



INFRAGEO
ENGENHARIA GEOTECNIA MEIO AMBIENTE

**RELATÓRIO TÉCNICO DE AVALIAÇÃO DE
MOVIMENTAÇÃO DE SOLO E ALTERNATIVA DE CONTENÇÃO DE
ENCOSTAS NO BAIRRO SÃO FRANCISCO EM VERANÓPOLIS – RS**

CLIENTE: Prefeitura Municipal de Veranópolis

Passo Fundo, 21 de outubro de 2024.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de localização do município de Veranópolis em relação ao Estado do Rio Grande do Sul.	8
Figura 2: Mapa de localização da área de estudo em relação ao município de Veranópolis.....	9
Figura 3: Localização da área de movimentação em relação à cidade de Veranópolis. .9	
Figura 4: Localização da área de análise dentro do Bairro São Francisco	10
Figura 5: Mapa Geológico do Estado do Rio Grande do Sul com detalhe da localização das áreas de estudo.	11
Figura 6: Mapa dos solos do Rio Grande do Sul com detalhe da localização das áreas de estudo.....	14
Figura 7: Exemplo de perfil de Chernossolo.....	15
Figura 8: Exemplo de perfil de Latossolo.....	16
Figura 9: Exemplo de perfil de Neossolo da Unidade Caxias.....	16
Figura 10: Hidrologia da área de estudo.....	17
Figura 11: Precipitação anual para o período de 1961 a 2024.....	18
Figura 12: Precipitação média mensal para o período de 1961 a 2024.....	19
Figura 13: Precipitações mensais acumuladas em 2024 e média mensal de precipitação.	20
Figura 14: Precipitação diária para o período de 16/04/2024 a 16/05/2024.	20
Figura 15: Região com deslizamento atrás de residência que faz parte do levantamento topográfico disponibilizado.	22
Figura 16: Mesmo talude da Figura 15 sob outro ângulo, com exposição da rocha.....	23
Figura 17: Região atrás da segunda casa que faz parte do levantamento topográfico .23	
Figura 18: Região atrás da segunda casa que faz parte do levantamento topográfico (2)	24
Figura 19: Visão das residências “enterradas”	24
Figura 20: Muros construídos pelos moradores para vencer os desníveis do terreno ..	25
Figura 21: “Muro” de garrafas PET completamente artesanal construído pelos moradores	25
Figura 22: Casas e estruturas construídas diretamente sobre rocha aflorada	26
Figura 23: Trincas de tração observadas no topo do talude atrás da residência da Figura 15.....	26

Figura 24: Levantamento topográfico (curvas de nível) no Bairro São Francisco.	28
Figura 25: Locação dos perfis de análise no Bairro São Francisco.....	29
Figura 26: Perfil 1 do terreno com os respectivos materiais.	30
Figura 27: Perfil 2 do terreno com os respectivos materiais.	30
Figura 28: Perfil 3 do terreno com os respectivos materiais.	30
Figura 29: Análise de estabilidade do Perfil 1 não drenada.....	31
Figura 30: Análise de estabilidade do Perfil 2 não drenada.....	32
Figura 31: Análise de estabilidade do Perfil 3 não drenada.....	32
Figura 32: Análise de estabilidade do Perfil 1 drenada.....	33
Figura 33: Análise de estabilidade do Perfil 2 drenada.....	34
Figura 34: Análise de estabilidade do Perfil 3 drenada.....	34
Figura 35: Representação esquemática do funcionamento do sistema.	36
Figura 36: Vista do talude com instalação do sistema.....	37
Figura 37 - Identificação da área de contribuição	41
Figura 38 - Desenho da canaleta projetada.....	42
Figura 39 - Planta baixa de drenagem.....	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Horizontes do solo e definições.....	13
Tabela 2: Propriedades dos materiais para análise de estabilidade no Bairro São Francisco.....	31
Tabela 3: Resultados do dimensionamento.....	36
Tabela 4: Fatores de segurança obtidos	36
Tabela 5 - Valores de C de acordo com superfícies de revestimento.....	39
Tabela 5: Propriedades da tela.....	44
Tabela 6: Quantidades estimadas para execução do sistema proposto.....	45

SUMÁRIO

1. APRESENTAÇÃO	7
2. IDENTIFICAÇÃO	7
2.1. SOLICITANTE	7
2.2. ÁREAS DE ESTUDO	7
3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	8
4. CARACTERÍSTICAS LOCAIS	11
4.1. GEOLOGIA.....	11
4.2. HIDROLOGIA E PLUVIOMETRIA	17
5. VISTORIAS TÉCNICAS.....	22
6. ESTUDOS REALIZADOS.....	28
6.1. LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO	28
7. ANÁLISES DE ESTABILIDADE.....	29
7.1. PARÂMETROS DE RESISTÊNCIA ADOTADOS	31
7.2. ANÁLISES NÃO DRENADAS	31
7.3. ANÁLISES DRENADAS	33
8. DIMENSIONAMENTO DE TELA DE CONTENÇÃO DE ROCHAS.....	35
9. DRENAGEM	37
9.1. DETERMINAÇÃO DA VAZÃO DE PROJETO	37
9.1.1. <i>Coefficiente de escoamento superficial.....</i>	<i>38</i>
9.1.2. <i>Intensidade pluviométrica.....</i>	<i>39</i>
9.1.3. <i>Áreas de contribuição.....</i>	<i>40</i>
9.2. ELEMENTOS DE DRENAGEM PROJETADOS.....	41
10. PROCEDIMENTO EXECUTIVO	42
10.1. SERVIÇOS PRELIMINARES	42
10.2. MONTAGEM DA ESTRUTURA	43
10.3. DRENAGEM	43
10.4. ESPECIFICAÇÕES DOS MATERIAIS	44
10.4.1. <i>Malha</i>	<i>44</i>

10.4.2. Ancoragem.....	44
10.4.3. Canaletas.....	44
11. QUANTITATIVO ESTIMADO	45
12. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	46
ANEXOS.....	47

1. APRESENTAÇÃO

O presente documento refere-se à avaliação preliminar de áreas de movimentação de solo ocorridas em uma área de encosta no Bairro São Francisco, na cidade de Veranópolis. A contratação visou reunir informações a respeito da avaliação preliminar da estabilidade do maciço de solo considerando a geologia do local, a realização de visitas técnicas e o levantamento planialtimétrico disponibilizado pelo município.

2. IDENTIFICAÇÃO

2.1. Solicitante

Nome/Razão Social: Município de Veranópolis.

CPF/CNPJ: 98.671.597/0001-09.

Município: Veranópolis.

2.2. Áreas de estudo

Localização:

Bairro São Francisco (Latitude 28°55'44.18" S e Longitude 51°32'48.74" O);

Município: Veranópolis.

Obra: Avaliação de movimentação de solo em encosta e sugestão de estrutura de contenção para estabilização.

3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

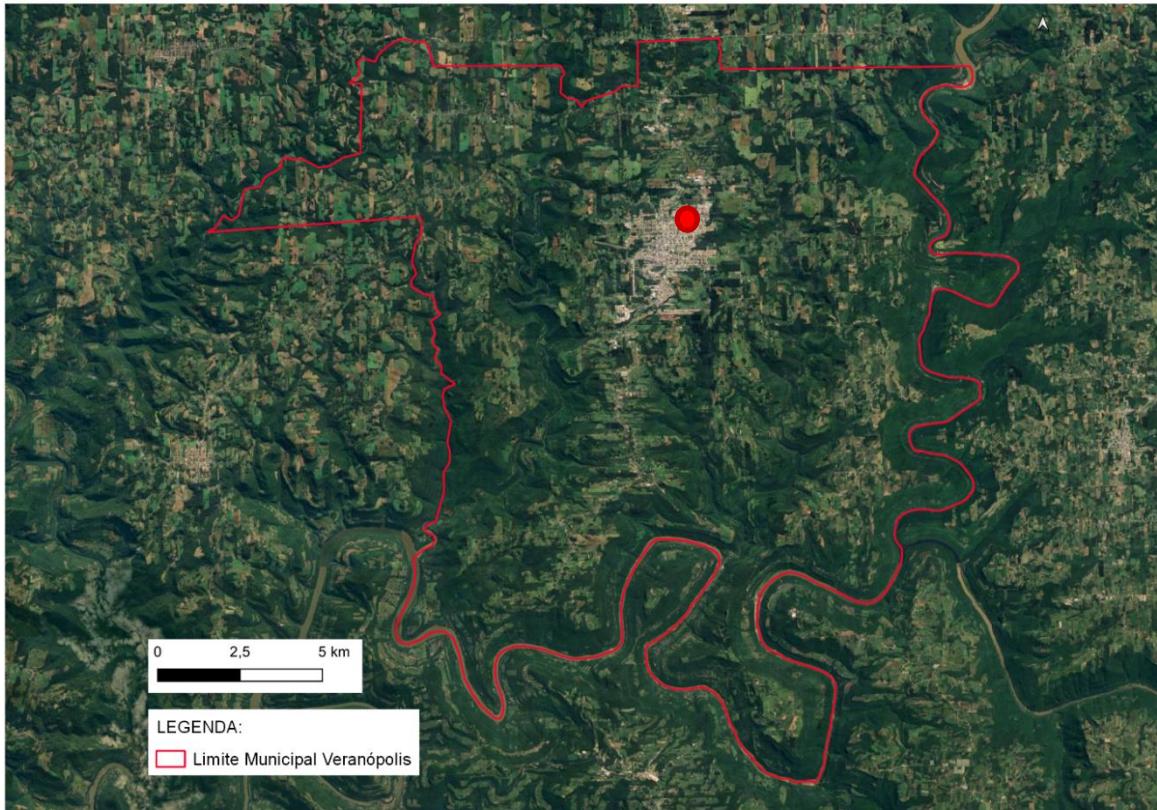
Este estudo foi realizado em uma área de risco localizada no município de Veranópolis nas coordenadas latitude 28°55'44.18" S e longitude 51°32'48.74" O. A Figura 1 apresenta o mapa de localização do município de Veranópolis em relação ao Estado do Rio Grande do Sul. Na Figura 2 tem-se o mapa de localização da área de estudo em relação ao município. Na Figura 3 tem-se a localização da área de movimentação em relação a área urbana do município e na Figura 4 tem-se a localização exata do ponto em análise dentro do Bairro São Francisco.

Figura 1: Mapa de localização do município de Veranópolis em relação ao Estado do Rio Grande do Sul.



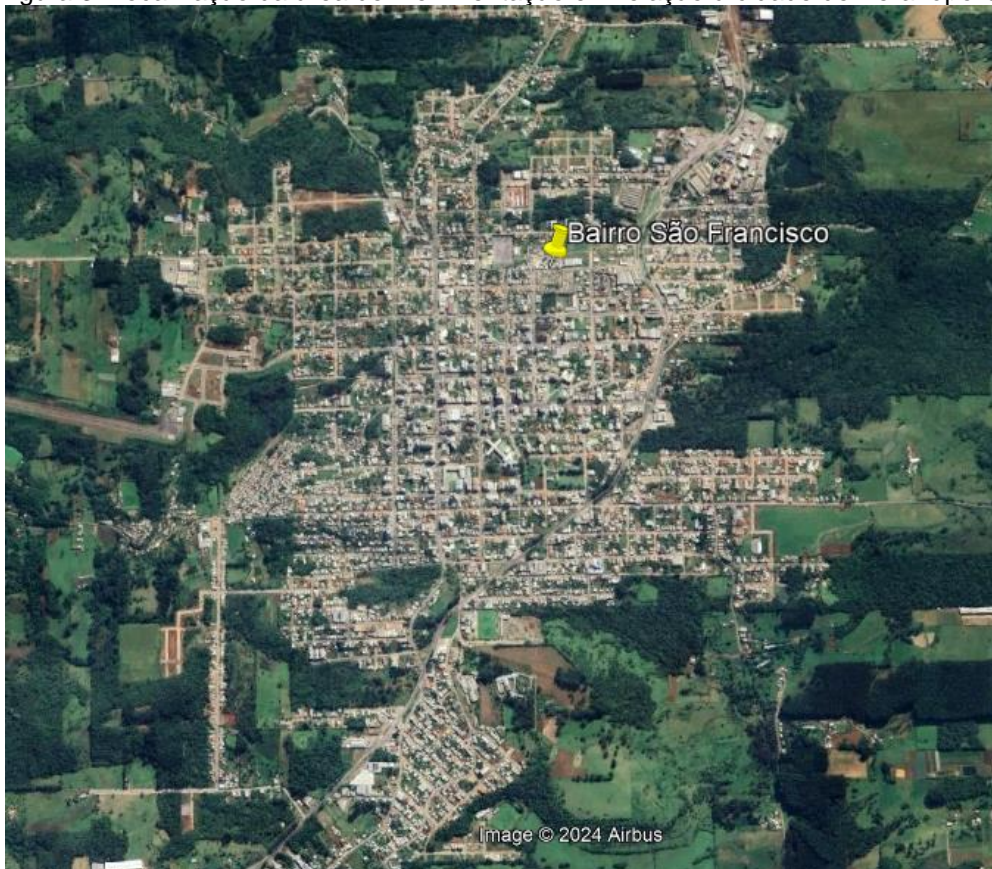
Fonte: IBGE (2010), elaborado por Infra-Geo (2024).

Figura 2: Mapa de localização da área de estudo em relação ao município de Veranópolis.



Fonte: Imagem de satélite Google Earth, elaboração do mapa: Infra-Geo (2024).

Figura 3: Localização da área de movimentação em relação à cidade de Veranópolis.



Fonte: Google Earth (2024).

Figura 4: Localização da área de análise dentro do Bairro São Francisco



Fonte: Google Earth (2024).

4. CARACTERÍSTICAS LOCAIS

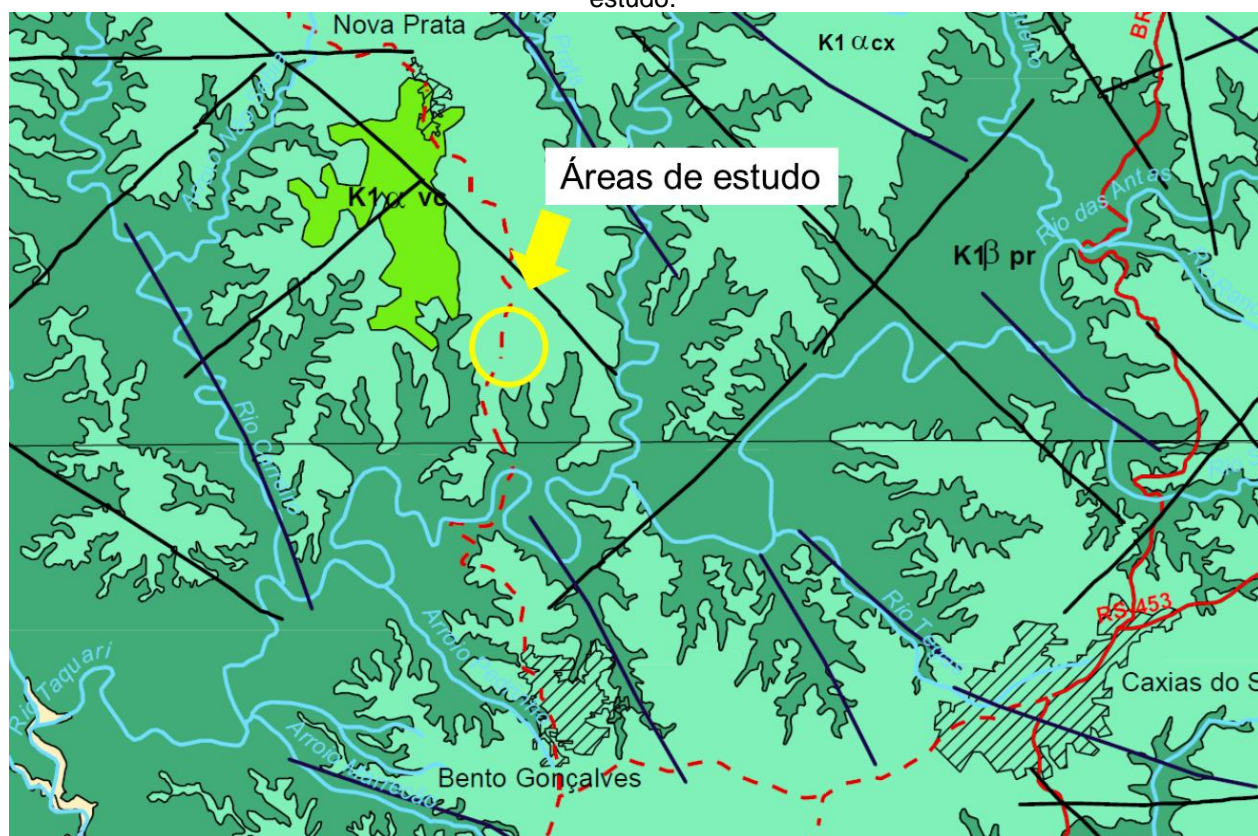
A caracterização da área em estudo envolveu a identificação do tipo de solo da região assim como a estimativa e quantificação das chuvas incidentes.

As informações quanto a geologia e ao tipo de solo foram avaliadas a partir documentos do mapa geológico da cidade de Veranópolis e em documentos técnicos/científicos. E as estimativas das chuvas incidentes na região em estudo foram baseadas nos registros pluviométricos da cidade de Veranópolis.

4.1. Geologia

De acordo com o mapa Geológico do Estado do Rio Grande do Sul as áreas de estudo na cidade de Veranópolis (Figura 5) localizam-se no Grupo São Bento da Formação da Serra Geral.

Figura 5: Mapa Geológico do Estado do Rio Grande do Sul com detalhe da localização das áreas de estudo.



Fonte: Serviço Geológico do Brasil (2006).

A Formação Serra Geral é constituída por uma sucessão de corridas de lava, de composição predominantemente básica, apresentando uma sequência superior como um domínio relativo a efusivas ácidas. Na sequência básica inferior, em alguns pontos,

é possível encontrar níveis de vulcanitos ácidos. Tendo extravasado desde o Triássico Superior, desenvolveu-se de modo significativo durante o Juracretáceo. Intimamente ligado aos processos geodinâmicos que culminaram na abertura do Atlântico Sul e a consequente separação continental América do Sul - África, esses vulcanitos fissurais têm, como contrapartes hipabissais, inúmeros diques, sills e corpos irregulares de diábasio. Podem ocorrer corpos de arenitos eólicos entremeados nas lavas. Estes arenitos, por serem semelhantes aos litotipos da Formação Botucatu, também são considerados na mesma formação.

A Formação Serra Geral encobre o norte do Rio Grande do sul e o centro-oeste dos estados de Santa Catarina e Paraná. No Rio Grande do sul, seus limites leste e sul são marcados pela presença de escarpas. Esta acentuada quebra topográfica sofre sensível amenização ao se prolongar para o extremo oeste do RS. Na sua porção central o relevo é de planalto, ou seja, plano-ondulado.

A Formação Serra Geral é bastante variável em espessura, sendo que as maiores espessuras encontram-se a leste do estado do Rio Grande do sul, na região de Torres-Três Forquilhas (>1000m), em torno de 1000m no centro, diminuindo de espessura para as bordas para aproximadamente 50m.

Conforme mapa geológico do estado, as áreas de estudo localizam-se nas fácies Caxias (K1 α cx) que resultam de derrames de composição intermediária a ácida, riocácitos a riolitos, mesocráticos, microgranulares a vitrofíricos, textura esferulítica comum (tipo carijó), forte disjunção tabular no topo dos derrames e maciço na porção central, dobras de fluxo e auto brechas frequentes, vesículas preenchidas predominantemente por calcedônia e ágata, fonte das mineralizações da região.

Para a análise das características dos tipos de solo algumas definições são necessárias. O perfil do solo mostra uma sequência vertical de camadas mais ou menos paralelas à superfície, resultantes da ação dos processos de formação do solo (processos pedogenéticos). Estas camadas são chamadas de horizontes pedogenéticos que são diferenciados entre si pela espessura, cor, textura, estrutura ou outras características. De modo geral, as camadas de solo são conforme a Tabela 1. Além disso, alguns horizontes podem ser compostos por sufixos, exemplo Bw, sendo que estes demonstram algumas características específicas em horizontes e camadas do solo, de ocorrência mais comum nos solos do Rio Grande do Sul.

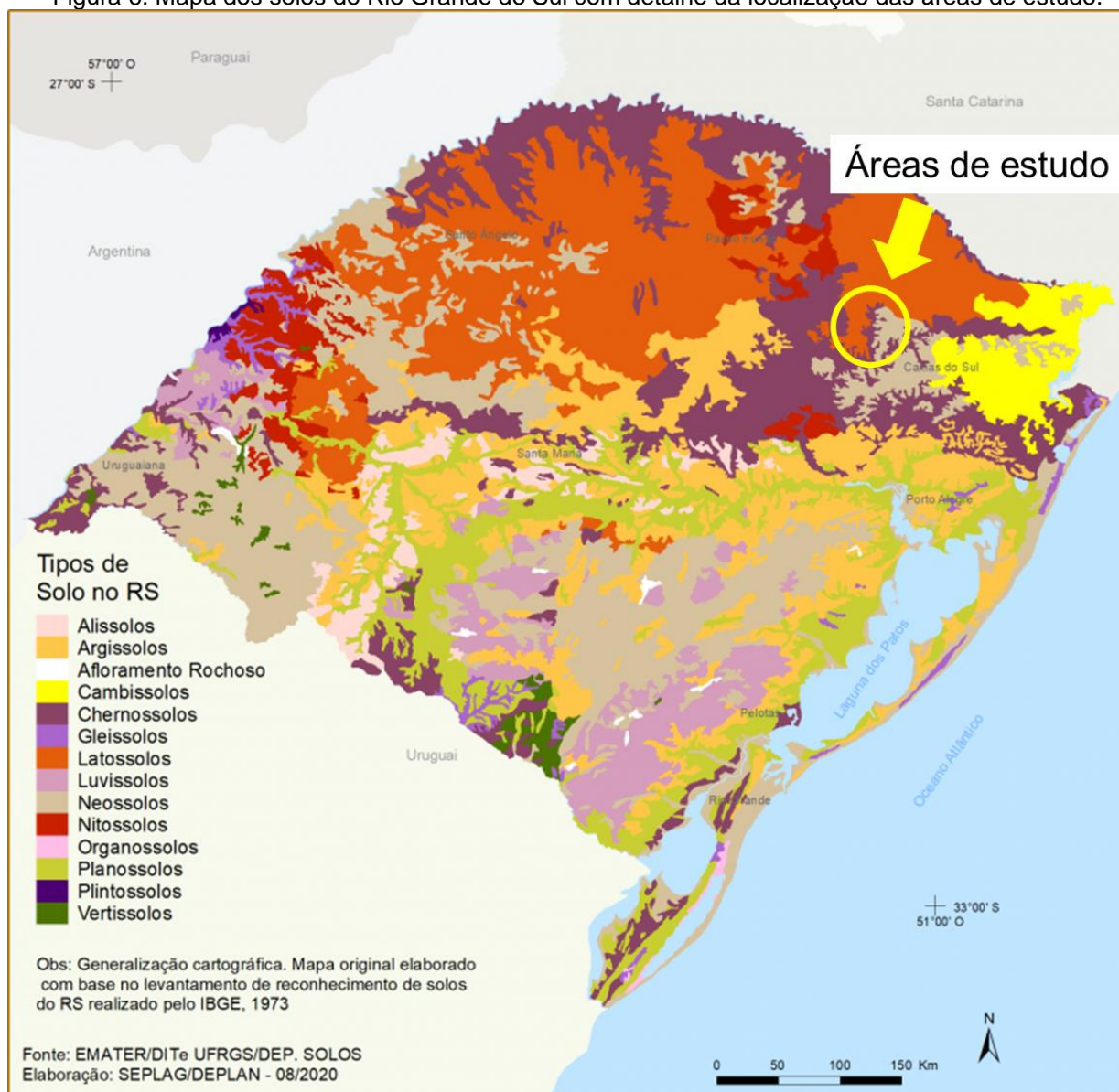
Em relação aos solos verificados nas áreas de estudo, a Figura 6 apresenta o mapa dos solos do estado com o detalhamento da área de estudo.

Tabela 1: Horizontes do solo e definições.

Horizonte	Definição
A	Horizonte mineral, situado na superfície (ou abaixo de horizonte O ou H), que apresenta concentração de matéria orgânica decomposta, incorporada por atividade biológica, intimamente misturada com a fração mineral. Normalmente tem uma coloração mais escura do que os horizontes subjacentes, mas quando cultivado, geralmente apresenta uma descoloração na porção revolvida pelos implementos devido à perda de matéria orgânica.
B	Horizonte mineral formado abaixo de horizontes E, A ou H; é identificado pela coloração mais “viva” (vermelha, amarela ou cinza), em comparação com os horizontes A e C, bem como pela presença de agregados estruturais bem desenvolvidos; pode ou não apresentar uma maior acumulação de argila do que os horizontes superiores.
C	Horizonte mineral situado abaixo do horizonte B ou abaixo do A quando o B está ausente, sendo constituído por rocha alterada, pouco afetada por processos pedogenéticos. Em geral representa o material de origem do solo
R	Camada mineral de material consolidado, não cortável com uma pá quando úmido; constitui o substrato rochoso, podendo ser contínuo ou fendilhado.

Fonte: Emater (2018).

Figura 6: Mapa dos solos do Rio Grande do Sul com detalhe da localização das áreas de estudo.



Fonte: EMATER RS (2018).

No município de Veranópolis são verificados três tipos de solo conforme a classificação da Emater: Chernossolo, Latossolo e Neossolo.

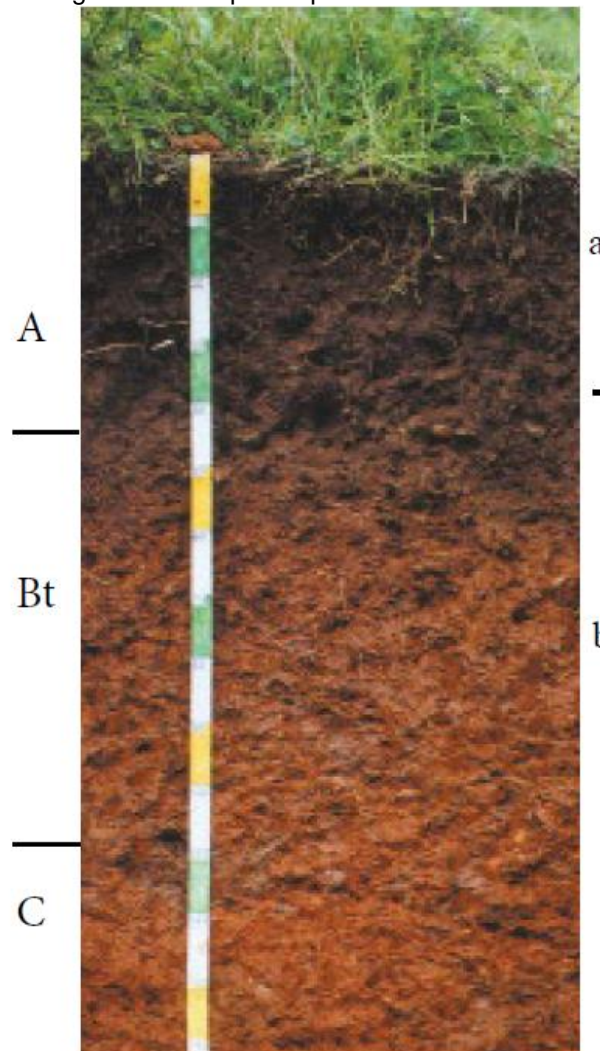
Os Chernossolos são solos rasos a profundos, apresentando no perfil uma sequência de horizontes A-Bt-C ou A-Bi-C (Figura 7). Estes solos se caracterizam em função de apresentar razoáveis teores de material orgânico, o que confere cores escuras ao horizonte superficial que é do tipo A chernozêmico.

O tipo de solo Latossolo relaciona à solos muito profundos e homogêneos, altamente intemperizados. Os Latossolos são solos bem drenados, normalmente profundos a muito profundos, apresentando no perfil uma sequência de horizontes A-Bw-C, onde o horizonte Bw é do tipo B latossólico (Figura 8). Em alguns casos podem ser pouco profundos associados com inclusões de Neossolos Regolíticos ou Litólicos.

Os Latossolos têm pouco ou nenhum incremento de argila com a profundidade e apresentam uma transição difusa ou gradual entre os horizontes; por isso mostram um perfil muito homogêneo, onde é difícil diferenciar os horizontes.

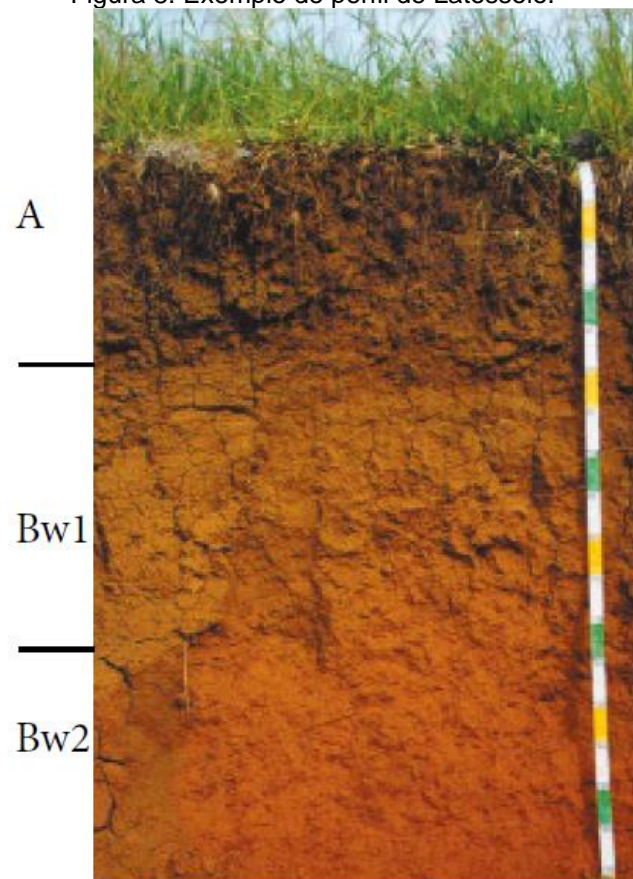
Os Neossolos são solos rasos ou profundos, apresentando no perfil uma sequência de horizontes A-R, A-C, A-C-R, A-Cr-R, O-R ou H-C; podem apresentar horizonte B desde que haja insuficiência de requisitos para qualquer tipo de horizonte B diagnóstico (Figura 9). O Neossolos são solos de formação muito recente, desenvolvidos a partir dos mais diversos tipos de rochas (material de origem) e encontrados nas mais diversas condições de relevo e drenagem.

Figura 7: Exemplo de perfil de Chernossolo.



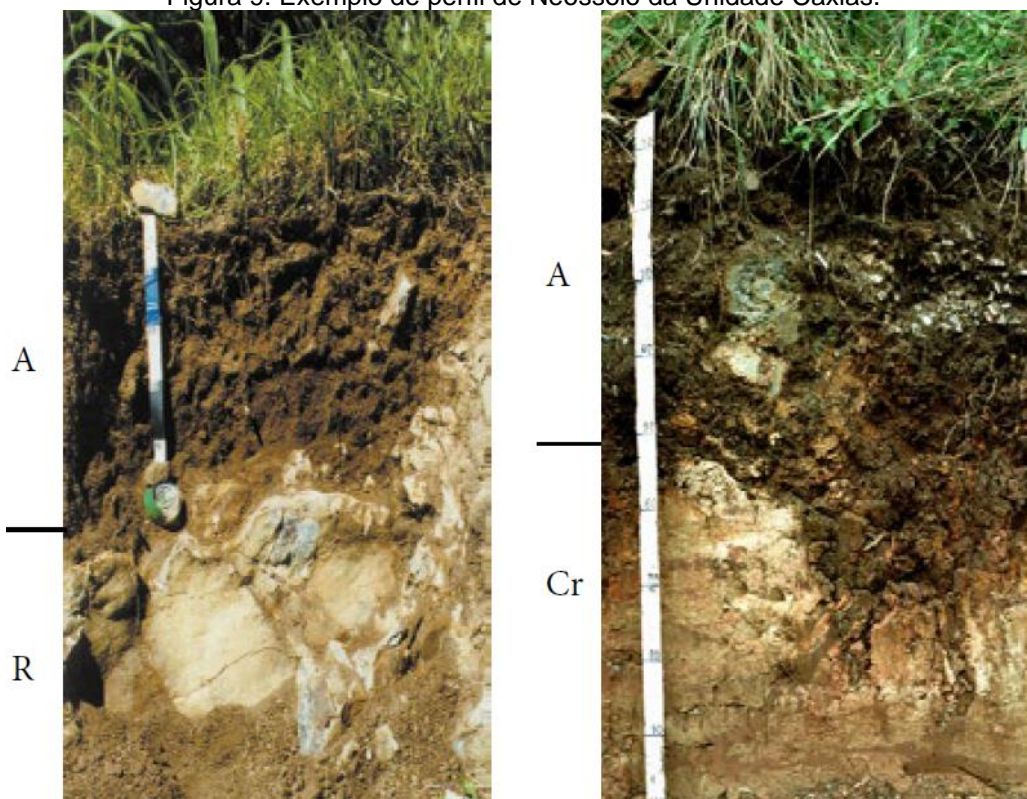
Fonte: Emater (2018).

Figura 8: Exemplo de perfil de Latossolo.



Fonte: Emater (2018).

Figura 9: Exemplo de perfil de Neossolo da Unidade Caxias.

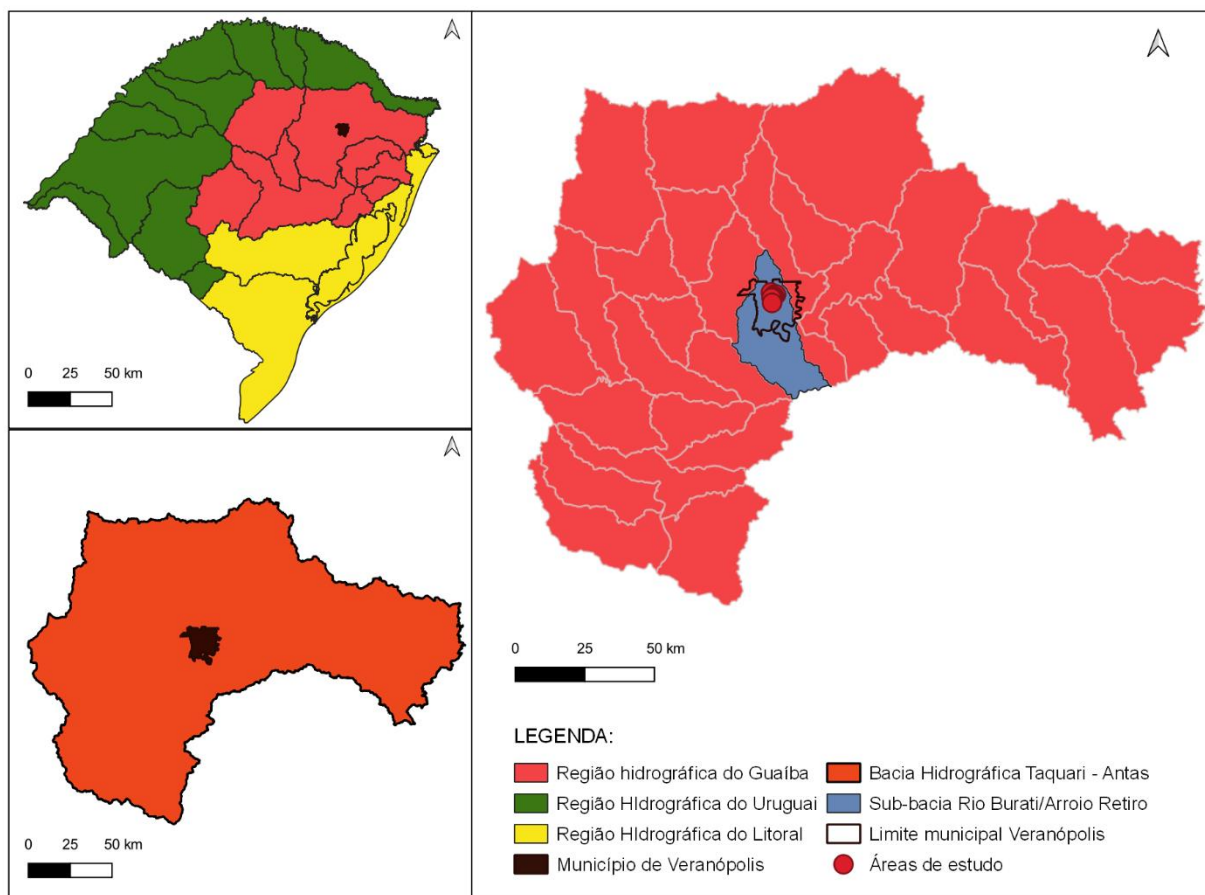


Fonte: Emater (2018).

4.2. Hidrologia e pluviometria

Quanto as informações de dados hidrológicos a região de estudo encontra-se na Região Hidrográfica do Guaíba, na Bacia Hidrográfica do Taquari-Antas e Sub-bacia Rio Burati/Arroio Retiro (Figura 10).

Figura 10: Hidrologia da área de estudo.

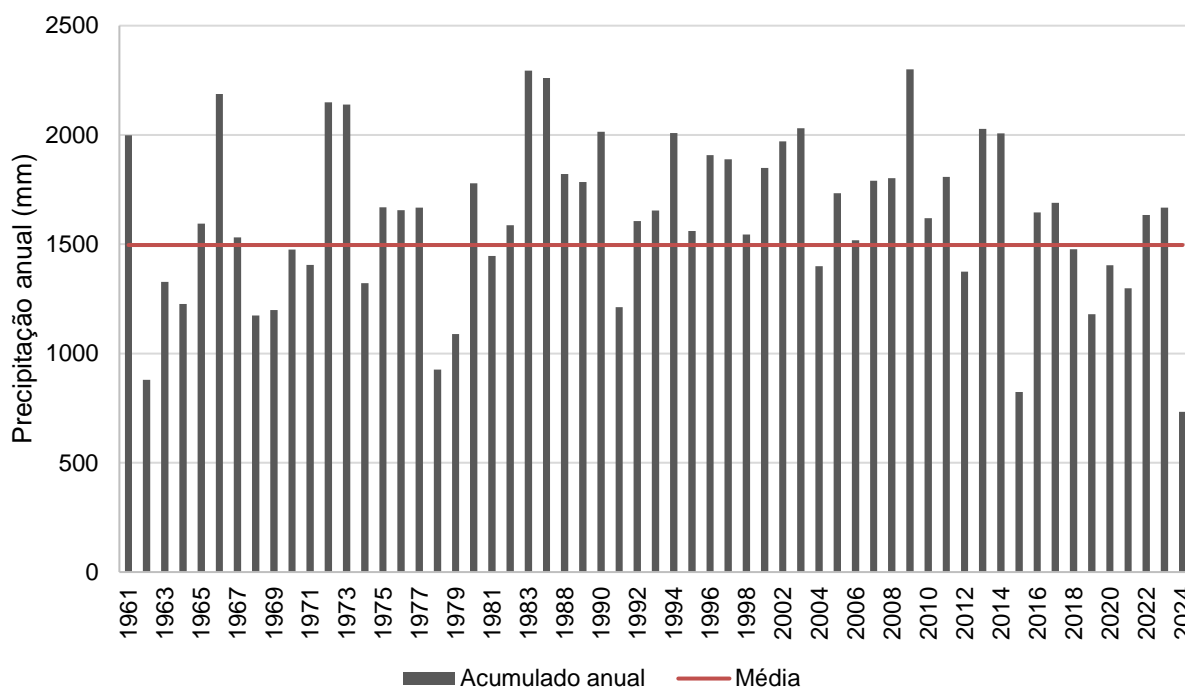


Fonte: Elaborado por Infra-Geo (2024).

Para estimar a quantidade de água incidente nas áreas de estudo avaliadas buscou-se os registros históricos de chuva da cidade de Veranópolis. A caracterização pluviométrica foi realizada com base em dados extraídos do site da ANA – Agência Nacional de Águas, referentes ao monitoramento de chuvas do período de abril de 1945 até 2023 da estação pluviométrica da cidade de Bento Gonçalves – RS (código A840), distante 22 km da cidade de Veranópolis. Esta estação é localizada nas coordenadas latitude - 29.164581 °, longitude -51.534202° com altitude de 623 m.

Os dados foram processados e a partir deles foram gerados gráficos que caracterizam o regime de chuvas na região. A Figura 11 apresenta os dados de precipitação anual para o período de 1961 a 2024.

Figura 11: Precipitação anual para o período de 1961 a 2024.



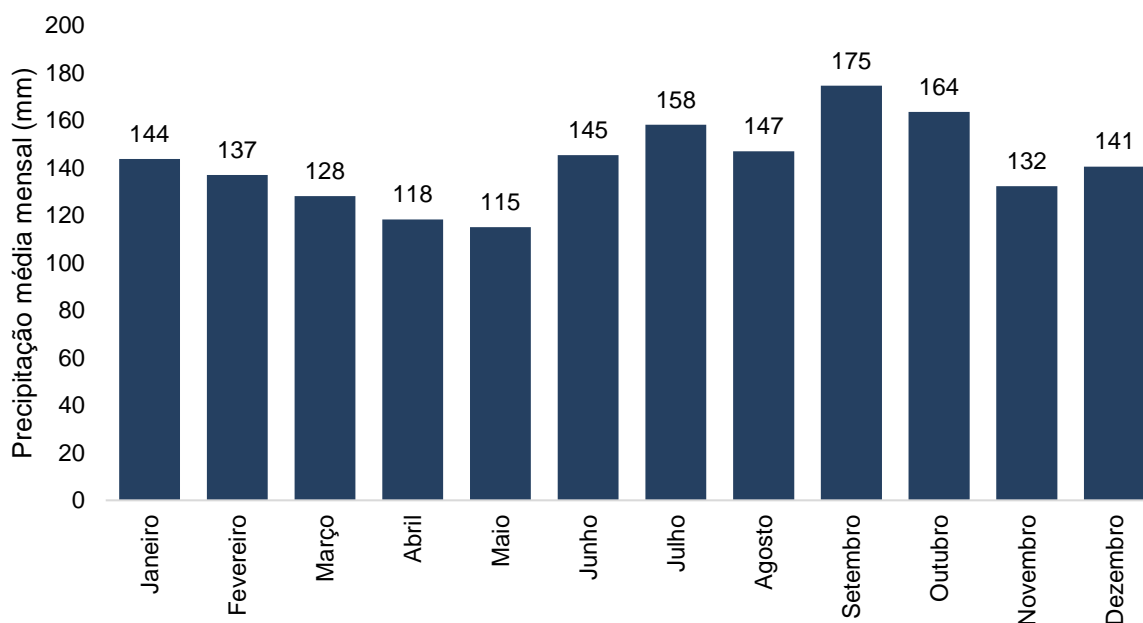
Fonte: ANA (2024).

A precipitação média climatológica anual para o período de 1961 a 2024 é de 1496 mm. Ao longo dos anos diferentes acumulados de precipitação foram verificados, sendo que a precipitação máxima no período foi de 2300,5 mm no ano de 2009, e a mínima de 823,4 mm em 2015. Os anos com precipitação acima da média climatológica anual são verificados na sua maioria em anos com a ocorrência do fenômeno El Niño. Enquanto que os anos com precipitação anual abaixo da média climatológica são verificados em anos de ocorrência do fenômeno La Niña.

Na Região Sul do Brasil, o fenômeno El Niño resulta no aquecimento das águas do oceano pacífico, o que resulta em precipitação pluvial acima da média climatológica. Enquanto que o fenômeno La Niña resulta no resfriamento excepcional das águas do Oceano Pacífico, resultando em precipitação pluvial abaixo da média climatológica.

A Figura 12 apresenta a precipitação média mensal para o período de 1961 a 2024.

Figura 12: Precipitação média mensal para o período de 1961 a 2024.

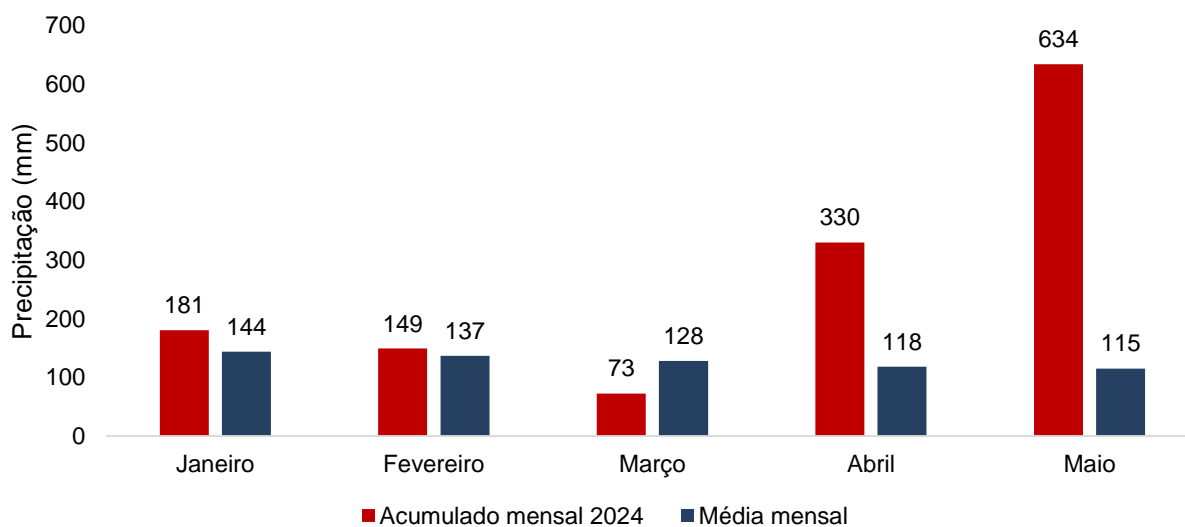


Fonte: ANA (2024).

A precipitação pluvial é bem distribuída ao longo do ano, com chuva em todos os meses. Os meses de setembro e outubro resultaram nas maiores precipitações média mensal (175 e 164 mm) no período de 1961 a 2024, e o mês de maio e abril com o menor acumulado médio mensal (115 mm e 118 mm).

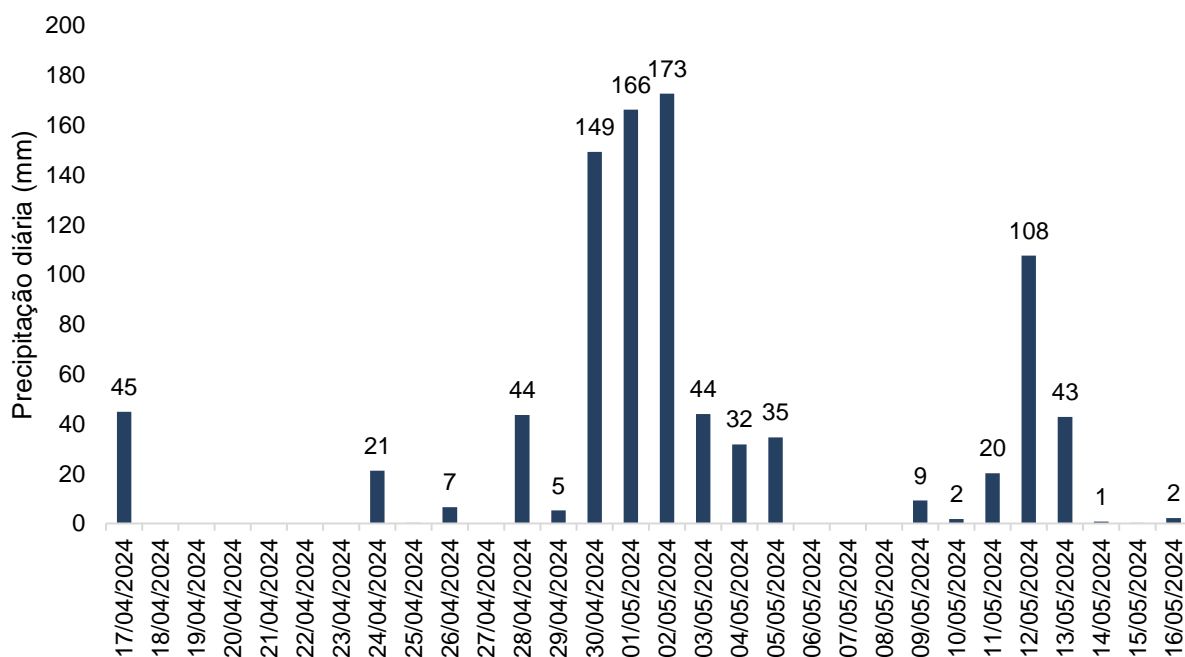
Em abril e maio de 2024 chuvas intensas foram verificadas no Estado do Rio Grande do Sul que resultaram em deslizamentos de encostas em diversos locais e inundações. A Figura 13 relaciona o acumulado mensal de precipitação para os meses de janeiro a maio de 2024 (até o dia 16/05/2024) com a média mensal desses meses. E a Figura 14 apresenta o detalhamento da distribuição diária das precipitações para o período de 16/04/2024 a 16/05/2024.

Figura 13: Precipitações mensais acumuladas em 2024 e média mensal de precipitação.



Fonte: ANA (2024).

Figura 14: Precipitação diária para o período de 16/04/2024 a 16/05/2024.



Fonte: ANA (2024).

O acumulado de precipitação nos meses de abril de 2024 e maio de 2024 superaram significativamente a média mensal de precipitação desses meses conforme dados históricos. O acumulado do mês de abril foi quase 3 vezes maior que a média observada, enquanto que no mês de maio (considerando os dados até o dia 16/05/2024) foi 5,5 vezes superior à média mensal deste mês. Enquanto que a análise da precipitação diária observada nos meses de abril e maio verifica-se que a partir do dia 30/04/2024 a precipitação diária foi elevada, com acumulados que corresponderiam média de precipitação mensal. No dia 30/04/2024 o acumulado diário foi de 149 mm enquanto que

a média de precipitação para o mês de abril é de 118 mm. Considerando o período de 30/04/2024 a 05/05/2024 a precipitação acumulada foi de 598 mm. Esta precipitação acumulada superior e média resulta nos eventos observados na cidade de Veranópolis de deslizamentos de taludes.

5. VISTORIAS TÉCNICAS

A vistoria técnica de inspeção visual tem a finalidade de observar possíveis patologias de movimento de taludes, elementos estabilizadores, assim como tomar ciência da área a ser estudada.

Segundo a NBR 11682/2009, os procedimentos iniciais (vistorias técnicas) são de caráter obrigatório e visam o conhecimento do local, estudo de mapas da região no que tange os tipos de solo e mudanças de topografias, verificações e restrições ambientais e registro destas informações a partir de um laudo de vistoria.

Durante os meses de maio a setembro foram realizadas várias vistorias técnicas pelo Engenheiro Civil Luis Eduardo Formigheri, da INFRA-GEO, e técnicos da prefeitura de Veranópolis Engenheiros Gustavo Gasparin e Iana Reginato Breda e a Assessora Técnica a Arquiteta Joanna Peruffo. Na última vistoria realizada no dia 08 de agosto de 2024, foi avaliada a região atingida pelos deslizamentos no Bairro São Francisco. As Figura 15 a 23 registram a região visitada.

Figura 15: Região com deslizamento atrás de residência que faz parte do levantamento topográfico disponibilizado.



Fonte: Google Earth (2024).

Figura 16: Mesmo talude da Figura 15 sob outro ângulo, com exposição da rocha



Fonte: Infra-Geo (2024).

Figura 17: Região atrás da segunda casa que faz parte do levantamento topográfico



Fonte: Infra-Geo (2024).

Figura 18: Região atrás da segunda casa que faz parte do levantamento topográfico (2)



Fonte: Infra-Geo (2024).

Figura 19: Visão das residências “enterradas”



Fonte: Infra-Geo (2024).

Figura 20: Muros construídos pelos moradores para vencer os desníveis do terreno



Fonte: Infra-Geo (2024).

Figura 21: “Muro” de garrafas PET completamente artesanal construído pelos moradores



Fonte: Infra-Geo (2024).

Figura 22: Casas e estruturas construídas diretamente sobre rocha aflorada



Fonte: Infra-Geo (2024).

Figura 23: Trincas de tração observadas no topo do talude atrás da residência da Figura 15



Fonte: Infra-Geo (2024).

Pelas imagens, percebe-se que a região do bairro em questão se trata de um morro, a área onde houve deslizamento está apresentada nas primeiras figuras (Figura 15 até Figura 18), que corresponde à parte mais baixa do morro onde ainda se percebe maior quantidade de solo no perfil vertical observado. Conforme se avança para áreas mais ao topo do morro, são registradas maiores quantidades de rochas afloradas, como nas Figuras 20 e 22, região em que os moradores foram se instalando e se adaptando às condições geológicas impostas.

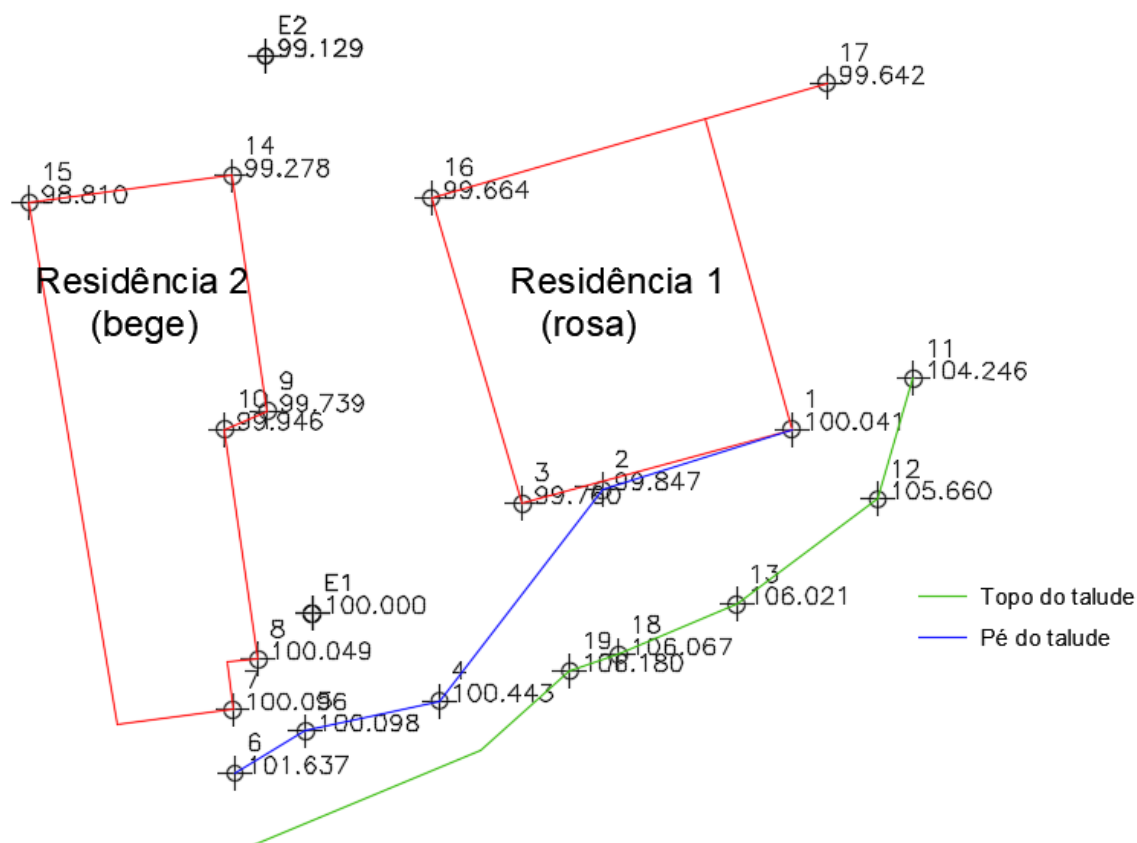
A região objeto de análise deste relatório abrange o que é mostrado nas Figuras 15 a 18, constituindo o talude levantado topograficamente atrás de duas residências, com apresentação de uma solução para estabilização do mesmo.

6. ESTUDOS REALIZADOS

6.1. LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO

Para as análises de estabilidade é fundamental que se tenha o levantamento planialtimétrico do local. Esse levantamento foi realizado pela prefeitura municipal nas duas áreas de estudo e o material produzido encontra-se na Figura 24.

Figura 24: Levantamento topográfico (curvas de nível) no Bairro São Francisco.



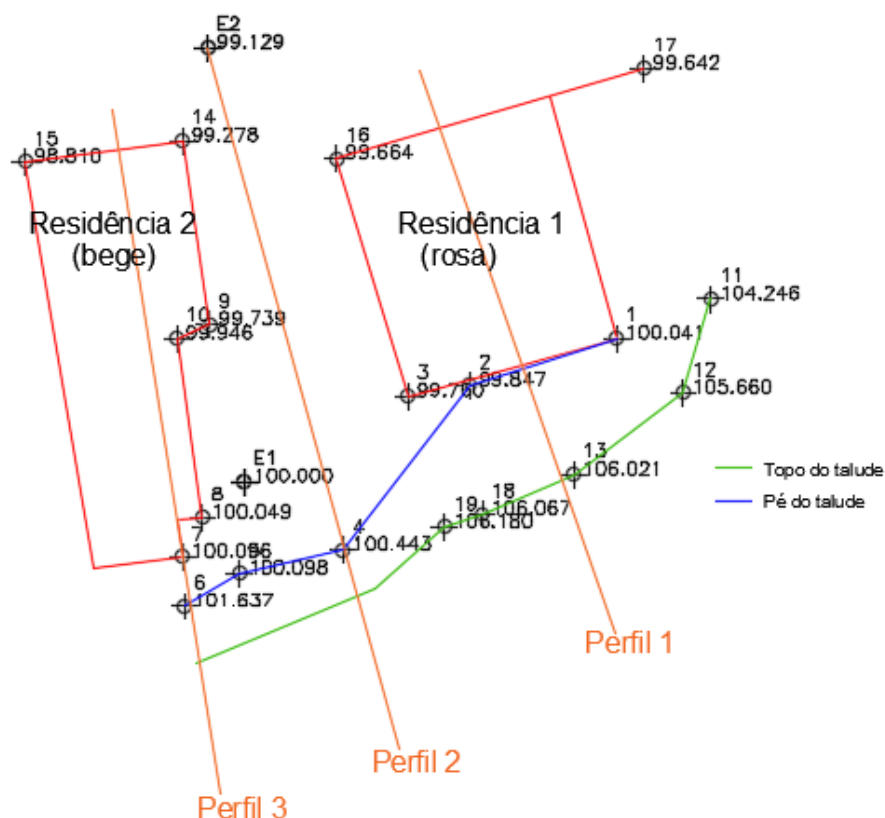
Fonte: Prefeitura Municipal de Veranópolis.

7. ANÁLISES DE ESTABILIDADE

De posse das informações referentes ao solo local e levantamento planialtimétrico, foram traçados perfis de análise para verificar as condições de estabilidade apresentadas pelo material existente. Os parâmetros dos materiais dos perfis foram os mesmos obtidos no relatório de estabilidade das áreas da Estrada Santa Bárbara e estão apresentados no item 7.1. As análises realizadas foram drenadas e análise não-drenadas, estas últimas simulando uma saturação rápida do talude. Para as análises foram utilizados softwares de equilíbrio limite de estabilidade de taludes.

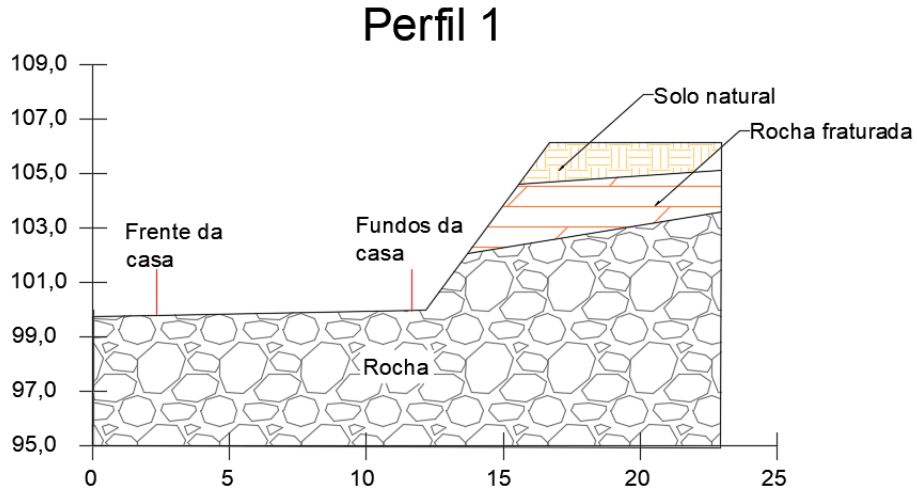
A Figura 25 apresenta os perfis analisados no Bairro São Francisco, nomeados de Perfil 1, Perfil 2 e Perfil 3. As Figuras 26, 27 e 28 apresentam um corte do terreno, mostrando os perfis do terreno em cada ponto, bem como o solo envolvido nas análises. Os solos e espessuras dos mesmos foram estimados a partir dos registros fotográficos locais, visto que não foram realizadas sondagens. Pode-se observar que o Perfil 1 e o Perfil 5 localizam-se fora da ruptura, enquanto que os demais localizam-se na região da ruptura.

Figura 25: Localização dos perfis de análise no Bairro São Francisco.



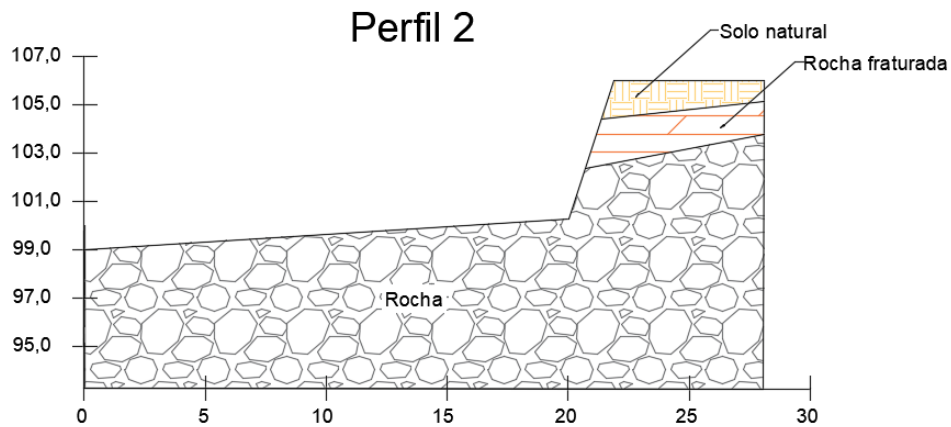
Fonte: Infra-Geo (2024).

Figura 26: Perfil 1 do terreno com os respectivos materiais.



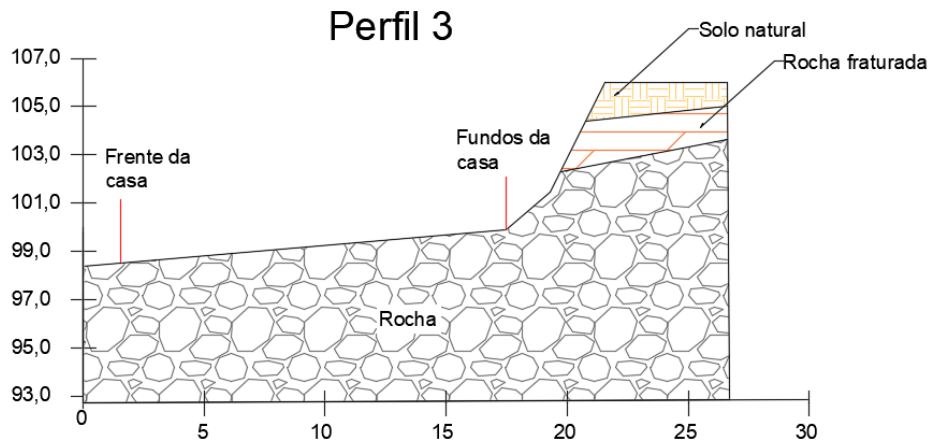
Fonte: Infra-Geo (2024).

Figura 27: Perfil 2 do terreno com os respectivos materiais.



Fonte: Infra-Geo (2024).

Figura 28: Perfil 3 do terreno com os respectivos materiais.



Fonte: Infra-Geo (2024).

7.1. Parâmetros de resistência adotados

Conforme comentado anteriormente, os parâmetros utilizados nas análises da ruptura do Bairro Femaça são os mesmos obtidos na retroanálise realizada na Estrada Santa Bárbara. Os parâmetros podem ser conferidos na Tabela 2.

Tabela 2: Propriedades dos materiais para análise de estabilidade no Bairro São Francisco.

Camada	Solo	Rocha fraturada	Rocha
Peso específico Não Saturado (kN/m ³)	19	24	25
Peso específico saturado (kN/m ³)	20	24	25
Resistência não drenada (kPa)	26	100	500
Coesão efetiva (kPa)	4	60	400
Ângulo de atrito (graus)	24	40	45

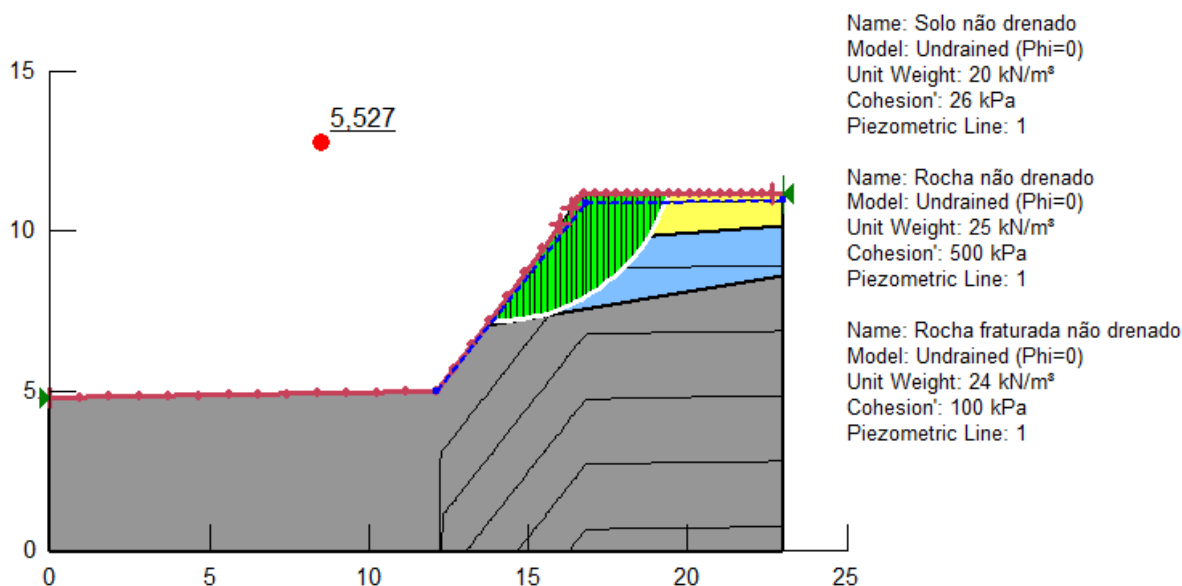
Fonte: Infra-Geo (2024).

7.2. Análises não drenadas

Inicialmente realizou-se as análises não drenadas, considerando a pior situação de saturação total do solo, ou seja, com o nível da água na superfície do terreno. Foram testados o Perfil 1, Perfil 2 e Perfil 3.

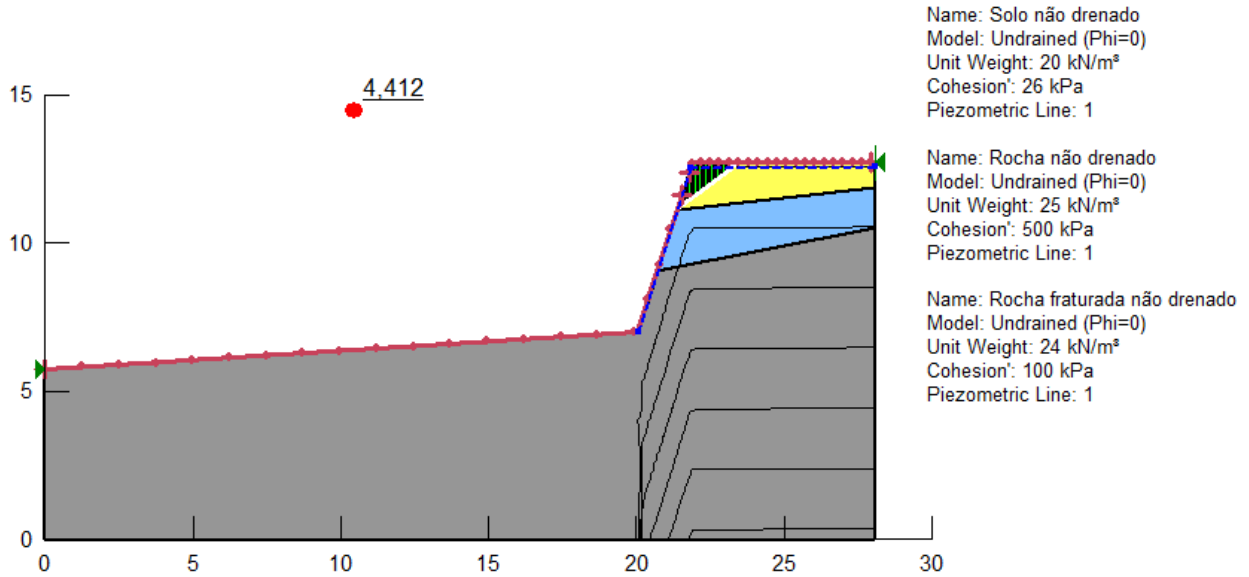
A Figura 29 apresenta a análise de estabilidade do Perfil 1 considerando a análise não drenada, a Figura 30 apresenta o resultado da análise para o Perfil 2, e a Figura 31 apresenta o resultado para o Perfil 3.

Figura 29: Análise de estabilidade do Perfil 1 não drenada.



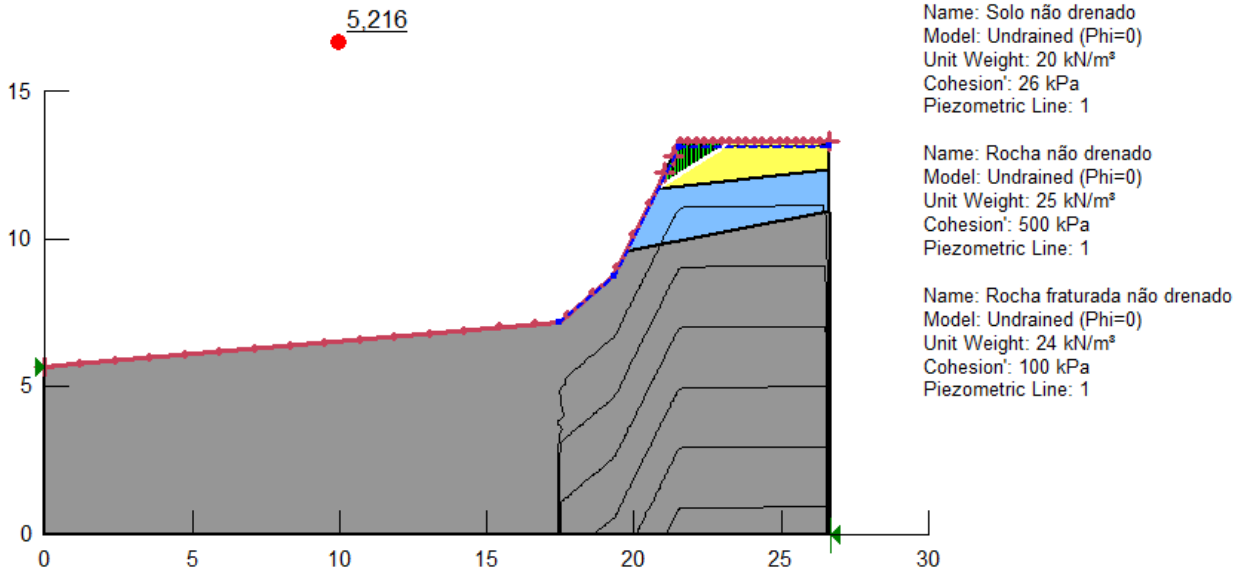
Fonte: Infra-Geo (2024).

Figura 30: Análise de estabilidade do Perfil 2 não drenada.



Fonte: Infra-Geo (2024).

Figura 31: Análise de estabilidade do Perfil 3 não drenada.



Fonte: Infra-Geo (2024).

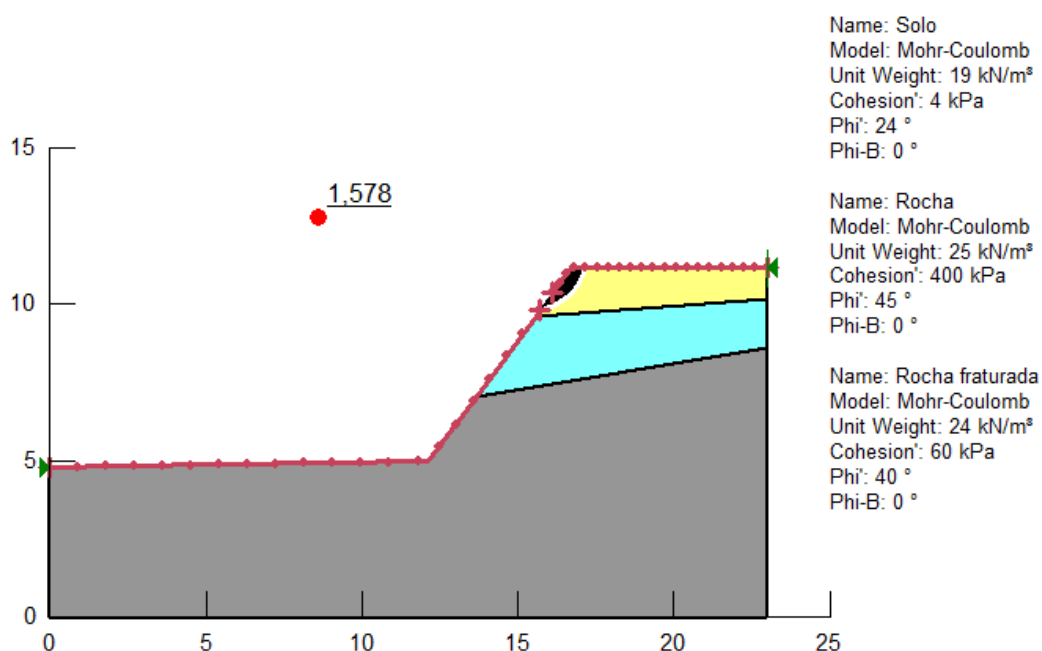
Observa-se que todas as análises apresentaram altos fatores de segurança, o que se deve à pequena espessura de solo considerada nos perfis por meio de análise visual, resultando em perfis compostos praticamente de materiais rochosos com boas propriedades de resistência. Porém, como não se pode ter certeza da integridade das camadas dos materiais e da real espessura das camadas pois não foram feitos ensaios de sondagem, será apresentada uma proposta de estrutura para aumentar a segurança no local analisado.

7.3. Análises drenadas

Seguindo a mesma metodologia do item 8.1.2, será apresentado a seguir os resultados de análises drenadas para os taludes dos Perfis 1, 2 e 3.

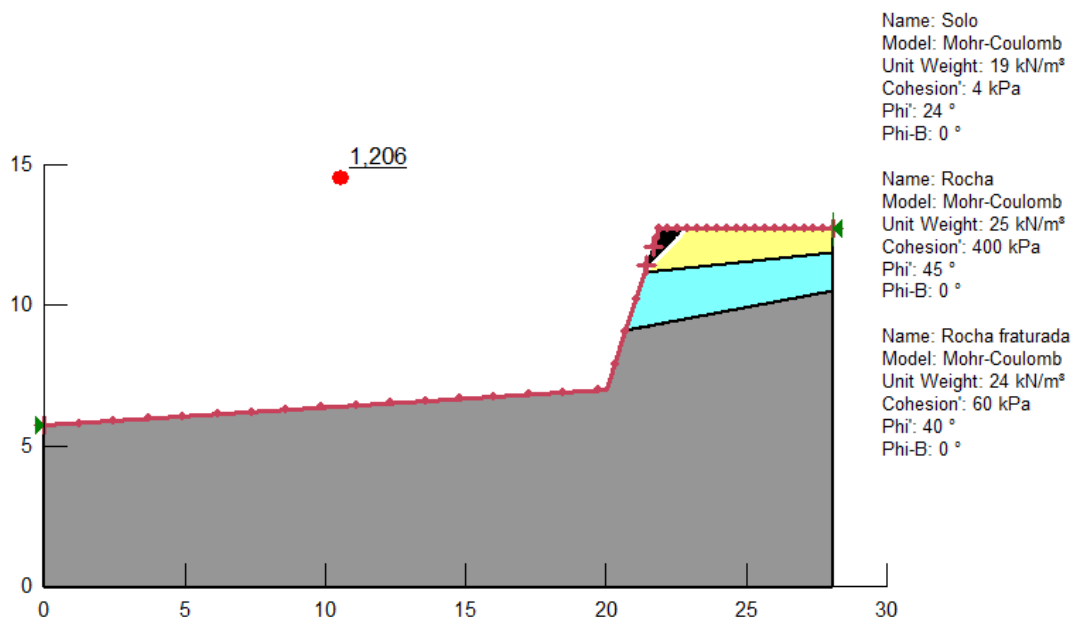
A Figura 32, a Figura 33 e a Figura 34 apresentam os resultados de análise drenada para os 3 perfis.

Figura 32: Análise de estabilidade do Perfil 1 drenada.



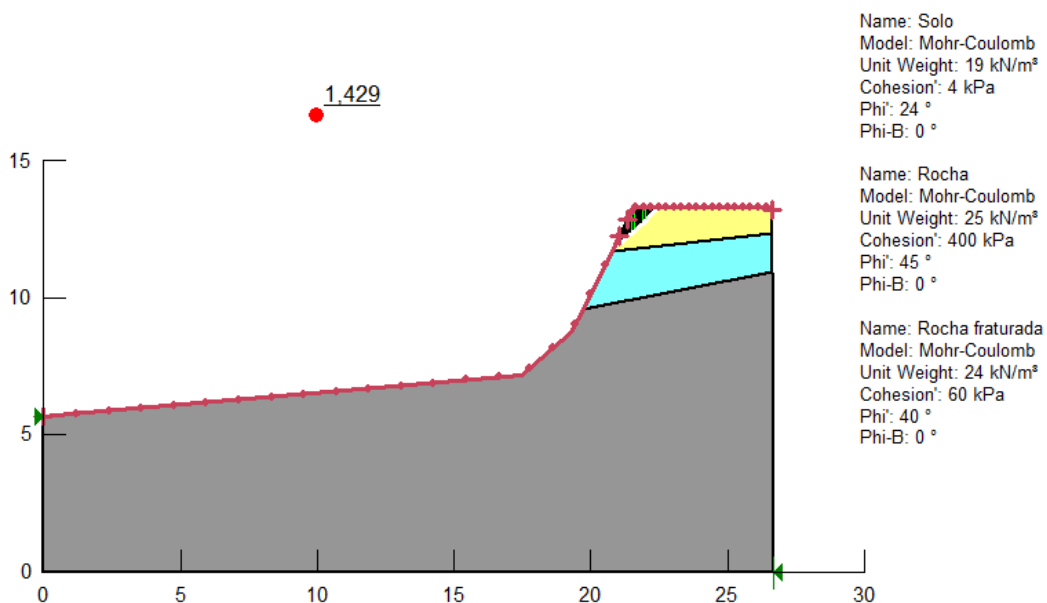
Fonte: Infra-Geo (2024).

Figura 33: Análise de estabilidade do Perfil 2 drenada.



Fonte: Infra-Geo (2024).

Figura 34: Análise de estabilidade do Perfil 3 drenada.



Fonte: Infra-Geo (2024).

Nas análises drenadas, todos os perfis apresentaram fatores de segurança próximos ou iguais à estabilidade, com exceção do Perfil 2 que apresentou resultado igual a 1,206, mesmo assim, sem indicativo de ruptura iminente. Conforme já foi descrito para as análises não drenadas, será apresentada uma alternativa para proporcionar

maior segurança aos moradores, dado que o talude se encontra muito próximo às casas e há receio de novos deslizamentos.

8. DIMENSIONAMENTO DE TELA DE CONTENÇÃO DE ROCHAS

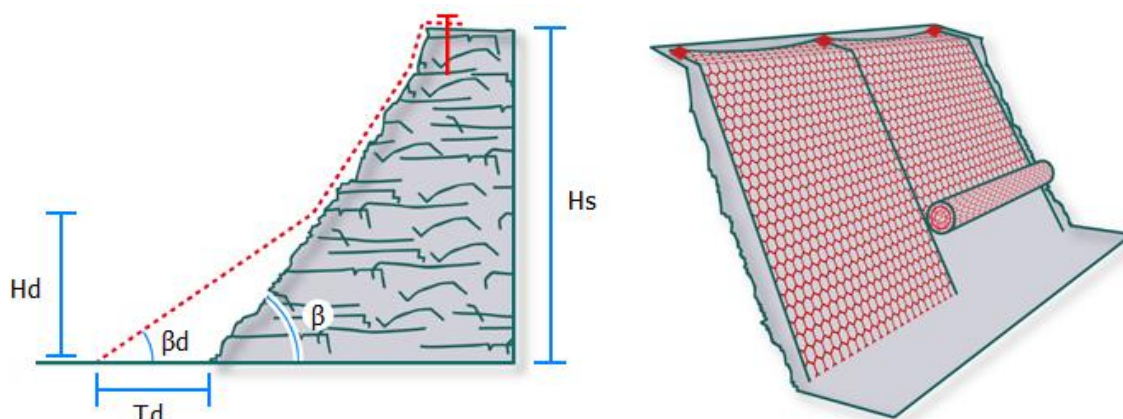
Dados os resultados das análises e a configuração da ruptura no local, optou-se por dimensionar uma estrutura em tela armada para contenção de detritos que possam se desprender do talude. Devido às características do local (talude muito próximo às casas), não sobram muitas alternativas de contenção além do solo grampeado que, nesse caso, seria instalado em sua maior parte diretamente na rocha, encarecendo o processo.

O sistema de tela armada consiste na associação de cabos de aço de 8.0mm de diâmetro dispostos longitudinalmente a cada 30, 50, 100 ou 200cm, a uma malha hexagonal de dupla torção do tipo 8x10. Foi desenvolvido para aplicações geotécnicas para mitigação de blocos e estabilização de encostas.

O entrelaçamento dos cabos de aço de alta resistência longitudinalmente a malha de alta resistência em dupla torção é realizado durante o processo de fabricação, formando assim um único produto. Os cabos se encontram entrelaçados dentro da malha acabada proporcionando resistência e rigidez excepcionais (alta resistência a baixa tensão).

O dimensionamento consiste basicamente na escolha da tela e na definição do diâmetro dos cabos de ancoragem e cabos de suporte. O dimensionamento foi feito com auxílio de *software* da Maccaferri específico, onde são inseridos como dados de entrada a altura do talude (H_s), inclinação (β), altura (H_d) e largura (T_d) de acumulação de detritos, ângulo de acumulação de detritos (β_d) e a partir disso são escolhidos os elementos do sistema que atendam às especificações existentes. A Figura 35 apresenta de maneira ilustrativa o funcionamento do sistema.

Figura 35: Representação esquemática do funcionamento do sistema.



Fonte: Software MACRO (2024).

Dessa maneira, após dimensionamento, os resultados obtidos são apresentados na Tabela 3, com os fatores de segurança apresentados na Tabela 4.

Tabela 3: Resultados do dimensionamento

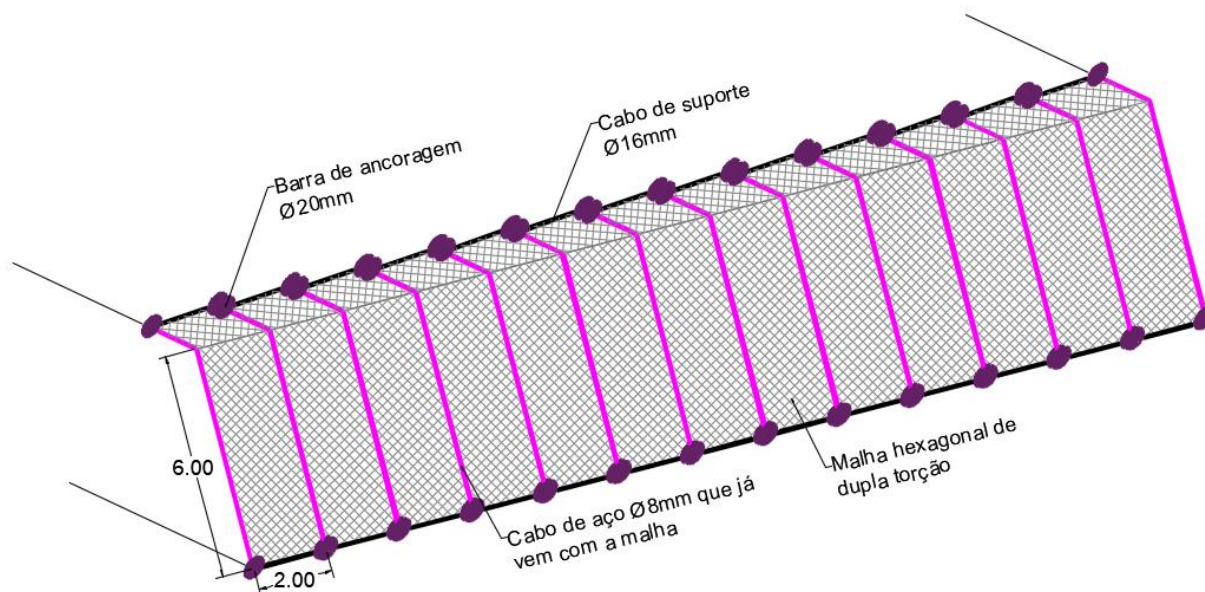
Altura de acúmulo dos detritos (Hd)	1,50m
Largura de acúmulo dos detritos (Td)	0,20m
Ângulo de inclinação dos detritos (β_d)	65,38°
Malha	Hexagonal de dupla torção do tipo 8x10
Espaço horizontal entre ancoragens	2,0m
Diâmetro do cabo de suporte	16mm
Diâmetro da barra de ancoragem	20mm
Diâmetro de perfuração	40mm

Tabela 4: Fatores de segurança obtidos

ITEM	FATOR DE SEGURANÇA
Verificação da malha	5,61
Verificação do cabo de topo	4,24
Ancoragem intermediária	7,64
Ancoragem lateral	4,15

Com os resultados obtidos, foi elaborada uma vista do talude em questão com a instalação do sistema de contenção em tela, que está apresentada na Figura 36.

Figura 36: Vista do talude com instalação do sistema.



Fonte: Infra-Geo (2024).

9. DRENAGEM

A água é um fator importante na estabilização de taludes. Nesse caso em específico pretende-se com os elementos de drenagem coletar e conduzir a água, que anteriormente escoava pela face do talude, por um caminho preferencial que esteja preparado para receber esse volume, protegendo a estrutura de contenção.

Para o dimensionamento dos elementos de drenagem foi necessário estimar uma vazão a partir de informações como intensidade de precipitação na localidade, área, tipo de cobertura superficial, declividades... Dessa forma, o laudo será estruturado partindo da determinação da vazão de projeto, suas respectivas variáveis, análise das condições topográficas, concepção dos elementos e por fim dimensionamento dos mesmos.

9.1. Determinação da vazão de projeto

A metodologia utilizada para elaboração dos projetos aqui apresentados está fundamentada e foi desenvolvida baseada nas seguintes normas brasileiras e literaturas técnicas:

- ABNT - NBR 10844/1989: Instalações prediais de água pluvial;
- Manual de Drenagem do DNIT (2006);

- Manual de Drenagem Urbana elaborado pelo Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2005).

A metodologia utilizada neste estudo foi o método racional. Esta decisão técnica está baseada especificamente no Manual de drenagem urbana - Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, que indica a utilização deste método para determinação das vazões de projeto para áreas inferiores a 2 km².

A equação do método é a seguinte:

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{360}$$

Onde:

Q = vazão de descarga (m³/s);

C = coeficiente de escoamento superficial;

I = intensidade média da chuva (mm/h);

A = área da bacia (ha);

9.1.1. Coeficiente de escoamento superficial

O coeficiente de escoamento utilizado no método racional depende de características como o tipo de superfície e a intensidade da urbanização do local.

Os coeficientes de escoamento recomendados para superfícies estão apresentados na Tabela 5. Para os tempos de retorno utilizados na microdrenagem, não existe variação desse coeficiente. A variação com a intensidade da precipitação também não é considerada, já que é uma das premissas utilizadas pelo método.

Para o local, devido a intensa ocupação urbana e a superfície impermeabilizada pelo asfalto o coeficiente utilizado foi 0,95 ou seja, 95% da água precipitada escoar pela superfície.

Tabela 5 - Valores de C de acordo com superfícies de revestimento

Superfície	C
Pavimento:	
Asfalto	0,70 - 0,95
Concreto	0,80 - 0,95
Calçadas	0,75 - 0,85
Telhado	0,75 - 0,95
Cobertura: grama/areia	
Plano (declividade 2%)	0,05 - 0,10
Médio (declividade de 2 a 7%)	0,10 - 0,15
Alta (declividade 7%)	0,15 - 0,20
Gramma, solo pesado:	
Plano (declividade 2%)	0,13 - 0,17
Médio (declividade de 2 a 7%)	0,18 - 0,22
Alta (declividade 7%)	0,25 - 0,35

Fonte: ASCE (1969), *apud* Manual de Drenagem Urbana UFRGS (2005).

9.1.2. Intensidade pluviométrica

A intensidade pluviométrica de uma determinada localidade pode ser determinada através da equação que relaciona intensidade, duração e frequência (IDF). Foi utilizada a equação da cidade de Bento Gonçalves, obtida através do Atlas Pluviométrico do Brasil (2018).

O Manual de Drenagem do IPH propõe que o Tempo de retorno (TR) utilizado em projetos de microdrenagem varie de dois a dez anos, visando reduzir os riscos e incertezas decorrentes das metodologias de cálculo. No presente projeto o tempo de retorno considerado foi de 10 anos. Já o tempo de concentração foi admitido como sendo de 5 minutos, tempo mínimo.

Tendo em vista essas considerações a equação para a determinação da intensidade da precipitação na cidade de Bento Gonçalves é apresentada abaixo:

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

Onde:

i = intensidade da chuva (mm/h);

T = tempo de retorno (anos);

t = duração da precipitação (minutos);

a, b, c, d = parâmetros da equação do local;

No caso de Bento Gonçalves os parâmetros da equação são os seguintes:

$a = 704,7$;

$b = 0,1696$;

$c = 7,10$;

$d = 0,7278$.

Aplicando-se a equação acima com os parâmetros já citados tem-se a intensidade de 169,6 mm/h.

9.1.3. Áreas de contribuição

A área de contribuição é definida segundo NBR 10844 como a soma das áreas das superfícies que, interceptando chuva, conduzem as águas para determinado ponto em análise.

A área de contribuição foi determinada a partir da visita do profissional Luis Eduardo Formigheri e com o auxílio de imagens obtidas através do Google Earth. A Figura 37 apresenta a imagem da área considerada contribuinte na região da estrutura de contenção. São 850 m² aproximadamente.

Figura 37 - Identificação da área de contribuição



Fonte: Google Earth (2024).

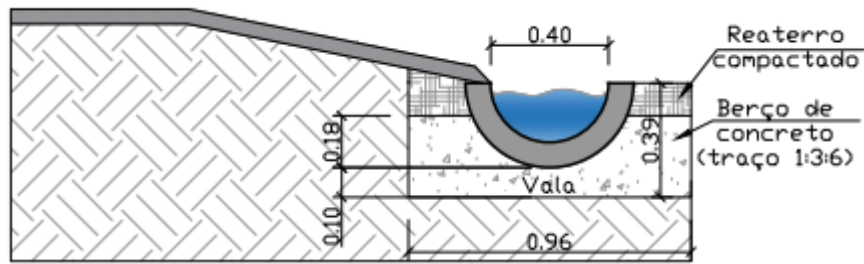
9.2. Elementos de drenagem projetados

A solução de drenagem proposta para a contenção são sarjetas de proteção com a interligação com uma descida de água criada na própria rocha exposta no local.

As canaletas de drenagem foram dimensionadas pelas metodologias apresentadas no Manual de Drenagem de Rodovias do DNIT (2006). O dimensionamento baseia-se na determinação da vazão através do método racional e no cálculo da seção a partir da equação de Manning e da continuidade. Com a área anteriormente levantada, assim como o coeficiente de escoamento superficial e a seção meia cana com inclinação de 0,8% definida o dimensionamento chegou à dimensão de 40 cm de diâmetro.

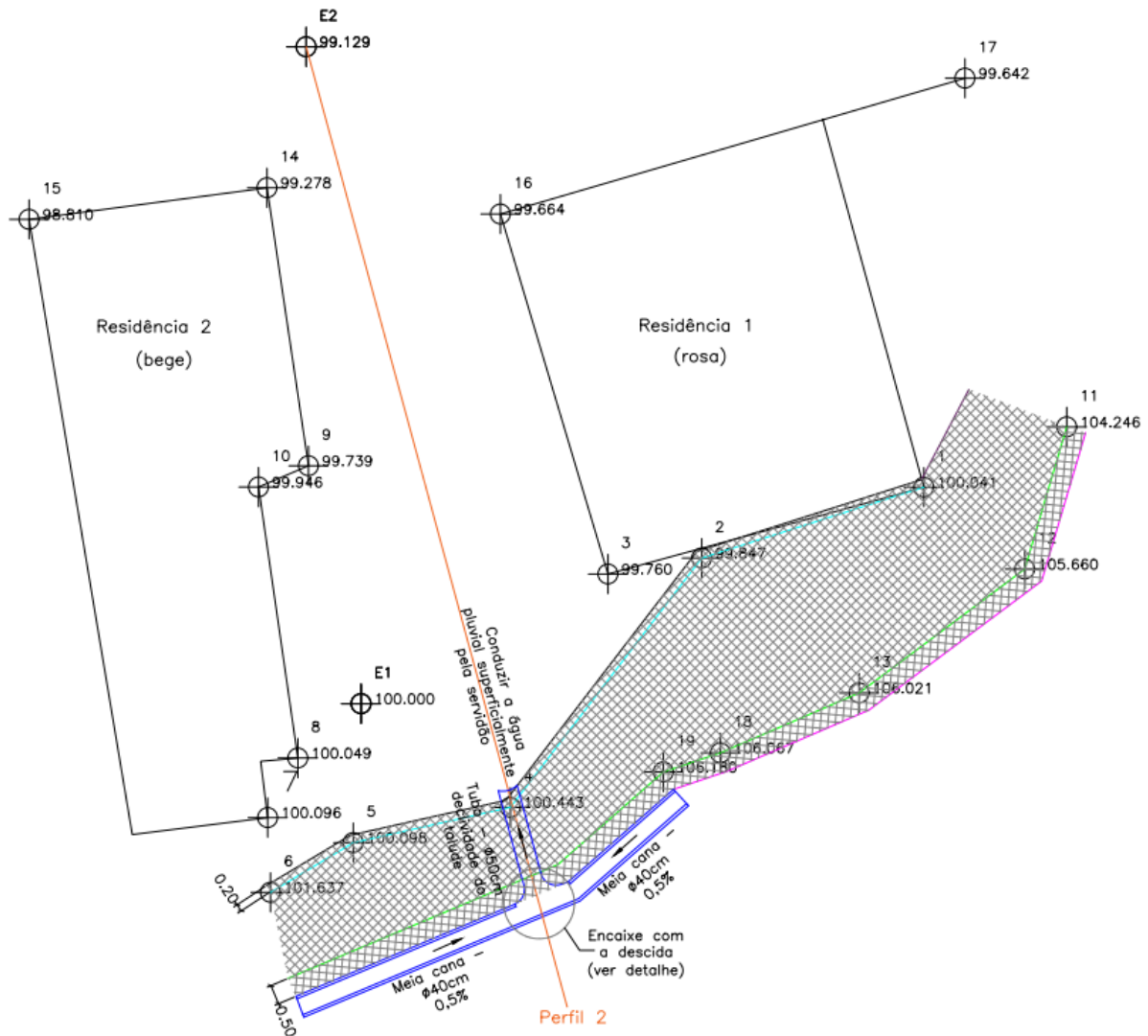
A descida esculpida na rocha deverá ter uma profundidade mínima de 25 cm e largura mínima de 40 cm.

Figura 38 - Desenho da canaleta projetada



Fonte: INFRA-GEO (2024)

Figura 39 - Planta baixa de drenagem



Fonte: INFRA-GEO (2024)

10. PROCEDIMENTO EXECUTIVO

10.1. Serviços preliminares

Inicialmente deverá ser realizada a limpeza da área com retirada de todo o material orgânico superficial. **Sugere-se, inclusive, que seja removida toda a camada**

de solo de cima do talude onde aparecem as trincas de tração apresentadas na Figura 23. Devem ser removidos, também, blocos de rocha que apresentem instabilidade. Em seguida, verificam-se pontos do talude que possam necessitar de reforço.

Ainda na fase inicial, deverá ser executada com auxílio de máquinas a escavação em rocha da descida de água na face do talude. Assim como as valas para assentamento das canaletas deverão ser abertas.

De posse dos detalhamentos e instruções para montagem do sistema, inicia-se o processo de instalação das telas.

10.2. Montagem da estrutura

O processo de montagem da estrutura em tela armada segue alguns passos:

1. Locação dos pontos onde será ancorada a primeira malha na largura de 2 metros.
2. Instalação dos pontos de ancoragem e cabos de suporte nestes locais.
3. Disposição da malha sobre a superfície do talude até o pé.
4. Ancoragem da malha no pé do talude.
5. Repetição dos procedimentos até cobertura de toda a superfície do talude.

Obs: os pontos de ancoragem devem ser executados em rocha ou material resistente.

10.3. Drenagem

Com as valas já abertas deverá ser colocado no fundo da vala um berço de concreto magro com traço de 1:3:6 em cimento, areia e brita, para apoio das canaletas tipo meia cana pré-moldadas. Essas serão posicionadas, assentadas e a vala recompatada. O encaixe com a descida de água será feito in loco, com as dimensões e geometrias previstas em projeto.

10.4. Especificações dos materiais

10.4.1. Malha

A malha utilizada e especificada em projeto para resistir ao desprendimento de pedaços de rocha e detritos é a malha hexagonal de dupla torção, tipo 8x10 (conforme NBR 10514), envolvida por um processo de zincagem pesada. Dessa maneira, a tela possui alta resistência a chamas e boa segurança contra a corrosão. As propriedades da tela estão apresentadas na Tabela 5.

Tabela 6: Propriedades da tela.

Resistência longitudinal à tração (kN/m)	60,0+/-5
Tipo de malha (cm)	8x10
Diâmetro do arame da malha (mm)	3,0
Diâmetro do cabo da malha (mm)	8,0
Resistência nominal à tração na ruptura (N/mm²)	1770
Carga mínima de ruptura do cabo de aço (kN)	40,7

10.4.2. Ancoragem

A ancoragem será realizada com barras de diâmetro 20mm fixadas no topo da malha, sendo que entre elas será disposto o cabo de ancoragem de diâmetro 16mm conforme dimensionamento pelo programa MACRO. Para demais acessórios deve-se entrar em contato com o fabricante.

10.4.3. Canaletas

Será utilizada na rede de drenagem pluvial, canaleta do tipo meia-cana de diâmetro nominal de 0,40metros, com comprimento unitário de 1,00 m, no mínimo, pré-fabricadas conforme a ABNT NBR 9062/2017.

As canaletas deverão ser do tipo encaixe macho/ fêmea ou ponta e bolsa, de acordo com especificações da ABNT NBR 8890/2020.

11. QUANTITATIVO ESTIMADO

O quantitativo estimado para execução da estrutura está apresentado na Tabela 4. O orçamento referente ao quantitativo apresentado encontra-se em anexo a este relatório.

Tabela 7: Quantidades estimadas para execução do sistema proposto

QUANTIDADES			
SISTEMA DE TELA	Área total estimada	143	m ²
	Rolos de malha 2mx25m	8	und.
	Cabos de suporte Ø16mm	57,2	m
	Barras de ancoragem Ø20mm	15,5	m
SISTEMA DE DRENAGEM	Canaleta	10,60	m
	Berço de concreto	2,30	m ³
	Concreto	0,54	m ³
	Escavação	5,72	m ³
	Reaterro	0,58	m ³

12. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nas visitas técnicas e registros feitos no local, pode-se concluir que:

- A ruptura ocorrida na região em análise no Bairro São Francisco se deve ao grande volume de água acumulado durante chuvas e à geometria do talude em questão, que apresentava grande verticalidade;
- Como alternativa de proteção da área rompida e promoção de tranquilidade aos moradores, sugere-se a execução de sistema de tela de contenção de pedregulhos e detritos, que irá servir tanto para proteger o talude exposto;
- A estrutura irá se estender nas dimensões em que foi disponibilizado o levantamento planialtimétrico, abrangendo os fundos de duas das casas registradas em visita técnica (casa rosa e casa bege).

Atenciosamente,

Eng. Civil Luis Eduardo Formigheri
Mestre em Engenharia
Geotecnia
CREA-RS 111.725

ANEXOS



MUNICÍPIO DE VERANÓPOLIS

RUA ALFREDO CHAVES, 366 - CNPJ 98.671.597/0001-09

VERANÓPOLIS/RS - CEP 95330-000

FONE (54) 3441 1477 - [HTTPS://WWW.VERANOPOLIS.RS.GOV.BR](https://www.veranopolis.rs.gov.br)



CÓDIGO DE ACESSO

AD751C1A41094B569B3AB1D21634A393

VERIFICAÇÃO DAS ASSINATURAS

Este documento foi assinado digitalmente/eletronicamente pelos seguintes signatários nas datas indicadas

Para verificar a validade das assinaturas acesse o link abaixo

<https://veranopolis.flowdocs.com.br/public/assinaturas/AD751C1A41094B569B3AB1D21634A393>