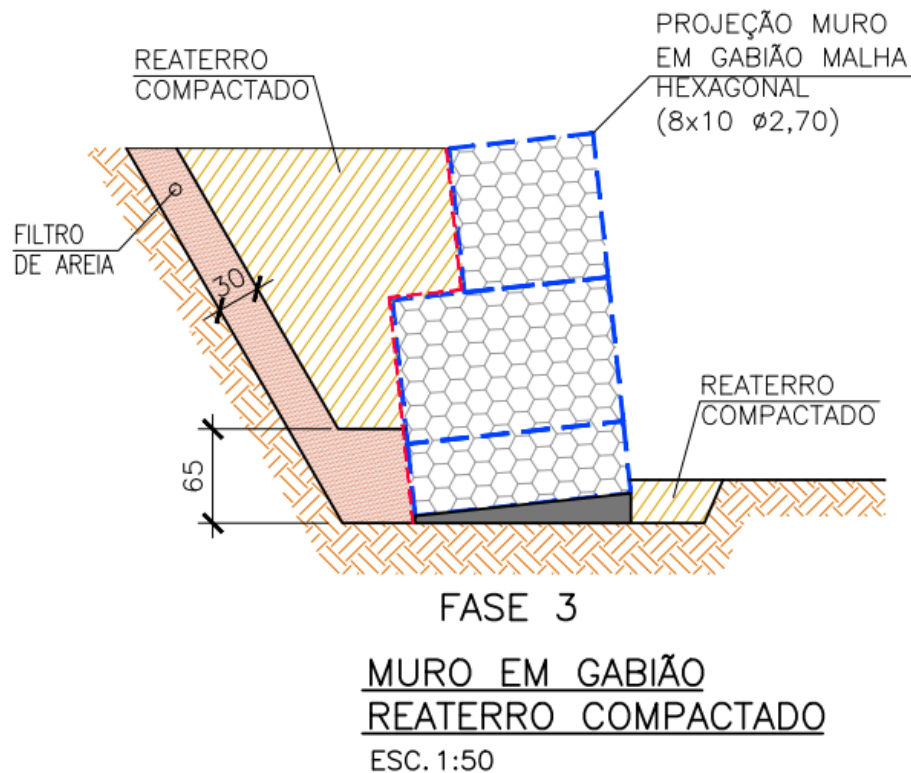


Figura 21 – Destalhe do muro em gabião.

O contraforte terá uma altura de 15,50 metros (Figura 22), espessura de 70 centímetros com seis linhas de tirantes de diâmetro de 32 mm e inclinação de 15° com a horizontal, comprimento total de 10 metros, sendo o trecho livre com 6 metros. A carga de trabalho dos tirantes deverá ter um valor de 350 kN.

Além do contraforte, será realizado retaludamento e execução de revegetação com geomanta. Os grampos serão em formato de “U” de aço galvanizado e com dimensão de 30 cm, conforme Figura 23 e Figura 24.

Será executado também solo grampeado com revestimento em concreto projetado com espessura de 10 cm (Figura 25). Serão executados grampos do tipo GEWI, diâmetros de 25 mm e comprimento de 9 metros. O espaçamento entre grampos desta solução será de 1,50 metro, tanto na horizontal quanto na vertical.

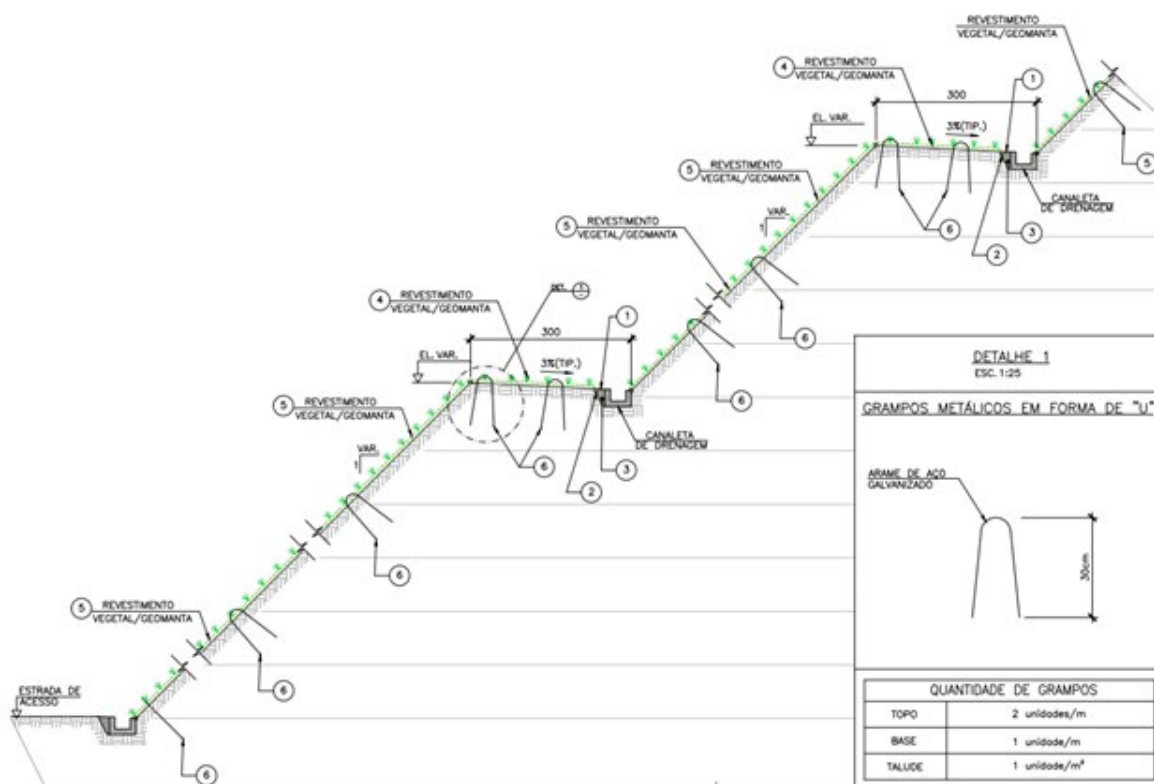


Figura 23 – Seção típica do tratamento com revestimento vegetal.

DETALHE 1: VISTA FRONTAL ESQUEMÁTICA MACMAT R3 004
SEM ESCALA

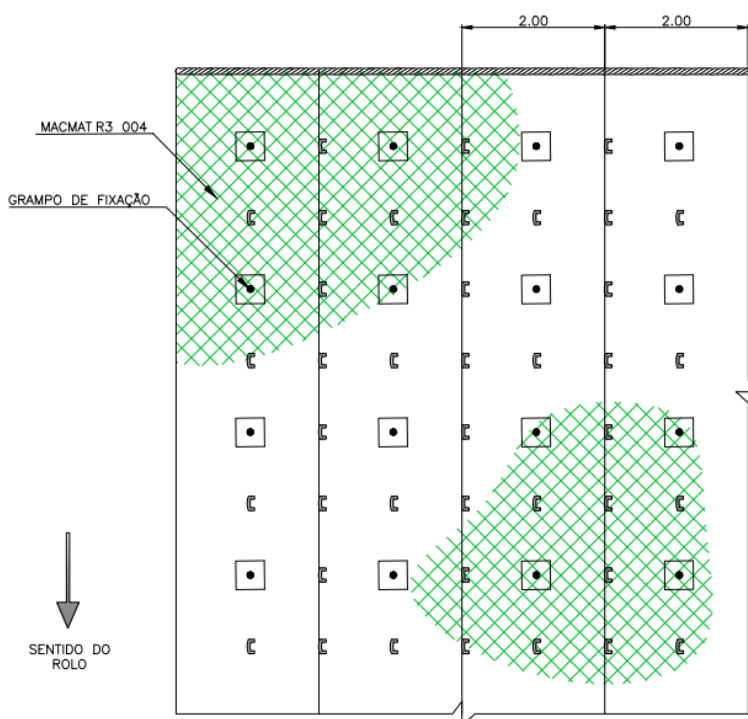


Figura 24 – Detalhe da revegetação.

SEÇÃO TRANSVERSAL – DETALHE DO GRAMPO GEWI PLUS Ø25mm
SEM ESC.

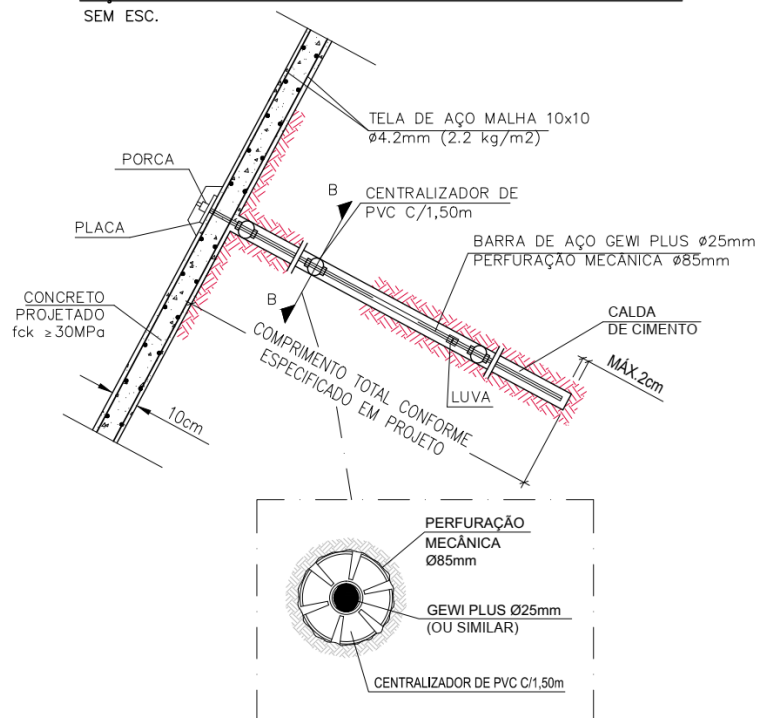


Figura 25 – Detalhe do grampo do concreto projetado.

7 METODOLOGIA PARA ANÁLISE DE ESTABILIDADE DO TALUDE

7.1 FATORES DE SEGURANÇA

Na metodologia recomendada a seguir pela NBR 11682, admite-se que o valor de FS pode variar em função da situação potencial de ruptura do talude, no que diz respeito ao perigo de perda de vidas humanas e à possibilidade de danos materiais e de danos ao meio ambiente. Devem ser consideradas as situações atuais e futuras, previstas ao longo da vida útil do talude estudado.

Os fatores de segurança considerados nesta Norma têm a finalidade de cobrir as incertezas naturais das diversas etapas de projeto e construção. Dependendo dos riscos envolvidos, deve-se inicialmente enquadrar o projeto em uma das seguintes classificações de segurança, definidas a partir da possibilidade de perdas de vidas humanas, conforme Tabela 4 e de danos materiais e ambientais, conforme Tabela 5.

Tabela 4 – Nível de segurança desejado contra perda de vidas humanas.

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

Tabela 5 – Nível de segurança desejado contra danos materiais e ambientais.

Nível de segurança	Critérios
--------------------	-----------

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

O fator de segurança mínimo a ser adotado no projeto, levando-se em conta os níveis de segurança preconizados nas Tabela 4 e Tabela 5 deve ser estipulado de acordo com a Tabela 6.

Tabela 6 – Fatores de segurança mínimos para deslizamentos.

Nível de segurança contra danos materiais e ambientais.	Nível de segurança contra danos a vidas humanas	Alto	Médio	Baixo
Alto		<u>1,5</u>	1,5	1,4
Médio		1,5	1,4	1,3
Baixo		1,4	1,3	1,2

A obra em questão pode ser classificada como Nível de segurança alto contra danos materiais e ambientais e alto contra danos a vidas humanas, portanto, requerem fator de segurança 1,5.

7.2 MÉTODO DO EQUILÍBRIO LIMITE

As análises de estabilidade global foram feitas com o software Slide2 da Rocscience. O Slide2 é um programa de estabilidade de talude de equilíbrio limite 2D para avaliar o fator de segurança ou probabilidade de falha de superfícies de falha circulares ou não circulares em taludes

de solo ou rocha. O software analisa a estabilidade de superfícies de deslizamento usando Métodos de Equilíbrio de Limite (MEL) de fatia vertical ou não vertical.

Nas análises de estabilidade foram adotados os Método de Morgenstern-Price e Spencer, por meio do programa Slide da Rocscience considerando superfícies de rupturas circulares.

As análises de estabilidade de talude foram realizadas para os pontos de interesse apresentados, conforme planta de situação por representar a situação mais desfavorável do ponto de vista geotécnico.

Os resultados estão apresentados no item 9 deste relatório verificando se os fatores de segurança em ambas as situações para a seção analisada estão em conformidade com a NBR 11682 de Estabilidade de Encostas.

8 PARÂMETROS GEOTÉCNICOS ADOTADOS

Com base no levantamento topográfico e resultados das sondagens realizadas no talude, foi possível estabelecer as condições de contorno e determinar os parâmetros geotécnicos necessários para a análise de estabilidade.

Os parâmetros utilizados para o dimensionamento estão apresentados na Tabela 7. Tais parâmetros tomaram como base os resultados do ensaio de campo N_{SPT} e correlações já estabelecidas e utilizadas no meio geotécnico, além da experiência prévia em demais obras e projetos.

As correlações do ângulo de atrito com o índice N do SPT foi realizada utilizando a média dos resultados fornecidos e comparando as estimativas fornecidas por Peck, Hanson e Thornburn (1976), Godoy (1973 apud Cintra; Aoki, 2011) e Teixeira (1996).

$$\text{Godoy (1983)} \quad \varphi' = 28^\circ + 0,4N_{spt}$$

$$\text{Teixeira (1996)} \quad \varphi' = 15^\circ + \sqrt{20N_{spt}}$$

Tabela 7 – N_{SPT} e valor aproximado de ângulo de atrito (φ').

N_{spt} (sem correção de energia do ensaio SPT)	Valor aproximado do ângulo de atrito (φ')
5	28°
10	30°
15	31°
20	33°
25	34°

30	36°
Fonte: Peck, Hanson e Thornburn (1976)	

Os valores de peso específico (γ) dos solos foram adotados a partir de Godoy (1972) para solos argilosos e solos arenosos. Para determinação dos parâmetros foram adotados valores médios ($\bar{N}$) do ensaio SPT de cada camada identificada nas sondagens.

Tabela 8 – Parâmetros adotados para análise de estabilidade – Ombreira direita.

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m ³)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (°)	UCS (intact) (kPa)	Parameters vary with depth	GSI	mi	D	Water Surface	Ru Value
Solo cimento		18	Mohr-Coulomb	25	33						None	0
Argila pouco siltosa		16	Mohr-Coulomb	10	21						None	0
Silte arenoso		18	Mohr-Coulomb	15	28						None	0
Silte arenoso com pedregulhos		18	Mohr-Coulomb	15	32						None	0
Rocha alterada (gnaisse)		22	Generalized Hoek-Brown			250000	No	54	23	0	None	0
Rocha sã (gnaisse)		20	Generalized Hoek-Brown			250000	No	75	25	0	None	0

Support Name	Color	Type	Force Application	Out-Of-Plane Spacing (m)	Tensile Capacity (kN)	Plate Capacity (kN)	Shear Capacity (kN)	Compression Capacity (kN)	Bond Strength (kN/m)	Material Dependent	Force Orientation
GRAMPO 25mm		Soil Nail	Active (Method A)	1.5	190	190	0	0	35	No	Parallel to Reinforcement

Tabela 9 – Parâmetros adotados para análise de estabilidade – Ombreira esquerda.

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m ³)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (°)	UCS (intact) (kPa)	Parameters vary with depth	GSI	mi	D	Water Surface	Ru Value
Solo cimento		18	Mohr-Coulomb	25	33						None	0
Argila pouco siltosa		16	Mohr-Coulomb	10	21						None	0
Silte arenoso		18	Mohr-Coulomb	15	28						None	0
Silte arenoso com pedregulhos		18	Mohr-Coulomb	15	32						None	0
Rocha alterada (gnaisse)		22	Generalized Hoek-Brown			250000	No	54	23	0	None	0
Rocha sã (gnaisse)		20	Generalized Hoek-Brown			250000	No	75	25	0	None	0

Support Name	Color	Type	Force Application	Out-Of-Plane Spacing (m)	Tensile Capacity (kN)	Plate Capacity (kN)	Shear Capacity (kN)	Compression Capacity (kN)	Bond Strength (kN/m)	Material Dependent	Force Orientation
GRAMPO 25mm		Soil Nail	Active (Method A)	2	190	190	0	0	35	No	Parallel to Reinforcement

9 RESULTADOS DA ANÁLISE DE ESTABILIDADE

Nesta seção, o talude foi reconformado e será executado solo grampeado com revestimento em concreto projetado com espessura de 10 cm. Para o lado esquerdo, serão executados grampos

do tipo GEWI, diâmetros de 25 mm e comprimento de 9 metros dispostos 2,0 m, tanto na vertical quanto na horizontal. Além disso, na base do talude será executado um rip-rap de solo cimento ensacado.

De maneira semelhante, o lado direito também será executado solo grampeado com revestimento em concreto projetado com espessura de 10 cm. Os grampos serão do tipo GEWI, diâmetros de 25 mm e comprimento de 12 metros espaçados de 1,50 m, tanto na vertical quanto na horizontal. Além disso, na base do talude será executado um rip-rap de solo cimento ensacado.

As análises foram realizadas, por meio de métodos rigorosos, sendo eles: Morgenstern-Price e Spencer. Foi adotado como valor do fator de segurança o menor valor dentre os mencionados.

Com base nas análises realizadas, os seguintes resultados foram obtidos para a seção após o tratamento, conforme a geometria descrita e apresentada nas próximas imagens. A seguir são apresentados os resultados das análises.

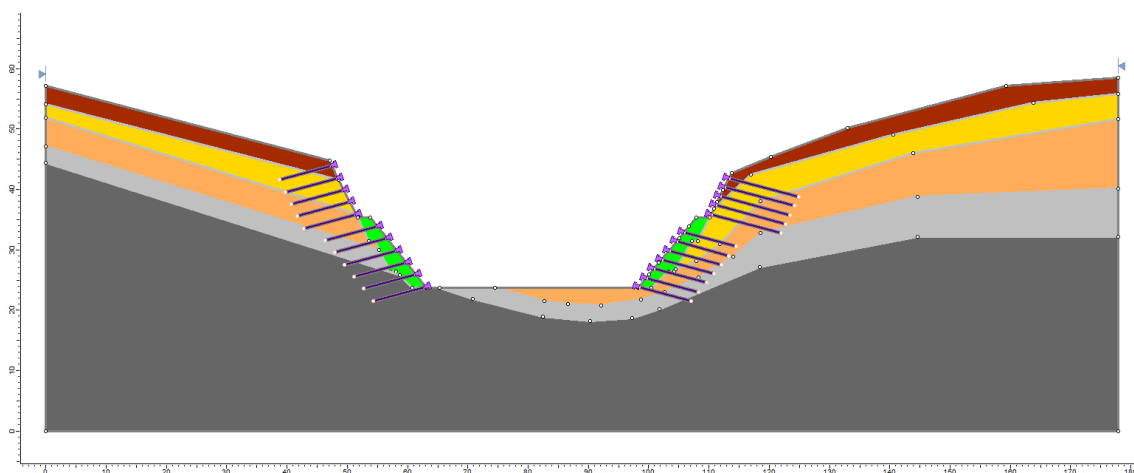


Figura 26 – Geometria final com tratamento.

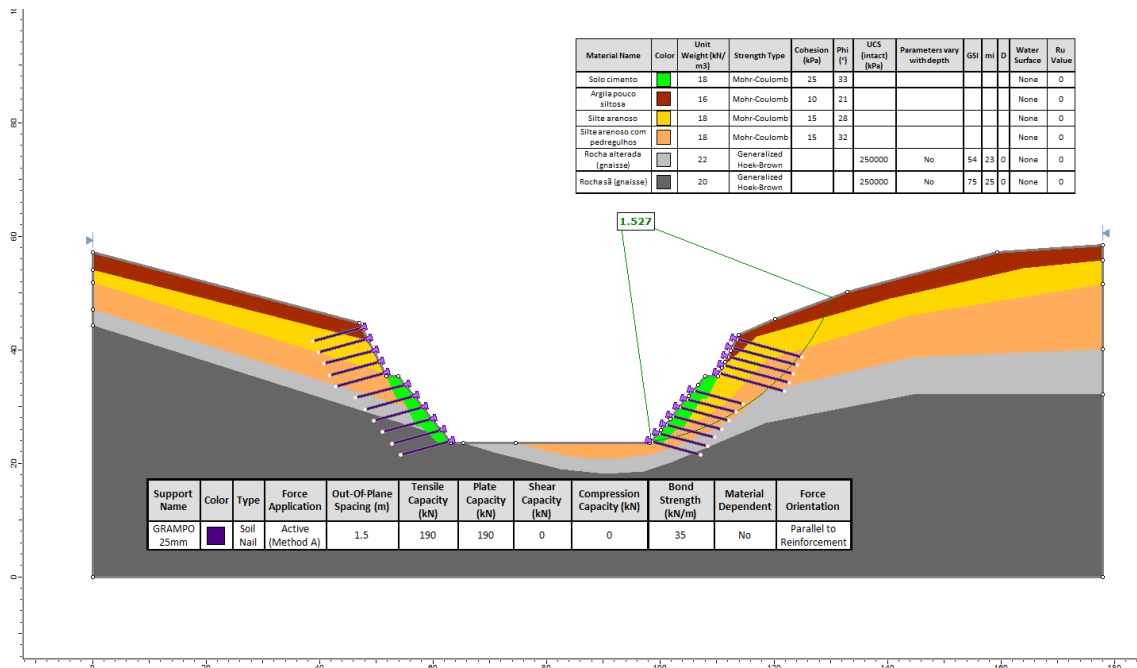


Figura 27 – Superfície crítica de ruptura – Ombreira Direita. (Spencer – FS=1,527).

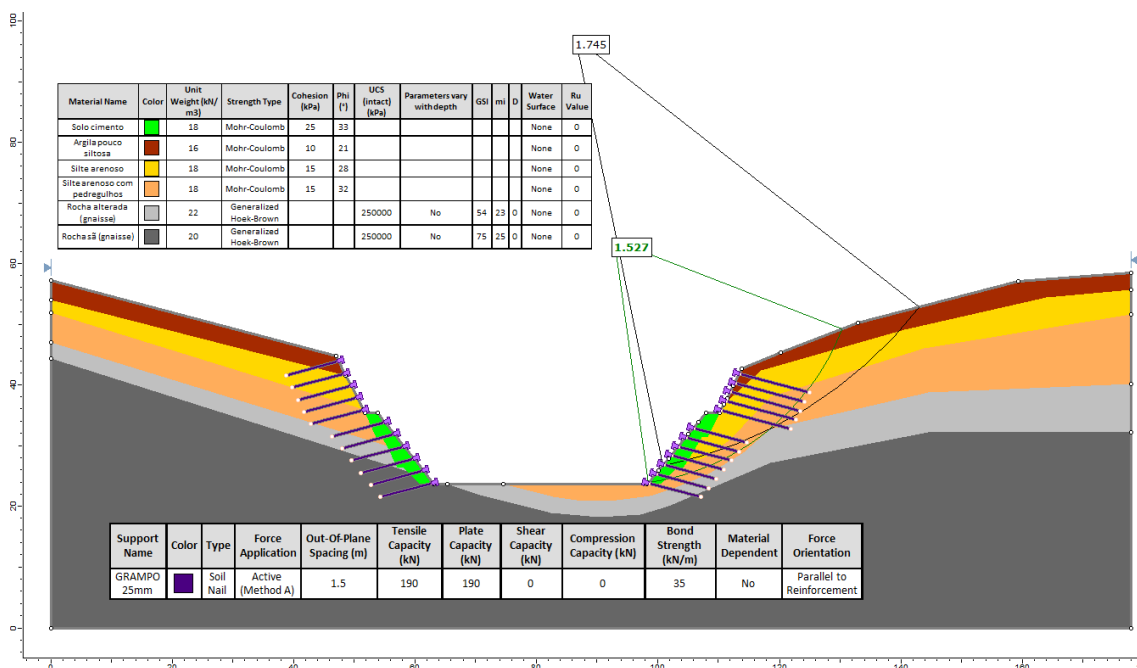


Figura 28 – Superfície global de ruptura – Ombreira Direita. (Spencer – FS=1,745).

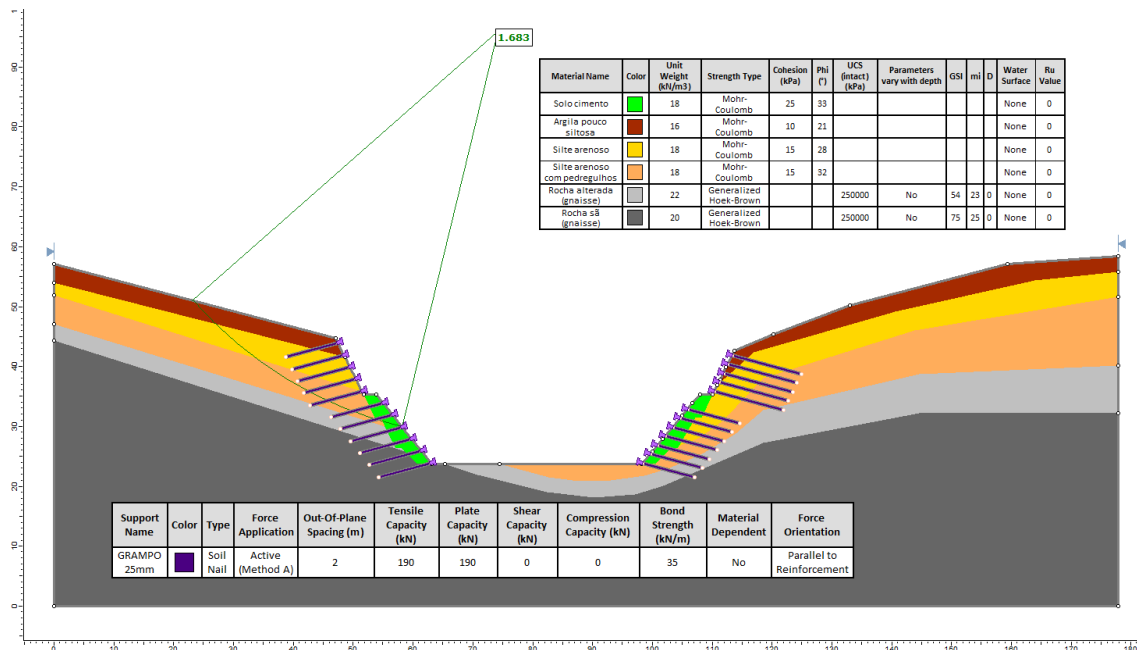


Figura 29 – Superfície crítica de ruptura – Ombreira Esquerda. (Spencer – FS=1,683).

Com o tratamento de estabilização, as duas opções tiveram fatores de segurança superiores ao mínimo pré-determinado no item 7.1, de 1,5

10 DIMENSIONAMENTOS GEOTÉCNICOS

10.1 DIMENSIONAMENTO DA SEÇÃO DE AÇO DOS GRAMPOS

Serão utilizados grampos com diâmetro de 25mm (CA-50), sendo que a carga máxima dimensionada segundo as recomendações da NBR-16920-2 – “Muros e taludes em solos reforçados - Parte 2: solos grampeados” é apresentada na sequência abaixo. As cargas de trabalho são apresentadas na Tabela 10.

O esforço máximo T_{max} em que os grampos podem ser submetidos:

$$\sigma_{adm} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s}$$

f_{yk} = resistência característica do aço à tração

σ_{adm} = tensão admissível

$\gamma_s = 1,15$ (coeficiente de ponderação da resistência do aço).

$$\sigma_{adm} = \frac{f_{yk}}{1,15}$$

$$S_{aço,(25mm)} = \frac{\pi \times D_{efet}^2}{4} = \frac{\pi \times (2,5)^2}{4} = 4,91 \text{ cm}^2$$

$$T_{max} = \sigma_{adm} \times S_{aço}$$

Tabela 10 – Carga máxima dos grampos.

Tipo de Aço	Diâmetro Nominal da barra (mm)	T. Escoamento / Ruptura (MPa)	Carga Máxima/ Ensaio (kN)
CA-50	25	500/550	200

10.2 DIMENSIONAMENTO DA SEÇÃO DE AÇO DOS TIRANTES

Serão utilizados tirantes com diâmetro de 32mm (GEWI 50/55), sendo que a carga máxima dimensionada segundo as recomendações da NBR-5629 – “Tirantes ancorados no terreno – Projeto e Execução” é apresentada na sequência abaixo. As cargas de trabalho são apresentadas na Tabela 11.

O esforço máximo T_{max} em que os tirantes permanentes podem ser submetidos:

$$\sigma_{adm} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} \times 0,9$$

f_{yk} = resistência característica do aço ao escoamento

σ_{adm} = tensão admissível

$\gamma_s = 1,75$ (coeficiente de ponderação da resistência do aço de tirante permanente). Para tirantes em situação provisória (1,50) ou ensaio (1,20), os ponderadores são diferentes.

$$\sigma_{adm} = \frac{f_{yk}}{1,75} \times 0,9$$

$$S_{aço,32mm} = \frac{\pi \times D_{efet}^2}{4} = \frac{\pi \times (3,2)^2}{4} = 8,04 \text{ cm}^2$$

$$T_{max} = \sigma_{adm} \times S_{aço}$$

Tabela 11 – Carga máxima dos tirantes.

Diâmetro nominal da barra (mm)	Tensão de escoamento - f_y (MPa)	Tensão de ruptura - f_u (MPa)	Carga de Trabalho (kN)	Carga Máxima de Ensaio (kN)
32	950	1050	350	610

10.3 COMPRIMENTO DO BULBO DE ANCORAGEM

Foram feitos dois dimensionamentos, sendo o primeiro para aderência entre a calda de cimento e o aço, conforme procedimento e prescrições da NBR 6118, e o segundo para aderência entre a calda e o solo.

Para dimensionamento das ancoragens os requisitos para os materiais empregados na execução dos tirantes são:

- Aço: CA 50A ou superior, diâmetro de 32mm – ABNT NBR 7480;

- Calda de cimento: Fator água cimento igual ou inferior a 0,5 resistência aos 7 dias igual ou superior a 25 MPa – ABNT NBR 7681.

10.3.1 ADERÊNCIA CALDA-AÇO

Para as barras de 32mm de diâmetro: (950/1050)

- $L_b = \frac{\phi f_{yd}}{4 f_{bd}} \geq 82\phi \rightarrow$ Comprimento necessário para ancoragem da barra;
- $f_{yd} = 950/1,15 = 826 \text{ MPa}$
- $f_{bd} = \eta_1 \eta_2 \eta_3 f_{ctd}$
 - $\eta_1 = 2,25$ para barras nervuradas (ver Tabela 8.3 da NBR 6118:2014)
 - $\eta_2 = 0,7$ para situações de má aderência (ver 9.3.1 da NBR 6118)
 - $\eta_3 = \frac{132-\phi}{100} = \frac{132-32}{100} = 1,0$, para $\phi \geq 32\text{mm}$
- $f_{ctd} = f_{ctk,inf}/\gamma_c$
- $f_{ctk,inf} = 0,7 f_{ct,m}$
- $f_{ct,m} = 0,3 f_{ck}^{2/3}$
- $f_{ct,m} = 0,3 \times 30^{2/3} = 2,90 \text{ MPa}$
- $f_{ctk,inf} = 0,7 \times 2,90 = 2,03 \text{ MPa}$
- $f_{ctd} = 2,03/1,4 = 1,45 \text{ MPa}$
- $f_{bd} = 2,25 \times 0,7 \times 1,0 \times 1,45 = 2,28 \text{ MPa}$
- $L_b = \frac{32 \cdot 826}{4 \cdot 2,28} = 2593 \text{ mm} = 2,9\text{m}$

Para as barras de 25mm de diâmetro: (670/800)

- $L_b = \frac{\phi f_{yd}}{4 f_{bd}} \geq 64\phi \rightarrow$ Comprimento necessário para ancoragem da barra;

- $f_{yd} = 670/1,15 = 583 \text{ MPa}$
- $f_{bd} = \eta_1 \eta_2 \eta_3 f_{ctd}$
 - $\eta_1 = 2,25$ para barras nervuradas (ver Tabela 8.3 da NBR 6118:2014)
 - $\eta_2 = 0,7$ para situações de má aderência (ver 9.3.1 da NBR 6118)
 - $\eta_3 = 1,0$, para $\phi < 32\text{mm}$
- $f_{ctd} = f_{ctk,inf}/\gamma_c$
- $f_{ctk,inf} = 0,7 f_{ct,m}$
- $f_{ct,m} = 0,3 f_{ck}^{2/3}$
- $f_{ct,m} = 0,3 \times 30^{2/3} = 2,90 \text{ MPa}$
- $f_{ctk,inf} = 0,7 \times 2,90 = 2,03 \text{ MPa}$
- $f_{ctd} = 2,03/1,4 = 1,45 \text{ MPa}$
- $f_{bd} = 2,25 \times 0,7 \times 1,0 \times 1,45 = 2,28 \text{ MPa}$
- $L_b = \frac{25}{4} \frac{583}{2,28} = 1.598 \text{ mm} = 1,6\text{m}$

10.3.2 COMPRIMENTO ANCORADO NO SOLO

O dimensionamento do trecho ancorado contra o arrancamento da ancoragem, é baseado na seguinte expressão:

- $T_{bulbo} = T_{m\acute{a}x} = q_s \pi D L_b$
- D = Diâmetro do trecho ancorado – 100 mm;
- L_b – Comprimento ancorado;
- q_s – Atrito unitário no contato calda/solo;

A carga de trabalho considerada no projeto geotécnico é de 340 kN. As cargas máximas de ensaio (T_{ensaio}) e de trabalho ($T_{trabalho}$) são obtidas pelas seguintes equações:

$$T_{ensaio} = 0,9 f_{yk} A_s \text{ (até 90\% de sua carga de escoamento característica do aço).}$$

$$T_{trabalho} = T_{ensaio} / FS \quad (FS = 1,75)$$

Onde: f_{yk} é a tensão de escoamento característica do aço, A_s é a área da seção transversal útil da barra, descontando-se a parcela perdida pela rosca no caso de seção reduzida e FS o fator de segurança. Os fatores 0,9 e 1,75, aplicados nas equações anteriores, correspondem aos fatores de segurança para as ancoragens permanentes prescritos pela norma ABNT NBR 5629.

No dimensionamento de tirantes, a serem utilizados como medidas mitigadoras para estabilização do talude instável, foram analisadas as sondagens realizadas no local para estabelecer valores unitários do atrito solo-tirante (q_s). Esse valor foi estimado utilizando formulação retirada do Manual da GEORIO – Fundação Instituto de Geotécnica do Município do Rio de Janeiro:

$$q_s = \sigma'_z \cdot K_f \text{ (em kPa)}$$

Os valores de comprimentos de ancoragem mínimos podem ser conferidos na Tabela 13 a Tabela 15.

Tabela 12 – Coeficiente de ancoragem K_f .

Solo	Compacidade		
	Fofa	Compacta	Muito Compacta
Silte	0,1	0,4	1,0
Areia fina	0,2	0,6	1,5
Areia média	0,5	1,2	2,0
Areia grossa e pedregulho	1,0	2,0	3,0

Tabela 13 – Tirantes: Valores do comprimento de ancoragem L_b - solo

K_f	q_s (kPa)	$T_{\text{máx}}$ (kN)	L_b (m)
1,0 (silte)	250	350	8,0

Tabela 14 – Tirantes: Valores do comprimento de ancoragem L_b - alteração

K_f	q_s (kPa)	$T_{\text{máx}}$ (kN)	L_b (m)
1,2	300	350	6,0

Tabela 15 – Tirantes: Valores do comprimento de ancoragem L_b - rocha

K_f	q_s (kPa)	$T_{\text{máx}}$ (kN)	L_b (m)
-	400	350	4,0

11 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Com base nas análises de estabilidade global realizadas para as soluções propostas, verifica-se que as obras previstas para o local apresentam os respectivos fatores de segurança adequados sob o ponto de vista das prescrições da NBR 11682.

O método executivo deverá ser adequado as condicionantes e características geotécnicas locais, visando a segurança durante a execução da obra.

As intervenções deverão ser executadas preferencialmente em época seca de modo a reduzir risco de erosões e evitar eventuais complicações causadas pelo fluxo de água.

12 TERMO DE ENCERRAMENTO

O presente volume, denominado Projeto Executivo de CONTENÇÃO, contemplando estabilização do talude, na localidade de Nova Friburgo - RJ, possui 42 páginas (inclusive esta), numeradas sequencialmente em ordem crescente.

Rio de Janeiro, 28 de outubro de 2024.

A handwritten signature in black ink, reading "Régério Luiz Feijó".

Engenheiro Civil

CREA/RJ 19986102281

ANEXO – SONDAGENS

