

**PROJETO DE CONTENÇÕES EM
PEDRA BASALTO DO RIO SANTA
CRUZ**

Prefeitura de São Jorge

São Jorge/RS

PROJETO DE CONTENÇÕES DO RIO SANTA CRUZ

CONTRATANTE:

Razão Social: Município de São Jorge

CNPJ: 91.566.851/0001-51

Endereço: Av. Daltro Filho, 901 – Centro.

Município: São Jorge/RS, CEP: 95365-000

CONTRATADA:

Razão Social: Rio Fundo Engenharia

Endereço: Rua Eduardo de Brito, 800, CEP 99010-180, Passo Fundo/RS

CNPJ: 58.940.212/0001-39

Responsável técnico: Leonardo Vignochi Saggiorato

Eng. Civil – CREA/RS: RS251.309

Daltro Bonatto

Geólogo – CREA/RS: 061.007

Equipe técnica:

André Vitor Andrade Micheletto

Eng. Civil – CREA/RS: RS274.342

Mariana Benedetti – Eng. Civil

Data: 29/09/2025

Versão: R02

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	5
2	OBJETIVO	5
3	LOCALIZAÇÃO.....	5
4	ESTUDOS TÉCNICOS	6
5	ASPECTOS FÍSICOS	7
5.1	DADOS HIDROLÓGICOS	7
5.2	DADOS GEOLÓGICOS.....	7
5.3	DEFINIÇÃO DAS ÁREAS CRÍTICAS	8
5.4	PERFIS COLETADOS.....	9
6	PROPOSTA TÉCNICA DE CONTENÇÃO – MUROS DE PEDRA BASALTO .	11
6.1	ESCOPO E DIRETRIZES GERAIS	11
6.2	TIPOLOGIA ESTRUTURAL.....	12
6.3	CRITÉRIOS GEOMÉTRICOS (PRÉ-DIMENSIONAMENTO ORIENTATIVO) ..	12
6.4	FUNDAÇÃO E PROTEÇÃO DE BASE.....	13
6.5	DRENAGEM INTERNA E ALÍVIO DE PRESSÕES	13
6.6	INTEGRAÇÃO COM DRENAGEM SUPERFICIAL E OBRAS ADJACENTES .	13
6.7	ACABAMENTOS, TOPO E DURABILIDADE	13
6.8	OPERAÇÃO, INSPEÇÃO E MANUTENÇÃO	13
7	MEMORIAL DE CÁLCULO DA ESTABILIDADE DA ENCOSTA	14
7.1	PARÂMETROS DE RESISTÊNCIA DO TERRENO	15
7.2	NÍVEL D'ÁGUA.....	15
7.3	SOBRECARGAS ADOTADA.....	16
7.4	EVENTUAL SITUAÇÃO DE SISMO	16
7.5	CÁLCULO TEÓRICO.....	16
7.6	CÁLCULOS DA NBR 15.421/2023	19
8	VERIFICAÇÃO DE ESTABILIDADE	20

9	RESULTADOS	22
10	CONCLUSÃO	36
11	PROJETO EXECUTIVO	37
11.1	INSTALAÇÃO DO CANTEIRO	37
11.2	SERVIÇOS INICIAIS	37
11.3	EXECUÇÃO DAS OBRAS DE CONTENÇÃO	38
12	CONCLUSÃO	40
13	RESPONSÁVEL TÉCNICO	41
14	REFERÊNCIAS	41

1 INTRODUÇÃO

O presente documento tem por finalidade apresentar o projeto executivo referente à obra de contenção de taludes do Rio Santa Cruz, curso d'água que atravessa a área urbana da cidade.

Devido às condições topográficas, geotécnicas e hidrológicas identificadas ao longo de suas margens, verificou-se a necessidade de implantação de medidas de contenção e estabilização, visando mitigar processos erosivos, deslizamentos, inundações e instabilidades que possam comprometer a segurança da população, a infraestrutura existente e o equilíbrio ambiental.

O projeto contempla os estudos hidrológicos, geotécnicos e topográficos, bem como a definição das soluções de engenharia a serem aplicadas, a memória de cálculo da estabilidade, o detalhamento executivo e as medidas de drenagem e proteção contra erosão. O conjunto das informações técnicas aqui apresentadas fornece as bases necessárias para a execução segura e eficiente da obra, assegurando sua durabilidade e conformidade com as normas vigentes.

2 OBJETIVO

- Garantir a estabilidade do talude em estudo, mitigando riscos de escorregamentos, erosões e processos de instabilidade.
- Apresentar as soluções de contenção e drenagem adequadas às características locais.
- Demonstrar a viabilidade técnica e executiva da obra, atendendo aos parâmetros normativos.
- Fornecer subsídios técnicos para execução, fiscalização e manutenção da obra.

3 LOCALIZAÇÃO

O município de São Jorge localiza-se à 28°29'52" de latitude sul e 51°41'49" de longitude oeste, com altitude média de 640m. A Figura 1 posiciona o município de São Jorge e a área estudada em relação à região.

Figura 1 – Localização.



Fonte: Base cartográfica GeoSGB-CPRM.

4 ESTUDOS TÉCNICOS

Como subsídio inicial para a elaboração do presente projeto, foi utilizado o Relatório Socioambiental do Município, que forneceu informações relevantes acerca das características físicas, ambientais e de ocupação da área de intervenção. Além disso, foi realizado um dia de campo em 18/08/2025, no qual procedeu-se ao levantamento topográfico com coleta de perfis transversais do Rio Santa Cruz, verificação *in loco* da situação dos taludes e registro fotográfico detalhado das condições existentes.

Essas informações, associadas às análises hidrológicas, geotécnicas e topográficas, constituíram a base técnica necessária para definição das soluções de engenharia e dimensionamento da obra de contenção.

Para este estudo foram identificados e avaliados aspectos como ocupação urbana nas margens de corpos d'água, suscetibilidade à inundação e processos erosivos, cálculo da estabilidade da encosta com pesquisa da superfície crítica, incluindo parâmetros da resistência do terreno, nível d'água, sobrecargas adotadas e eventual situação de sismo.

5 ASPECTOS FÍSICOS

5.1 DADOS HIDROLÓGICOS

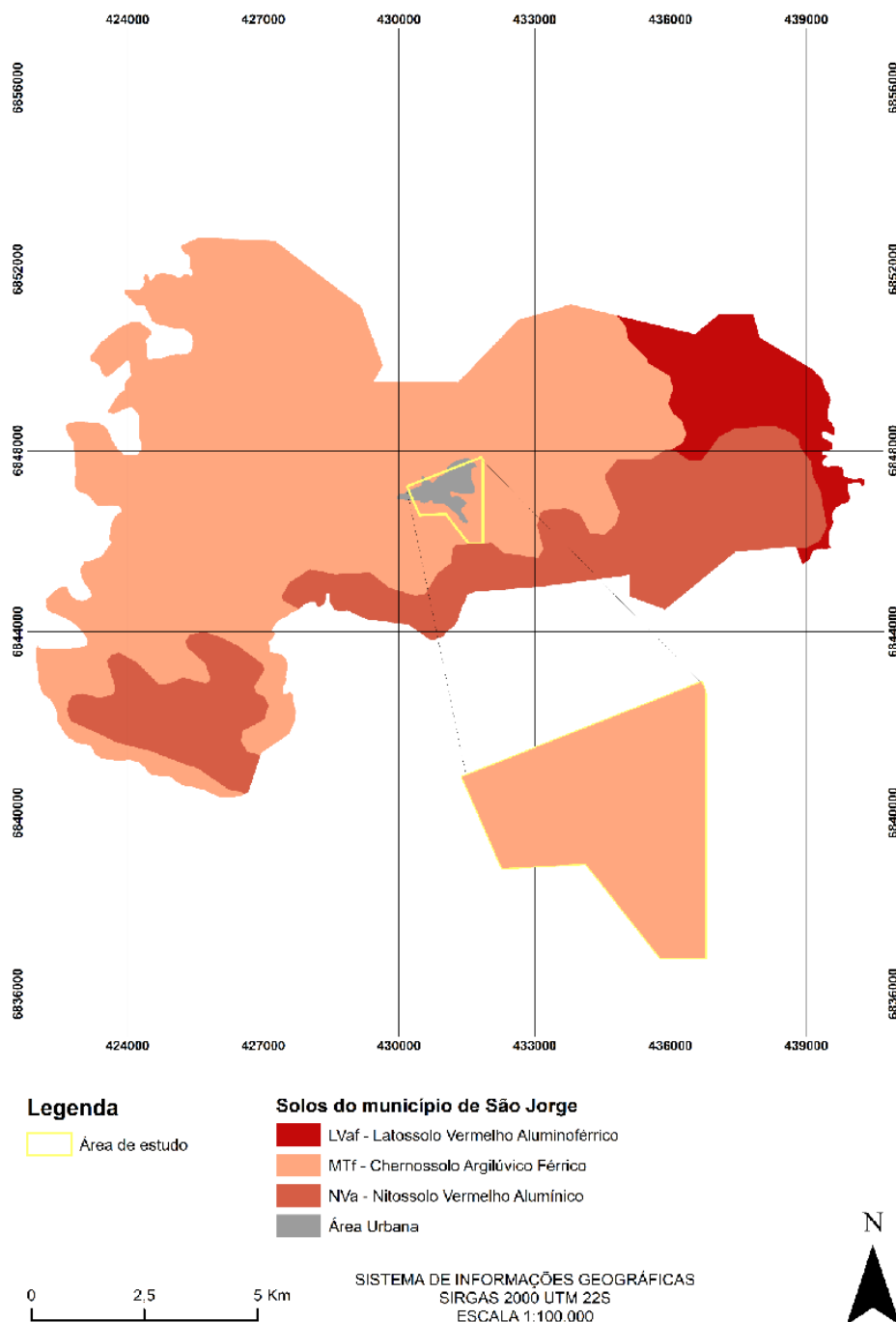
Para a representação dos dados hidrológicos, foram utilizadas as informações disponibilizadas no Diagnóstico Socioambiental do Município, no qual foram realizadas etapas de delimitação da bacia hidrográfica, levantamento de médias históricas de precipitação e definição das chuvas de projeto, seguidas do cálculo das vazões correspondentes.

Com base nesse estudo, que apresenta todos os procedimentos de forma detalhada, obteve-se como resultado para a vazão superficial máxima o valor de 1.080,45 m³/s. Esse parâmetro foi utilizado não apenas no dimensionamento das obras de drenagem, mas também como referência para a verificação da estabilidade dos taludes e das contenções previstas no projeto.

5.2 DADOS GEOLÓGICOS

Entre os perfis de solo identificados na região e documentados no memorial inicial por meio de registros fotográficos, destaca-se um solo avermelhado, argiloso, de pouca profundidade e com ocorrência de horizontes litólicos.

Figura 2 - Mapa pedológico do município de São Jorge.



Fonte: Google Earth Pro, 2024.

5.3 DEFINIÇÃO DAS ÁREAS CRÍTICAS

Para o levantamento e definição das áreas suscetíveis a inundações e processos erosivos, foram utilizadas as informações constantes no Diagnóstico Socioambiental do Município, que indicaram a ocorrência de pontos de assoreamento, marcas deixadas por enchentes, patologias observadas em edificações localizadas

em Áreas de Preservação Permanente (APP), além da análise da cobertura vegetal existente e da ausência de mata ciliar em trechos críticos. Complementarmente, o diagnóstico também considerou relatos de moradores e informações fornecidas por membros da Prefeitura Municipal.

5.4 PERFIS COLETADOS

Foram avaliados diferentes trechos ao longo do curso hídrico localizado no município de São Jorge/RS, com o objetivo de verificar o grau de suscetibilidade a processos erosivos e de inundação. Nesse levantamento, cinco pontos de perfis transversais foram analisados, permitindo a identificação do nível d'água, da altura das encostas e das condições gerais do terreno. Todos os perfis foram desenhados do sentido montante-jusante.

Com base nessas informações, definiram-se as medidas técnicas necessárias para a estabilização das margens, cujos resultados estão apresentados ao decorrer deste documento.

- Perfil 1, apresentado na figura 3 (à montante), foi coletado antes da ponte da Rua Mauricio Cardoso, coordenadas vide figura 4 (à jusante).

Figura 3 - Perfil 1

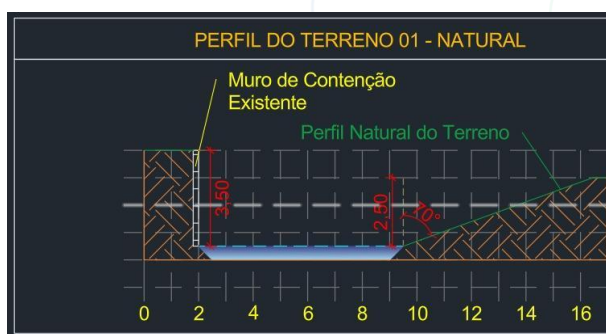


Figura 4 - Perfil 1 *in loco*



Fonte: Autores, 2025.

- Perfil 2, apresentado na figura 5, foi coletado atrás do salão paroquial do município, coordenadas vide figura 6.

Figura 5 - Perfil 2

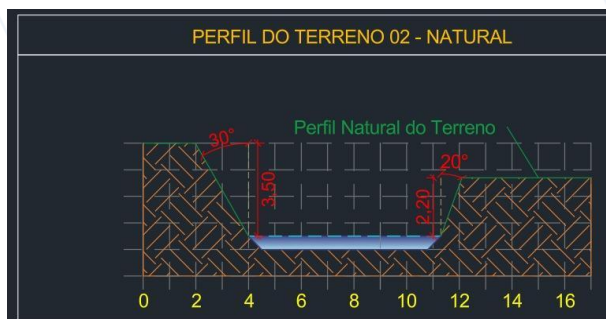


Figura 6 - Perfil 2 *in loco*



Fonte: Autores, 2025.

- Perfil 3, apresentado na figura 7, foi coletado à montante da ponte da Rua 30 de nove, coordenadas vide figura 8.

Figura 7 - Perfil 3



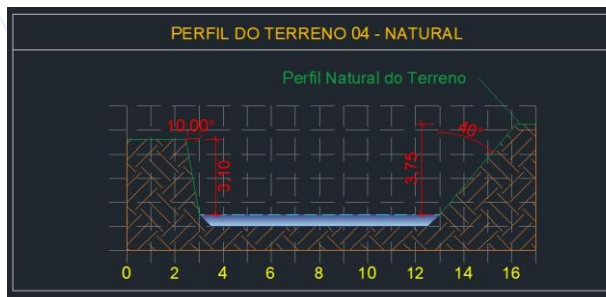
Figura 8 - Perfil 3 *in loco*



Fonte: Autores, 2025.

- Perfil 4, apresentado na figura 9, foi coletado à jusante da ponte da Rua 30 de nove, coordenadas vide figura 10.

Figura 9 - Perfil 4

Figura 10 - Perfil 4 *in loco*

Fonte: Autores, 2025.

Todos os muros de contenção propostos serão executados em pedra basalto, seguindo o mesmo padrão dos já existentes. A implantação ocorrerá em alguns locais correspondentes à planta de situação anexa a este documento, de forma a garantir a estabilidade das encostas e a segurança da área analisada.

6 PROPOSTA TÉCNICA DE CONTENÇÃO – MUROS DE PEDRA BASALTO

6.1 ESCOPO E DIRETRIZES GERAIS

Implantação de muros de gravidade em alvenaria de pedra basáltica nas duas margens do Rio Santa Cruz, ao longo dos trechos suscetíveis a inundações e processos erosivos identificados nos perfis P1 a P4 e nas plantas anexas a este memorial.

- **Altura de projeto (H):**
 - **H_{mín} = 3,00 m; e**

- **H** = altura necessária para alinhar a crista do muro à margem mais alta do perfil topográfico quando esta exigir altura superior a 3,00 m, além de considerar pelo menos 0,15m mais alto que o perfil natural do terreno *in loco*. Por exemplo: *in loco*, margem com 3,35m. executar muro com 3,50m.
- A solução considera o resultado de vazão superficial máxima = 1.080,45 m³/s, utilizado como parâmetro de referência para verificação da estabilidade dos taludes e dimensionamento das contenções e drenagens associadas.

6.2 TIPOLOGIA ESTRUTURAL

Muro de gravidade em alvenaria de pedra basáltica argamassada, executado com aparelhamento regular, adequada amarração entre as fiadas para assegurar monoliticidade da estrutura, e cinta de amarração superior para aumento da estabilidade global.

Concreto: Adotar concreto C25 ($f_{ck} = 25$ MPa aos 28 dias), com abatimento (slump) entre 80 e 120 mm, brita 0 e 1, e consumo de cimento de referência ≈ 350 kg/m³. Recomenda-se concreto usinado com nota fiscal indicando f_{ck} e slump; quando batido em obra, realizar ensaio de abatimento a cada caminhão/batelada e moldagem de corpos de prova para controle.

Cura úmida mínima de 7 dias (preferencialmente 10). Executar em condições de CAA II (ambiente úmido urbano). Considerar cobrimento nominal compatível 25mm conforme detalhamento estrutural.

Argamassa: cimento e areia (traço de referência 1:3:12); juntas entre 25 mm e 30mm, totalmente preenchidas.

6.3 CRITÉRIOS GEOMÉTRICOS (PRÉ-DIMENSIONAMENTO ORIENTATIVO)

O dimensionamento final será confirmado na memória de cálculo considerando os parâmetros geotécnicos locais.

- Espessura na base: 0,46 m;
- Espessura no topo: 0,46 m;
- Inclinação do paramento interno: vertical.

6.4 FUNDAÇÃO E PROTEÇÃO DE BASE

- Limpeza de vala para regularização do leito.
- A fundação do muro será executada em concreto ciclópico, utilizando traço de concreto fck 15 MPa, com inclusão de pedras de mão para maior estabilidade e economia de material. A vala será protegida com camadas regulares de concreto, garantindo apoio contínuo e adequado para a estrutura, além de prevenir processos erosivos na base do muro.

6.5 DRENAGEM INTERNA E ALÍVIO DE PRESSÕES

- Barbacãs (weep holes): tubos Ø 100 mm, a cada 5,0 m no sentido longitudinal, com inclinação mínima 2% para jusante.

6.6 INTEGRAÇÃO COM DRENAGEM SUPERFICIAL E OBRAS ADJACENTES

Como solução, poderá ser adotada a modelagem do terreno em banquetas ou canaletas de terra compactada, executadas durante a terraplenagem. Essas estruturas auxiliam na interceptação e no direcionamento das águas superficiais, reduzindo a velocidade de escoamento e evitando erosões localizadas.

6.7 ACABAMENTOS, TOPO E DURABILIDADE

Revegetação das áreas adjacentes com espécies nativas de cobertura e seguir recomendações disponibilização no diagnostico socioambiental do município. Ressalta-se que este serviço ficará a cargo do município após a finalização dos serviços principais.

6.8 OPERAÇÃO, INSPEÇÃO E MANUTENÇÃO

- Inspeções após eventos de cheia para avaliar: integridade do paramento, funcionamento de barbacãs, assoreamento junto ao pé e eventuais recalques.
- Rotina anual: limpeza de saídas de dreno, remoção de sedimentos na base, reposição pontual de pedras de enrocamento e selagem de juntas.
- Realizar desassoreamento a partir do momento que o curso hídrico ficar obstruído e perder a velocidade natural.

7 MEMORIAL DE CÁLCULO DA ESTABILIDADE DA ENCOSTA

O projeto de estabilidade de encostas para a cidade de São Jorge, no Rio Grande do Sul, foi desenvolvido de acordo com as normas técnicas vigentes no país, considerando os aspectos geotécnicos, estruturais e ambientais do local. As soluções adotadas devem ser adaptadas para cada contenção futuramente dimensionada para a encosta.

Ressalta-se que este projeto foi definido a partir de uma análise detalhada das condições do terreno, incluindo a geometria do talude, o tipo de solo, a presença de água e o histórico de instabilidades. Com base nesses elementos, foi possível propor encostas seguras, funcionais e adequadas ao uso futuro da área.

O resultado é um projeto que atende aos requisitos de segurança, durabilidade e funcionalidade, em conformidade com as principais normas dispostas abaixo.

- NBR 11682/2009: Estabilidade de Taludes;
- NBR 15421/2023: Projeto de estruturas resistentes a sismos;
- NBR 6.122/2022: Projeto e execução de fundações;
- NBR 6.484/2020: Solo — Sondagem de simples reconhecimento com SPT — Método de ensaio;
- NBR 6502/2022: Solos e rochas – Terminologia;
- NBR 8.044/2018: Projeto geotécnico – Procedimento;
- NBR 13.441/2021: Solos e rochas — Simbologia.

Além das normas supra-referidas, normativas auxiliares ao desempenho do projeto foram consideradas para assegurar a conformidade técnica e a qualidade das contenções. A análise das encostas e da segurança que estas oferecem aos moradores é de fundamental importância.

Nesse sentido, a avaliação detalhada dos arredores, considerando aspectos como disposição de resíduos e escoamento de águas, mostrou-se essencial para um estudo completo. Assim, com o apoio do software GEO5 e em conformidade com as normas regulamentadoras vigentes, foi realizada a verificação da estabilidade dos perfis apresentados com a proposta de contenção, obtendo-se os seguintes resultados.

7.1 PARÂMETROS DE RESISTÊNCIA DO TERRENO

As propriedades geotécnicas foram obtidas a partir do mapa referencial da EMBRAPA. No município de São Jorge, o solo é classificado como Latossolo Roxo, conforme figura abaixo.

Figura 11 - Mapa exploratório dos solos do RS.

Latossolo Roxo álico (Latossolos Vermelhos)

LRa Latossolo Roxo álico A proeminente textura muito argilosa relevo suave ondulado, Terra Roxa estruturada álica e distrófica A proeminente textura muito argilosa relevo ondulado e Latossolo Bruno intermediário para Latossolo Roxo álico A proeminente textura muito argilosa relevo suave ondulado.

Latossolo Roxo distrófico (Latossolos Vermelhos)

LRd 1 - Latossolo Roxo distrófico A moderado e proeminente textura muito argilosa relevo suave ondulado, Terra Roxa Estruturada eutrófica e distrófica A moderado e proeminente textura muito argilosa e Terra Bruna Estruturada intermediária para Terra Roxa Estruturada distrófica A moderado e proeminente textura muito argilosa relevo ondulado.
2 - Latossolo Roxo distrófico e álico A moderado e proeminente textura muito argilosa relevo suave ondulado.
3 - Latossolo Roxo distrófico e álico A proeminente textura muito argilosa e Latossolo Bruno intermediário para Latossolo Roxo álico A proeminente textura muito argilosa relevo suave ondulado.
4 - Latossolo Roxo distrófico e álico A moderado e proeminente textura muito argilosa e Terra Roxa Estruturada Latossólica álica A moderado e proeminente textura muito argilosa relevo suave ondulado e ondulado.

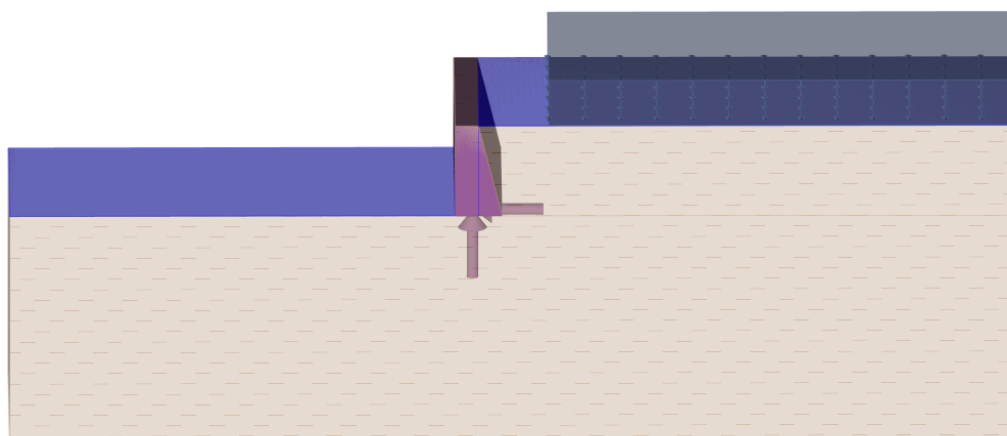
Fonte: EMBRAPA, 2002.

Assim, para a modelagem no software Geo5, considerou-se o cenário mais desfavorável, ainda assim apresentando resultados satisfatórios.

7.2 NÍVEL D'ÁGUA

Em cada perfil, admitimos a condição mais crítica, com nível d'água até o topo e sem água. Esse processo foi feito para verificar, principalmente, a estabilidade quanto aos deslizamentos e tombamentos das contenções, atuais e futuras, nos taludes.

Figura 12 - Exemplo de nível de água adotada.



Fonte: Autores, 2025.

7.3 SOBRECARGAS ADOTADA

Foi considerada uma carga distribuída equivalente a 5,0 metros entre o talude e a contenção referencial para fins de estabilidade, levando em conta já a proposta realizada no diagnóstico socioambiental que propõe uma área não edificante de 5,00 metros e considerando uma edificação de três pavimentos com sobrecarga aproximadamente de 15 KN/m². Ressalta-se que este valor e o coeficiente de segurança adotado são apenas referenciais para a situação mais crítica, não sendo aplicáveis a todas as estruturas de contenção do município, servindo exclusivamente como parâmetro para estabilidade do solo das bacias hídricas de São Jorge/RS.

De acordo com a ABNT NBR 15421:2023 – Projeto de estruturas resistentes a sismos, embora as ações sísmicas devam ser consideradas, a sismicidade no território brasileiro, especialmente em regiões continentais estáveis, é frequentemente baixa a ponto de permitir que o efeito do sismo seja tratado como desprezível para fins de análise de estabilidade. Dessa forma, os cálculos de estabilidade foram desenvolvidos desconsiderando a ação sísmica na forma de leveza ou insignificância — conforme permitido pela norma. Ainda assim, por questão de transparência e rigor técnico, os estudos sísmicos foram elaborados e apresentados, mesmo tendo sido excluídos da consideração final nos critérios de estabilidade.

7.4 EVENTUAL SITUAÇÃO DE SISMO

O maior valor histórico para sismos, no Rio Grande do Sul, foi na margem continental, ou seja, no prolongamento do território gaúcho para dentro do mar, no Atlântico Sul, em frente ao litoral do estado (região de Tramandaí, Capão da Canoa, Rio Grande etc.), de magnitude 5,9 Mw. O maior terremoto já registrado na história do Brasil atingiu 6,6 graus na escala Richter.

Todavia, utilizar esse valor geraria um superdimensionamento de estruturas, por isso, o valor utilizado, conforme cálculos abaixo para uma vida útil de projeto de 100, foi de 4,78 Mw.

7.5 CÁLCULO TEÓRICO

Inicialmente foi realizado um tratamento (*declustering*) de remoção de réplicas (*swarms*) no catálogo de eventos sísmicos disponível pelo Centro de Sismologia da USP, também conhecido como Boletim do Catálogo Brasileiro (SISBRA).

Posteriormente, determinou-se o limiar mínimo de magnitude ou a magnitude de completude (M_c).

Analizando os 45 eventos entre 2008 e 2025 na região, a frequência de sismos começa a diminuir de forma linear e previsível a partir de 2,0 Mw. A partir desse ponto, é possível realizar um ajuste estatístico confiável, a partir do qual, o catálogo sísmico pode ser considerado completo, ou seja, sem falhas relevantes de detecção.

Figura 13 - Eventos sísmicos.

Magnitude (m)	Nº de Eventos ($\geq m$)	Taxa Anual (λ^A)	$\log_{10}(\lambda^A)$
2,0	28	1,65	0,22
2,1	24	1,41	0,15
2,2	19	1,12	0,05
2,3	15	0,88	-0,05
2,4	13	0,77	-0,12
2,5	10	0,59	-0,23
2,6	7	0,41	-0,39
2,7	6	0,35	-0,45
2,8	6	0,35	-0,45
2,9	5	0,29	-0,53
3,0	5	0,29	-0,53
3,1	4	0,24	-0,63
3,2	3	0,18	-0,75
3,3	3	0,18	-0,75
3,4	2	0,12	-0,93
3,5	1	0,06	-1,23

Fonte: Autores, 2025.

Sequencialmente, avaliou-se o número de eventos com magnitude igual ou superior para cada faixa de 0,1 Mw e calculamos a taxa anual de ocorrência, dividindo a contagem pelo período de observação de 17 anos. O quadro acima resume os dados calculados.

A partir dessas taxas anuais, foi realizado um ajuste pela Lei de Gutenberg-Richter, vide equação abaixo, foi realizado para suavizar a curva de dados e permitir a extrapolação para períodos de retorno mais longos. O objetivo final foi estimar a

magnitude associada a um período de retorno de 100 anos, uma vez que o período de observação é insuficiente para tal análise direta.

$$\log_{10} (\hat{\lambda}(M \geq m)) = a - b m$$

Legenda: $\lambda(m)$ = taxa anual de eventos;

M = variável de magnitude de um terremoto;

m = maior valor de magnitude encontrado (3,5Mw);

a e b = constantes do ajuste da Lei de Gutenberg-Richter.

Com o intuito de estimar essas constantes, foi realizada uma regressão linear nos dados entre a magnitude e o logaritmo da escala anual. O resultado foi a equação abaixo.

$$\log_{10}(\hat{\lambda}(m)) = 1,839 - 0,803m$$

Legenda:

$\lambda(m)$ = taxa anual de eventos;

Considerando futuras estruturas especiais de contenção que poderão ser dispostas nos taludes, o período de retorno adotado foi de 100 anos, logo a taxa de eventos correspondente é 1/100 ou 0,01. Usando os valores de a e b obtidos na regressão de Gutenberg-Richter, o cálculo da magnitude esperada (m_{100}) é o seguinte:

$$m_{100} = \frac{a + 2}{b}$$

$$m_{100} = \frac{1,839 + 2}{0,803}$$

$$m_{100} = \frac{3,839}{0,803} \approx 4,78 \text{ Mw}$$

Em seguida, com base em equações de atenuação consolidadas e parâmetros dessa ordem de grandeza, foram estabelecidos os seguintes coeficientes sísmicos de projeto: PGA horizontal = 0,005g e PGA vertical = 0,003g.

Portanto, os coeficientes com coeficiente de ponderação de 10^{-1} encontrados foram de:

Coeficiente sísmico horizontal de projeto (K_h): 0,0050;

Coeficiente sísmico vertical de projeto (K_v): 0,0030.

Sendo o K_h , obtido a partir de equações de predição de movimento (GMPE - Ground Motion Prediction Equations), usualmente aplicados em sismos de baixa magnitude, assumindo distância focal conservadora de 10km em relação ao talude. O K_v foi deduzido pela aplicação da razão K_v/K_h igual a 0,6, valor indicado na literatura técnica e coerente com recomendações internacionais, para a estabilidade de taludes em situações de sismo.

7.6 CÁLCULOS DA NBR 15.421/2023

Na região de análise sísmica, a estabilidade dos taludes foi considerada sobre a zona 0, mínima, conforme figura 1 do item 6.1. da norma. Logo, a aceleração sísmica horizontal sobre rocha ou aceleração característica de projeto (a_g) foi de 0,025g.

A classe de terreno para a macrorregião de São Jorge foi “D”, ou seja, solo rígido, pois mesmo saturado, mantém sua rigidez. Sequencialmente foi realizada a determinação do espectro de resposta de projeto, com valores de C_a e C_v da tabela 3 do item 6.3 da norma.

$$a_{gs0} = C_a \cdot a_g$$

Legenda: a_{gs0} = aceleração espectral para o período de 0s; a_g = aceleração característica de projeto;

C_a = fator de amplificação sísmica no solo

$$a_{gs0} = 2,5 \times 0,025g$$

$$a_{gs0} = 0,0625g$$

$$a_{gs1} = C_v \cdot 0,75 \cdot a_g$$

Legenda: a_{gs1} = aceleração espectral para o período de 1s; a_g = aceleração característica de projeto;

C_v = fator de amplificação sísmica no solo

$$a_{gs1} = 3,5 \times 0,75 \times 0,025g$$

$$a_{gs1} = 0,0656g$$

$$a_{gs1} = 3,5 \times 0,75 \times 0,025g$$

$$a_{gs1} = 0,0656g$$

Além disso, determinou-se o espectro de resposta de projeto (“Sa(T)”) conforme item 6.3. da norma e dados acima. No entanto, após o cálculo do período natural, verificou-se que o espectro que deveria ser utilizado era diferente pela faixa, conforme fórmulas abaixo.

$$S_a(T) = a_{gs0} (37,5 \cdot T \cdot C_a / C_v + 1,0)$$

Legenda: Sa(T) = espectro de resposta de projeto; ags0 = aceleração espectral para o período de 0s; Ca = fator de amplificação sísmica no solo; Cv = fator de amplificação sísmica no solo

$$C_T = 0,0488 \text{ e } x = 0,75$$

Legenda: CT = coeficiente de período da estrutura; x = elevação

$$T_a = C_T \cdot h_n^x$$

Legenda: Ta = período natural aproximado da estrutura; CT = coeficiente de período da estrutura; h = elevação; altura referencial de 3m; x = elevação;

$$T_a = 0,0488 \times 3^{0,75}$$

$$T_a = 0,1112$$

$$S_a(T) = 2,5 a_{gs0} \quad (\text{para } 0,04 \cdot C_v / C_a \leq T \leq 0,3 \cdot C_v / C_a)$$

Legenda: Sa(T) = espectro de resposta de projeto; ags0 = aceleração espectral para o período de 0s;

$$S_a(T) = 2,5 \times 0,0625g$$

$$S_a(T) = 0,1562g$$

Após, o fator de importância de utilização, por se tratar de ambientes urbanos foi adotado um fator “I” de 1,25, conforme tabela 4, item 7.2 da norma. E, a categoria sísmica é A, em virtude da zona 0 ocupada pela região. No entanto, pela normativa, as estruturas localizadas na zona sísmica 0, não necessitam de cálculo de resistência sísmica. Logo, determinou-se os coeficientes de ponderação com base nos cálculos teóricos.

8 VERIFICAÇÃO DE ESTABILIDADE

A verificação da estabilidade de talude foi realizada com a ajuda do *software* GEO5, através de do cálculo de deslizamento circular, que utiliza métodos consagrados para realizar a verificação de estabilidade.

O detalhamento de cada método está disponível no suporte on-line do software Geo5, onde são apresentadas as fórmulas utilizadas para a obtenção do Fator de Segurança. Os métodos estão descritos abaixo:

Bishop: O método baseia-se na verificação da equação de equilíbrio de momentos e a equação de equilíbrio das forças verticais. O fator de segurança FS é obtido através da iteração da seguinte expressão:

$$FS = \frac{1}{\sum_i W_i \sin \alpha_i} \sum_i \frac{[C_i b_i + (W_i - u_i b_i) \tan \varphi_i]}{\cos \alpha_i + \frac{\tan \varphi_i \sin \alpha_i}{FS}}$$

u_i – empuxo atuante no bloco;

$C_i \varphi_i$ – valores efetivos dos parâmetros do solo;

W_i – peso do bloco;

α_i – inclinação do segmento da superfície de deslizamento;

b_i – largura do bloco.

Fellenius/Petterson: É o método de divisão do subsolo em blocos mais simples, em que considera apenas a equação de equilíbrio global de momentos em relação ao centro da superfície de deslizamento.

O fator de segurança FS pode ser obtido diretamente a partir da seguinte expressão:

$$FS = \frac{1}{\sum_i W_i \sin \alpha_i} \sum_i [C_i l_i + (N_i - u_i l_i) \tan \varphi_i]$$

u_i – empuxo atuante no bloco;

$C_i \varphi_i$ – valores efetivos dos parâmetros do solo;

W_i – peso do bloco;

N_i – força normal atuante no segmento da superfície de deslizamento;

α_i – inclinação do segmento da superfície de deslizamento;

l_i – comprimento do segmento da superfície de deslizamento.

Spencer, Janbu e Morgenstern-Price: Os três métodos utilizam a divisão em polígonos, o que torna os cálculos mais complexos e, portanto, geralmente realizados com o auxílio do software GEO5. A expressão do fator de segurança (FS) é a mesma para os três métodos, sendo:

$$FS = \tan \varphi_i \tan (\delta_{i+1} - \alpha_i)$$

Para o tombamento, compara-se o momento desestabilizador (que tende a provocar a rotação da estrutura) com o momento resistente, sendo este último reduzido por coeficientes de segurança. De forma análoga, para o deslizamento avalia-se a relação entre a força que tende a deslocar a estrutura e a força resistente de atrito que a mantém em posição.

O resultado dessas análises é expresso em forma percentual, indicando o quão próximo o sistema está do limite de instabilidade. Valores mais baixos indicam maior segurança, enquanto valores mais próximos de 100% representam condições críticas.

9 RESULTADOS

Na região de análise sísmica, a estabilidade dos taludes foi considerada sobre condições excepcionais, uma vez que, a possibilidade de ocorrência de eventos sísmicos é relativamente baixa, até desprezível pela NBR 15.421/2023. No entanto, o catálogo disponível pelo Centro de Sismologia da USP apresenta 17 anos de registros instrumentais na região, com sismos que ocorreram desde 2008 até 2025, os quais foram tratados nos cálculos teóricos, em mLv e mR, para os perfis dos taludes.

Dessa forma, com base no ajuste do modelo Gutenberg–Richter e na extrapolação para um período de retorno de 100 anos, obteve-se uma magnitude equivalente a 4,78 Mw.

No que se refere à análise dos perfis, foram avaliados diversos parâmetros geotécnicos, incluindo resistência ao cisalhamento, pressão admissível do solo, estabilidade global dos taludes, verificação contra deslizamento e tombamento pós

retenção por trecho, além dos fatores de segurança em diferentes condições de carregamento.

Os resultados indicaram desempenho satisfatório em todos os critérios de verificação, sendo adotada como solução a geometria otimizada com largura de base de 11 cm, e uma camada superior de 11 cm no coroamento. conforme observa-se nas figuras 25, 26, 27 e 28.

Figura 14 - Perfil 1 e 2 - em situação de enchente na cota superior (solo até 3,5m).

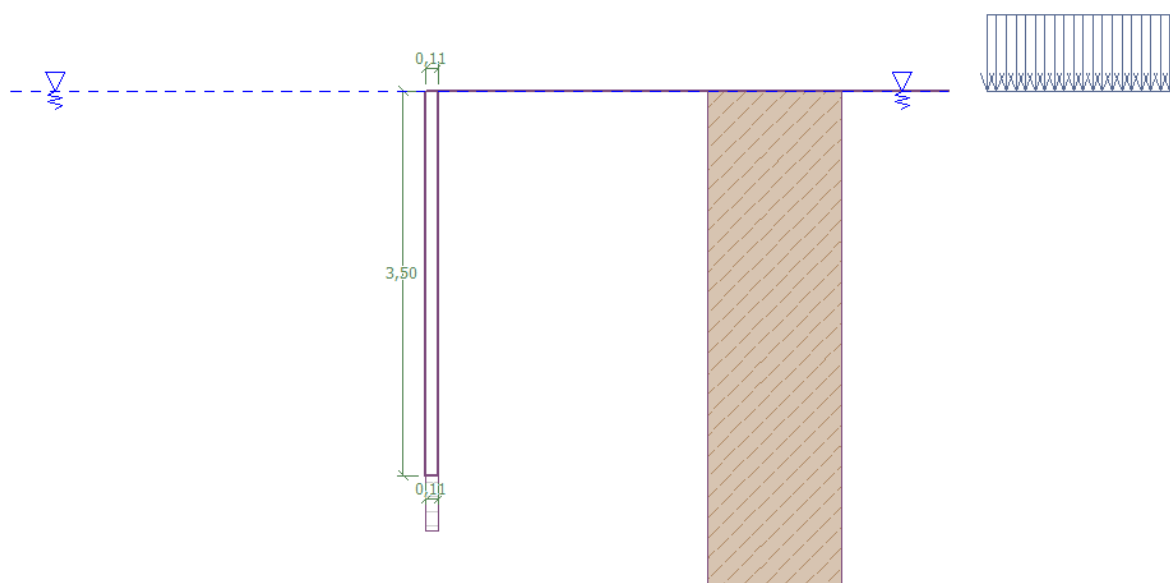
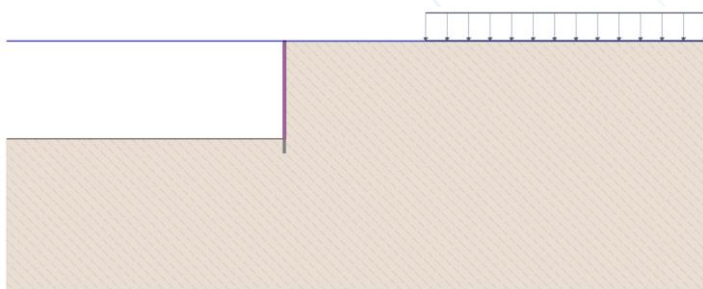


Figura 15 - Perfil 1 e 2 - em situação de enchente na cota superior (solo até 3,5m) (continuação).



Fonte: Software Geo5, 2025.

Figura 17 – Verificação de estabilidade do talude.

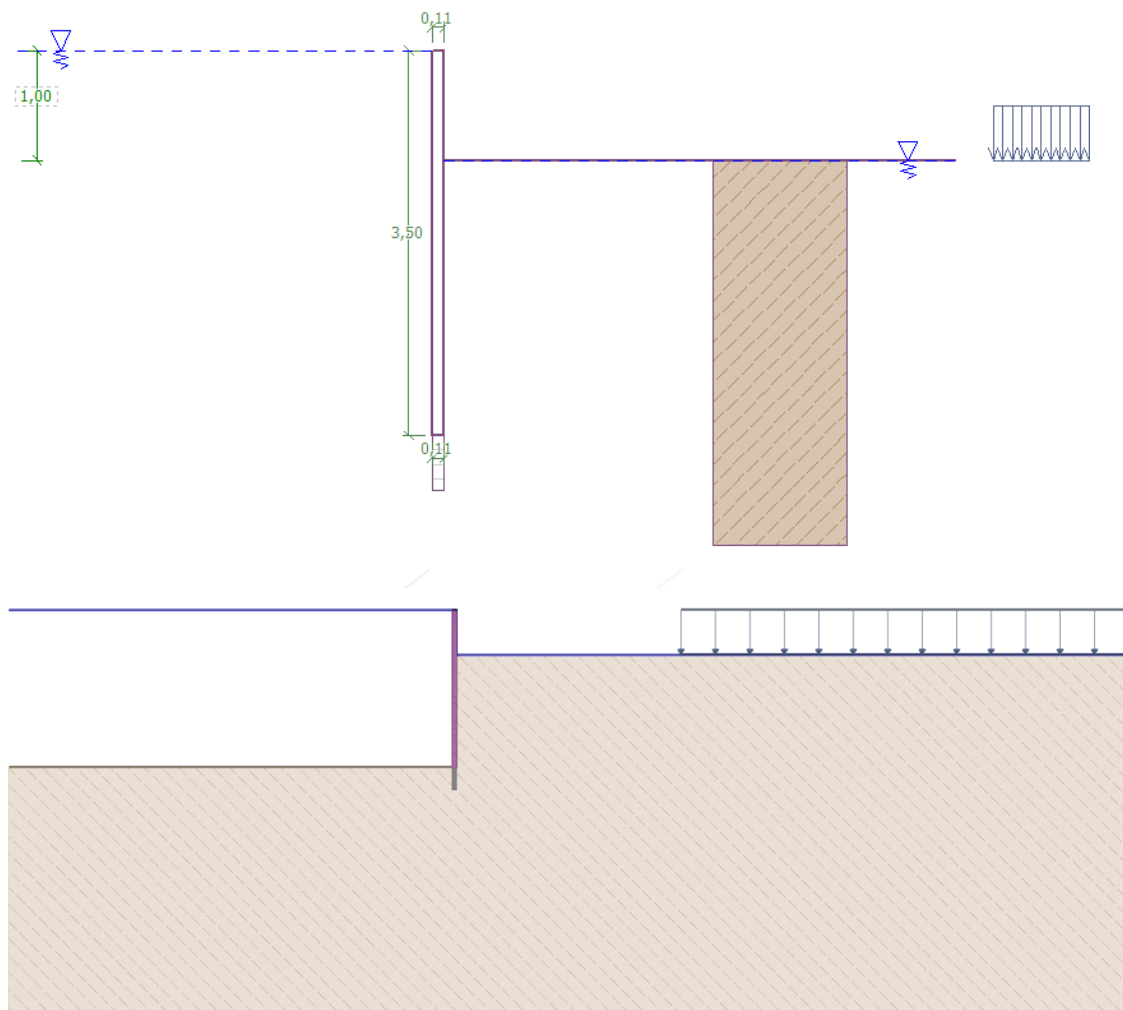
Verificação		
TOMBAMENTO:	SATISFAZ	(33,2%)
DESILIZAMENTO:	SATISFAZ	(22,8%)

Verificação da estabilidade de talude (Todos os métodos)

Bishop :	FS = 3,31 > 2,00	VERIFICA
Fellenius / Petterson :	FS = 3,31 > 2,00	VERIFICA
Spencer :	FS = 3,31 > 2,00	VERIFICA
Janbu :	FS = 3,31 > 2,00	VERIFICA
Morgenstern-Price :	FS = 3,31 > 2,00	VERIFICA

Fonte: Software Geo5, 2025.

Figura 16 - Perfil 1 - em situação de enchente na cota inferior (solo até 2,5m).



Fonte: Software Geo5, 2025.

Figura 17 - Verificação de estabilidade do talude.

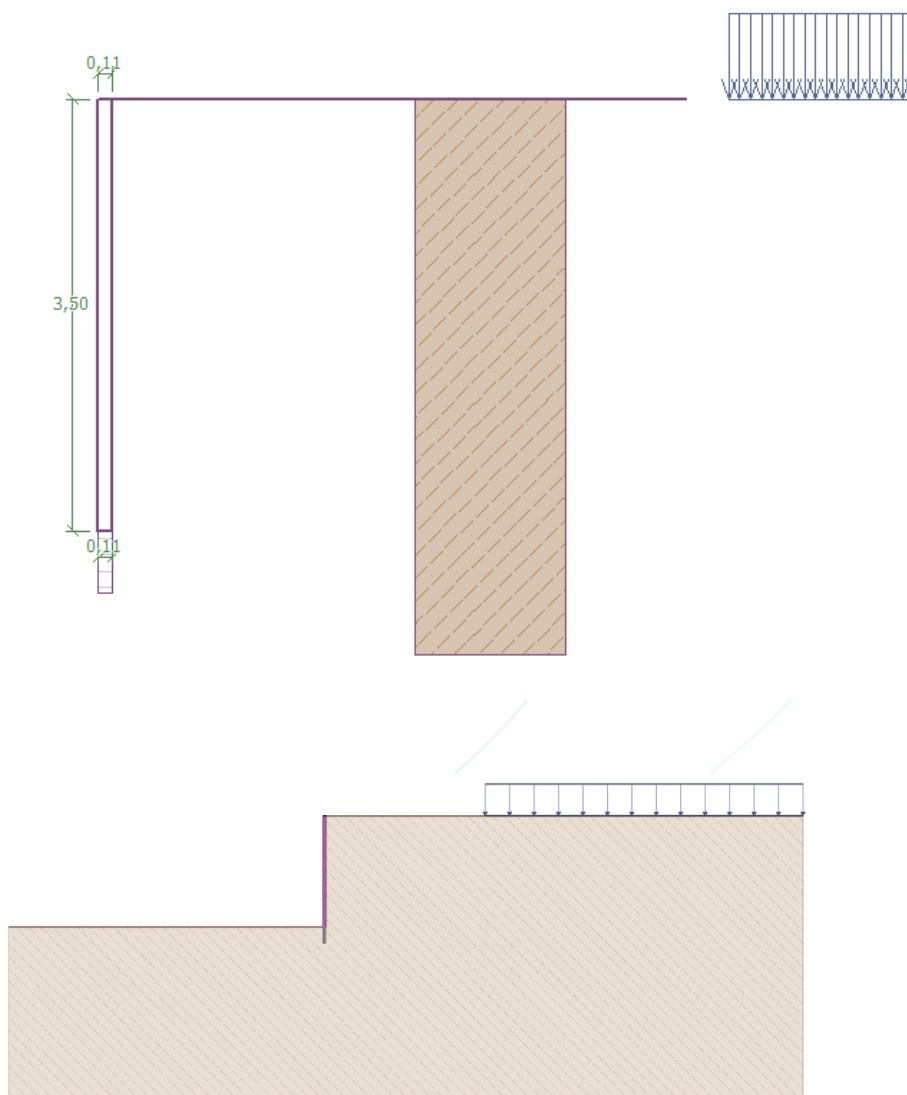
Verificação		
TOMBAMENTO:	SATISFAZ	(0,2%)
DESILIZAMENTO:	SATISFAZ	(0,1%)

Verificação da estabilidade de talude (Todos os métodos)

Bishop :	FS = 4,26 > 2,00	VERIFICA
Fellenius / Petterson :	FS = 4,26 > 2,00	VERIFICA
Spencer :	FS = 4,26 > 2,00	VERIFICA
Janbu :	FS = 4,26 > 2,00	VERIFICA
Morgenstern-Price :	FS = 4,26 > 2,00	VERIFICA

Fonte: Software Geo5, 2025.

Figura 18 - Perfil 1 - em situação de seca na cota superior (solo até 3,5m).



Fonte: Software Geo5, 2025.

Figura 19 - Verificação de estabilidade do talude.

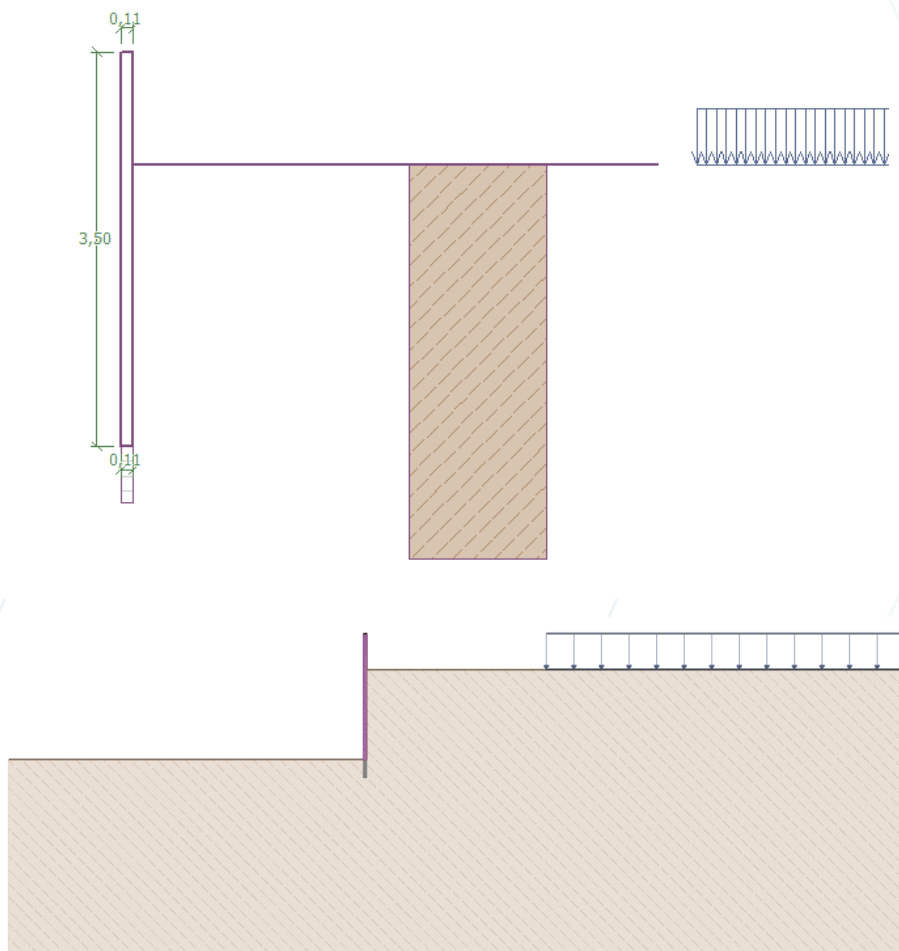
Verificação		
TOMBAMENTO :	SATISFAZ	(18,8%)
DESGLIZAMENTO :	SATISFAZ	(12,9%)

Verificação da estabilidade de talude (Todos os métodos)

Bishop :	FS = 2,02 > 2,00	VERIFICA
Fellenius / Petterson :	FS = 2,02 > 2,00	VERIFICA
Spencer :	FS = 2,02 > 2,00	VERIFICA
Janbu :	FS = 2,02 > 2,00	VERIFICA
Morgenstern-Price :	FS = 2,02 > 2,00	VERIFICA

Fonte: Software Geo5, 2025.

Figura 20 - Perfil 1 - em situação de seca na cota inferior (solo até 2,5m).



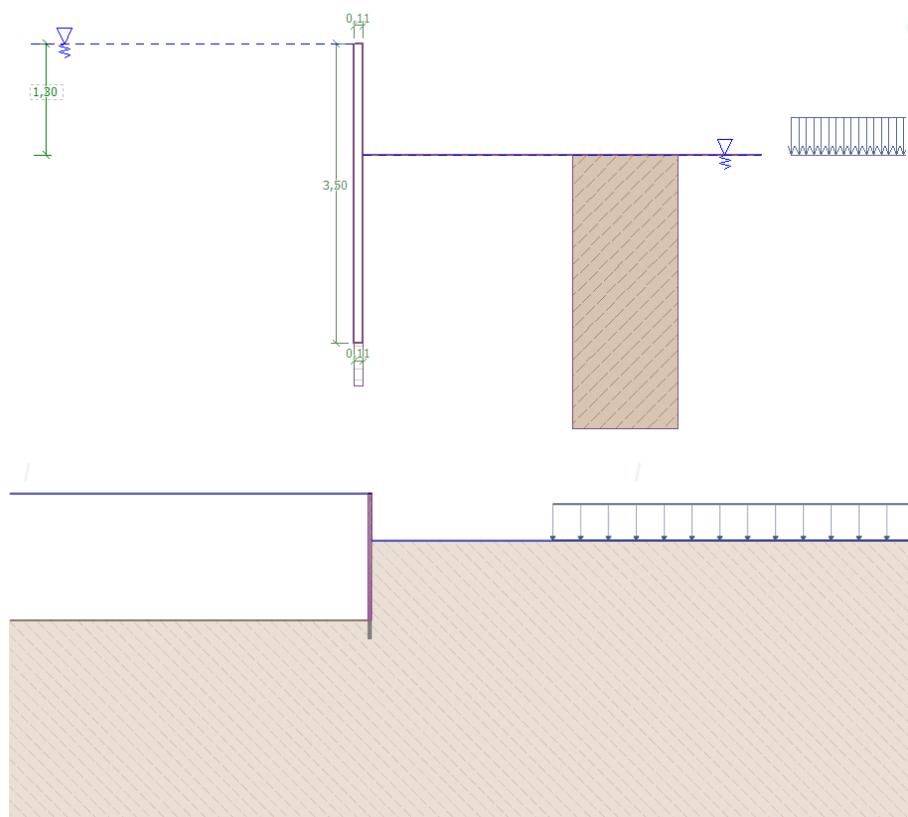
Fonte: Software Geo5, 2025.

Figura 21 - Verificação de estabilidade do talude.

Verificação			Verificação da estabilidade de talude (Todos os métodos)	
TOMBAMENTO :			Bishop :	FS = 2,66 > 2,00 VERIFICA
DESILIZAMENTO :			Fellenius / Petterson :	FS = 2,66 > 2,00 VERIFICA
			Spencer :	FS = 2,66 > 2,00 VERIFICA
			Janbu :	FS = 2,66 > 2,00 VERIFICA
			Morgenstern-Price :	FS = 2,66 > 2,00 VERIFICA

Fonte: Software Geo5, 2025.

Figura 22 - Perfil 2 - em situação de enchente na cota inferior (solo até 2,2m).



Fonte: Software Geo5, 2025.

Figura 23 - Verificação de estabilidade do talude.

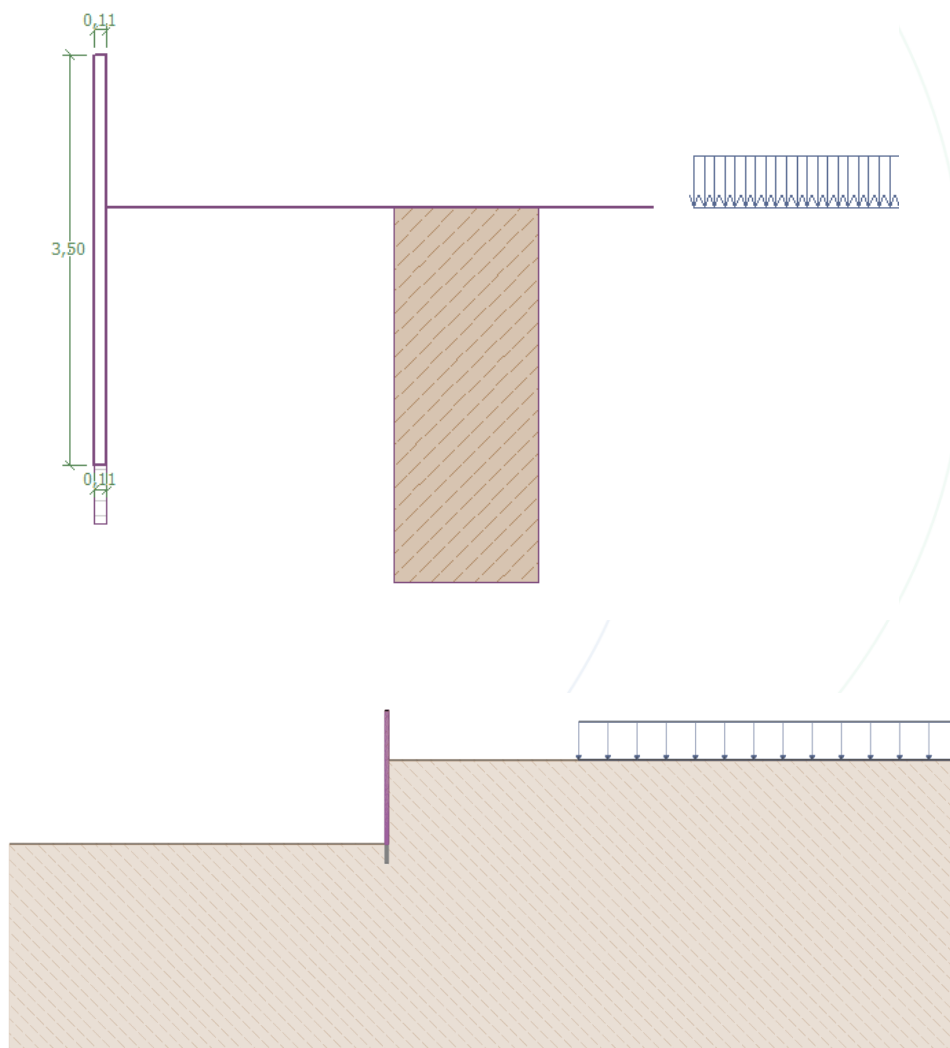
Verificação		
TOMBAMENTO :	SATISFAZ	(0,2%)
DESLIZAMENTO :	SATISFAZ	(0,1%)

Verificação da estabilidade de talude (Todos os métodos)

Bishop :	FS = 4,47 > 2,00	VERIFICA
Fellenius / Petterson :	FS = 4,47 > 2,00	VERIFICA
Spencer :	FS = 4,47 > 2,00	VERIFICA
Janbu :	FS = 4,47 > 2,00	VERIFICA
Morgenstern-Price :	FS = 4,47 > 2,00	VERIFICA

Fonte: Software Geo5, 2025.

Figura 24 - Perfil 2 - em situação de seca na cota inferior (solo até 2,2m).



Fonte: Software Geo5, 2025.

Figura 25 - Verificação de estabilidade do talude.

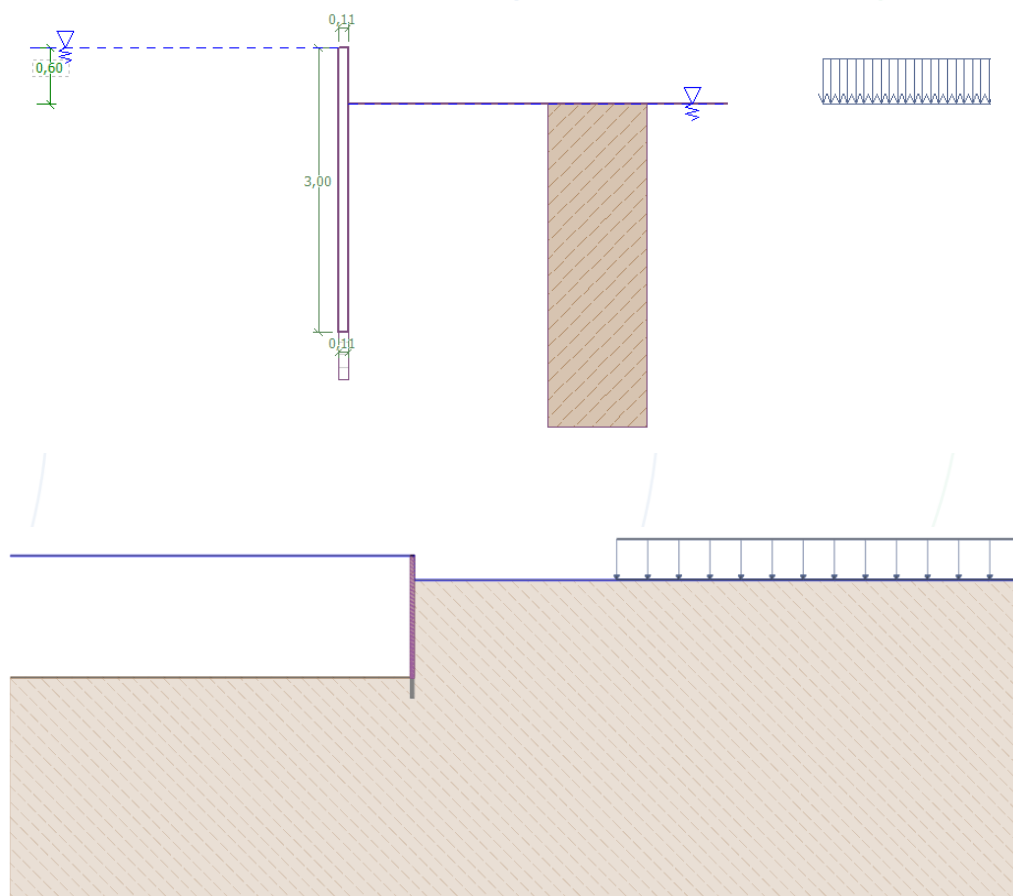
Verificação		
TOMBAMENTO :	SATISFAZ	(0,2%)
DESLIZAMENTO :	SATISFAZ	(0,1%)

Verificação da estabilidade de talude (Todos os métodos)

Bishop :	FS = 2,94 > 2,00	VERIFICA
Fellenius / Petterson :	FS = 2,94 > 2,00	VERIFICA
Spencer :	FS = 2,94 > 2,00	VERIFICA
Janbu :	FS = 2,94 > 2,00	VERIFICA
Morgenstern-Price :	FS = 2,94 > 2,00	VERIFICA

Fonte: Software Geo5, 2025.

Figura 26 - Perfil 3 - em situação de enchente na cota superior (solo até 2,4m).



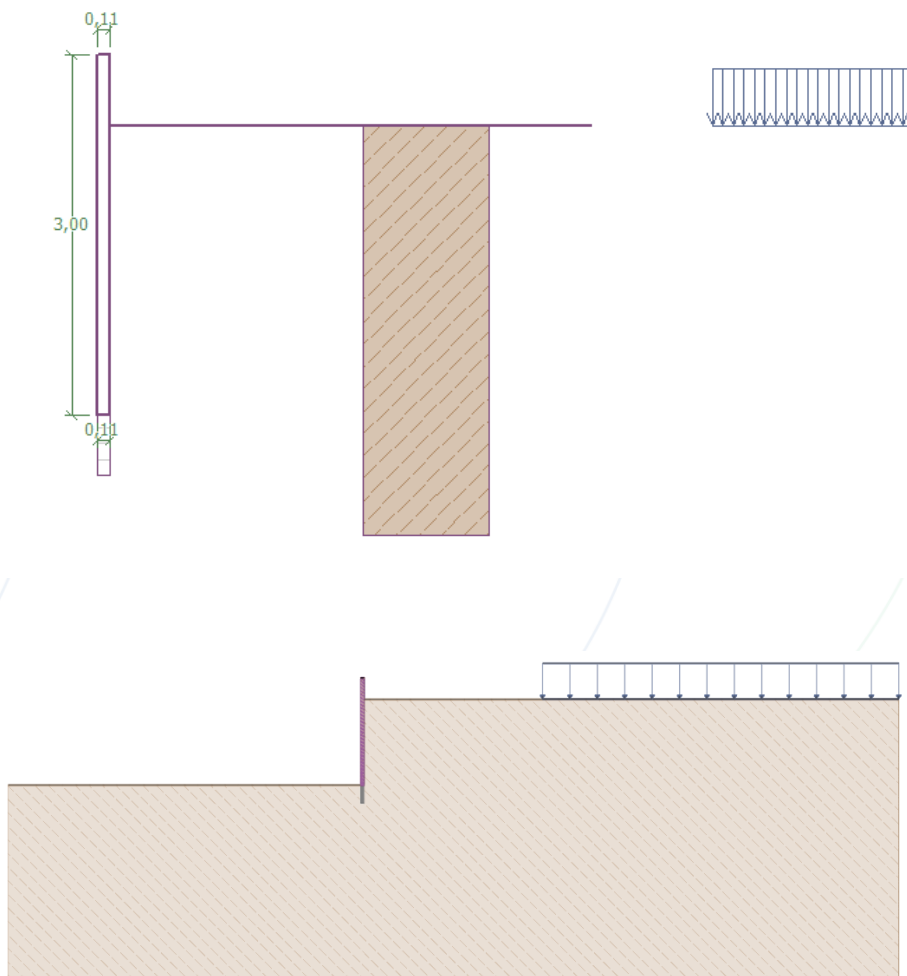
Fonte: Software Geo5, 2025.

Figura 27 - Verificação de estabilidade do talude.

Verificação			Verificação da estabilidade de talude (Todos os métodos)	
TOMBAMENTO :	SATISFAZ	(0,2%)	Bishop :	FS = 4,37 > 2,00 VERIFICA
DESLIZAMENTO :	SATISFAZ	(0,1%)	Fellenius / Petterson :	FS = 4,37 > 2,00 VERIFICA
			Spencer :	FS = 4,37 > 2,00 VERIFICA
			Janbu :	FS = 4,37 > 2,00 VERIFICA
			Morgenstern-Price :	FS = 4,37 > 2,00 VERIFICA

Fonte: Software Geo5, 2025.

Figura 28 - Perfil 3 - em situação de seca na cota superior (solo até 2,4m).



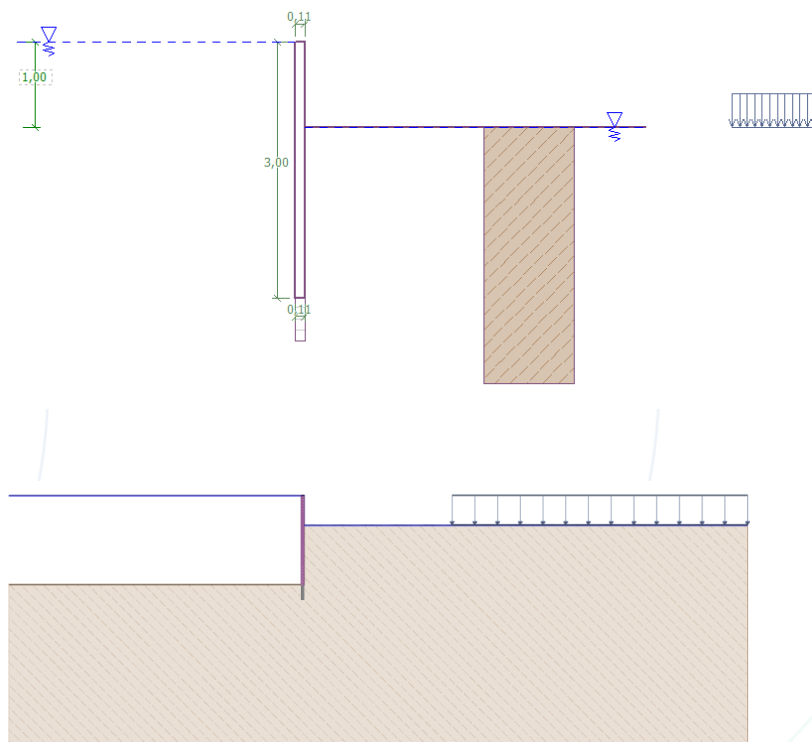
Fonte: Software Geo5, 2025.

Figura 29 - Verificação de estabilidade do talude.

Verificação			Verificação da estabilidade de talude (Todos os métodos)	
TOMBAMENTO :	SATISFAZ	(0,2%)	Bishop :	FS = 2,74 > 2,00 VERIFICA
DESLIZAMENTO :	SATISFAZ	(0,1%)	Fellenius / Petterson :	FS = 2,74 > 2,00 VERIFICA
			Spencer :	FS = 2,74 > 2,00 VERIFICA
			Janbu :	FS = 2,74 > 2,00 VERIFICA
			Morgenstern-Price :	FS = 2,74 > 2,00 VERIFICA

Fonte: Software Geo5, 2025.

Figura 30 - Perfil 3 - em situação de enchente na cota inferior (solo até 2,0m).



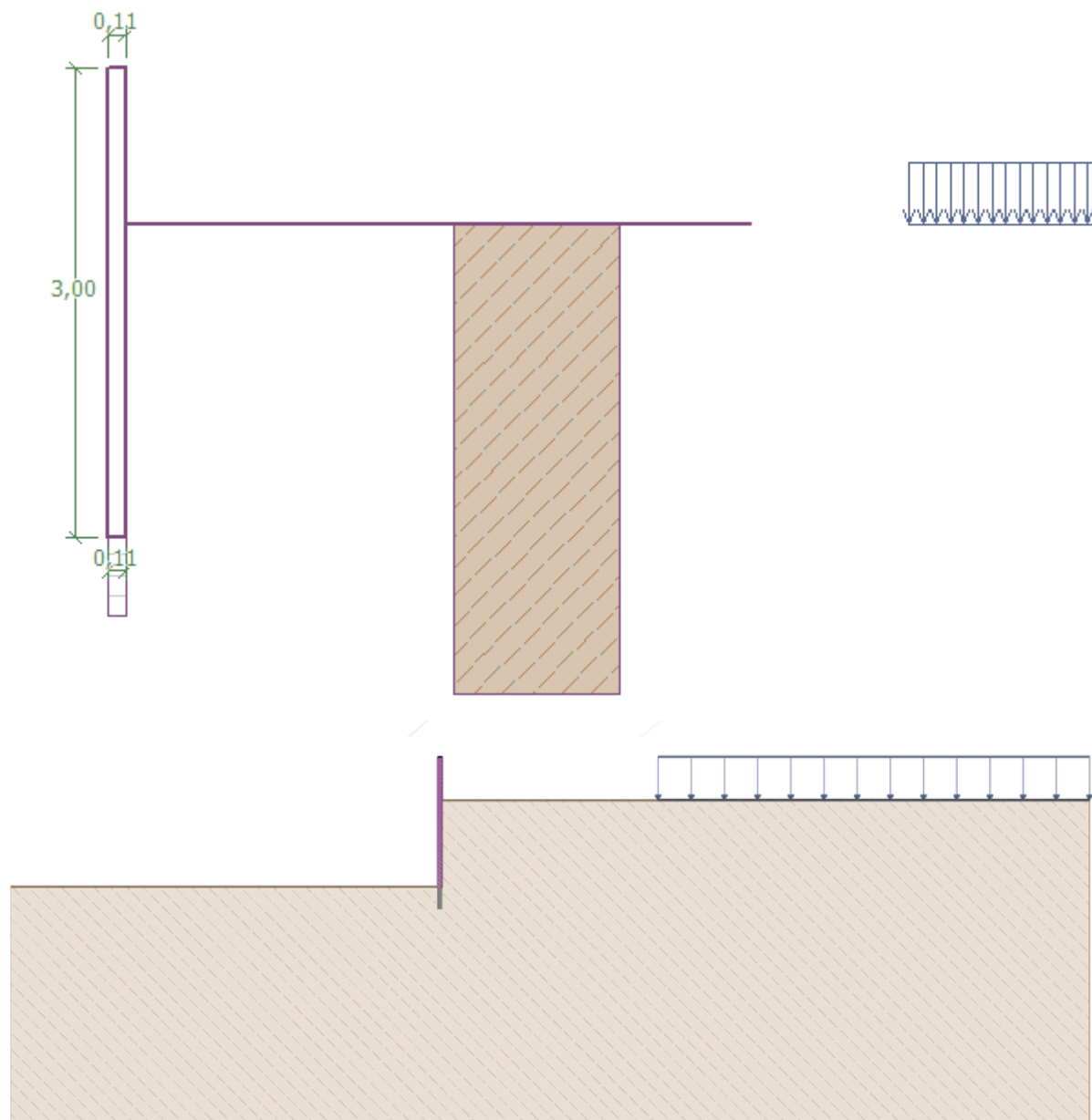
Fonte: Software Geo5, 2025.

Figura 31 - Verificação de estabilidade do talude.

Verificação			Verificação da estabilidade de talude (Todos os métodos)	
TOMBAMENTO :	SATISFAZ	(0,2%)	Bishop :	FS = 5,22 > 2,00 VERIFICA
DESILZAMENTO :	SATISFAZ	(0,1%)	Fellenius / Petterson :	FS = 5,22 > 2,00 VERIFICA
			Spencer :	FS = 5,21 > 2,00 VERIFICA
			Janbu :	FS = 5,21 > 2,00 VERIFICA
			Morgenstern-Price :	FS = 5,21 > 2,00 VERIFICA

Fonte: Software Geo5, 2025.

Figura 32 - Perfil 3 - em situação de seca na cota inferior (solo até 2,0m).



Fonte: Software Geo5, 2025.

Figura 33 - Verificação de estabilidade do talude.

Verificação			Verificação da estabilidade de talude (Todos os métodos)	
TOMBAMENTO :	SATISFAZ	(0,2%)	Bishop :	FS = 3,17 > 2,00 VERIFICA
DESLIZAMENTO :	SATISFAZ	(0,1%)	Fellenius / Petterson :	FS = 3,17 > 2,00 VERIFICA
			Spencer :	FS = 3,16 > 2,00 VERIFICA
			Janbu :	FS = 3,16 > 2,00 VERIFICA
			Morgenstern-Price :	FS = 3,16 > 2,00 VERIFICA

Fonte: Software Geo5, 2025

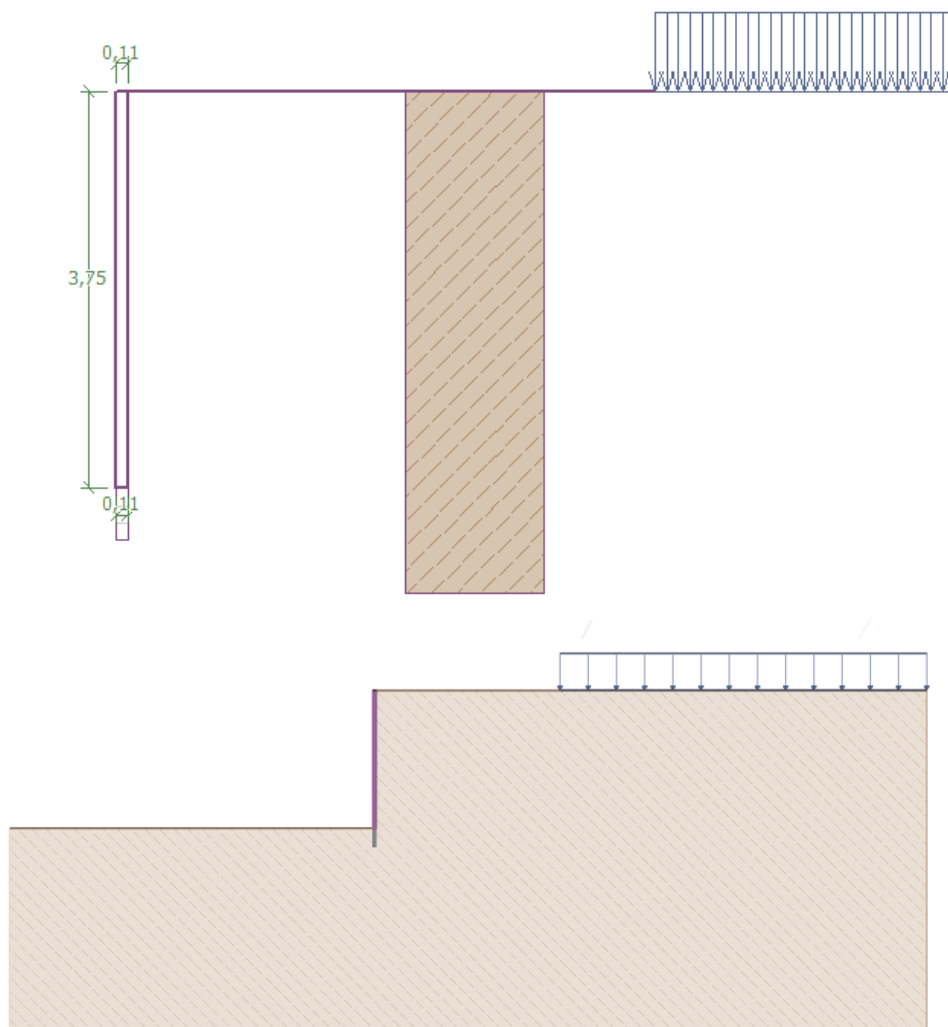
Technical drawing of a retaining wall cross-section. The drawing includes a vertical wall with a height of 3,75. The wall is shown in two parts: a front view (top) and a side view (bottom). The front view shows a wall with a thickness of 0,11 and a height of 3,75. The side view shows a wall with a thickness of 0,11 and a height of 3,75. The wall is supported by a foundation. The drawing uses a coordinate system with the origin at the top-left corner of the wall. The x-axis is horizontal and the y-axis is vertical. The wall is shown in a light blue color with a diagonal hatching pattern. The foundation is shown in a light yellow color with a diagonal hatching pattern. The drawing includes a scale bar at the bottom right.

Figura 35 - Verificação de estabilidade do talude.

Verificação			Verificação da estabilidade de talude (Todos os métodos)	
			Bishop :	FS = 3,56 > 2,00 VERIFICA
			Fellenius / Petterson :	FS = 3,56 > 2,00 VERIFICA
			Spencer :	FS = 3,56 > 2,00 VERIFICA
TOMBAMENTO :	SATISFAZ	(81,9%)	Janbu :	FS = 3,56 > 2,00 VERIFICA
DESLIZAMENTO :	SATISFAZ	(40,7%)	Morgenstern-Price :	FS = 3,56 > 2,00 VERIFICA

Rua Eduardo de Brito, nº 800, Centro, CEP 99010-180, Passo Fundo/RS
(54) 99935-1553 | www.riofundo.com.br | @riofundoengenharia

Figura 36 - Perfil 4 - em situação de seca na cota superior (solo até 3,75m).



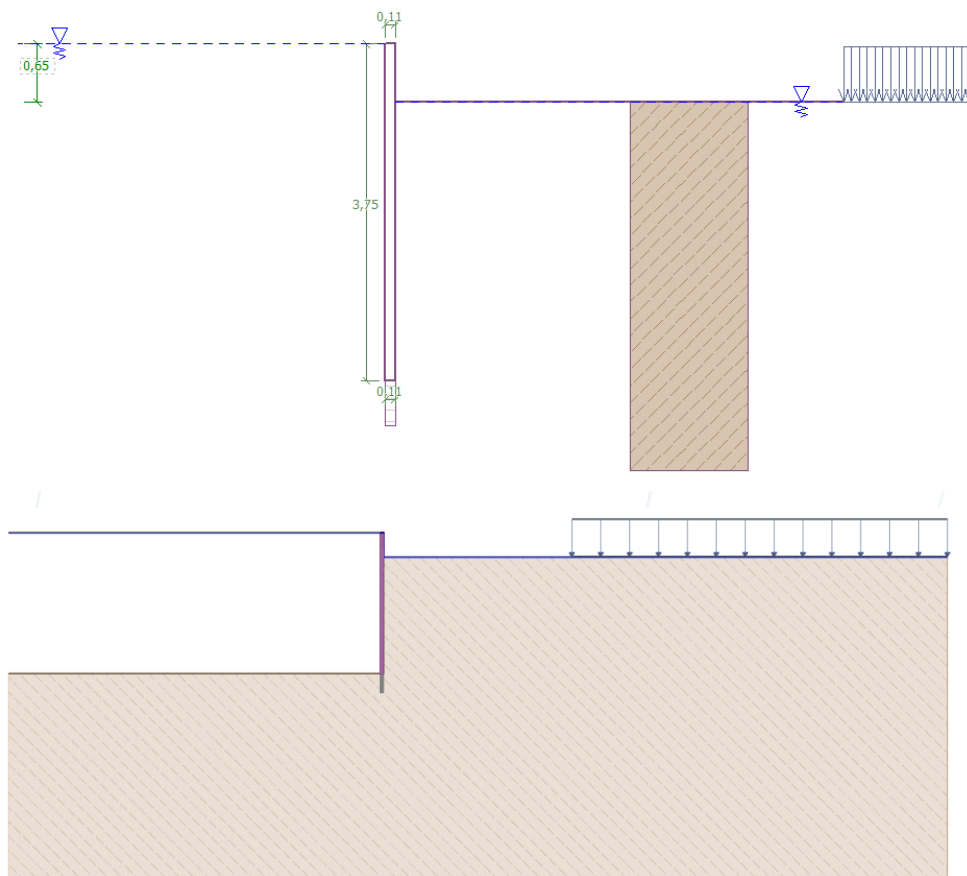
Fonte: Software Geo5, 2025.

Figura 37 - Verificação de estabilidade do talude.

Verificação			Verificação da estabilidade de talude (Todos os métodos)	
TOMBAMENTO :	SATISFAZ	(46,3%)	Bishop :	FS = 2,05 > 2,00 VERIFICA
DESLIZAMENTO :	SATISFAZ	(23,0%)	Fellenius / Petterson :	FS = 2,05 > 2,00 VERIFICA
			Spencer :	FS = 2,05 > 2,00 VERIFICA
			Janbu :	FS = 2,05 > 2,00 VERIFICA
			Morgenstern-Price :	FS = 2,05 > 2,00 VERIFICA

Fonte: Software Geo5, 2025.

Figura 38 - Perfil 4 - em situação de enchente na cota inferior (solo até 3,1m).



Fonte: Software Geo5, 2025.

Figura 39 - Verificação de estabilidade do talude.

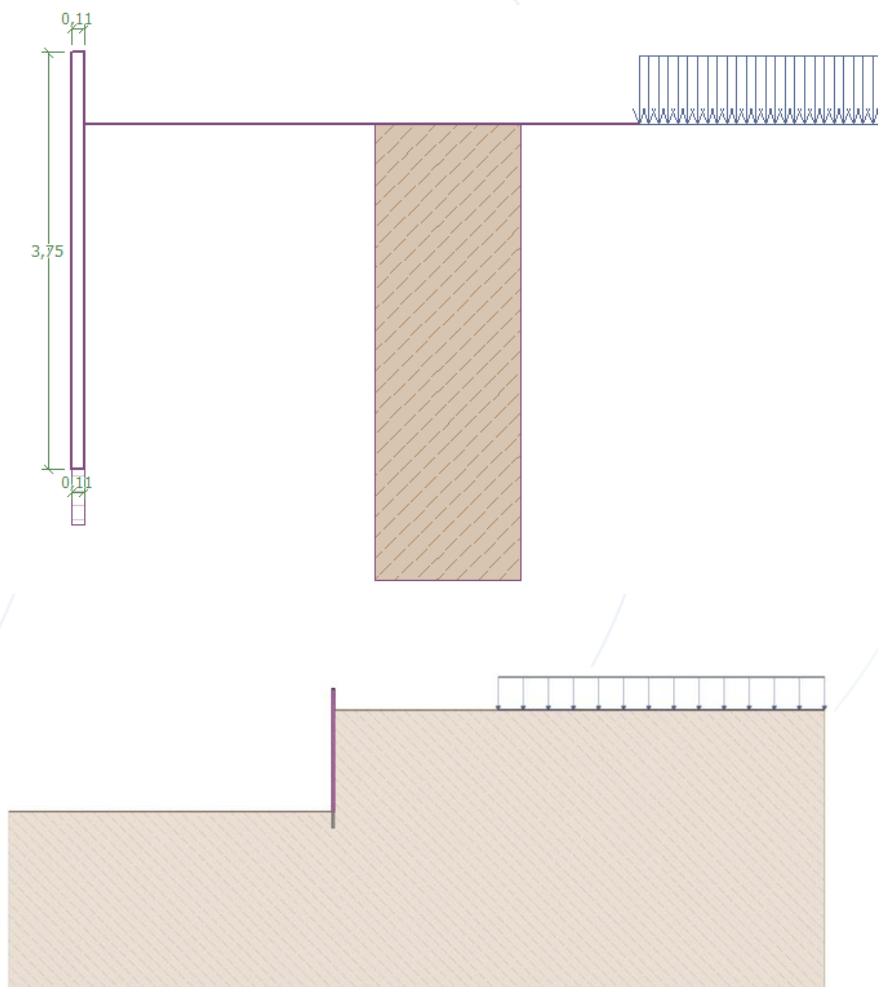
Verificação		
TOMBAMENTO:	SATISFAZ	(0,2%)
DESLIZAMENTO:	SATISFAZ	(0,1%)

Verificação da estabilidade de talude (Todos os métodos)

Bishop : FS = 4,37 > 2,00 VERIFICA
 Fellenius / Petterson : FS = 4,37 > 2,00 VERIFICA
 Spencer : FS = 4,37 > 2,00 VERIFICA
 Janbu : FS = 4,37 > 2,00 VERIFICA
 Morgenstern-Price : FS = 4,37 > 2,00 VERIFICA

Fonte: Software Geo5, 2025.

Figura 40 - Perfil 4 - em situação de seca na cota inferior (solo até 3,1m).



Fonte: Software Geo5, 2025.

Figura 41 - Verificação de estabilidade do talude.

Verificação		
TOMBAMENTO :	SATISFAZ	(0,2%)
DESLIZAMENTO :	SATISFAZ	(0,1%)

Verificação da estabilidade de talude (Todos os métodos)

Bishop :	FS = 2,42 > 2,00	VERIFICA
Fellenius / Petterson :	FS = 2,42 > 2,00	VERIFICA
Spencer :	FS = 2,42 > 2,00	VERIFICA
Janbu :	FS = 2,42 > 2,00	VERIFICA
Morgenstern-Price :	FS = 2,42 > 2,00	VERIFICA

Fonte: Software Geo5, 2025.

10 CONCLUSÃO

A análise realizada mostrou-se essencial para garantir a segurança da população. Esse processo incluiu estudos detalhados de estabilidade, verificação de parâmetros geotécnicos, avaliação de possíveis mecanismos de ruptura e simulações

de cenários extremos. Tudo isso permitiu atestar a confiabilidade e a eficiência das soluções adotadas.

Os cálculos do presente memorial consideraram as superfícies críticas, incluindo parâmetros de resistência para o solo da região de São Jorge. E visualmente verifica-se nos resultados acima, os níveis d'água, as sobrecargas adotadas, e as situações de sismos.

11 PROJETO EXECUTIVO

A execução da obra será conduzida de acordo com o projeto executivo, normas técnicas da ABNT, legislações ambientais e de segurança do trabalho, bem como diretrizes da fiscalização. Todos os serviços serão realizados sob a supervisão do responsável técnico e do engenheiro responsável pela fiscalização.

11.1 INSTALAÇÃO DO CANTEIRO

O container será implantado em local adequado, de forma a não interferir no tráfego de veículos e pedestres, bem como no funcionamento das atividades da comunidade. Essa instalação será de responsabilidade da empresa executora e deverá dispor de área para armazenamento de materiais, abrigo de ferramentas já previstos no orçamento desta obra.

A ligação provisória de água e energia elétrica necessárias ao andamento dos serviços será de responsabilidade da empresa executora da obra, devendo esta providenciar as solicitações junto às concessionárias competentes.

11.2 SERVIÇOS INICIAIS

- Será implantada placa de obra em conformidade com a Resolução CONFEA nº 1.025/2009 e orientações do CREA-RS, contendo informações obrigatórias: nome da obra, contratante, contratada, responsáveis técnicos, ART registrada, número da licença ambiental e prazos previstos.
- Sinalização da área de obra, com tapumes e barreiras físicas, bem como placas informativas que alertem os usuários de que o trecho se encontra em obras.
- Topografia de implantação, para locação dos muros de contenção, perfis de referência e cotas de execução.

- Desmatamento controlado, somente em áreas autorizadas, com remoção de resíduos em conformidade com a legislação ambiental.

11.3 EXECUÇÃO DAS OBRAS DE CONTENÇÃO

11.3.1 Escavações e preparações da fundação.

- Realização de limpeza e desassoreamento da área destinada à implantação do muro de contenção, removendo materiais soltos, vegetação e sedimentos.
- Escavação mecânica e manual conforme o projeto executivo, garantindo as dimensões e profundidades previstas.
- Preparação da vala para execução em concreto ciclópico, com utilização de madeira/madeirite para contenção lateral e conformação adequada.
- Regularização do fundo de vala, assegurando superfície firme e nivelada.
- Instalação de drenos provisórios para evitar acúmulo de água durante a execução.

11.3.2 Fundação com concreto ciclópico.

- Execução de fundações em concreto ciclópico com $f_{ck} = 15 \text{ MPa}$, incorporando pedra de mão com diâmetro máximo de 25 cm.
- Dimensões mínimas: profundidade de 50 cm e largura de 30 cm, conforme estabelecido em projeto.
- Lançamento em camadas sucessivas de até 15 cm, que poderá ser realizado de forma manual ou mecanizada, com adensamento manual e/ou vibratório para garantir a homogeneidade.
- O topo da fundação deverá ser regularizado, uma vez que o muro será assentado diretamente sobre ela.
- Realizar cura úmida por no mínimo 7 dias, assegurando o ganho de resistência adequado.
- OBS: Será executada uma base de concreto ciclópico ao longo do alinhamento do muro, com a finalidade exclusiva de regularizar o terreno natural e proporcionar superfície estável para o assentamento do muro de contenção. Esta base não exercerá função estrutural, destinando-se apenas a nivelar o solo, melhorar as condições de apoio e facilitar a execução da alvenaria de contenção.

11.3.3 Execução do Muro de Contenção em Pedra Basalto

- O muro será executado em alvenaria de pedra basalto devidamente aparelhada, seguindo as dimensões do projeto e assentada com argamassa de cimento, cal e areia no traço (1:3:12).
- As pedras deverão ser selecionadas e ajustadas para garantir o bom encunhamento e estabilidade da alvenaria.
- As pedras deverão ser assentadas à cutelo.
- O preenchimento das juntas será feito cuidadosamente, evitando vazios, com espessura de 25mm a 30mm.
- Serão instalados drenos horizontais (barbacãs) em tubos PVC Ø 100 mm, espaçados a cada 5,00 m no sentido horizontal e em fiadas verticais, conforme projeto, garantindo a saída da água acumulada.

11.3.4 Cinta de amarração

- Sobre o muro em pedra basalto será executada uma cinta de amarração, conforme especificado em projeto.
- A cinta será construída em concreto com resistência característica de 25 Mpa.
- Serão utilizadas 4 barras de aço CA-50 com diâmetro de 10.0 mm como armadura longitudinal.
- Os estribos serão em aço CA-60 com diâmetro de 6.3 mm, com espaçamento de 15 cm entre eles, conforme projeto estrutural.
- A execução incluirá a construção de forma em madeira/madeirite adequada para moldagem da cinta.
- Deverá ser executado junta de dilatação com espessura de 25 mm em cada mudança de direção ou em pontos de desalinhamento do muro.;
- OBS: Sobre o coroamento do muro será executada uma cinta de regularização em concreto simples, cuja função será uniformizar e embelezar a superfície superior do paramento, garantindo acabamento adequado e alinhamento da estrutura. Ressalta-se que esta cinta não desempenhará função estrutural, não sendo responsável pela absorção ou transmissão de esforços do sistema de contenção, limitando-se ao papel de acabamento arquitetônico.

11.3.5 Reaterro e reforço

- Entre o muro de contenção e o talude, será executado um reforço com pedra argamassada, de forma a garantir maior estabilidade e proteção contra processos erosivos. O material pétreo necessário será fornecido pelo Município, cabendo à empresa executora a adequada execução e assentamento das pedras.
- O reaterro será executado em camadas sucessivas de até 20 cm, com material adequado e devidamente compactado.
- Serão utilizados materiais livres de orgânicos, tocos ou resíduos.
- O material proveniente da limpeza e escavação das valas poderá ser reaproveitado para preencher o vão entre o terreno natural e o muro de contenção, desde que atenda às condições técnicas de estabilidade e não contenha impurezas.
- O reaproveitamento do material somente será adotado caso o município não disponibilize área de bota-fora para destinação dos excedentes

11.3.6 Acabamentos

- A limpeza e organização da área de obra ficarão sob responsabilidade da empresa executora, podendo esta contar com apoio da Prefeitura quando necessário.
- O canteiro deverá ser entregue em condições adequadas de uso, segurança e ordem, sem sobras de materiais, entulhos ou resíduos.

12 CONCLUSÃO

Com isso, fica evidente a relevância das obras de contenção e de um sistema de drenagem bem executado para proteger a infraestrutura urbana e oferecer tranquilidade à população diante de situações adversas. As verificações técnicas confirmaram que, após a execução das contenções e a implantação de drenagem adequada, os taludes podem atingir condições satisfatórias de estabilidade, demonstrando capacidade de suportar, com segurança, eventos severos como enchentes e sismos.

Destaca-se que é de suma importância a realização das contenções ao longo de todo o trecho do rio inserido no perímetro urbano, visando não apenas a segurança

da população e a proteção da infraestrutura, mas também a valorização estética da cidade. Além disso, ressalta-se que, embora já tenham sido coletados perfis em diversos pontos do entorno do rio, estes levantamentos servem como base para futuros projetos de contenção a serem executados posteriormente, garantindo planejamento contínuo e soluções técnicas adequadas.

13 RESPONSÁVEL TÉCNICO

Leonardo Vignochi Saggiorato
Eng. Civil - CREA/RS: RS251.309

14 REFERÊNCIAS

Mapa exploratório de solos do Estado do Rio Grande do Sul, 2002. Disponível em:

https://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/pedologia/mapas/unidades_da_federacao/rs_pedologia.pdf. Acesso em: 18 de agosto de 2025.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 11682:2009 - Estabilidade de Taludes. Rio de Janeiro, 2009.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15421:2023 - Projeto de estruturas resistentes a sismos. Rio de Janeiro, 2023.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6122:2022 - Projeto e execução de fundações. Rio de Janeiro, 2022.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 8044:2018 - Projeto geotécnico – Procedimento. Rio de Janeiro, 2018.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13441:2021 - Solos e rochas — Simbologia. Rio de Janeiro, 2021.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6502:2022 - Solos e rochas - Terminologia. Rio de Janeiro, 2022.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6484:2020 - Solo — Sondagem de simples reconhecimento com SPT — Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2020.

Bishop, A.W. (1955) **"The Use of the Slip Circle in the Stability Analysis of Slopes"**, Geotechnique, Great Britain, Vol. 5, No. 1, Mar., pp. 7-17.

Petterson KE (1955) **The early history of circular sliding surfaces**. Geotechnique 5:275-296.

Spencer, E. 1967. **A method of analysis of the stability of embankments assuming parallel interslice forces**. Géotechnique, 17(1): 11-26.

Janbu, N. 1954. **Application of Composite Slip Surface for Stability Analysis**. European Conference on Stability Analysis, Stockholm, Sweden.

Janbu, N. 1973. **Slope Stability Computations. Embankment Dam Engineering – Casagrande**. Volume, R.C. Hirschfeld and S.J. Poulos, eds., John Wiley and Sons, New York, pp 47-86.

Morgenstern, N.R., and Price, V.E. 1965. **The analysis of the stability of general slip surfaces**. Géotechnique, 15(1): 79-93.

Morgenstern, N.R., and Price, V.E. 1967. **A numerical method for solving the equations of stability of general slip surfaces**. Computer Journal, 9: 388-393.

Zhu, D.Y., Lee, C.F., Qian, Q.H., and Chen, G.R. 2005. **A concise algorithm for computing the factor of safety using the Morgenstern-Price method**. Canadian Geotechnical Journal, 42(1): 272-278.

ANEXOS

Anexo I - Assinatura de Responsabilidade Técnica (ART).

Anexo II - Planta de situação.

Anexo III - Detalhamento e perfis.

Anexo IV - Diagnóstico Socioambiental do município.