CEI BIANCA CAROLINA PINHEIRO

PROJETO EXECUTIVO
ESTABILIZAÇÃO DE TALUDE

Joinville/SC

Prefeitura Municipal de Joinville

SUMÁRIO

1. OBJETIVO **2**
2. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA **3**
3. DESCRIÇÃO DA ÁREA **3**
4. VISTORIA GEOTÉCNICA **4**
5. CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICA **9**
5.1. CONTEXTO GEOLÓGICO 9
5.2. SONDAGENS 10
5.3. MODELO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO 12
6. MEMÓRIA DE CÁLCULO DE ESTABILIDADE **15**
6.1. FATORES DE SEGURANÇA 15
6.2. PARÂMETROS GEOTÉCNICOS E ANÁLISES DE ESTABILIDADE 16
6.3. RESUMO DOS FATORES DE SEGURANÇA 18
6.4. AVALIAÇÃO DE POSSÍVEIS CAUSAS 18
7. CONCEPÇÃO GERAL DA OBRA **18**
7.1. SOLUÇÕES PARA ESTABILIZAÇÃO 18
7.2. ANÁLISES DE ESTABILIDADE APÓS OBRAS 20
7.3. RESUMO DOS FATORES DE SEGURANÇA 21
8. MEMÓRIA DE CÁLCULO **22**
8.1. MEMÓRIA DE CÁLCULO DOS GRAMPOS 22
8.2. MEMÓRIA DE CÁLCULO HIDROLÓGICO 25
8.3. DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO 27
9. ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS **29**
9.1. SEQUÊNCIA EXECUTIVA DA OBRA 29
9.2. MOBILIZAÇÃO E INSTALAÇÃO DE CANTEIRO 30
9.3. LIMPEZA SUPERFICIAL 30
9.4. LOCAÇÃO 30
9.5. SOLO GRAMPEADO 30
9.6. DRENAGEM SUPERFICIAL 39
9.7. PROTEÇÃO SUPERFICIAL DE TALUDES 40
9.8. DESMOBILIZAÇÃO DA OBRA 40
10. PLANO DE MANUTENÇÃO DAS OBRAS **41**
11. MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS QUANTIDADES **41**
11.1. CANTEIRO DE OBRAS, MOBILIZAÇÃO E DESMOBILIZAÇÃO DE EQUIPAMENTOS E PESSOAL 41
11.2. SERVIÇOS PRELIMINARES 42
11.3. SOLO GRAMPEADO 42
11.4. DRENAGEM 46
12. CONCLUSÕES E AÇÕES EXECUTIVAS **46**
ANEXOS **47**
ANEXO 01 - PEÇAS GRÁFICAS 47
ANEXO 02 - PLANILHA DE QUANTIDADES 57
ANEXO 03 - LAUDOS DE SONDAGENS 59
ANEXO 04 - LAUDOS DOS ENSAIOS 66

1. OBJETIVO

O objetivo deste relatório é apresentar o projeto executivo para estabilização de talude localizado no CEI Bianca Carolina Pinheiro, na Rua Rolando Gurske, 261, Vila Nova, no município de Joinville/SC. As coordenadas locais, em UTM, são: 709.400,23 m E/ 7.091.834,73 m S.

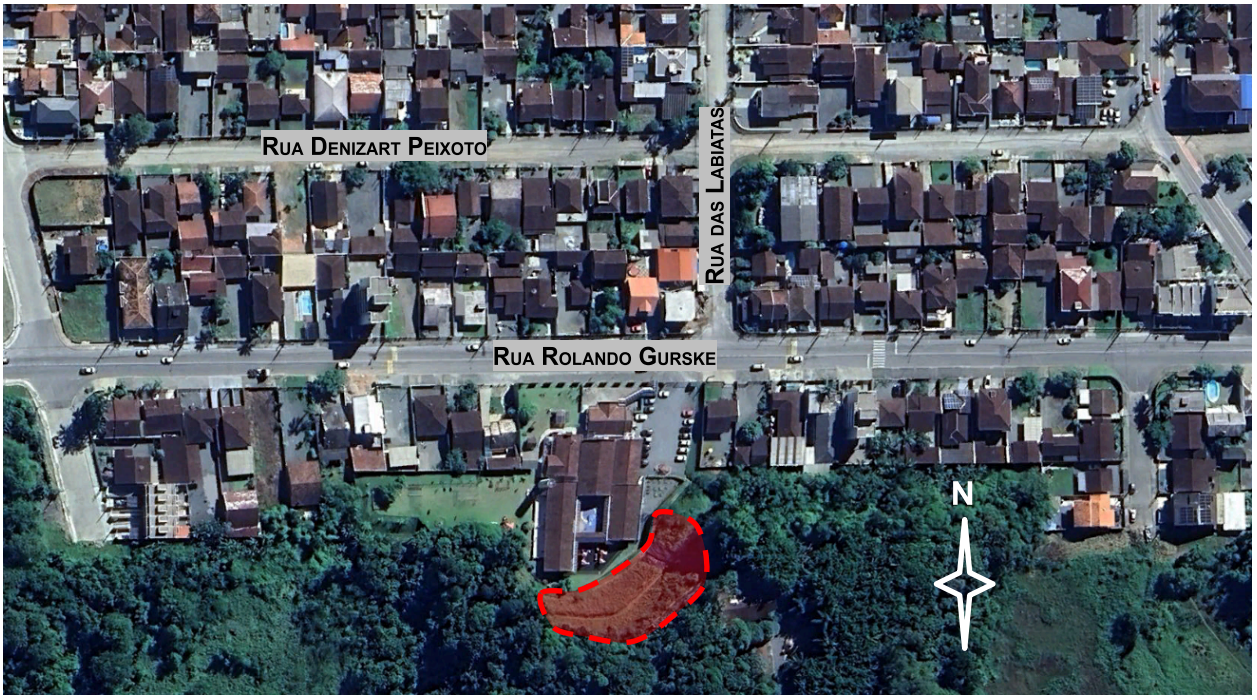

Figura 1 - Identificação do local objeto de projeto.
Fonte: Adaptado do Google Earth.

2. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

[a] Levantamento topográfico planialtimétrico - Luiz H. Joergensen. - Novembro/2024
[b] Sondagens SPT - Setembro/2024
[c] Coleta de amostras - Serra do Mar Engenharia - Agosto/2024
[d] Ensaios cisalhamento direto - UFSC LMS - Agosto/2024
[e] Projeto muro de gabião - TRP-8889-01-PS-01-A - Azimute - Setembro/2018
[f] Projeto muro de gabião - TRP-8889-01-DT-01-A - Azimute - Setembro/2018

3. DESCRIÇÃO DA ÁREA

O talude objeto deste estudo foi projetado e executado para viabilizar a implantação do Centro de Educação Infantil (CEI) Bianca Carolina Pinheiro, contemplando edificações e áreas externas destinadas ao pátio. O projeto executivo do talude foi desenvolvido pela empresa Azimute, em setembro de 2018, com base nas plantas técnicas disponibilizadas para consulta.

A geometria do talude foi concebida em dois segmentos: o talude superior e o talude inferior, separados por uma banqueta intermediária projetada com largura de 1,50 m. O talude inferior foi projetado com inclinação de 1,2:1 (horizontal:vertical), enquanto o talude superior com inclinação de 1:1 (horizontal:vertical).

No pé do talude foi especificado um muro de gravidade em gabião, com alturas variáveis de 2,00m, 3,00m, 4,00m e 5,00m.

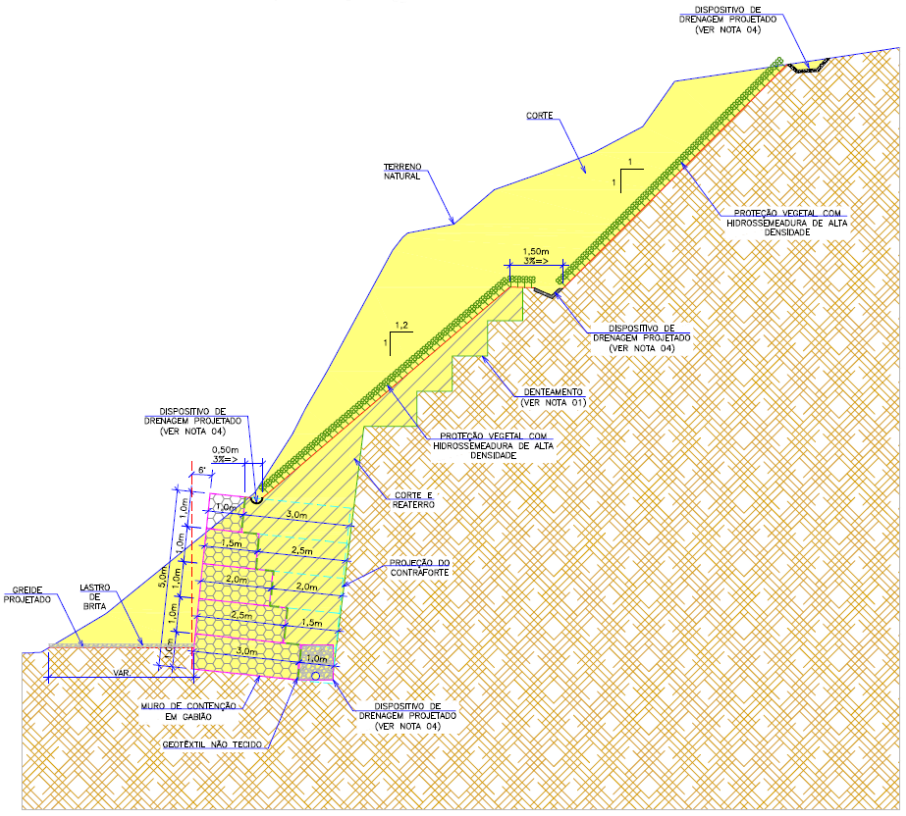

FIGURA 2 - SEÇÃO TIPO PROJETO DE TERRAPLENAGEM AZIMUTE.
FONTE: TRP-8889-01-DT-01-A.

Após a conclusão das obras e o início das atividades no Centro de Educação Infantil (CEI), foi observado um deslizamento no trecho correspondente à maior altura do muro de gabião. Apesar do ocorrido, o muro de gabião manteve suas condições estruturais, sem apresentar danos ou deformações que comprometessem sua funcionalidade. O deslizamento envolveu exclusivamente as camadas de solo localizadas acima do muro, sem impacto direto na estrutura de contenção.

4. VISTORIA GEOTÉCNICA

Para desenvolvimento deste documento foi realizada vistoria geotécnica no local, no dia 12 de julho de 2024. Na vistoria de campo percorreu-se toda a extensão do talude e de seu entorno, visando à coleta de informações como evidências de instabilidade, presença de surgências de água, condições do sistema de drenagem superficial, condições das estruturas de entorno, entre outras.

As fotos a seguir, registradas na ocasião da vistoria, apresentam vistas gerais e em detalhe dos taludes.



FOTO 1 - VISTA GERAL DO TALUDE E DO MURO DE GABIÃO EM ESTUDO.



FOTO 2 - TRECHO DO TALUDE QUE SOFREU DESLIZAMENTO. NESTE LOCAL O MURO DE GABIÃO COM ALTURA DE 5M.



FOTO 3 - TRECHO DO TALUDE QUE SOFREU DESLIZAMENTO. NESTE LOCAL O MURO DE GABIÃO COM ALTURA DE 5M.



FOTO 4 - LOCAL DO DESLIZAMENTO.



FOTO 5 - LOCAL DO DESLIZAMENTO, AOS FUNDOS DAS EDIFICAÇÕES DO CEI.



FOTO 6 - EM DETALHE, DEFORMAÇÃO NO GABIÃO DEVIDO À QUEDA DE UMA ÁRVORE NO PÁTIO. NÃO HÁ RELAÇÃO COM O DESLIZAMENTO OCORRIDO.



FOTO 7 - TRECHO EM QUE O MURO TEM ALTURA DE 3,0M. NESTE LOCAL NÃO HÁ DEFORMAÇÕES VISÍVEIS NO TALUDE ACIMA.

5. CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICA

5.1. CONTEXTO GEOLÓGICO

De acordo com a Folha Joinville SG-22-Z-B da Carta Geológica do Brasil (CPRM, 2011), ilustrada na figura abaixo, a área de estudo está localizada no Complexo Luís Alves (unidade A4PP2la). Essa unidade é composta predominantemente por gnaisses granulíticos ortoderivados, caracterizados por uma composição cálcio-alcalina de natureza predominantemente básica. Essa litologia é associada à formação de terrenos de alta metamorfose, típicos de terrenos arqueanos e paleoproterozoicos, com características mineralógicas que incluem minerais máficos, feldspatos e, ocasionalmente, minerais acessórios como zircão e apatita. Além disso, o Complexo Luís Alves apresenta porções restritas de formações ferríferas e paragnaisses indiferenciados, o que pode refletir episódios sedimentares pré-metamórficos ou variações composicionais locais.

A área de estudo também se encontra próxima aos depósitos aluvionares fluviais da unidade Q2a, que representam sedimentos recentes. Esses depósitos são compostos por cascalhos, areias e sedimentos sílticos-argilosos, geralmente associados aos sistemas fluviais atuais ou relativamente recentes. Esses materiais aluvionares desempenham um papel importante na dinâmica geotécnica e hidráulica da região, podendo influenciar tanto o comportamento dos solos quanto às condições de drenagem e estabilidade em áreas próximas ao talude de corte.

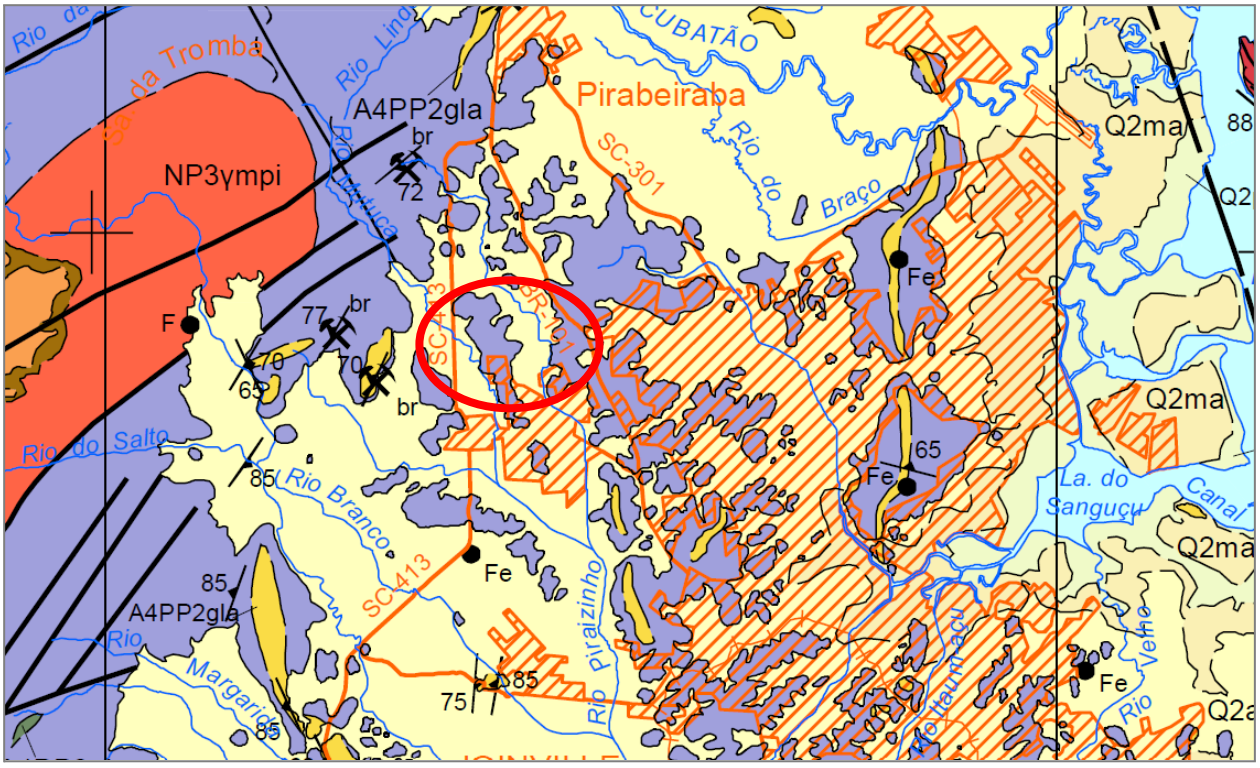

FIGURA 3 - MAPEAMENTO GEOLÓGICO DA ÁREA DE ESTUDO.
FONTE: CPRM, 2011 - FOLHA SG.22-Z-B.

Memorial Descritivo de Obras (29860870) SEI 25.0.125049-9 / pg. 9

5.2. SONDAGENS

Com vistas a caracterizar o perfil geológico do terreno foram executadas sondagens do tipo SPT - Standard Penetration Test, segundo a Norma Técnica ABNT 6484 - Execução de Sondagens de Simples Reconhecimento dos Solos.

O método de sondagem consistiu na abertura do furo por meio de trados (TC - trado concha, TH - trado helicoidal) e/ou por lavagem (CA - circulação d'água), com execução de ensaio de penetração do amostrador padrão, tipo "Raymond" (50,8mm de diâmetro externo), a cada metro. A cravação do amostrador dá-se por meio de um martelo, pesando 65kg, deixando cair de uma altura de 75cm. O resultado do ensaio, índice SPT - "Standard Penetration Test", é o número de golpes necessários à cravação de 30cm do amostrador, após a cravação dos 15cm iniciais.

Foram executados 06 (seis) furos de sondagem à percussão, com as características apresentadas a seguir. O laudo completo das sondagens está apresentado no ANEXO 3 deste relatório.

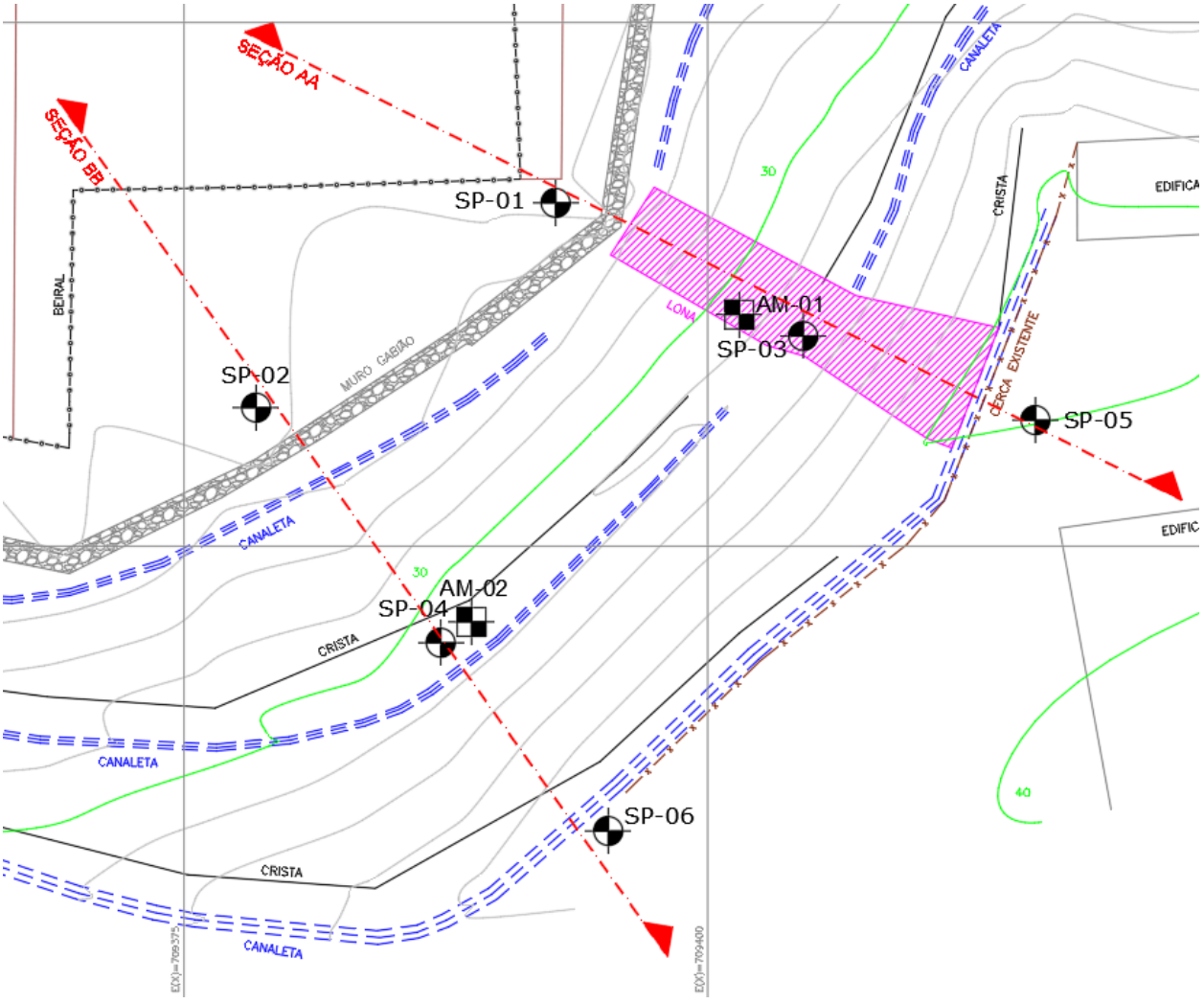

FIGURA 4 - LOCALIZAÇÃO FUROS DE SONDAGEM.

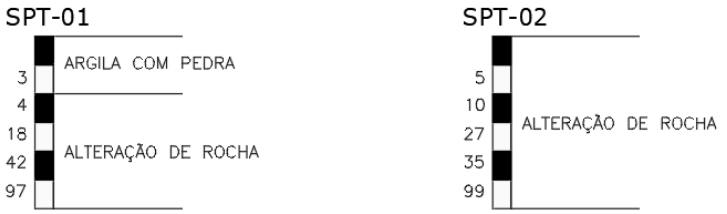

FIGURA 5 - SONDAGENS NO PÉ DO TALUDE.

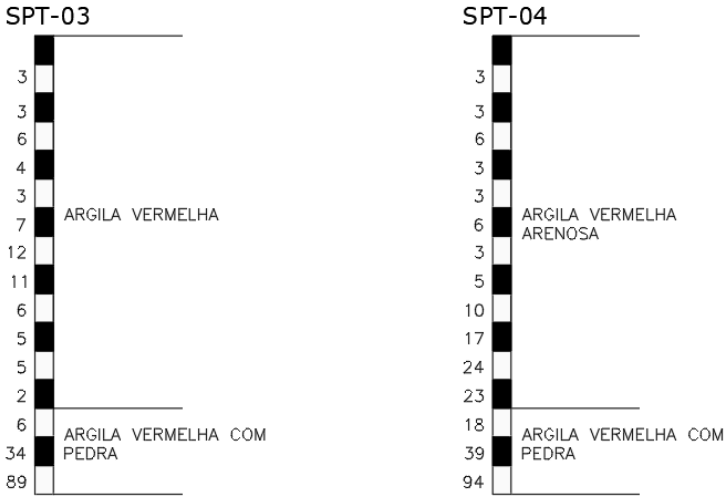

FIGURA 6 - SONDAGENS NO CORPO DO TALUDE.

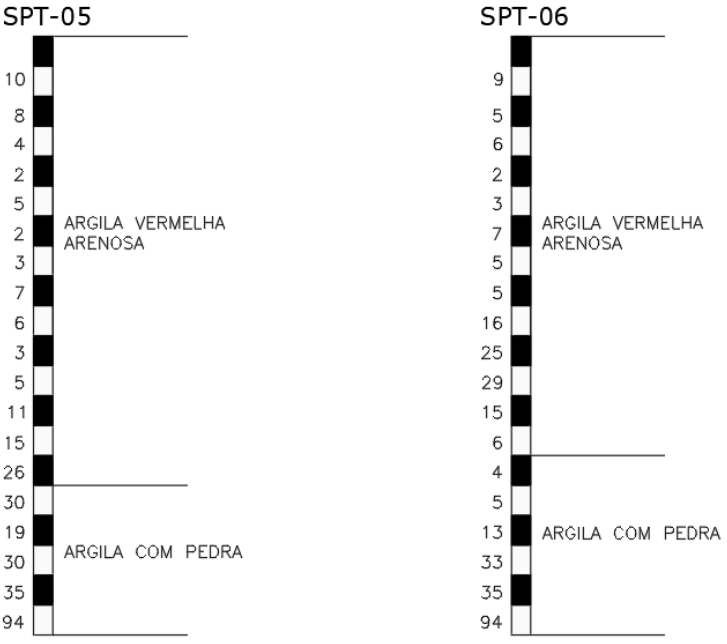

FIGURA 7 - SONDAGENS NA CRISTA DO TALUDE.

TABELA 1 - FUROS DE SONDAGEM.

FURO	PROFUNDIDADE	NÍVEL D'ÁGUA	CRITÉRIO DE PARALISAÇÃO
SP-01	6,00m	Não encontrado	Impenetrável ao trépano de lavagem
SP-02	6,00m	Não encontrado	Impenetrável ao trépano de lavagem
SP-03	16,00m	Não encontrado	Impenetrável ao trépano de lavagem
SP-04	16,00m	Não encontrado	Impenetrável ao trépano de lavagem
SP-05	20,00m	Não encontrado	Impenetrável ao trépano de lavagem
SP-06	20,00m	Não encontrado	Impenetrável ao trépano de lavagem

Além da sondagem SPT também foram coletadas 02 (duas) amostras indeformadas de solo para ensaios de cisalhamento direto pelo Laboratório de Solos da Universidade Federal de Santa Catarina, em agosto de 2024, em conformidade com a norma ASTM D 3080/2011. A Tabela 2, a seguir, apresenta o resumo dos resultados dos ensaios de cisalhamento direto. O laudo completo está apresentado no ANEXO 4 deste relatório.

Tabela 2 - Resumo dos Resultados dos Ensaios.

AMOSTRA	CONDIÇÃO	ÂNGULO DE ATRITO	COESÃO
AM-01	Pico (peak)	30,2º	3,8 kPa
	Pós pico (post-peak)	30,9º	0 kPa
AM-02	Pico (peak)	31,9º	8,6 kPa
	Pós pico (post-peak)	32,5º	3,9 kPa

5.3. MODELO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO

Com base nos elementos obtidos a partir da vistoria, em conjunto com os ensaios, sondagens, topografia, dados da geologia, das estruturas mapeadas em fotografias e campo, definiu-se o modelo geológico-geotécnico representativo, que passa a ser utilizado nas análises de estabilidade.

Frisa-se que os modelos geológico-geotécnicos adotados para os estudos são definidos com base em sondagens pontuais, bem como por mapeamentos de superfície onde possível, e que desta forma, o modelo possui incertezas quanto às extrapolações das camadas e continuidade no plano. Para mitigação de incertezas, deve-se ter acompanhamento geotécnico durante as obras, com foco em refinar, confirmar e retificar, se necessário, estes modelos.

As figuras a seguir apresentam o modelo geológico-geotécnico concebido para as Seções AA e BB, disponibilizadas pelo levantamento topográfico (ver Figura 4).

Memorial Descritivo de Obras (29860870) SEI 25.0.125049-9 / pg. 12

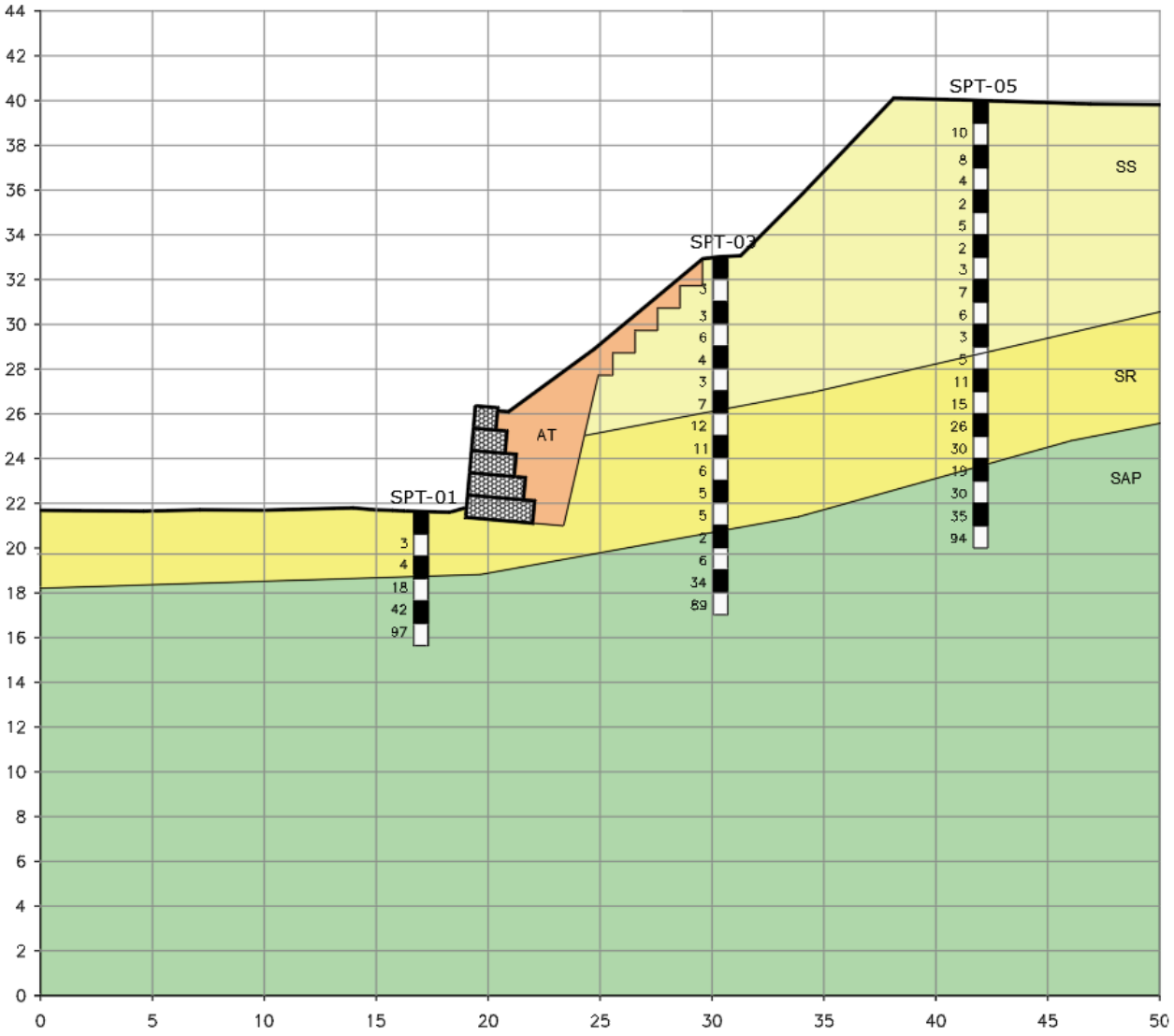

FIGURA 8 - MODELO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO - SEÇÃO AA.

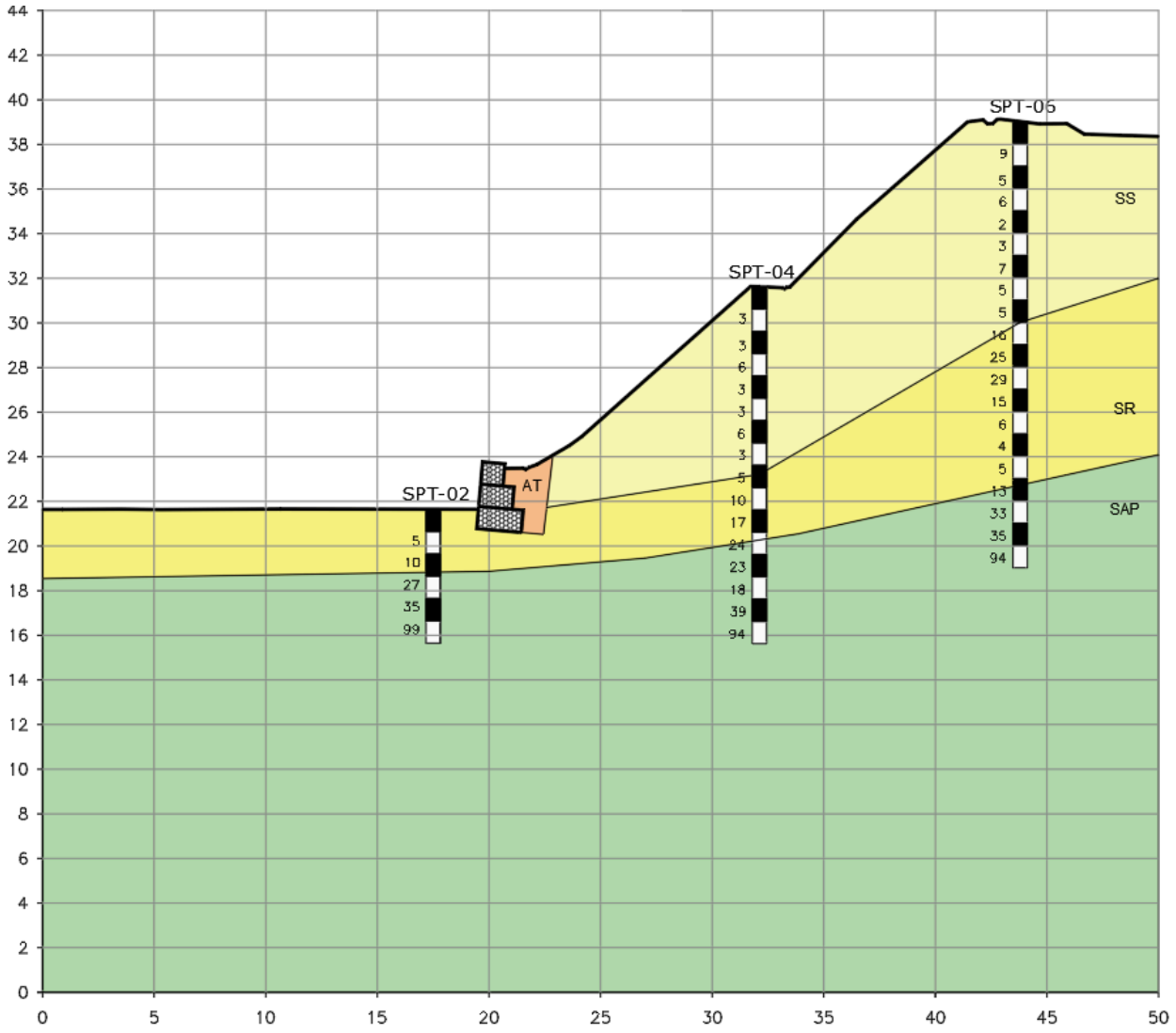

FIGURA 9 - MODELO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO - SEÇÃO BB.

Conforme demonstrado nas figuras, o modelo contempla as seguintes camadas.

SS - Solo superficial: residual maduro, com NSPT abaixo de 10 golpes.

SR - Solo residual de Gnaisse: com NSPT acima de 10 golpes.

SAP - Solo residual Jovem: transição para solo saprolítico.

AT - Aterro: perfil estimado do reaterro do muro de gabião, com base nos projetos anteriores.

6. MEMÓRIA DE CÁLCULO DE ESTABILIDADE

6.1. FATORES DE SEGURANÇA

Nas análises de estabilidade são verificados os fatores de segurança estabelecidos pela norma ABNT NBR 11.682/2009 - Estabilidade de Taludes. Quanto aos níveis de segurança adotados para verificação da estabilidade global, foram considerados:

Nível de segurança estabelecido contra perda de vidas humanas: **ALTO** (Tabela 3);

Nível de segurança estabelecido contra danos materiais e ambientais: **ALTO** (Tabela 4).

Tabela 3 - 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.

Fonte: ABNT - NBR11.682/2009.

Tabela 4 - 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, 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.

Fonte: ABNT - NBR11.682/2009.

Tabela 5 - Fatores de Segurança Recomendados.

Nível de segurança contra danos a vidas humanas Nível de segurança contra	Alto	Médio	Baixo

danos materiais e ambientais			
Alto	**1,5**	1,5	1,4
Médio	1,5	1,4	1,3
Baixo	1,4	1,3	1,2

FONTE: ABNT - NBR11.682/2009.

6.2. PARÂMETROS GEOTÉCNICOS E ANÁLISES DE ESTABILIDADE

Utilizou-se para as análises de estabilidade o software SLIDE, fabricado pela Rocscience do Canadá, que utiliza o método do equilíbrio limite para cálculo automático dos fatores mínimos de segurança à estabilidade. Adotou-se o método de Bishop Simplificado.

Para a análise de estabilidade, a geometria foi importada do modelo (arquivo .dxf) para o software SLIDE e parâmetros geotécnicos adotados foram aplicadas às camadas do modelo. Foi definida uma área para geração dos centros de círculos de ruptura e realizadas buscas automáticas de superfícies de ruptura.

Os parâmetros geotécnicos das camadas de solo superficiais foram definidos com base em ensaios de cisalhamento direto realizados em laboratório. Estes ensaios permitiram a determinação de propriedades como coesão e ângulo de atrito interno do material, essenciais para a caracterização do comportamento mecânico do solo. Para os solos em profundidade, os parâmetros foram definidos com base nos dados obtidos a partir de sondagens disponibilizadas, complementados por referências bibliográficas e pela experiência da consultoria com materiais de características semelhantes.

A Tabela 6 apresenta o resumo dos parâmetros geotécnicos adotados nas análises.

TABELA 6 - PARÂMETROS GEOTÉCNICOS DOS MATERIAIS

Material	**Identificação**	**Peso Específico**	**Coesão Efetiva**	**Ângulo de Atrito Interno Efetivo**
		γ [kN/m^3]	c' [kN/m^2]	φ' [graus]
Solo superficial		16	8	30
Solor residual maduro		16	12	32
Solo residual jovem		17	12	35
Aterro		16	2	28

As figuras a seguir apresentam os resultados das análises realizadas.

Memorial Descritivo de Obras (29860870) SEI 25.0.125049-9 / pg. 16

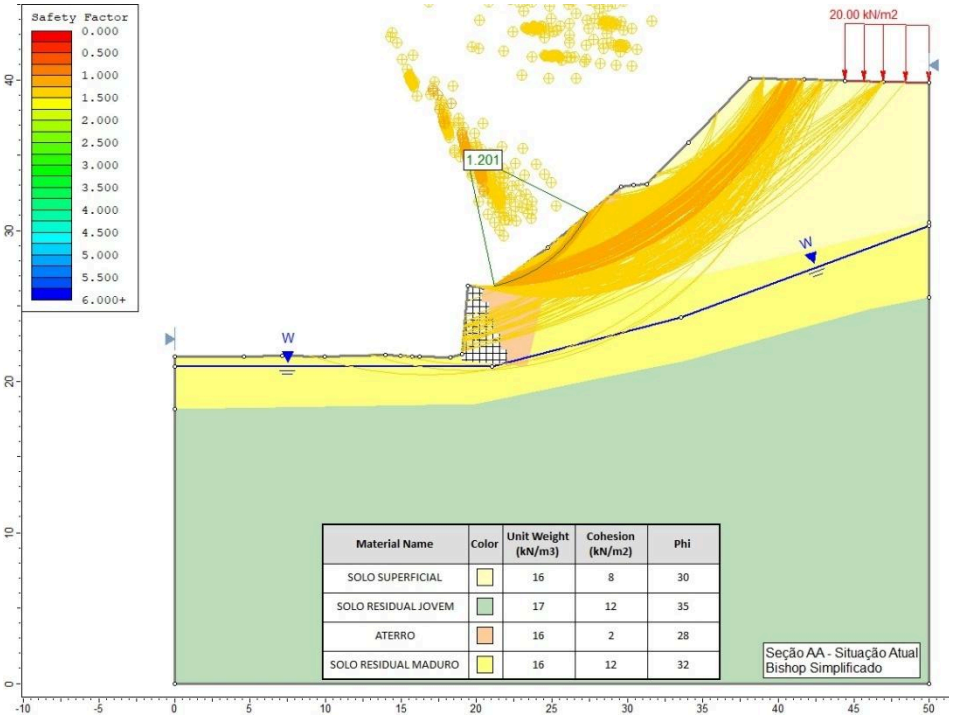

FIGURA 10 - ANÁLISE DE ESTABILIDADE - SEÇÃO AA - SITUAÇÃO ATUAL (FS=1,201).

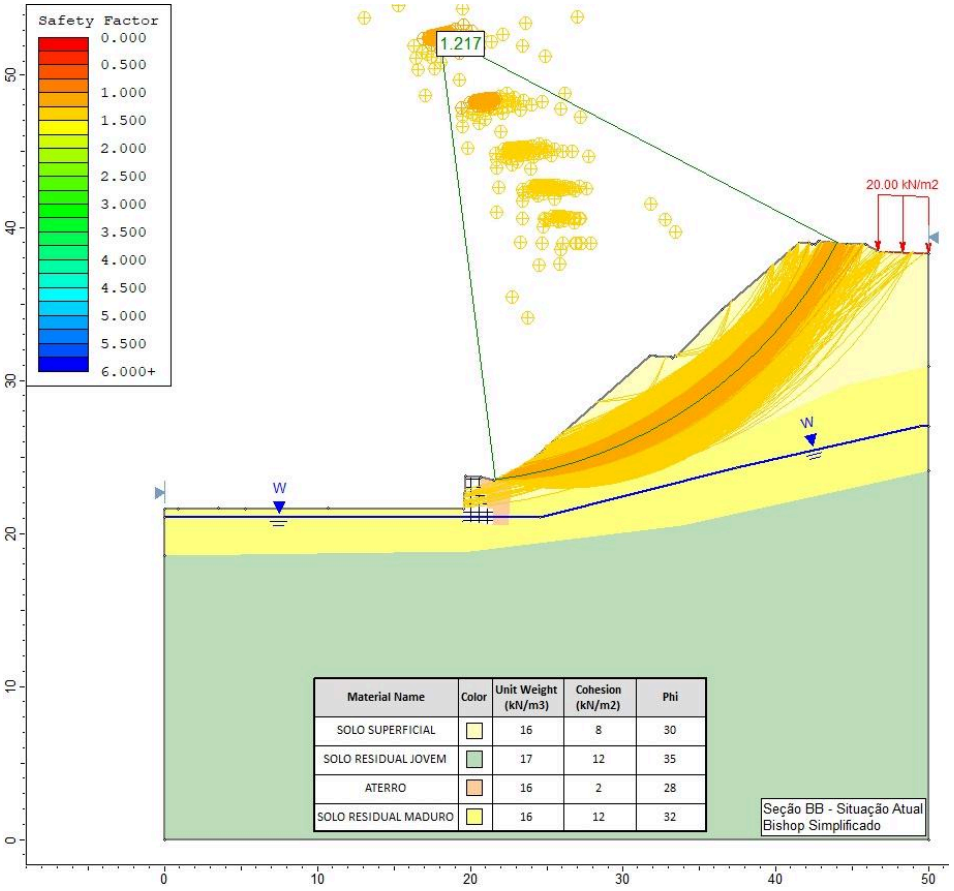

FIGURA 11 - ANÁLISE DE ESTABILIDADE - SEÇÃO BB - SITUAÇÃO ATUAL (FS=1,217).

6.3. RESUMO DOS FATORES DE SEGURANÇA

Tabela 7 - Resumo dos Fatores de Segurança - Situação Atual.

Cenário	Seção	Figura	Método de Análise	FS
Situação Atual	AA	Figura 10	Ruptura Circular (Bishop Simplificado)	**1,201**
	BB	Figura 11	Ruptura Circular (Bishop Simplificado)	**1,217**

As análises de estabilidade expostas neste capítulo demonstram que o talude de corte, na sua situação atual, apresenta fator de segurança inferior ao que preconiza a Norma ABNT NBR 11.682/2009, e portanto, requer intervenções geotécnicas.

6.4. AVALIAÇÃO DE POSSÍVEIS CAUSAS

Como principais hipóteses das causas do movimento constatado são elencadas:

(a) inclinação do talude incompatível com a resistência ao cisalhamento do solo;

(b) superfície de contato entre o reaterro do muro de gabião e o solo residual, formando uma superfície preferencial de deformação;

(c) infiltrações superficiais por chuvas intensas, com eventual contribuição de infiltrações por trincas (redução de resistência ao cisalhamento);

(d) presença de estruturas reliquiares no solo residual (formação de superfícies preferenciais de deslocamento);

(e) subpressões em profundidade e elevação pontual e rápida do nível freático (redução de resistência ao cisalhamento).

7. CONCEPÇÃO GERAL DA OBRA

7.1. SOLUÇÕES PARA ESTABILIZAÇÃO

As análises de estabilidade expostas no capítulo 6 demonstram que o talude apresenta fator de segurança inferior ao que preconiza a Norma ABNT NBR 11.682/2009 na condição atual e, portanto, requer intervenção geotécnica.

As soluções previstas para estabilização da área estão apresentadas nos desenhos de projeto, que constam no ANEXO 01 deste relatório, e seguem resumidas a seguir.

Para facilitar a identificação das soluções de projeto, o talude foi subdividido em duas áreas, denominadas **Talude 1 - Inferior** e **Talude 2 - Superior**, conforme ilustrado na foto a seguir.



Foto 8 - Vista geral do talude e do muro de gabião em estudo.

Talude 1 - Inferior:

No talude inferior, logo acima do muro de gabião, é prevista a execução de solo grampeado, com malha de 1,5m por 1,5m, com chumbadores CA-50 25mm ou GW PLUS 25mm ou THB 25mm, e com comprimento de 9m (sendo 8,80m perfurado). A inclinação das barras será de 90º com a superfície do talude. O revestimento superficial será executado com geomanta flexível tridimensional fabricada a partir de filamentos grossos de polipropileno fundidos nos pontos de contato, e um reforço metálico em malha hexagonal de dupla torção (MacMat®-R ou material similar), combinada com hidrossemeadura, visando prevenção de erosões e pequenos escorregamentos superficiais. O posicionamento dos chumbadores e geomanta estão detalhados no projeto e poderão ser ajustados em campo, desde que atendidos os distanciamentos máximos da malha.

Talude 2 - Superior:

No talude superior, acima da banqueta intermediária, é prevista a execução de solo grampeado, com malha de 2m por 2m, com chumbadores CA-50 25mm ou GW PLUS 25mm ou THB 25mm, e com comprimento de 6m (sendo 5,80m perfurado). A inclinação das barras será de 90º com a superfície do

talude. O revestimento superficial será executado com geomanta flexível tridimensional fabricada a partir de filamentos grossos de polipropileno fundidos nos pontos de contato, e um reforço metálico em malha hexagonal de dupla torção (MacMat®-R ou material similar), combinada com hidrossemeadura, visando prevenção de erosões e pequenos escorregamentos superficiais. O posicionamento dos chumbadores e geomanta estão detalhados no projeto e poderão ser ajustados em campo, desde que atendidos os distanciamentos máximos da malha.

Quanto à drenagem superficial, para todas as seções, a drenagem será recomposta com sarjetas trapezoidais em concreto moldadas *in loco*, sendo que o sistema será ligado às caixas e tubulações existentes.

Antes do início das obras, toda a área deverá ser limpa, com completa remoção de vegetação, regularização do talude e remoção de material solto na área do deslizamento pretérito, e qualquer surgência existente deverá ser informada à projetista para análise e tratamento.

Para detalhes, consultar os desenhos de projeto, que constam no ANEXO 1 deste relatório.

7.2. ANÁLISES DE ESTABILIDADE APÓS OBRAS

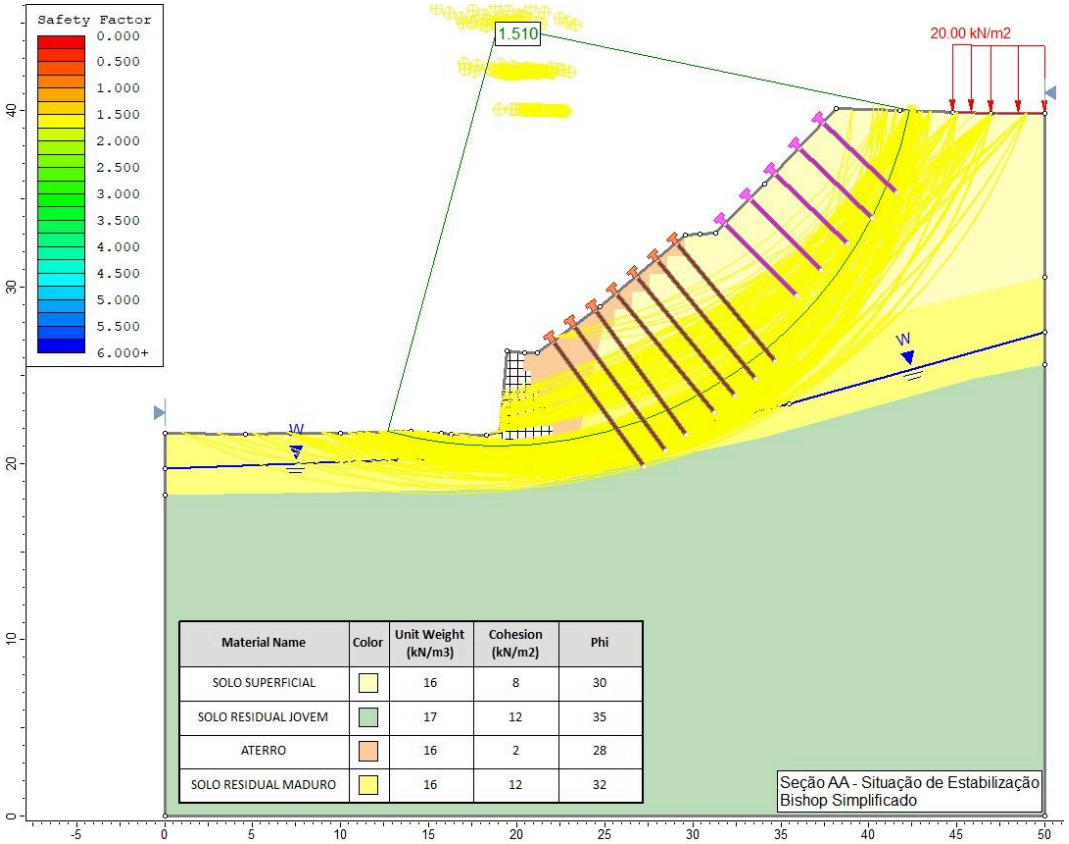

FIGURA 12 - ANÁLISE DE ESTABILIDADE - SEÇÃO AA - SITUAÇÃO APÓS OBRAS (FS=1,510).

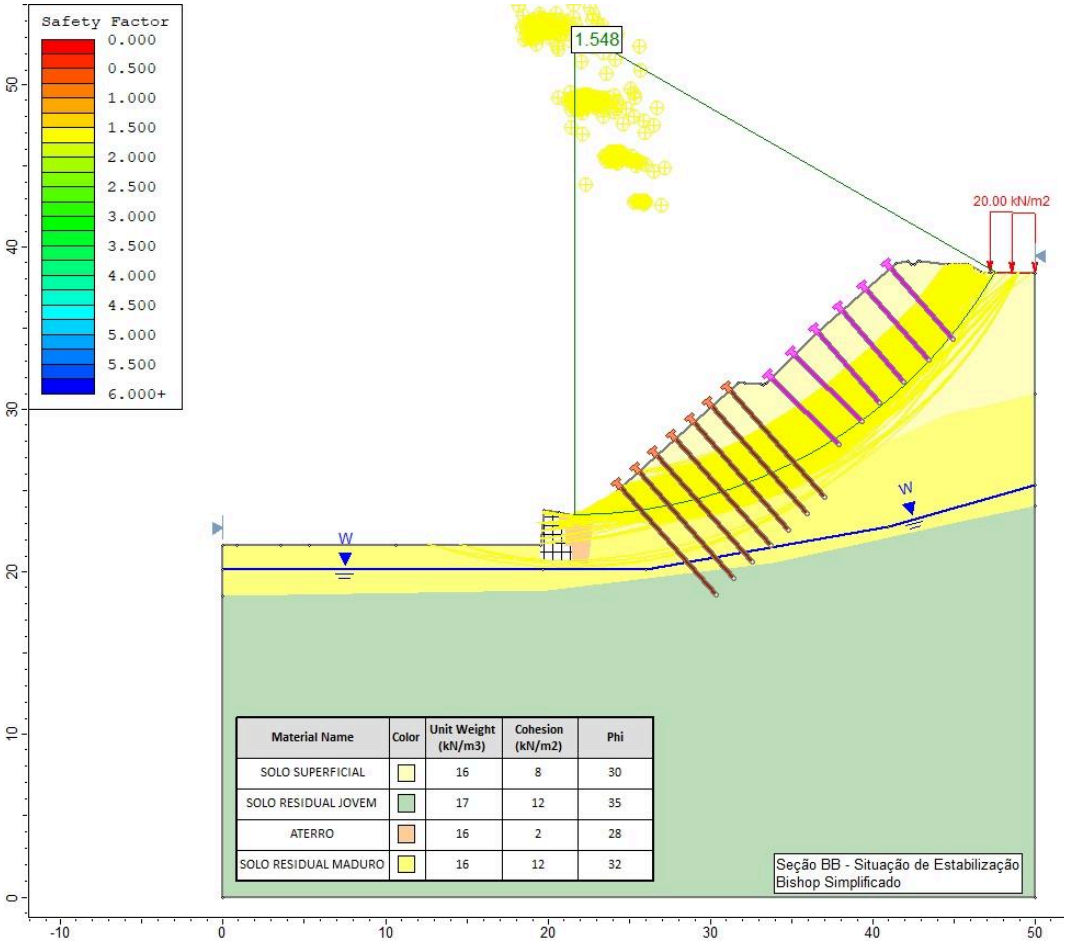

FIGURA 13 - ANÁLISE DE ESTABILIDADE - SEÇÃO BB - SITUAÇÃO APÓS OBRAS (FS=1,548).

Os resultados mostram que o fator de segurança obtido após inclusão das medidas de estabilização para as análises locais é superior a 1,5, atendendo o fator mínimo recomendado pela norma ABNT NBR 11.682 / 2009.

7.3. RESUMO DOS FATORES DE SEGURANÇA

TABELA 8 - RESUMO DOS FATORES DE SEGURANÇA.

Cenário	Seção	Figura	Método de Análise	FS
Situação após obras	AA	Figura 12	Ruptura Circular (Bishop Simplificado)	**1,510**
	BB	Figura 13	Ruptura Circular (Bishop Simplificado)	**1,548**

8. MEMÓRIA DE CÁLCULO

8.1. MEMÓRIA DE CÁLCULO DOS GRAMPOS

No projeto foram adotados grampos CA-50 25mm ou GW PLUS 25mm ou THB25mm, cuja resistência à tração em trabalho deverá ser de no mínimo 165,28 kN, conforme método de cálculo da norma ABNT NBR 16.920:2021, demonstrado na Figura 14.

$$R_{tk} = A_{útil} \cdot f_{yk}$$

$$R_{td} = \left(A_{útil} \cdot f_{yk}\right) / \gamma_m$$

Sendo:
R_{tk} = resistência característica estrutural à tração do grampo
$A_{útil}$ = área da seção transversal útil
f_{yk} = tensão de escoamento característica
R_{td} = resistência à tração de cálculo
γ_m = coeficiente parcial de minoração da resistência (para armação de aço = 1,15)

Aço:	CA-50		*Dado - Entrada*	
Barra:	25mm		*Dado - Entrada*	
f_{yk}:	5000	kgf/cm²	*Dado - Entrada (fabricante/catálogo)*	
D =	2,2	cm	*Dado - Entrada*	*(Descontada a área de corrosão)*
$A_{útil}$ =	3,80	cm²	*Dado - Calculado*	
R_{tk} =	19006,64	kgf	*Dado - Calculado*	
R_{td} =	16527,51	kgf	*Dado - Calculado*	
R_{td} =	16,53	tf	*Dado - Calculado*	
R_{td} =	165,28	kN	*Dado - Calculado*	

FIGURA 14 - VERIFICAÇÃO DA RESISTÊNCIA A TRAÇÃO DOS GRAMPOS.

Além da resistência do aço, é necessário definir a adesão calda x solo dos grampos. Tradicionalmente, em projetos com reforço passivo em solo grampeado, utiliza-se para estimativa da adesão solo x calda a formulação de Ortigão e Palmeira (1997), estabelecida pela seguinte correlação com o NSPT médio do trecho ancorado do grampo:

qs = 50 + 7,5 NSPT (em kPa)

Considerando que os grampos ficarão ancorados em solo com NSPT da ordem de 6 golpes, tem-se:

qs = 50 + 7,5 x 6 = 95,00 kPa = 9,50 tf/m²

Ou ainda, em termos de resistência por metro de grampo:

Adesão $_{metro}$ = qs x 2 π r

Adesão $_{metro}$ = 9,5 x 2 x π x 0,0375 = 2,2 tf/m

Será adotado como parâmetro inicial de projeto para a adesão por metro de grampo de **1,5 tf/m** (aplicando minoração no parâmetro estimado na correlação). Tal parâmetro deverá ser mediante execução de ensaios de arrancamento em grampos teste.

Deverão ser realizados ensaios de arrancamento em 1% dos grampos instalados com carga máxima de ensaio. Para cada ensaio, a ser realizado com apoio de macaco hidráulico, deverão ser realizadas as leituras carga x deslocamento a cada 4ton para posterior avaliação do atrito solo x calda pela Projetista.

O dimensionamento da carga de ensaio e o comprimento do grampo seguiu os critérios da norma ABNT NBR 16920-2:2021 - Muros e taludes em solos reforçados Parte 2: Solos grampeados.

A carga máxima a ser aplicada deve ser limitada à resistência de cálculo da barra de aço conforme a equação a seguir:

$$T_{último} = A_s . \frac{f_{yk}}{\gamma_s}$$

Onde:

$T_{último}$ é a carga última da armação do grampo utilizado no ensaio, expressa em quilonewtons (kN);

A_s é a área da seção transversal da armação do grampo, expressa em metros quadrados (m²);

f_{yk} é a tensão de escoamento característica do aço empregado, expressa em quilopascals (kPa);

γ_s é o coeficiente de minoração da resistência da armação do grampo. Para barras aço, γ_s =1,15.

A carga de ensaio deve ser a carga prevista para o arrancamento do grampo, conforme a seguir:

$$T_{ensaio} = L_b . \pi . \emptyset_{perf} . q_s < T_{último}$$

Onde:

T_{ensaio} é a carga máxima prevista para o ensaio, expressa em quilonewtons (kN);

L_b é o comprimento ancorado do grampo ensaiado, expresso em metros (m);

$\emptyset_{perf}$ é o diâmetro da perfuração do grampo ensaiado, expresso em metros (m);

q_s é a resistência da interface solo × grampo prevista em projeto, expressa em quilopascals (kPa).

Aço:	CA-50		*Dado - Entrada*
Barra:	25mm		*Dado - Entrada*
f_{yk}:	5000	kgf/cm²	*Dado - Entrada (fabricante/catálogo)*
f_{yk}:	490330,00	kPa	*Dado - Calculado*
y_s:	1,15		*Dado - Entrada*
			(Descontada a área de corrosão)
D =	2,2	cm	*Dado - Entrada*
A_s=	3,80	cm²	*Dado - Calculado*
A_s=	0,00038	m²	*Dado - Calculado*
$T_{último}$ =	162,08	kN	*Dado - Calculado*
L_b =	5	m	*Dado - Entrada*
$Ø_{perf}$ =	0,075	m	*Dado - Entrada*
q_s =	95	kPa	*Dado - Entrada*
T_{ensaio} =	111,92	kgf	*Dado - Calculado*

FIGURA 15 - VERIFICAÇÃO DA CARGA DE ENSAIO DE ARRANCAMENTO.

Um valor de q_s é obtido como resultado do ensaio, de acordo com a equação:

$$q_s = \frac{T_{máx}}{L_b.\pi.Ø_{perf}}$$

onde T_{max} é a carga máxima para a qual o grampo ensaiado mantém-se estável.

Considerando os cálculos demonstrados, o ensaio de arrancamento deverá ser realizado em grampo com as seguintes características.

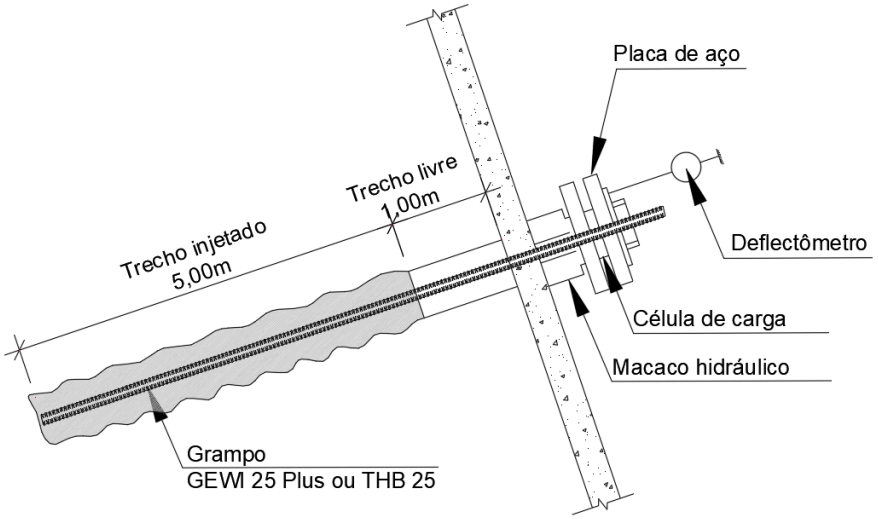

FIGURA 16 - DETALHE ENSAIO DE ARRANCAMENTO.

Todo ensaio, para ser considerado válido, deve ser feito em grampo executado com o mesmo processo adotado na obra (perfuração e injeção).

8.2. MEMÓRIA DE CÁLCULO HIDROLÓGICO

A metodologia de cálculos hidrológicos para determinação das vazões de chuva de projeto é definida em função das áreas das bacias hidrográficas, conforme indicadas a seguir:

- Método Racional - Áreas < 50 ha;
- Método Racional Modificado - 50 ha ≤ Áreas ≤ 100 ha;
- Método de Ven Te Chow ou U.S. Soil Conservation Service - Áreas > 100 ha.

A área total de precipitação no entorno da encosta é da ordem de 10.000m², o que equivale a 1,0 ha, menor que 50 ha, o que sugere a utilização do Método Racional para a determinação da vazão de chuva no local.

O Método Racional estima a vazão máxima de escoamento de uma determinada área sujeita a uma intensidade máxima de precipitação, com um determinado tempo de concentração, a qual é assim representada:

$$Q = \frac{C \times i \times A}{3{,}6} \qquad (1)$$

Onde:

Q - Vazão máxima de escoamento (m³/s);

C - Coeficiente de *Runoff*;

i - Intensidade média máxima de precipitação (mm/h);

A - Área de contribuição da bacia (km²).

- **C - Coeficiente de Escoamento**

O coeficiente de escoamento superficial (Coeficiente *Runoff*) é função de uma série de fatores, dentre os quais o tipo de solo, a ocupação da bacia, a umidade antecedente, a intensidade da chuva e outros de menor importância.

A Tabela 9 apresenta os valores de C para o tipo de ocupação da área.

Tabela 9 - Coeficientes de Runoff.

ZONAS	C
Edificação muito densa:	
Partes centrais, densamente construídas de uma cidade com ruas e calçadas pavimentadas	0,70 - 0,95
Edificação não muito densa:	
Partes adjacente ao centro, de menos densidade de habitações, mas com ruas e calçadas pavimentadas	0,60 - 0,70
Edificações com poucas superfícies livres:	
Partes residenciais com construções cerradas, ruas pavimentadas	0,50 - 0,60
Edificações com muitas superfícies livres:	0,25 - 0,50

ZONAS	C
Partes residenciais com ruas macadamizadas ou pavimentadas	
Subúrbios com alguma edificação:	0,10 - 0,25
Partes de arrabaldes e subúrbios com pequena densidade de construção	
Matas, parques e campos de esporte:	0,05 - 0,20
Partes rurais, áreas verdes, superfícies arborizadas, parques ajardinados, campos de esporte sem pavimentação	

No caso em questão será adotado o valor de **0,20** para o Coeficiente de *Runoff*, considerando que a bacia a montante possui superfície arborizada.

- **i - Intensidade da Chuva**

Para o cálculo da intensidade de chuva, utilizou-se a equação de chuva para o município de Joinville/SC (CPRM, 2014[(1)]).

$$i = \frac{608{,}2T^{0{,}1610}}{(t+12{,}3)^{0{,}6552}}$$

Onde:

i = Intensidade pontual máxima esperada, em mm/h;

T = período de retorno, em anos;

t = duração da chuva, em minutos.

- **Período de Recorrência ou Retorno**

O período de retorno é o intervalo de tempo estimado de ocorrência de um determinado evento. É definido como o inverso da probabilidade de um evento ser igualado ou ultrapassado. Para o estudo em questão foi estudada a precipitação de chuva com períodos de retorno de 5, 10, 15, 20, 25, 30, 50 e 100 anos, sendo adotado o período de 50 anos.

- **Tempo de Concentração**

O Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte (DNIT, 2005) define tempo de concentração de uma bacia hidrográfica como o tempo de percurso em que o deflúvio leva para atingir o curso principal desde os pontos mais longínquos até o local onde se deseja definir a descarga. Esse tempo caracteriza a forma do hidrograma unitário, sendo ainda definido pelo intervalo de tempo entre o

[1]() Atlas Pluviométrico do Brasil; Equações Intensidade-Duração-Frequência (Desagregação de Precipitações Diárias). Município: Joinville, Estação Pluviográfica: Primeiro Salto do Cubatão Código 02649060 e Estação Pluviométrica: Joinville (RVPSC) Código 02648014. Adriana B. Weschenfelder; Karine Pickbrenner e Eber José de Andrade Pinto - Porto Alegre: CPRM, 2014

Memorial Descritivo de Obras (29860870) SEI 25.0.125049-9 / pg. 26

início da precipitação e o instante em que todos os pontos da bacia estão contribuindo para a vazão e consequentemente é um fator importante na conformação e na descarga máxima da enchente de projeto.

Para o cálculo do tempo de concentração está sendo utilizada a fórmula de Kirpich. Segundo esta diretriz, o tempo de concentração das bacias é calculado da seguinte forma:

$$t_c = 57.\left(\frac{L^3}{H}\right)^{0,385}$$

Sendo:

t_c = tempo de concentração, em minutos;

L = comprimento do talvegue principal, em km;

H = desnível máximo, em m.

Considerando as projeções do Software Global Mapper, foi calculado e adotado o tempo de concentração de 5 minutos.

A Tabela 10 apresenta os resultados de intensidade de chuva para cada período de retorno.

Tabela 10 - Resumo das Intensidades de Chuvas Calculadas.

Intensidade de Precipitações (mm/h)							
Período de Retorno							
5	**10**	**15**	**20**	**25**	**30**	**50**	**100**
121,7	136,1	145,3	152,2	157,7	162,4	176,4	197,2

8.3. DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO

Para o cálculo das dimensões de canaletas foi utilizada a equação definida por Manning, citada a seguir.

$$Q = \frac{R^{\frac{2}{3}} \times \sqrt{I}}{n} \times A$$

Onde:

Q - Vazão (m³/s);

R - Raio hidráulico (m);

I - Declividade da canaleta (m/m);

A - Área molhada (m²);

n - Coeficiente de rugosidade da canaleta.

O raio hidráulico é a relação entre a área molhada e o perímetro molhado, portanto:

$$R = \frac{A}{P}$$

Para dimensionamento e verificações da capacidade de escoamento das canaletas foi utilizado o software Canal, disponibilizado pela Universidade Federal de Viçosa. As vazões de contribuição foram as já determinadas pelo Método Racional, para um Período de Retorno de 50 anos.

A Tabela 11 apresenta os dados das vazões de contribuição para cada trecho.

Tabela 11 - Cálculo da Vazão de Contribuição

Trecho	Área de contribuição (Km²)	Coeficiente de Runoff	Intensidade média máxima de precipitação (mm/h)	Vazão de Contribuição (m³/s)
T1	8000,0	0,2	176,37	**0,078**
T2	500,0	0,2	176,37	**0,005**
T3	780,0	0,2	176,37	**0,008**

Para suprir as vazões de contribuição calculadas, adotou-se o formato trapezoidal para as canaletas, sendo que para determinar suas capacidades foram fixadas: a declividade mínima, o coeficiente de rugosidade, o comprimento do canal e as suas dimensões, sendo:

- Declividade mínima - 0,3% (0,003m/m);
- Coeficiente de rugosidade - 0,015;
- Comprimento do canal - conforme trechos de projeto.

A Figura 17 apresenta um esquema da seção transversal das canaletas trapezoidais.

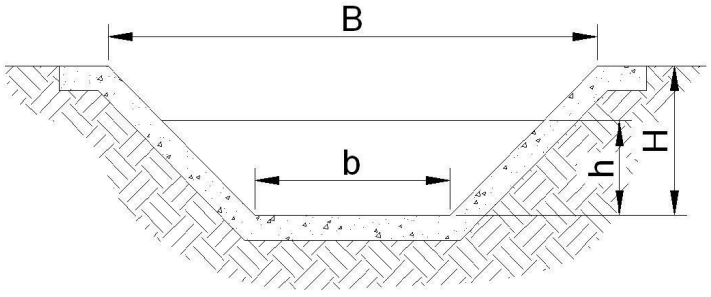

Figura 17 - Esquema da seção transversal das canaletas.

Onde:

B - Base superior do trapézio;

b - Base inferior do trapézio;

H - Altura da canaleta;

h - Altura da lâmina d'água.

Considerando a aplicação de sarjetas conforme o projeto básico, adotaram-se as canaletas com dimensões e capacidade de escoamento descritas pela Tabela 12.

Memorial Descritivo de Obras (29860870) SEI 25.0.125049-9 / pg. 28

Tabela 12 - Dimensões das canaletas.

Tipo	Altura Total (m)	Base Inferior (m)	Base Superior (m)	Lâmina d'água (m)	Folga (m)	Vazão Suportada (m^3/s)
VTC	0,20	0,20	0,60	0,15	0,05	0,12

9. ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

As obras de estabilização do talude objeto deste projeto deverão ser executadas de acordo com os aspectos deste relatório, bem como nos desenhos de projeto apresentados no ANEXO 01, atendendo às Normas Técnicas Brasileiras e as recomendações de associações do tema geotécnico, como ABMS, ABGE, e ainda sobre as orientações da Fiscalização do Município de Joinville e recomendações da Especificação Técnica emitida por eles.

Tabela 13 - Lista de Desenhos.

Código	Conteúdo	Emissão
DE-JOI-CEI-24/01	Levantamento Topográfico Planialtimétrico - Planta Baixa	0
DE-JOI-CEI-24/02	Levantamento Topográfico Planialtimétrico - Seções	0
DE-JOI-CEI-24/03	Modelo geológico-geotécnico	0
DE-JOI-CEI-24/04	Solução de Estabilização - Planta Baixa	0
DE-JOI-CEI-24/05	Solução de Estabilização - Vista Frontal	0
DE-JOI-CEI-24/06	Solução de Estabilização - Seções	0
DE-JOI-CEI-24/07	Detalhes	0

As obras serão executadas de acordo com os itens da planilha de quantidades, onde serão aplicados os critérios de medição para cada item. A empreiteira responsável pelas obras deverá confirmar todas as quantidades deste projeto, previamente ao início das obras.

Dada à complexidade da obra, deverá ocorrer acompanhamento de engenheiro geotécnico, com vistas a validar as escavações, perfurações e demais serviços.

9.1. SEQUÊNCIA EXECUTIVA DA OBRA

A sequência executiva deverá ser definida em conjunto com a empreiteira e fiscalização, visando gerar mínimo impacto nos entornos. A sequência a seguir é uma sugestão da projetista, podendo ser ajustada caso necessário.

a) Instalação de canteiros e mobilização de equipamentos;
b) limpeza superficial do terreno;
c) locação da obra;

d) execução do solo grampeado e aplicação de geomanta de proteção superficial;

e) execução de drenagem superficial;

f) aplicação de proteção superficial com hidrossemeadura;

g) acabamentos finais e desmobilização;

h) apresentação de *Data Book* da obra e dos desenhos *as-built*.

9.2. MOBILIZAÇÃO E INSTALAÇÃO DE CANTEIRO

A empreiteira deverá efetuar a mobilização de equipamentos, máquinas, materiais e equipes consoantes com o escopo do projeto. Caberá a Empreiteira definir pelos equipamentos apropriados, dimensionamento de equipes, frentes etc., contudo, deverão ser observados os prazos contratuais para conclusão das obras.

A instalação de canteiros e áreas de depósitos não deverá prejudicar a mobilidade interna da escola e deverá ser previamente aprovada pela Fiscalização.

Deverão ser instalados dispositivos para isolamento das áreas bem como ampla sinalização de Segurança, Meio Ambiente e Saúde na área das obras e nas áreas de influência.

9.3. LIMPEZA SUPERFICIAL

Previamente aos serviços de escavação, deverá ser feita a limpeza da camada vegetal. O material proveniente desta remoção deverá ser descartado em local apropriado e aprovado pela contratante.

9.4. LOCAÇÃO

A locação das obras e de seus elementos deverá ser feita com apoio topográfico, partindo-se dos pontos de locação. Os grampos deverão ser locados respeitando a malha de projeto dos grampos. A linha de referência para a locação da malha será o pé dos taludes. Os grampos das extremidades dos taludes poderão ser ajustados em campo, sempre respeitando o afastamento máximo indicado em projeto entre os elementos.

Recomenda-se que seja materializado em campo marcos, mostrando as cotas principais e linhas de controle que possam apoiar a execução das obras.

Dada à complexidade, deverá ocorrer acompanhamento de engenheiro geotécnico, com vistas a validar o avanço das obras.

9.5. SOLO GRAMPEADO

Os grampos serão do tipo monobarra, CA-50 25mm ou GW Plus 25mm ou THB 25mm (ou barra de características similares ou superior), em perfuração com diâmetro mínimo de 75mm, com

comprimentos variáveis de 6,0m (seis metros), sendo 5,80m (cinco metros e oitenta centímetros) perfurados e 9,0m (nove) metros, sendo 8,80 (oito metros e oitenta centímetros) perfurados.

Toda a perfuração deverá ser preenchida com calda de cimento fator A/C 0,5 em volume.

São indicadas as seguintes proteções contra corrosão:

- pintura de todos os grampos, placas e porcas com tinta a base epóxi (sendo duas demãos e retoque final no trecho exposto);
- bainha de calda de cimento.

As barras deverão ser dotadas de espaçadores para permitir o correto posicionamento no interior das perfurações.

Normas de Referência:

- NBR 5629 - Execução de Tirantes Ancorados no Terreno
- NBR 6118 - Projeto e Execução de Obras de Concreto Armado
- NBR-7681 - Calda de Cimento de Injeção
- NBR-7682 - Calda de Cimento de Injeção - Determinação do Índice de Fluidez
- NBR-7683 - Calda de Cimento de Injeção - Determinação dos Índices de Exsudação e Expansão
- NBR-7684 - Calda de Cimento de Injeção - Determinação da Resistência à Compressão
- NBR-7685 - Calda de Cimento de Injeção - Determinação da Vida Útil
- Manual de Especificações de Produtos e Procedimentos da ABEF

A execução deverá seguir a sequência básica apresentada a seguir:

1. Ensaios de arrancamento;
2. perfuração;
3. limpeza do furo;
4. introdução do chumbador;
5. injeção de preenchimento da bainha;
6. instalação do paramento;
7. instalação das porcas e placas de ancoragem.

(a) Ensaios de Arrancamento

Com a finalidade de aferir o atrito solo x calda de cimento do grampo, antes do início dos trabalhos, devem ser feitos ensaios de arrancamento, em grampos fora do corpo do projeto para verificação da carga máxima mobilizada. O resultado deve ser informado ao projetista.

A previsão do atrito solo x grampo de projeto é de 15 kN/m (1,5tf/m). Deverão ser realizados ensaios de arrancamento em 1% dos grampos instalados com carga máxima de ensaio. Para cada ensaio, a ser realizado com apoio de macaco hidráulico, deverão ser realizadas as leituras carga x deslocamento a cada 4ton para posterior avaliação do atrito solo x calda pela Projetista.

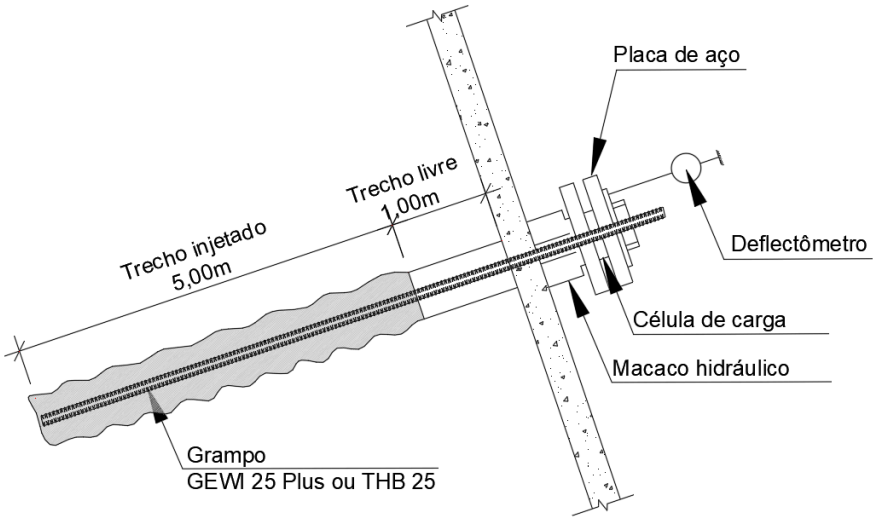

FIGURA 18 - DETALHE ENSAIO DE ARRANCAMENTO.

Todo ensaio, para ser considerado válido, deve ser feito em grampo executado com o mesmo processo adotado na obra (perfuração e injeção).

Tendo em vista a homogeneidade da região de instalação dos grampos em relação às características geotécnicas são previstos seis ensaios de arrancamento. Sendo 3 (três) no talude superior e 3 (três) no inferior. Os grampos a serem ensaiados devem ser posicionados de forma intermediária à malha, equidistantes a quatro grampos da malha, conforme Figura a seguir.

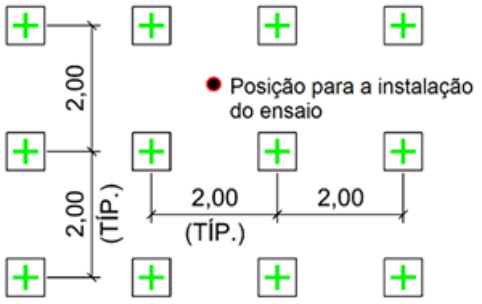

FIGURA 19 - POSIÇÃO ENSAIO DE ARRANCAMENTO.

(b) Perfuração

Antes do início da atividade de perfuração propriamente dita, deverá ser verificada a locação dos grampos, a exata direção, o ângulo de perfuração e alinhamento das perfuratrizes. São indicados preferencialmente equipamentos de perfuração roto-percussivos. Todas as atividades de perfuração terão seu desenvolvimento registrado em boletins específicos que fornecerão o histórico do furo, contendo dados cronométricos, geológicos, geométricos e outros de interesse.

(c) Limpeza e Revestimento do Furo

Concluída a perfuração, será procedida a limpeza do interior do furo, mediante a utilização do ferramental apropriado, até que se complete a eliminação de todos os detritos do seu interior.

Onde necessário, principalmente em material arenoso, prevê-se o revestimento do furo com tubo de PVC ou de aço de parede fina (“spirotubo”, “girotubo” ou equivalente).

A Empreiteira poderá dispensar o revestimento, desde que seja garantida a estabilidade das paredes do furo.

Perfurações instáveis ou interrompidas por obstáculos, caso não forem utilizadas, devem ser imediatamente colmatadas (injetadas). Para este fim, devem-se utilizar as mesmas especificações para injeção de calda de cimento, detalhadas no item “e”, a seguir.

(d) Introdução do Chumbador na Perfuração

Antes da introdução do chumbador na perfuração, deverá ser verificado o estado de limpeza da perfuração, a integridade de todos os componentes do chumbador (emendas, se existente) e o estado de oxidação do aço.

O chumbador deverá ser introduzido na perfuração, evitando curvaturas excessivas para posicioná-lo corretamente. Deve-se garantir o correto posicionamento da haste no interior do furo, com os centralizadores, de modo a se assegurar o recobrimento mínimo de 20 mm por calda de cimento em toda a sua extensão. A extremidade inferior do chumbador não deverá tocar o fundo da perfuração, devendo manter um espaço livre de aproximadamente 0,30m.

(e) Injeção de Calda de Cimento

A fase de injeção denominada bainha compreende o preenchimento do furo e a introdução da barra. Por meio de tubulação acessória cuja extremidade é posicionada na parte inferior da perfuração é injetada a calda de cimento de baixo para cima preenchendo totalmente a cavidade.

Se tiver sido constatado um fraturamento exagerado ao longo da perfuração, deverá ser alterada a relação água/cimento da calda e ser processada nova injeção, para ser evitado um consumo exagerado de calda. A injeção deverá ser mantida até que sejam removidos todos os eventuais detritos que possam ter permanecido no fundo da perfuração ou qualquer excesso de água da lavagem. O controle dessas condições será feito pela observação das características da calda que retorna à boca do furo, garantindo-se, também, o completo preenchimento do mesmo.

Critérios a serem adotados:

- Calda: fator água/cimento igual a 0,5 (em peso);
- Resistência da Calda: 25 MPa aos 28 dias;
- Pressão de injeção: em torno de 1 a 2 MPa.
- Especificação do cimento para calda:

Conforme descreve a NBR 7681.1 não é recomendado o uso do CP-II E e CP-III para a injeção de calda de cimento (pelo histórico de teores encontrados). Porém esta norma

estabelece teores de cloro e de enxofre para todos os tipos de cimento, conforme índices a seguir:

- Teor de cloro proveniente de cloretos (ABNT NBR 9425) ≤ 0,10%
- Teor de enxofre proveniente de sulfetos (ABNT NBR NM 19:2004) ≤ 0,20%
- Temperatura máxima para aplicação de 40°C

Podem-se utilizar os demais tipos de cimentos desde que atendam aos requisitos acima mencionados. Indica-se o uso do CP I - classe 32 e o CP-II F - classe 32, desde que atendendo os requisitos do item 4.1-a e 4.1-b da NBR 7681-1.

(f) Paramento

O paramento especificado no projeto é composto por geomanta flexível tridimensional fabricada a partir de filamentos grossos de polipropileno fundidos nos pontos de contato, e um reforço metálico em malha hexagonal de dupla torção (MacMat® R1 ou material similar), combinada com hidrossemeadura, visando prevenção de erosões e pequenos escorregamentos superficiais.

TABELA 14 - ESPECIFICAÇÃO PARAMENTO.

Geocomposto confeccionado com malha hexagonal de dupla torção tipo 8x10, produzido a partir de arames de aço de baixo teor de carbono, no diâmetro de 2,70 mm. A malha é associada a uma geomanta flexível e tridimensional, de filamentos grossos de polipropileno, fundida nos pontos de contato. Os arames e malhas devem ser produzidos de acordo com as normas NBR 8964, NBR 10514 e EN 10223-3, de forma a garantir maior resistência e desempenho do material .			
Resistência à tração da malha	50	kN/m	EN 10223-3
Resistência da conexão na borda	34	kN/m	EN 10223-3 *
Espessura Nominal (geomanta + reforço)	≥18	mm	ASTM D 5199
Resistência do revestimento metálico dos arames à Névoa Salina	<5% de oxidação após 2000 horas		EN ISO 9227 / EN 10223-3
Resistência do revestimento polimérico	Deve atender às normas NBR 8964 / EN 10223-3		
Embalagem	Bobinas - Dimensões: 2,00m x 25,00m		
*Valor obtido em laboratório, em prova similar à utilizada na obtenção da resistência da malha (item 9.3 da norma EN10223-3).			



FIGURA 9 - EXEMPLOS APLICAÇÃO MACMAT® R1
(FONTE: SITE MACCAFERRI)

Memorial Descritivo de Obras (29860870) SEI 25.0.125049-9 / pg. 34

As atividades de instalação previstas para o paramento são:

Ancoragens de Crista: Para a instalação da malha, deve-se executar inicialmente as ancoragens superiores, por meio da instalação dos grampos de ancoragem de crista, de acordo com a geometria prevista em projeto. A barra de aço deve ser posicionada no furo, com o auxílio de centralizadores e então, executa-se a injeção de calda de cimento para fixação, conforme especificações para perfuração e injeção citadas no relatório de projeto. A inclinação ($Ø_c$) recomendada da barra é de 45º e o comprimento (L_c) de 2,00m, espaçados a cada 2,00m. A distância mínima O_c recomendada é de 1,50m.

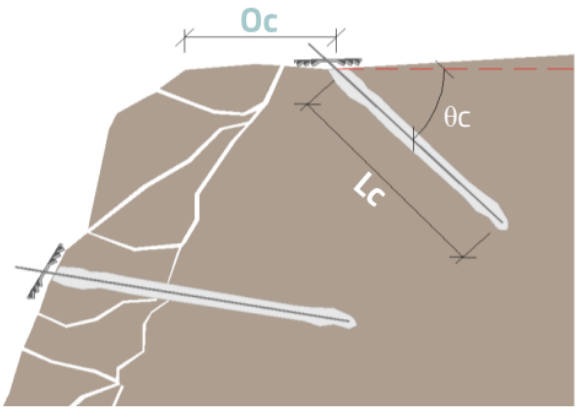

Figura 11 - Detalhe grampo de fixação de crista (Fonte: Maccaferri).

A injeção das ancoragens é um processo essencial para garantir a eficiência do sistema e deve ser realizada imediatamente após a instalação da barra no furo. O furo deve ser preenchido com argamassa conforme as diretrizes da NBR 7681, utilizando o seguinte fator água/cimento em peso:

- 0,5 para a injeção inicial, alcançando resistência superior a 25 MPa em 28 dias.
- Entre 0,5 e 0,7 para a reinjeção.

Içamento, posicionamento e fixação do MacMat® R1: Concluídas as ancoragens na crista, os rolos podem ser desenrolados sobre os taludes, de cima para baixo.

Deve-se deixar 0,30m livres na extremidade superior do painel de malha, e após os 0,30m, a abertura da malha deve ser encaixada na barra de ancoragem.

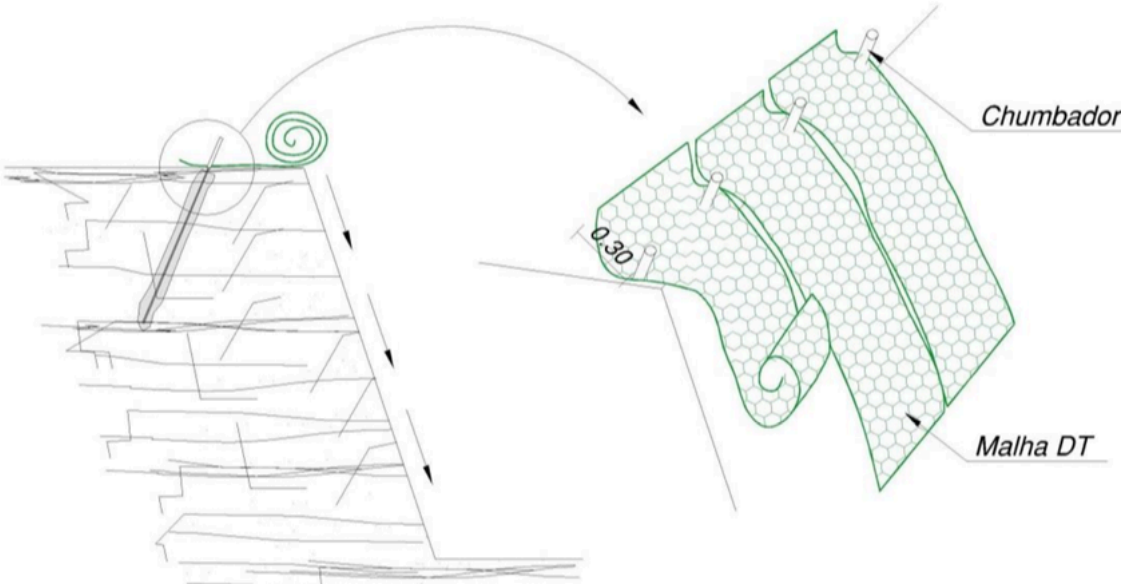

FIGURA 12 - POSICIONAMENTO DAS MALHAS SECUNDÁRIAS NAS ANCORAGENS SUPERIORES E DESENROLAMENTO DA MESMA SOBRE O TALUDE (FONTE: MACCAFERRI).

Após o desenrolamento da malha, deve ser inserido nas ancoragens superiores o cabo de aço Ø16mm que servirá como suporte para a geomanta. O cabo de aço deve ser posicionado atrás das barras. Os 0,30m livres da extremidade superior do painel de Macmat R devem então sobrepor o cabo de aço.

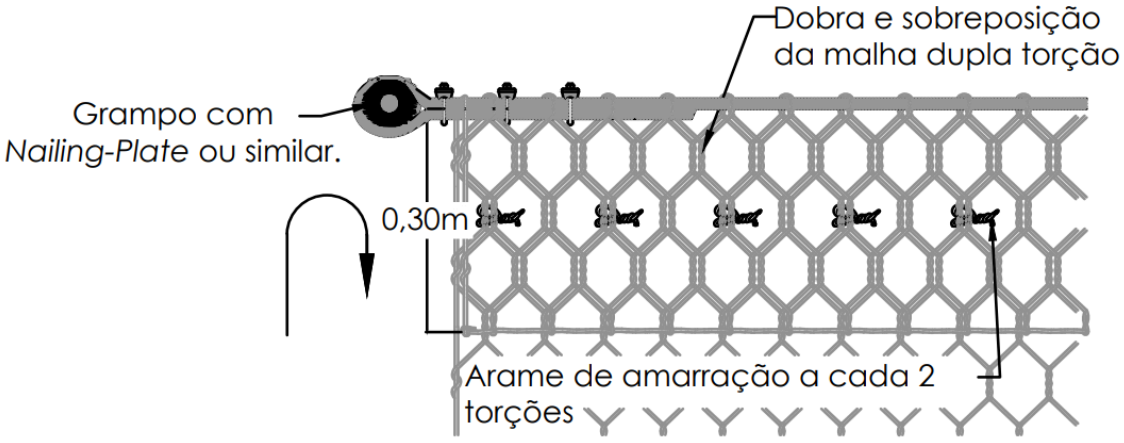

FIGURA 13 - GRAMPOS DE FECHAMENTO DO LAÇO NO CABO DE CRISTA.

Uma prática comum na instalação dos cabos é a sua divisão em seções de 30 metros de comprimento. Tal prática tem como objetivo garantir um melhor estiramento do cabo e facilitar trabalhos de manutenção futuros.

Nas extremidades dos cabos de aço, assim como em suas emendas, as conexões são executadas através de um laço no cabo. Este laço é preso na barra de ancoragem de crista e fixado através de grampos para cabos de aço.

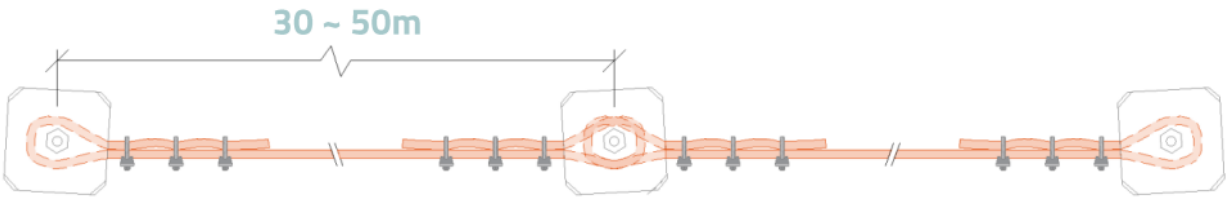

Figura 14 - Emendas em cabos (Fonte: Maccaferri).

O número mínimo de grampos recomendado para o fechamento do laço no cabo de aço de crista é de três ou mais. O espaçamento recomendado entre grampos (E) é de sete vezes o diâmetro do cabo, não devendo ser menor que 70mm e o final livre do cabo (FI) deve ser maior que o espaçamento entre grampos.

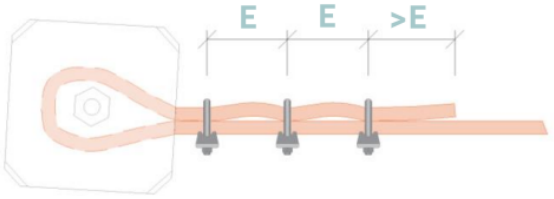

Figura 15 - Fechamento do laço no cabo de crista (Fonte: Maccaferri).

O posicionamento dos grampos influencia diretamente na eficiência da clipagem do cabo de aço. O lado do grampo que possui as porcas deve ser posicionado sobre a seção do cabo que possui carga, vezes chamada de seção viva do cabo.

Outro item importante para a correta instalação é o torque de aperto nos parafusos do grampo. Para cabos de Ø16mm, recomenda-se um torque de 50Nm.

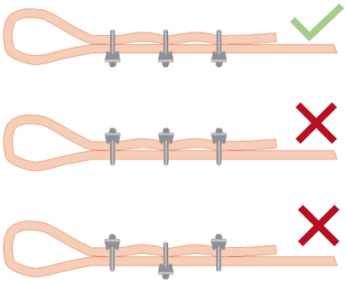

Figura 16 - Grampos de fechamento do laço no cabo de crista (Fonte: Maccaferri).

Conexão entre painéis: a ligação entre as telas se dá através da amarração com arame. Os painéis devem ser posicionados lado a lado, sem sobreposição.

Após os rolos serem desenrolados ou posicionados por meio de içamento, deve-se fazer o posicionamento definitivo da malha. Este procedimento consiste em um ajuste fino do material no talude de modo a garantir a correta cobertura e proteção pela malha.

Quando há curvas no talude, deve-se ter em conta o posicionamento correto e as sobreposições necessárias, sendo elas no topo ou no pé dependendo do lado da curva.

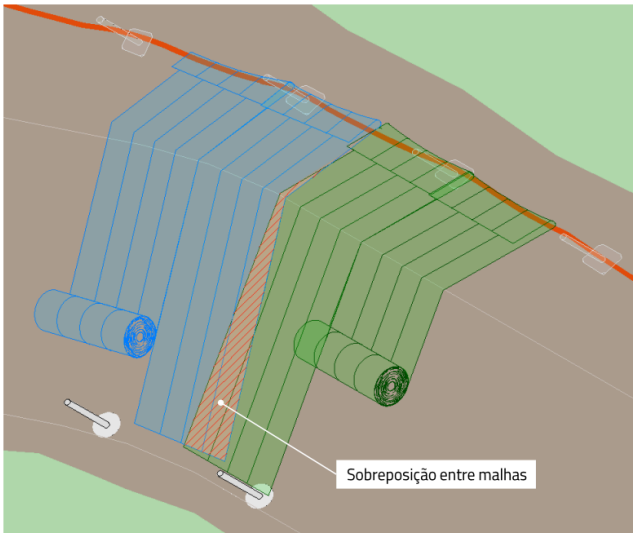

FIGURA 17 - SOBREPOSIÇÃO TÍPICA EM DEFLEXÕES NO TALUDE (FONTE: MACCAFERRI).

Referências bibliográficas:

Manual de Instalação MacMat® R - Maccaferri do Brasil

Manual de Instalação MacMat® HS - Maccaferri do Brasil

Comics de Instalação MacMat®- Maccaferri do Brasil

(g) Porcas e Placas de Ancoragem

O sistema é finalizado com a instalação das placas de ancoragem e posterior fixação com porcas do tipo ponta esférica, para permitir a variação de ângulo entre o chumbador e a placa.

As placas de ancoragem especificadas são do tipo "*Nailing Plate*", compatíveis com o paramento adotado.

TABELA 15 - ESPECIFICAÇÃO PLACA DE ANCORAGEM.

Placas de ancoragem produzidas em aço de alta resistência mecânica e alta resistência à corrosão atmosférica.			
Espessura nominal: 6,2 mm	Tipo de aço: SAC 350	Resistência à ruptura do aço: 490,00 MPa	Deformação na TMT: 10 mm
Peso: 1.038,0 g	Resistência ao escoamento do aço: 373,00 MPa	Tensão Máx. de Trabalho (TMT): 80,00 kN	Dimensões: 148,0 x 180,0 mm

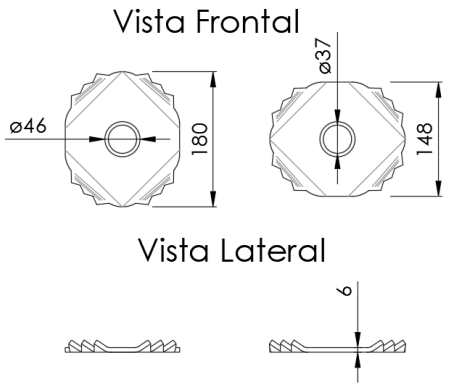

FIGURA 10 - DETALHE *NAILING PLATE* (FONTE: MACCAFERRI).

Deverá ser aplicado torque manual na cabeça do chumbador. Deverá ser utilizado torquímetro para comprovação de carga de incorporação na cabeça do grampo de no mínimo 3,0 tf (30 kN).

(h) Controle Executivo

O controle executivo deverá ser realizado através dos boletins de execução, montagem e instalação constantes do Manual de Especificações de Produto e Procedimentos da ABEF (Associação Brasileira de Empresas de Engenharia de Fundações e Geotecnia). Os boletins deverão compor o *Data book* a ser entregue à Contratante ao final dos serviços.

9.6. DRENAGEM SUPERFICIAL

A drenagem superficial engloba dispositivos de captação, condução e descarga das águas pluviais precipitadas sobre a superfície.

Foram previstos os seguintes dispositivos:

- Canaletas Trapezoidais de Concreto Armado Moldado *in loco*.

O sistema de drenagem projetado é composto por elementos em concreto armado, sendo a armadura prevista por meio de telas metálicas Q-196, conforme detalhado em projeto. Para a execução dos elementos em concreto, estabelece-se a resistência a compressão mínima (fck) de 20 MPa

Para o cálculo da capacidade de escoamento das sarjetas, adotou-se uma seção típica de escoamento e empregou-se o método racional, válido para pequenas bacias, como demonstrado em capítulo referente à memória de cálculo.

Deve-se fazer a locação da escavação por topografia, segundo projeto. A escavação destinada aos dispositivos deve ter tamanho suficiente para acomodar os berços, dispositivos e formas, se necessário. Para os elementos executados *in loco*, as irregularidades da escavação podem ser corrigidas com espalhamento de lastro de concreto magro. Apenas após a concretagem e cura do berço que podem ser posicionadas as armaduras e formas para execução dos elementos de drenagem em

concreto armado. Após a execução das estruturas, quando necessário, o reaterro deve ser feito em camadas de, no máximo, 30 cm cada para compactação. Ao redor das canaletas o material deve ser bem compactado de forma a evitar regiões fragilizadas e, por consequência, evitar processos erosivos. As canaletas que convergem para caixas coletoras devem estar instaladas e fixadas antes da concretagem das paredes que as envolve. No encontro entre a superfície da canaleta e o solo, deve ser feita uma superfície de concreto magro voltada para o interior da canaleta com cerca de 10 cm de espessura e 50 cm de largura.

Ao longo do talude deve ser mantido em boas condições de funcionamento o sistema de drenagem superficial já existente. Devem-se avaliar periodicamente as condições das emendas, existência de trincas, fluxos superficiais fora do sistema, e demais patologias, a fim de evitar infiltrações no corpo do talude. Deve-se também garantir a limpeza constante e evitar quaisquer obstruções ou reduções das seções hidráulicas dos dispositivos.

9.7. PROTEÇÃO SUPERFICIAL DE TALUDES

A ação anti-erosiva da malha MacMat® R1 funciona em sua plena eficiência quando associada à vegetação, portanto, deve-se executar o plantio de espécies vegetais que se adequem bem ao clima da região. Para o projeto em questão, o método indicado é a hidrossemeadura, que consiste no lançamento das sementes por meio de bombeamento. O plantio pode ser feito na primeira etapa da execução ou no final, após a instalação da malha, ficando a critério da empreiteira. Se feito antes, garante-se o contato completo das sementes com a superfície do terreno, porém, deve-se tomar cuidado durante as operações seguintes, para que não ocorra atrito que remova as sementes depositadas. Se feito depois, deve-se ter cuidado para que as sementes passem pela geomanta e entrem em contato com o solo.

Todas as demais áreas expostas deverão ser protegidas com hidrossemeadura com espécies nativas da região. Para a hidrossemeadura deve-se realizar escarificação superficial do solo com sulcos em nível para a retenção da mistura na superfície. A aspersão da mistura é feita com auxílio de caminhão aspergidor.

No reservatório, visando à homogeneidade, a mistura deve ser constantemente agitada. O caminhão aspergidor apenas circulará nos acessos. Dessa forma, a hidrossemeadura realizada nos taludes deve ser possibilitada por mangueira de comprimento suficiente.

9.8. DESMOBILIZAÇÃO DA OBRA

Ao final da obra deverão ser removidas todas as instalações do canteiro de obra, equipamentos, edificações temporárias, sobras de material, formas, sucatas, etc.

10. PLANO DE MANUTENÇÃO DAS OBRAS

Após a conclusão das obras a contratante deverá manter um plano contínuo de inspeção e manutenção da área. Este plano deverá ser anualmente programado e deverão ser mantidos registros para futuras consultas.

Quanto às **inspeções**, recomendam-se as seguintes frequências:

- Mensal ou após períodos de chuvas intensas: realizada por técnico com treinamento formal para a atividade de inspeção. Nestas vistorias deverão ser percorridos os taludes, bancadas e drenagens, visando identificar ocorrências gerais, como obstrução de drenagens, fendas no solo, trincas nas estruturas de concreto, rompimento de cabeças de chumbadores, rupturas nas geomantas, condições das drenagens etc. Deverá ser preenchido um *check-list* e registro com fotografias.

- Anual: realizada por engenheiro civil com experiência em inspeção. Nestas vistorias deverão ser percorridos os taludes, bancadas e drenagens, visando identificar ocorrências visuais. Deverá ser emitido relatório com fotografias.

Quanto à **manutenção** das obras, recomenda-se o tratamento de todas as ocorrências reportadas nas inspeções sistemáticas e outras, a saber:

- limpeza periódica do sistema de drenagem;
- recuperação de erosões superficiais que por ventura ocorram na área;
- manutenção da superfície vegetal, se necessário.

11. MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS QUANTIDADES

11.1. CANTEIRO DE OBRAS, MOBILIZAÇÃO E DESMOBILIZAÇÃO DE EQUIPAMENTOS E PESSOAL

A.1 Construção do canteiro

Considerou-se a construção do canteiro e custos mensais de manutenção. A composição contempla locação de container para uso sanitário e locação de container para uso de escritório/almoxarifado, durante o período previsto para obra, que é de **4(quatro) meses.**

A.2 Mobilização e desmobilização de equipamentos

Consideraram-se os custos de transporte de equipamentos necessários para a execução da obra. Para este fim foram estimados os custos do transporte considerando a distância de Blumenau/SC até o canteiro de obras. Foram consideradas as viagens necessárias para fins de mobilização e desmobilização.

A.3 Mobilização e desmobilização de pessoal

Consideraram-se os custos de transporte do pessoal previsto para a execução da obra. Para este fim foram estimados os custos do transporte considerando a distância de Blumenau/SC até o canteiro de obras. Foram consideradas as viagens necessárias para fins de mobilização e desmobilização.

11.2. SERVIÇOS PRELIMINARES

B.1 Limpeza da camada vegetal

Corresponde à área de intervenção das obras, com necessidade de limpeza, obtida em planta baixa constante no desenho DE-JOI-CEI-24/04 com uso do software AutoCad.

Área: **2.058,00m²**

11.3. SOLO GRAMPEADO

C.1 Perfuração

Corresponde à estimativa dos quantitativos para a execução de solo grampeado. As quantidades foram obtidas em seções e planta baixa constantes nos desenhos DE-JOI-CEI-24/04 a 05 com uso do software AutoCad.

Talude inferior:

Área para aplicação de solo grampeado em planta baixa = 467,00m²

Área real inclinada, com inclinação de aproximadamente 1,2:1 (H:V) = 608,00m²

Malha dos grampos = 1,5m x 1,5m

Quantidade de grampos (considerando acréscimo 20%): 325 unidades

Comprimento de grampos 25mm: 9,0m / Sendo 8,8m perfurados

Logo, 325 x 8,8m = 2.860,00m

Talude Superior:

Área para aplicação de solo grampeado em planta baixa = 502,00m²

Área real inclinada, com inclinação de aproximadamente 1:1 (H:V) = 710,00m²

Malha dos grampos = 2,0m x 2,0m

Quantidade de grampos (considerando acréscimo 20%): 213 unidades

Comprimento de grampos 25mm: 6,0m / Sendo 5,8m perfurados

Logo, 213 x 5,8m = 1.235,40m

Grampos de crista:

Para a fixação da geomanta são necessários grampos de aço de comprimento 200cm, com espaçamento a cada 2,00m, em toda a crista do talude superior, como ilustra o detalhe constante no desenho DE-JOI-CEI-24/07.

Quantidade de grampos = 100,00m / 2,00m = 50 grampos
Extensão total = 50 x 2,00m = 100,00m
Considerando acréscimo de 20% para eventuais ajustes de campo e perdas:
Extensão total = 100,00m + 20% ≈ 120,00m
Quantidade de grampos (considerando acréscimo 20%): 60 unidades
Considerando que apenas 1,80m do grampo é perfurado, temos:
Perfuração para grampos de crista = 60 grampos de contorno x 1,80m = 108,00m

Portanto, a previsão de extensão total de perfuração é de = **4.203,40m**

C.2 Fornecimento e instalação de grampos de aço 25mm, comprimento 9m

Compreendendo o fornecimento da barra, bainha, abertura de roscas, luvas, proteção anticorrosiva, espaçadores, preparo, colocação no furo e injeção com nata de cimento; exclusive perfuração, protensão, acessórios para ancoragem e proteção da cabeça.

As quantidades foram obtidas em seções e planta baixa constantes nos desenhos DE-JOI-CEI-24/04 a 05 com uso do software AutoCad.

Talude inferior:
Área para aplicação de solo grampeado em planta baixa = 467,00m²
Área real inclinada, com inclinação de aproximadamente 1,2:1 (H:V) = 608,00m²
Malha dos grampos = 1,5m x 1,5m
Quantidade de grampos (considerando acréscimo 20%): 325 unidades
Extensão total de grampos (fornecimento) com comprimento 9m = 325 x 9 = **2.925,00 m**

C.3 Fornecimento e instalação de grampos de aço 25mm, comprimento 6m

Compreendendo o fornecimento da barra, bainha, abertura de roscas, luvas, proteção anticorrosiva, espaçadores, preparo, colocação no furo e injeção com nata de cimento; exclusive perfuração, protensão, acessórios para ancoragem e proteção da cabeça.

As quantidades foram obtidas em seções e planta baixa constantes nos desenhos DE-JOI-CEI-24/04 a 05 com uso do software AutoCad.

Talude Superior:
Área para aplicação de solo grampeado em planta baixa = 502,00m²
Área real inclinada, com inclinação de aproximadamente 1:1 (H:V) = 710,00m²

Malha dos grampos = 2,0m x 2,0m

Quantidade de grampos (considerando acréscimo 20%): 213 unidades

Extensão total de grampos (fornecimento) com comprimento 6m = 213 x 6 = **1.278,00 m**

C.4 Fornecimento e instalação de grampos de aço 20mm, para ancoragem de crista, comprimento 2m

Compreendendo o fornecimento da barra, bainha, abertura de roscas, luvas, proteção anticorrosiva, espaçadores, preparo, colocação no furo e injeção com nata de cimento; exclusive perfuração, protensão, acessórios para ancoragem e proteção da cabeça.

As quantidades foram obtidas em seções e planta baixa constantes nos desenhos DE-JOI-CEI-24/04 a 05 com uso do software AutoCad.

Extensão da crista = 100,00m

Quantidade de grampos = 100,00m / 2,00m = 50 grampos

Extensão total = 50 x 2,00m = 100,00m

Considerando acréscimo de 20% para eventuais ajustes de campo e perdas:

Extensão total = 100,00m + 20% ≈ **120,00m**

C.5 Grampos "L" - Barra de aço CA-50 diâmetro de 10mm - para fixação da geomanta na banqueta intermediária

Para a fixação da geomanta na banqueta intermediária, são necessários grampos de aço de comprimento 150cm, com espaçamento a cada 1,50m, em todo a extensão da banqueta, como ilustra o detalhe constante no desenho DE-JOI-CEI-24/07.

Extensão total = 80,00m (extensão da banqueta) x 1,50m / 1,50m = 80,00m

Considerando acréscimo de 20% para eventuais ajustes de campo e perdas:

Extensão total ≈ 96,00m

C.6 Fornecimento e instalação de acessórios para grampos 25mm

As quantidades foram obtidas em seções e planta baixa constantes nos desenhos DE-JOI-CEI-24/04 a 05 com uso do software AutoCad. Foram consideradas as instalações de placas e porcas.

Talude inferior:

Quantidade de grampos (considerando acréscimo 20%): 325 unidades

Talude Superior:

Quantidade de grampos (considerando acréscimo 20%): 213 unidades

Quantidade de grampos e acessórios: **538 unidades**

C.7 Fornecimento e instalação de acessórios para grampos 20mm

As quantidades foram obtidas em seções e planta baixa constantes nos desenhos DE-JOI-CEI-24/04 a 05 com uso do software AutoCad. Foram consideradas as instalações de placas e porcas.

Grampos de ancoragem de crista:

Quantidade de grampos (considerando acréscimo 20%): **60 unidades**

C.8 Fornecimento e instalação de geomanta tipo MACMAT-R (ou similar)

Corresponde à estimativa dos quantitativos para a instalação da geomanta de paramento do solo grampeado verde. As quantidades foram obtidas em seções e planta baixa constantes nos desenhos DE-JOI-CEI-24/04 a 05 com uso do software AutoCad.

Talude inferior:

Área para aplicação de geomanta em planta baixa = 772,00m²

Área real inclinada, com inclinação de aproximadamente 1,2:1 (H:V) = 1.005,00m²

Talude Superior:

Área para aplicação de geomanta em planta baixa = 502,00m²

Área real inclinada, com inclinação de aproximadamente 1,2:1 (H:V) = 710,00m²

Área total = 1.715,00m² + 20% (folga para ajustes e acabamentos laterais) ≈ 2.058,00m²

Considerando que o fornecimento do material é em rolos de 2,00m x 25,00m, considera-se a aquisição de **2.100,00m²**.

C.9 Fornecimento e instalação de cabos de aço de crista D=16mm e clips de conexão

As quantidades foram obtidas em seções e planta baixa constantes nos desenhos DE-JOI-CEI-24/04 a 05 com uso do software AutoCad.

Extensão da crista = 100,00m + 20% (folga para ajustes e acabamentos laterais) ≈ **120,00m**

C.10 Ensaios de arrancamento de grampo

São previstos **6 ensaios** de arrancamento antes do início das perfurações, correspondente a 1% (aproximadamente) do total de grampos.

C.11 Hidrossemeadura

Corresponde à área de aplicação de hidrossemeadura sob a tela de alta resistência do solo grampeado.

Área total = **2100,00m²**

11.4. DRENAGEM

Corresponde à extensão de dispositivos de drenagem previstos em projeto, obtidos em planta baixa constante no desenho DE-JOI-CEI-24/04 com uso do software AutoCAD.

- **D.1** Sarjeta trapezoidal de concreto - SZC 60-20 = **249,00m**
- **D.2** Caixa de ligação e passagem - CLP 01 = **4 unidades**

12. CONCLUSÕES E AÇÕES EXECUTIVAS

Para execução das obras, são definidas as seguintes recomendações.

a) As hipóteses assumidas no projeto geotécnico deverão ser validadas por avaliação visual do comportamento, antes, durante e após as obras.
a) Devido às características do desenvolvimento do projeto, deverá ocorrer acompanhamento sistemático da projetista para elaborar eventuais ajustes de projeto;
b) As quantidades foram estimadas e poderão sofrer ajustes após início das obras;
c) Monitorar visualmente o entorno das obras, para observar previamente algum aspecto de instabilidade iminente (abertura de fendas, abatimentos etc.);
d) Toda e qualquer necessidade de ajuste e/ou alteração deverá ser comunicada e aprovada pela Projetista;
e) Qualquer alteração na geometria durante a fase de projeto ou durante as obras deverá ser avaliada quanto à estabilidade dos taludes;
f) Ao final das obras, a Empreiteira deverá efetuar um levantamento topográfico cadastral para confecção dos desenhos *as built*, bem como apresentar o Data-Book, contendo registro fotográfico de acompanhamento da obra, RDO, quantidades executadas, registros dos controles de qualidade, ensaios realizados, controle de qualidade, etc.

FERNANDO STROISCH:84134518920

Assinado de forma digital por FERNANDO STROISCH:84134518920
Dados: 2026.06.25 15:27:10 -03'00'

FERNANDO STROISCH
CREA/SC 062552-0

Memorial Descritivo de Obras (29860870) SEI 25.0.125049-9 / pg. 46

ANEXOS

ANEXO 01 - PEÇAS GRÁFICAS

ANEXO 02 - PLANILHA DE QUANTIDADES

Memorial Descritivo de Obras (29860870) SEI 25.0.125049-9 / pg. 48

ANEXO 03 - LAUDOS DE SONDAGENS

Memorial Descritivo de Obras (29860870) SEI 25.0.125049-9 / pg. 49

ANEXO 04 - LAUDOS DOS ENSAIOS

Memorial Descritivo de Obras (29860870) SEI 25.0.125049-9 / pg. 50