

 <p>MINERAÇÃO E SERVIÇOS</p>	<p>MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS</p> <p>GOVERNO FEDERAL BRASIL UNIÃO E RECONSTRUÇÃO</p>	<p>LAUDO GEOLÓGICO- GEOTÉCNICO E INDICAÇÃO DE PROJETO DE CONTENÇÃO</p>	
<p>Endereço do estudo: Av. Manoel Salvador de Oliveira 1024 e 1024B, Bairro Bela Vista e na Rua Dona Cota, 11, Bairro Bela Vista - Itabirito/MG</p>	<p>Contratante: MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS</p>	<p>Página: 1/73</p>	<p>Versão: V-01</p>

RELATÓRIO TÉCNICO

Laudo geológico – geotécnico



Itabirito/MG

Elaborado por:

LB Mineração & Serviços Ltda

Julho de 2025

	<p style="text-align: center;"> <small>GOVERNO FEDERAL</small> <small>MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS</small>  <small>UNIÃO E RECONSTRUÇÃO</small> </p>	<h2>LAUDO GEOLÓGICO- GEOTÉCNICO</h2>	
Endereço do estudo: Av. Manoel Salvador de Oliveira 1024 e 1024B, e na Rua Dona Cota, 11, Bairro Bela Vista - Itabirito/MG	Contratante: MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS	Página: 2/73 Versão: V-01	

SUMÁRIO

1	IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDIMENTO E EMPRESA CONSULTORA	6
2	INTRODUÇÃO E OBJETIVO	7
2.1	MATERIAIS E MÉTODOS	9
2.2	SONDAGEM SPT	10
2.3	LEVANTAMENTO AÉREO POR DRONE.....	12
2.4	REFERENCIAL TEÓRICO.....	13
2.4.1	TALUDE	13
2.4.2	RESISTÊNCIA DOS SOLOS.....	14
2.4.3	ENVOLTÓRIA DE RESISTÊNCIA DE MOHR-COULOMB	14
2.4.4	FATOR DE SEGURANÇA	15
2.4.5	MÉTODO DE BISHOP	16
3	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	18
3.1	LOCALIZAÇÃO E ACESSO.....	18
3.2	CONTEXTO LOCAL	19
4	ASPECTOS FISIAGRÁFICOS	20
4.1	CLIMA E METEOROLOGIA.....	20
4.2	HIDROGRAFIA.....	22
4.3	GEOMORFOLOGIA E PEDOLOGIA.....	24
4.4	GEOLOGIA E HIDROGEOLOGIA REGIONAL	25
5	ASPECTOS GEOTÉCNICOS REGIONAIS	29
6	RESULTADOS	31
6.1	MAPEAMENTO GEOLÓGICO/GEOTÉCNICO LOCAL	31
6.2	LEVANTAMENTO AÉREO POR DRONE.....	Erro! Indicador não definido.
6.3	SONDAGEM SPT	41
6.4	ANÁLISE DE ESTABILIDADE	43
6.5	ESTRUTURAS DE DRENAGEM	Erro! Indicador não definido.
6.6	MEDIDAS DE ESTABILIZAÇÃO SUGERIDAS	61

 <p>MINERAÇÃO E SERVIÇOS</p>	<p>GOVERNO FEDERAL</p> <p>MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS</p>  <p>UNIAO E RECONSTRUÇÃO</p>	<p>LAUDO GEOLÓGICO- GEOTÉCNICO</p>	
<p>Endereço do estudo: Av. Manoel Salvador de Oliveira 1024 e 1024B, e na Rua Dona Cota, 11, Bairro Bela Vista - Itabirito/MG</p>	<p>Contratante: MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS</p>	<p>Página: 3/73</p>	<p>Versão: V-01</p>

7 RECOMENDAÇÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS67

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....69

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Identificação do contratante.....	6
Tabela 2 – Identificação da empresa consultora.....	6
Tabela 3 - Classificação dos solos (ABNT NBR 6484:2020).....	11
Tabela 4 – Tabela de pontos de campo realizados.....	36
Tabela 5 - Tabela dos estados de compacidade e consistência.....	44
Tabela 6 - Parâmetros geotécnicos utilizados para a análise de estabilidade.....	44
Tabela 7 - Peso específico para solos argilosos (Schnaid, 2000).....	45
Tabela 8 - Peso específico para solos arenosos (Godoy, 1972).....	45

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa de localização do talude em estudo.	8
Figura 2 - Imagem ilustrativa dos elementos da Sondagem SPT (Pinto, 2006).	10
Figura 3 - – Figura esquemática mostrando a geração de um MDE a partir do uso de Drones.	12
Figura 4 - Elementos de um talude (Caputo, 1988).....	13
Figura 5 - Círculo de Mohr plotado em função das tensões cisalhantes (Pinto, 2007).....	15
Figura 6 - Roteiro de cálculo do método de Bishop. Fonte: Junior, 2021. Modificado de Lima, 2002	17
Figura 7 - Mapa de acesso à área de estudo.....	18
Figura 8 - Climograma de Itabirito. Fonte: Climate data.	20
Figura 9 - Pluviosidade anual de 1984 a 2011. Fonte: ANA, 2013.	21
Figura 10 - Bacia do Rio das Velhas (Fonte: IGAM, 2010).	22
Figura 11 - Principais drenagens regionais do município de Itabirito/MG. Fonte CBH Rio Das Velhas	23
Figura 12 - Mapa geológico do Quadrilátero Ferrífero, com destaque para a área de estudo. Modificado de Endo et. al, 2020.....	26
Figura 13 - Coluna estratigráfica do Quadrilátero Ferrífero, com destaque para a unidade presente na área de estudo (Modificado de Endo et.al, 2020).	27
Figura 14 – Ilustração esquemática de um aquífero fraturado. Fonte: Department of Environment & Conservation, Government of Newfoundland & Labrador (2016).	28
Figura 15 - - Unidades Geológicas/ Geotécnicas do Município de Itabirito – MG, com destaque para a localização da área de estudo. FONTE: Parizzi et al. (2011); CPRM, 2005. Modificado de Garcia et al., 2020.....	30
Figura 16 - Mapa de pontos de campo.....	31
Figura 17 – Fotografia da área de estudo com presença de lona impermeabilizante recobrando a face do talude.....	32
Figura 18 - Fotografia de solo silto-argiloso na base do talude.....	33
Figura 19 – Ausência de estruturas de drenagem no topo do talude.....	34
Figura 20 - Saprólito de rocha granito-gnaissica na base do talude.	35

	<p style="text-align: center;"> <small>GOVERNO FEDERAL</small> <small>MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS</small>  </p>	<h2>LAUDO GEOLÓGICO- GEOTÉCNICO</h2>	
Endereço do estudo: Av. Manoel Salvador de Oliveira 1024 e 1024B, e na Rua Dona Cota, 11, Bairro Bela Vista - Itabirito/MG	Contratante: MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS	Página: 4/73	Versão: V-01

Figura 21 - Topografia local da área do talude.	37
Figura 22 – Ilustração da declividade local em conjunto com as seções geológico-geotécnicas realizadas.	38
Figura 23 - Localização da área (Ortofoto de 2024).	39
Figura 24 - Localização da área (Ortofoto de 2025), com destaque para a área onde observou-se carreamento de material.	40
Figura 25 - Boletim da sondagem executada.	41
Figura 26 - Seção geológico-geotécnica mostrando a estratigrafia local	43
Figura 27 - Representação ilustrativa da localização das seções e da sondagem SP01.....	46
Figura 28 - Seção geológico-geotécnica I, com superfícies de ruptura potenciais.....	48
Figura 29 -Seção geológico-geotécnica I', com localização do furo SP-01 e materiais que compõe o talude.....	49
Figura 30 - Seção geológico-geotécnica II, com superfícies de ruptura potenciais.....	50
Figura 31 - Seção geológico-geotécnica II	51
Figura 32 - Solo residual com sinais de umidade, na base do talude.	54

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1 - Anotação de responsabilidade técnica - "ART"	73
--------------------------------------------------------------	----

	<p style="text-align: center;"> <small>GOVERNO FEDERAL</small> <small>MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS</small>  </p>	<h2>LAUDO GEOLÓGICO- GEOTÉCNICO</h2>	
Endereço do estudo: Av. Manoel Salvador de Oliveira 1024 e 1024B, e na Rua Dona Cota, 11, Bairro Bela Vista - Itabirito/MG	Contratante: MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS	Página: 5/73	Versão: V-01

APRESENTAÇÃO

O presente documento visa a apresentação de um Laudo Geológico-Geotécnico com objetivo de avaliar os taludes presentes na área de estudo, diagnosticar as patologias estruturais observadas, identificar suas causas e realizar um direcionamento acerca de possíveis soluções para estabilização. A área de estudo está localizada na Av. Manoel Salvador de Oliveira 1024 e 1024B, Bairro Bela Vista e na Rua Dona Cota, 11, Bairro Bela Vista - Itabirito/MG.

 <p>MINERAÇÃO E SERVIÇOS</p>	<p>MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS</p>  <p>GOVERNO FEDERAL BRASIL UNIÃO E RECONSTRUÇÃO</p>	<p>LAUDO GEOLÓGICO- GEOTÉCNICO</p>	
<p>Endereço do estudo: Av. Manoel Salvador de Oliveira 1024 e 1024B, e na Rua Dona Cota, 11, Bairro Bela Vista - Itabirito/MG</p>		<p>Contratante: MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS</p>	<p>Página: 6/73 Versão: V-01</p>

1 IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDIMENTO E EMPRESA CONSULTORA

Tabela 1 – Identificação do contratante

Razão Social:	MINISTÉRIO DA GESTÃO E INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS
CNPJ:	00.489.828/0120-80,
Endereço:	Avenida Afonso Pena, no 1.316, Centro, 7º Andar, Ala “B”, do Edifício-Sede do Governo Federal em Belo Horizonte, Minas Gerais.
Contato:	Andréa Heloisa da Silva Soares - sra.mg.ssc@gestao.gov.br

Tabela 2 – Identificação da empresa consultora

Razão Social:	LB Mineração & Serviços Ltda
CNPJ:	28.618.421/0001-08
Endereço:	Rua Capelinha, 501. Bairro Serra Belo Horizonte / MG - CEP: 30220-300
Contato:	Ian Costa Braga (31) 99931-1509 – lbmineracaoeservicos@gmail.com
Responsável Técnico:	IAN COSTA BRAGA Reg. CREA-MG: MG0000219869D MG

	<p>MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS</p> <p>GOVERNO FEDERAL</p> 	<p>LAUDO GEOLÓGICO- GEOTÉCNICO</p>	
<p>Endereço do estudo: Av. Manoel Salvador de Oliveira 1024 e 1024B, e na Rua Dona Cota, 11, Bairro Bela Vista - Itabirito/MG</p>	<p>Contratante: MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS</p>	<p>Página: 7/73</p>	<p>Versão: V-01</p>

2 INTRODUÇÃO E OBJETIVO

O município de Itabirito encontra-se localizado na Mesorregião Metropolitana de Belo Horizonte se integrando, juntamente com outros três municípios (Mariana, Diogo de Vasconcelos e Ouro Preto) à Microrregião de Ouro Preto.

A área de estudo está localizada na divisa entre os terrenos da Rua Dr. Hélio Ferreira Bastos, nº 265 (imóvel da SPU) e da Av. Manoel Salvador de Oliveira, 1024 (imóvel particular), bairro Bela Vista, Itabirito/MG. O presente relatório técnico tem como objetivo a caracterização do meio físico do terreno, a partir do estudo das questões relacionadas a geologia e geotecnia local, com análise dos resultados das sondagens executadas e também considerações acerca do meio físico local. Serão feitas avaliações dos taludes em questão e propostos soluções de contenção adequadas, caso necessário.

Os laudos geológicos-geotécnicos têm como objetivo avaliar as condições geológicas, geotécnicas, geomorfológicas, pedológicas, topográficas e hidrogeológicas de uma determinada área de interesse, possibilitando a avaliação, de forma qualitativa, de importantes variáveis como estabilidade da área, nível de fragilidade dos meios subterrâneos e superficiais e, ainda, susceptibilidade a erosão. Na Figura 1, a seguir, ilustra-se os limites da área de estudo.



Endereço do estudo: Av. Manoel Salvador de Oliveira 1024 e 1024B, e na Rua Dona Cota, 11, Bairro Bela Vista - Itabirito/MG

Contratante: MINISTÉRIO DA
GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM
SERVIÇOS PÚBLICOS

Página: 8/73
Versão: V-01

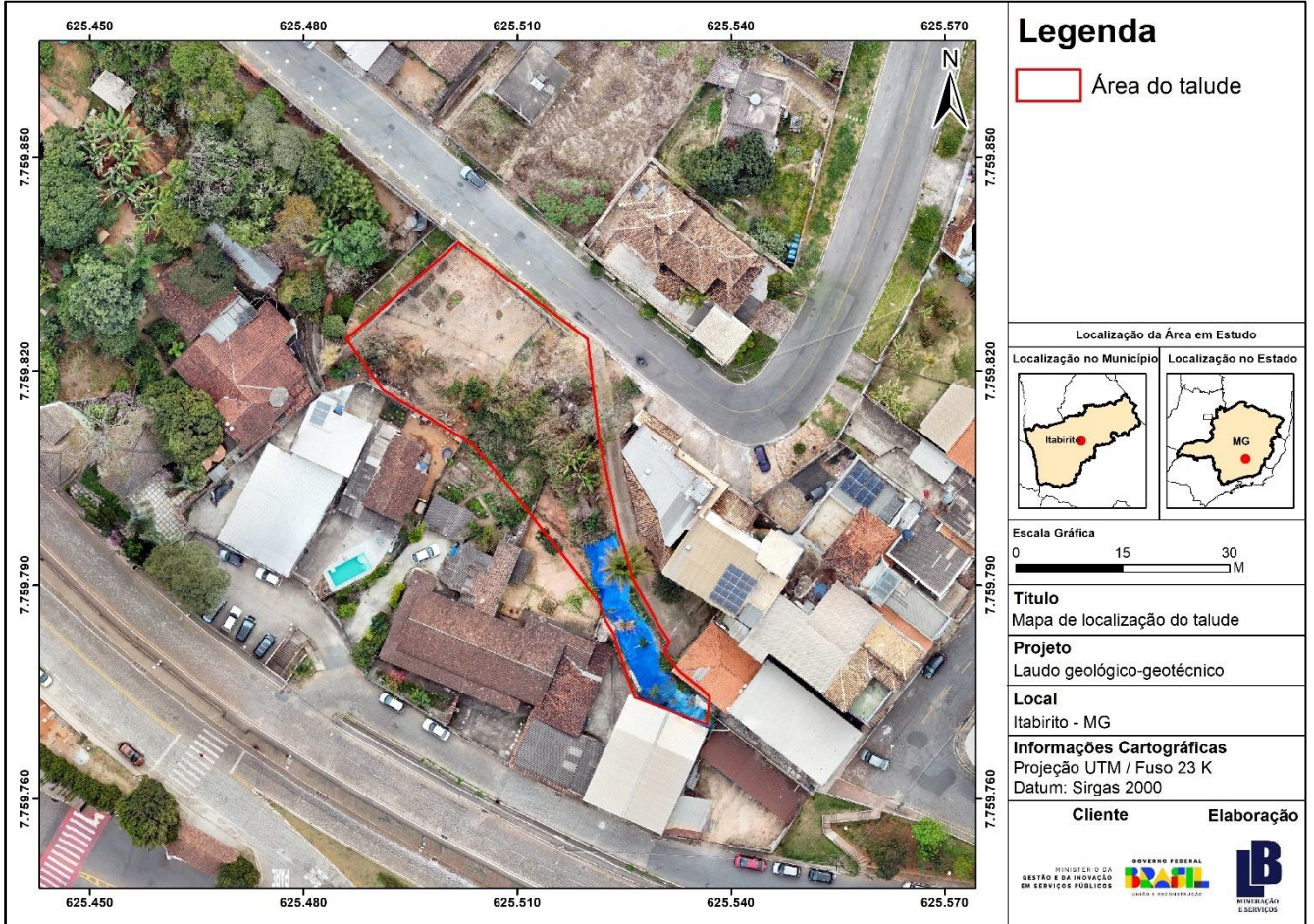


Figura 1 - Mapa de localização do talude em estudo.

		LAUDO GEOLÓGICO- GEOTÉCNICO	
Endereço do estudo: Av. Manoel Salvador de Oliveira 1024 e 1024B, e na Rua Dona Cota, 11, Bairro Bela Vista - Itabirito/MG	Contratante: MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS	Página: 9/73	Versão: V-01

2.1 MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização do presente estudo foram abrangidas três etapas principais, dentre elas:

Levantamento bibliográfico: nesta etapa foi realizada uma busca por artigos técnico-científicos, imagens de satélite, relatórios técnicos dentre outras publicações e estudos relevantes ao trabalho a ser executado. Com esses dados em mãos foi possível planejar a visita técnica em campo e realizar análises prévias sobre a área.

Levantamento de campo: com os dados adquiridos na etapa anterior foi feito o planejamento e visita técnica de campo. Procurou-se percorrer toda a área de modo a coletar informações suficientes para desenvolver os temas necessários para realizar a caracterização da área e para a elaboração do presente documento. Todos os pontos de campo foram registrados por meio de equipamento específico (GPSMapGarmin 60Cx) e, armazenados no sistema de coordenadas UTM, no Datum SIRGAS2000, zona 23S. O levantamento aéreo foi realizado utilizando veículos não tripuláveis (VANTs/Drones), com geração de orotofoto georreferenciada da área do talude. Áreas de interesse foram devidamente fotografadas e descritas em caderneta e ainda na etapa de campo, foi realizada uma sondagem SPT, com o intuito de compreender a natureza do material existente em subsuperfície.

Elaboração do relatório técnico de estabilidade do terreno: nesta última fase foi confeccionado o presente documento. Nele constam os dados obtidos em todas as fases de trabalho: descrições de pontos de campo, descrição da sondagem realizada, análises de estabilidade, inventário fotográfico e análises sobre o contexto geotécnico local.

 <p>MINERAÇÃO E SERVIÇOS</p>	<p>MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS</p> <p>GOVERNO FEDERAL BRASIL UNIÃO E RECONSTRUÇÃO</p>	<p>LAUDO GEOLÓGICO- GEOTÉCNICO</p>	
<p>Endereço do estudo: Av. Manoel Salvador de Oliveira 1024 e 1024B, e na Rua Dona Cota, 11, Bairro Bela Vista - Itabirito/MG</p>		<p>Contratante: MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS</p>	<p>Página: 10/73 Versão: V-01</p>

2.2 SONDAGEM SPT

Os métodos de sondagem e do Ensaio de Penetração Padrão (Standard Penetration Test – SPT) foram conduzidos com base nos procedimentos recomendados na ABNT NBR 6484:2020 Solo – Sondagens de simples reconhecimento com SPT – Método de Ensaio.

O ensaio de simples reconhecimento é a mais usual ferramenta de investigação rotineira e econômica praticamente usada em todo mundo, permitindo uma indicação da densidade de solos granulares e também aplicado à identificação da consistência de solos coesivos e mesmo rochas brandas (Schnaid, 2000).

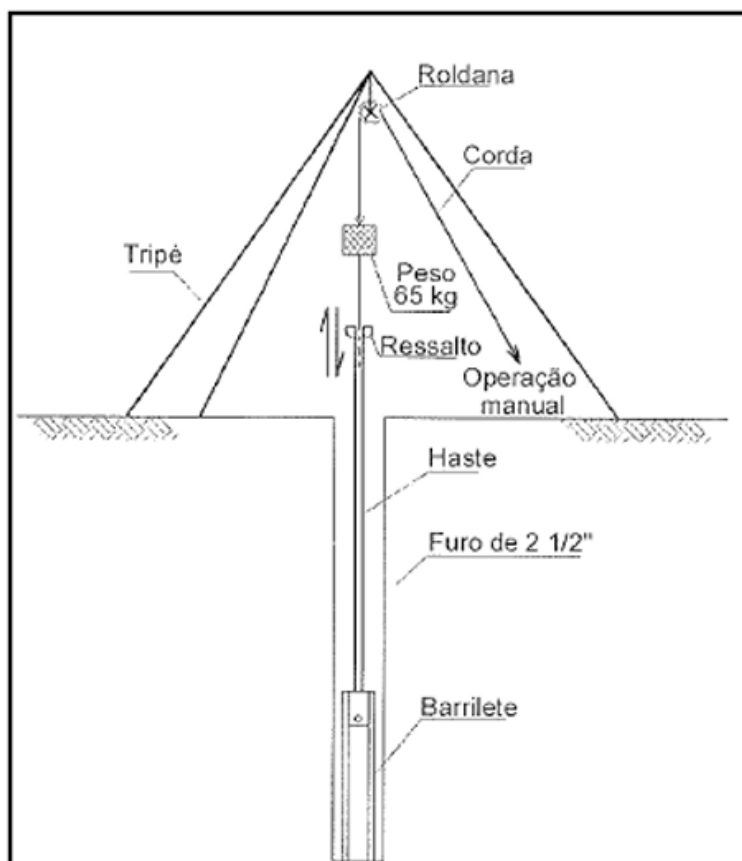


Figura 2 - Imagem ilustrativa dos elementos da Sondagem SPT (Pinto, 2006).

As amostras foram colhidas a cada metro de profundidade por meio do amostrador padrão, sendo as mesmas acomodadas em recipientes adequados e posteriormente encaminhadas para identificação tátil-visual em laboratório de mecânica dos solos.

		LAUDO GEOLÓGICO- GEOTÉCNICO	
Endereço do estudo: Av. Manoel Salvador de Oliveira 1024 e 1024B, e na Rua Dona Cota, 11, Bairro Bela Vista - Itabirito/MG	Contratante: MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS	Página: 11/73	Versão: V-01

Os índices de penetração foram obtidos a partir da cravação do amostrador padrão por meio de quedas sucessivas do martelo padronizado, com a massa de 65 kg e altura de 0,70 m, até se atingir a penetração de 45 cm. Anotou-se o número de golpes necessários à cravação de cada 15 cm do referido amostrador padrão, ou conforme orientação da ABNT NBR 6484:2020. A Tabela 3 apresenta a classificação dos solos conforme a resistência (N_{SPT}):

Tabela 3 - Classificação dos solos (ABNT NBR 6484:2020).

Solo	Índice de resistência à penetração (N_{SPT})	Designação
Areia e silte arenoso	≤ 4	Fofa (o)
	5 a 8	Pouco compacta (o)
	9 a 18	Mediamente compacta (o)
	19 a 40	Compacta (o)
	> 40	Muito compacta (o)
Argila e silte argiloso	≤ 2	Muito mole
	3 a 5	Mole
	6 a 10	Média (o)
	11 a 19	Rija (o)
	20 a 30	Muito rija (o)
	> 30	Dura (o)

As principais finalidades das sondagens de simples reconhecimento de solo são:

- Determinação dos tipos de solos e suas respectivas profundidades de ocorrência;
- Posição do nível d'água;
- Índices de resistência a penetração (N) a cada metro.

O índice de resistência a penetração, abreviado por N, é expresso pela soma do número de golpes requeridos para a segunda e a terceira etapas de penetração de 0,15m, ou seja, o número de golpes correspondentes a cravação do amostrador nos 0,30m finais, dos 0,45m totais, estes valores são apresentados graficamente no perfil obtido através das inspeções geológicas-geotécnicas.

O resultado das avaliações geológicas obtidas por meio das sondagens foi interpretado de modo a identificar espacialmente a composição do solo, as profundidades das camadas, sua resistência a penetração e suas características geotécnicas principais.

	<p style="text-align: center;"> <small>GOVERNO FEDERAL</small> <small>MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS</small>  </p>	<h2>LAUDO GEOLÓGICO- GEOTÉCNICO</h2>	
Endereço do estudo: Av. Manoel Salvador de Oliveira 1024 e 1024B, e na Rua Dona Cota, 11, Bairro Bela Vista - Itabirito/MG	Contratante: MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS	Página: 12/73	Versão: V-01

2.3 LEVANTAMENTO AÉREO POR DRONE

O levantamento aéreo foi realizado na área do talude e nas suas adjacências, com o objetivo de gerar imagens detalhadas e de alta precisão da área em análise. A metodologia empregou aerofotogrametria com drone DJI Mini 4 Pro e processamento por meio do software WebODM.

A missão de voo foi planejada previamente em um software dedicado de planejamento de missões, definindo altura de 70 metros, sobreposição frontal de 80% e lateral de 70%, garantindo boa cobertura e resolução (GSD médio de 2,5 cm/pixel). O Mini 4 Pro, equipado com câmera de alta resolução e sistema de estabilização, realizou os voos de forma automatizada, cobrindo toda a área de forma eficiente.

O processamento foi realizado no WebODM, onde as imagens foram transformadas em nuvem de pontos densa, ortomosaico, modelo digital de superfície (MDS) e modelo digital de terreno (MDT). Foram extraídas, a partir do MDT gerado, curvas de nível as quais foram analisadas em conjunto com o levantamento topográfico pré-existente, de modo a se obter uma topografia final ainda mais detalhada.

A integração do uso de VANT's e software livre permitiu a geração de ortofotos de alta qualidade, com ótimo custo-benefício e aplicabilidade direta nos estudos de erosão e instabilidade da área.

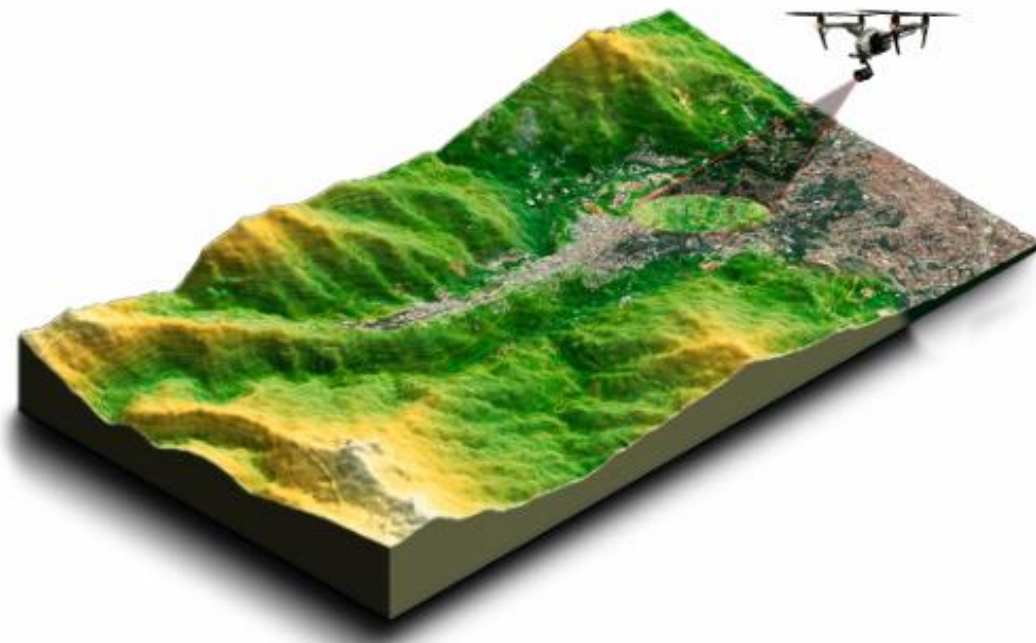


Figura 3 - -- Figura esquemática mostrando a geração de um MDE a partir do uso de Drones.

 <p>MINERAÇÃO E SERVIÇOS</p>	<p>MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS</p> <p>GOVERNO FEDERAL BRAZIL UNIÃO E RECONSTRUÇÃO</p>	<p>LAUDO GEOLÓGICO- GEOTÉCNICO</p>	
<p>Endereço do estudo: Av. Manoel Salvador de Oliveira 1024 e 1024B, e na Rua Dona Cota, 11, Bairro Bela Vista - Itabirito/MG</p>	<p>Contratante: MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS</p>	<p>Página: 13/73</p>	<p>Versão: V-01</p>

2.4 REFERENCIAL TEÓRICO

2.4.1 TALUDE

Os taludes ou as encostas naturais são definidos como superfícies inclinadas de maciços terrosos, rochosos ou mistos (solo e rocha), em relação a horizontal, originados de processos geológicos e geomorfológicos diversos, podendo apresentar modificações antrópicas, tais como cortes, desmatamentos, introdução de cargas, dentre outros (Filho & Virgili, 1998). Os taludes presentes na área alvo são classificados como de corte, ou seja, taludes originados por escavações antrópicas diversas.

O ângulo de um talude natural é o maior ângulo de inclinação para solos expostos ao tempo, formados sem afetar o equilíbrio do maciço. Nos solos com menor coesão (areias), esse ângulo praticamente coincide com o ângulo de atrito interno, e nos solos coesivos (argilas), que são apresentadas menos interconectividade entre os poros, este ângulo equivale, teoricamente, a 90° (Cardoso, 2002).

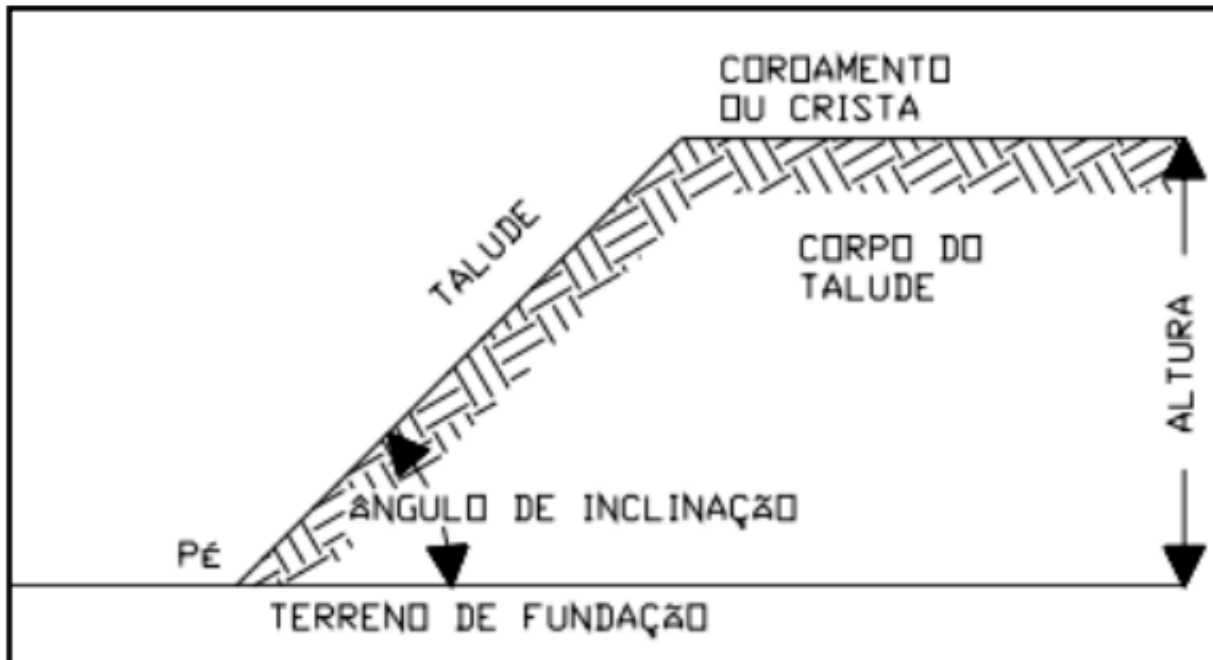


Figura 4 - Elementos de um talude (Caputo, 1988).

A estabilidade de taludes é afetada por condicionantes relativa à natureza dos materiais constituintes e dos agentes perturbadores, que podem ser de origem geológica, antrópica ou geotécnica (Rodrigues Junior, 2015).

 <p>MINERAÇÃO E SERVIÇOS</p>	<p>MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS</p>  <p>GOVERNO FEDERAL BRASIL UNIÃO E RECONSTRUÇÃO</p>	<p>LAUDO GEOLÓGICO- GEOTÉCNICO</p>	
<p>Endereço do estudo: Av. Manoel Salvador de Oliveira 1024 e 1024B, e na Rua Dona Cota, 11, Bairro Bela Vista - Itabirito/MG</p>	<p>Contratante: MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS</p>		<p>Página: 14/73 Versão: V-01</p>

2.4.2 RESISTÊNCIA DOS SOLOS

A ruptura dos solos é muito comumente ocasionada por fenômenos de cisalhamento (Rodrigues Junior, 2015). A resistência ao cisalhamento de um solo pode ser definida como a máxima tensão de cisalhamento que o solo pode suportar sem sofrer ruptura, ou a tensão de cisalhamento do solo no plano em que a ruptura estiver ocorrendo (Pinto, 2002). Com isso, a resistência dos solos pode ser definida como o resultante da ação conjunta do ângulo de atrito e da coesão, parâmetros esses que serão definidos adiante.

O fenômeno de atrito nos solos se diferencia do fenômeno de atrito entre dois corpos porque o deslocamento envolve um grande número de grãos, podendo eles deslizar-se entre si ou rolarem uns sobre os outros, acomodando-se em poros existentes no próprio material (Rodrigues Junior, 2015).

2.4.3 ENVOLTÓRIA DE RESISTÊNCIA DE MOHR-COULOMB

No critério de Mohr-Coulomb o colapso se dá quando a tensão cisalhante que atua no plano de resistência alcança o valor da tensão cisalhante de resistência do material. A envoltória é comumente curva, contudo, ela pode ser ajustada por uma reta no intervalo de tensões normais de interesse. A equação de uma reta ao critério de resistência foi proposta por Coulomb:

$$\tau = c + \sigma \tan\phi \quad (1)$$

A equação 1 proposta por Coulomb (1773) é definida em termos das tensões normais (σ) e cisalhantes (τ) atuando em um plano, os parâmetros c e ϕ são a coesão e o ângulo de atrito do material, respectivamente.

De acordo com Lambe, 1969, em uma situação de ruptura, a relação entre a tensão normal e a tensão cisalhante, componentes da tensão atuante total, estão diretamente atreladas ao ângulo de atrito do material em questão. Em qualquer ponto sob ação de esforço existem três planos ortogonais nos quais a tensão cisalhante é zero.

As tensões normais atuantes nestes pontos são chamadas de tensões principais e conhecidas as tensões principais em um ponto podemos chegar às tensões atuantes (normal e cisalhante) sobre qualquer plano que passe por aquele ponto.

- σ_1 – Tensão principal maior;
- σ_2 – Tensão principal intermediária;
- σ_3 – Tensão principal menor;

O Círculo de Mohr permite que se definam, a partir das tensões principais, os limites de equilíbrio plástico de um solo quando sob efeito de um determinado estado de tensões (PINTO, 2006). Os resultados obtidos podem ser plotados em função de σ e τ , como apresentado na figura a seguir:

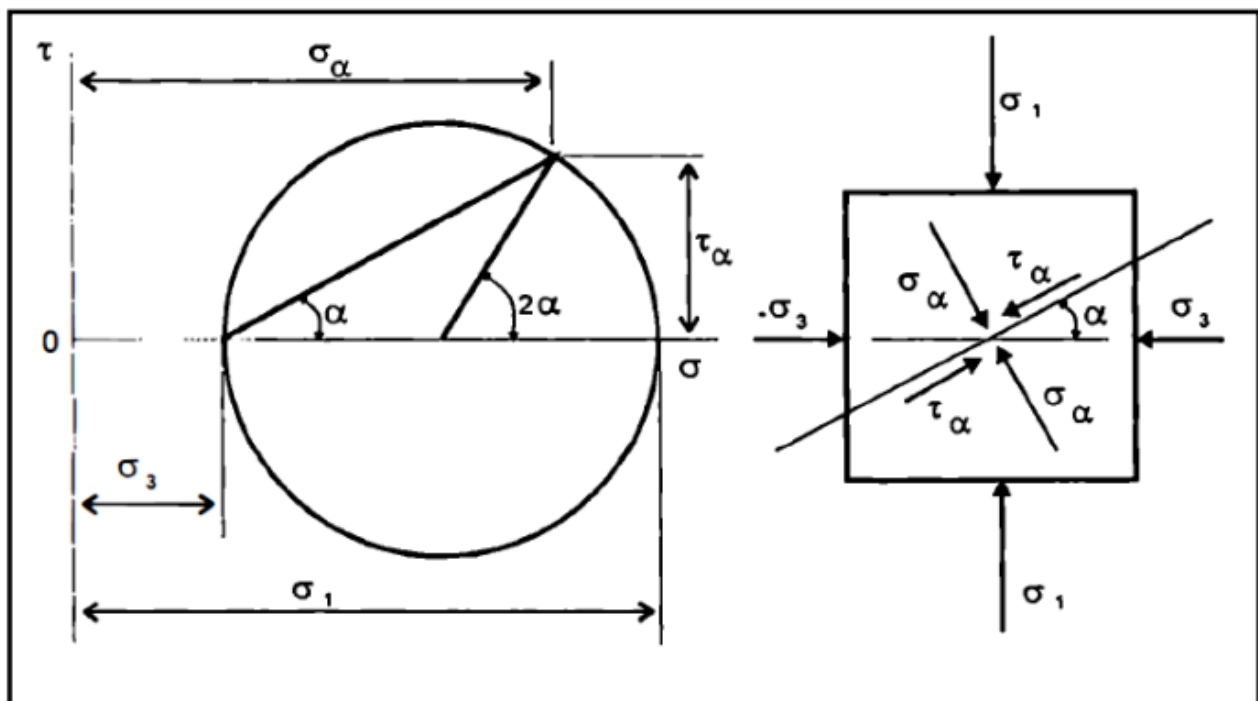


Figura 5 - Círculo de Mohr plotado em função das tensões cisalhantes (Pinto, 2007).

2.4.4 FATOR DE SEGURANÇA

A segurança de um projeto de engenharia é usualmente avaliada através de um fator de segurança (FS), definido como a razão entre a resistência disponível e o carregamento atuante. Segundo Dell'Avanzi e Sayão (1998), a adoção de um valor de FS mínimo admissível para uma determinada obra implica na adoção de um risco calculado ou aceitável.

Em uma análise de estabilidade geotécnica, seja para um talude, uma fundação ou qualquer estrutura em contato com o solo, o **Fator de Segurança (FS)** é um indicador crucial da margem de segurança

		LAUDO GEOLÓGICO- GEOTÉCNICO	
Endereço do estudo: Av. Manoel Salvador de Oliveira 1024 e 1024B, e na Rua Dona Cota, 11, Bairro Bela Vista - Itabirito/MG	Contratante: MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS	Página: 16/73	Versão: V-01

do projeto. Ele é geralmente definido como a razão entre a **resistência disponível** do solo e a **tensão ou carga atuante** sobre ele

O fator de segurança é a variável usualmente aplicada para atestar a segurança de projetos de engenharia. Para se determinar o fator de segurança, verifica-se o equilíbrio entre as cargas estabilizantes (resistência do material (solo ou rocha)) e instabilizantes (cargas externas e peso do solo).

As causas mais comuns para deslizamentos e rompimentos de taludes são associadas a variação na frente de saturação e a alteração ou modificação progressiva da estrutura do solo por ação de fatores geológicos, essas causas diminuem a resistência ao cisalhamento do solo, provocando cenários de instabilidade.

A análise de estabilidade clássica equilíbrio limite considera uma típica seção transversal e define o fator de segurança (Fs) como a razão entre o momento resistente e o momento atuante, como é mostrado na equação a seguir:

$$FS = \frac{\text{Forças Resistentes}}{\text{Forças atuantes}}$$

2.4.5 MÉTODO DE BISHOP

A princípio, o método de Bishop foi desenvolvido para análise de superfícies circulares, mas com o tempo a sua aplicação foi estendida para superfícies não circulares. O método desconsidera forças de corte entre as fatias e o fator de segurança é calculado apenas utilizando o equilíbrio de momentos (Oliveira, 2023). O não aparecimento das forças de corte entre fatias na equação do fator de segurança não quer dizer que estas sejam nulas, somente que um dos termos dessa equação seja zero. (ZHU, 2008).

O Método de BISHOP (1955), baseado no método das fatias, é utilizado para analisar superfícies potenciais de ruptura com forma circular. Neste método, o equilíbrio completo de forças e momentos é verificado. O método de Bishop, apresenta três princípios básicos:

- Não existem forças cisalhantes entre as fatias;
- As forças entre as fatias são horizontais;
- A superfície de ruptura é circular.

Endereço do estudo: Av. Manoel Salvador de Oliveira 1024 e 1024B, e na Rua Dona Cota, 11, Bairro Bela Vista - Itabirito/MG

Contratante: MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS

Página: 17/73

Versão: V-01

A Figura 5 a seguir, ilustra o desenvolvimento do método.

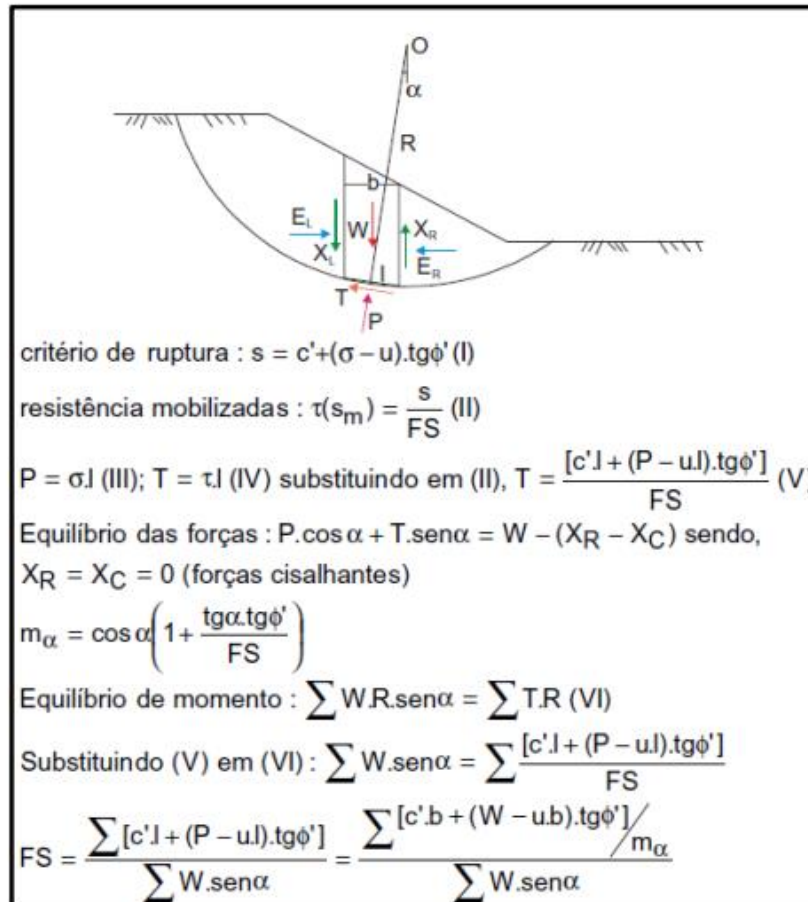


Figura 6 - Roteiro de cálculo do método de Bishop. Fonte: Junior, 2021. Modificado de Lima, 2002

	<p>MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS</p> <p>GOVERNO FEDERAL BRASIL UNIÃO E RECONSTRUÇÃO</p>	<p>LAUDO GEOLÓGICO- GEOTÉCNICO</p>	
<p>Endereço do estudo: Av. Manoel Salvador de Oliveira 1024 e 1024B, e na Rua Dona Cota, 11, Bairro Bela Vista - Itabirito/MG</p>		<p>Contratante: MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS</p>	<p>Página: 18/73 Versão: V-01</p>

3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

3.1 LOCALIZAÇÃO E ACESSO

O município de Itabirito está localizado na porção sudeste do estado de Minas Gerais (Figura 7), a aproximadamente 55 km de Belo Horizonte. Os acessos são, em geral, variados e de boa qualidade, contando com diversas estradas pavimentadas e de grande circulação humana

O acesso a partir de Belo Horizonte é realizado pela BR-040, seguindo por vinte quilômetros até a bifurcação de acesso a BR-356, Rodovia dos Inconfidentes, percorrendo mais trinta e oito quilômetros até a cidade de Itabirito. A partir daí toma-se vias internas do município até se atingir a área alvo do estudo. A Figura 7 a seguir ilustra a rota utilizada para a acessar a área.

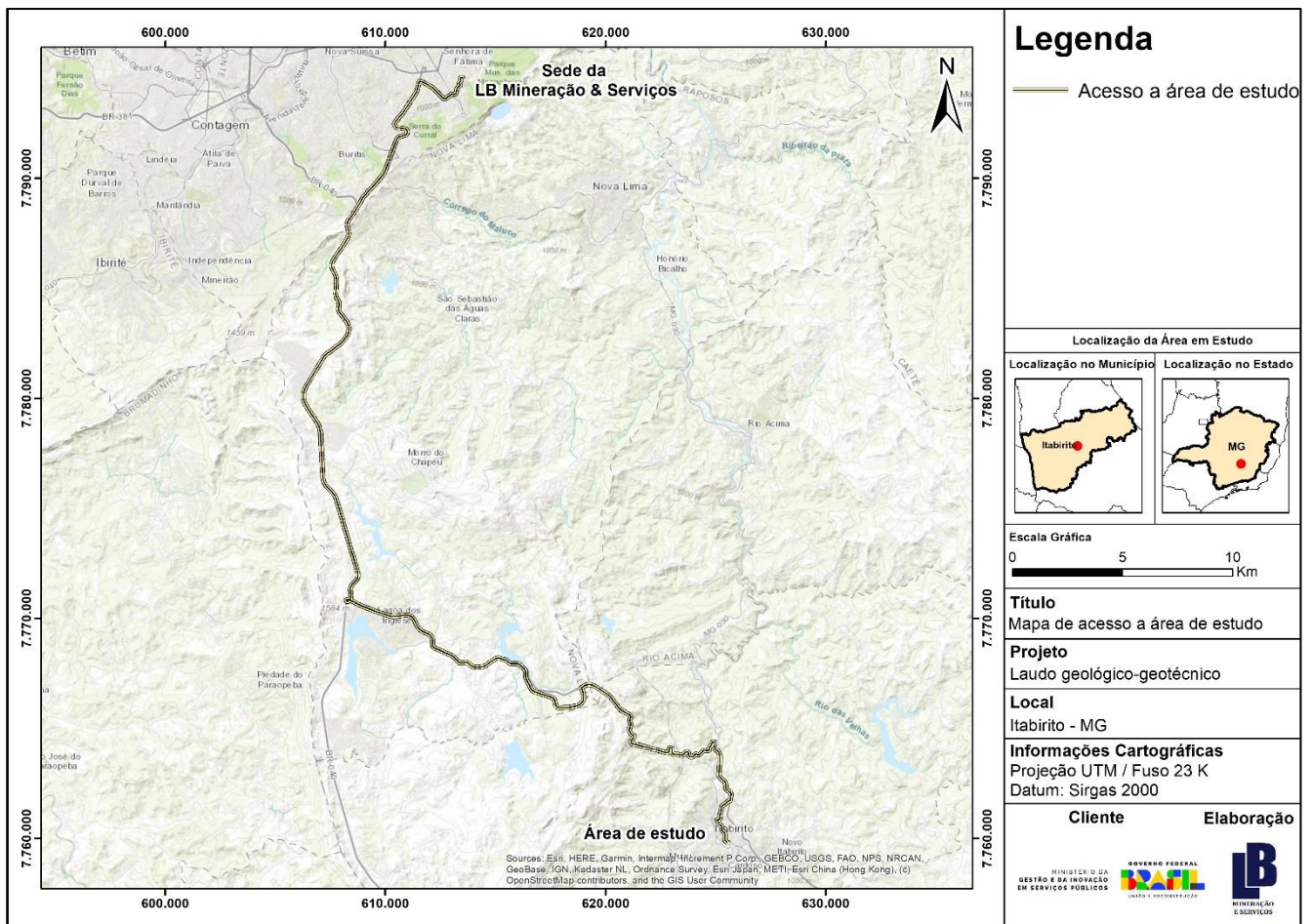


Figura 7 - Mapa de acesso à área de estudo

 <p>MINERAÇÃO E SERVIÇOS</p>	<p>MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS</p> <p>GOVERNO FEDERAL</p>  <p>BRASIL UNIÃO E RECONSTRUÇÃO</p>	<p>LAUDO GEOLÓGICO- GEOTÉCNICO</p>	
<p>Endereço do estudo: Av. Manoel Salvador de Oliveira 1024 e 1024B, e na Rua Dona Cota, 11, Bairro Bela Vista - Itabirito/MG</p>	<p>Contratante: MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS</p>	<p>Página: 19/73</p>	<p>Versão: V-01</p>

3.2 CONTEXTO LOCAL

O estudo realizado busca atestar as condições de estabilidade do talude localizado na divisa entre os terrenos da Rua Dr. Hélio Ferreira Bastos, nº 265 e da Av. Manoel Salvador de Oliveira, 1024. bairro Bela Vista, Itabirito/MG. O talude em questão é motivo de preocupação para os moradores locais, uma vez que o mesmo apresenta risco de deslizamento, podendo causar eventuais prejuízos. Foi realizado, como medida paliativa, a implementação de lonas na face do talude, com o intuito de desacelerar o processo erosivo vigente. Conforme informado no primeiro Relatório de Fiscalização nº 4563, de 08/11/2022 (SEI nº 29467847), a encosta em questão possui alta declividade e não possui estrutura de contenção, drenagem ou tratamento. Percebe-se que já ocorreram escorregamentos de terra em toda a extensão do talude, configurando uma situação crítica que pode trazer grandes riscos tanto a vida como ao patrimônio.

Foram realizadas, durante visita técnica de campo, levantamentos topográficos locais utilizando drone e também uma (1) sondagem SPT, com o intuito de compreender a natureza do material presente em subsuperfície. A partir dos dados coletados serão realizadas análises de estabilidade do talude, com cálculo do fator de segurança associado a esta encosta. O talude presente na área alvo é classificado como de corte, ou seja, corresponde a um talude originado por escavação antrópica.

 <p>MINERAÇÃO E SERVIÇOS</p>	<p>GOVERNO FEDERAL</p> <p>MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS</p>  <p>UNIÃO E RECONSTRUÇÃO</p>	<p>LAUDO GEOLÓGICO- GEOTÉCNICO</p>	
<p>Endereço do estudo: Av. Manoel Salvador de Oliveira 1024 e 1024B, e na Rua Dona Cota, 11, Bairro Bela Vista - Itabirito/MG</p>	<p>Contratante: MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS</p>	<p>Página: 20/73</p>	<p>Versão: V-01</p>

4 ASPECTOS FISIAGRÁFICOS

4.1 CLIMA E METEOROLOGIA

O regime climático de uma região é determinado pelas condições médias da circulação geral da atmosfera e por sua localização com relação às fontes de umidade, bem como pela topografia e seus efeitos locais. De forma geral, de acordo com a classificação de Köppen–Geiger, o município de Itabirito, está inserido em áreas abrangidas principalmente pelo clima Cwa.

O clima da região é o tropical de altitude, marcado por invernos secos e verões brandos e chuvosos. A temperatura média anual é de aproximadamente 17°C. A sazonalidade é bem definida, o período de chuvas compreende os meses de novembro e abril enquanto o período de estiagem perdura entre os meses de maio e outubro. A precipitação anual fica entre 1800 a 2000 mm (IGA 1996; Santos et al. 2004). O mês de julho apresenta os níveis de precipitação mais baixos (10 mm) e a o mês de dezembro o que apresenta maiores índices de precipitação, com uma quantidade média que atinge 300 mm.

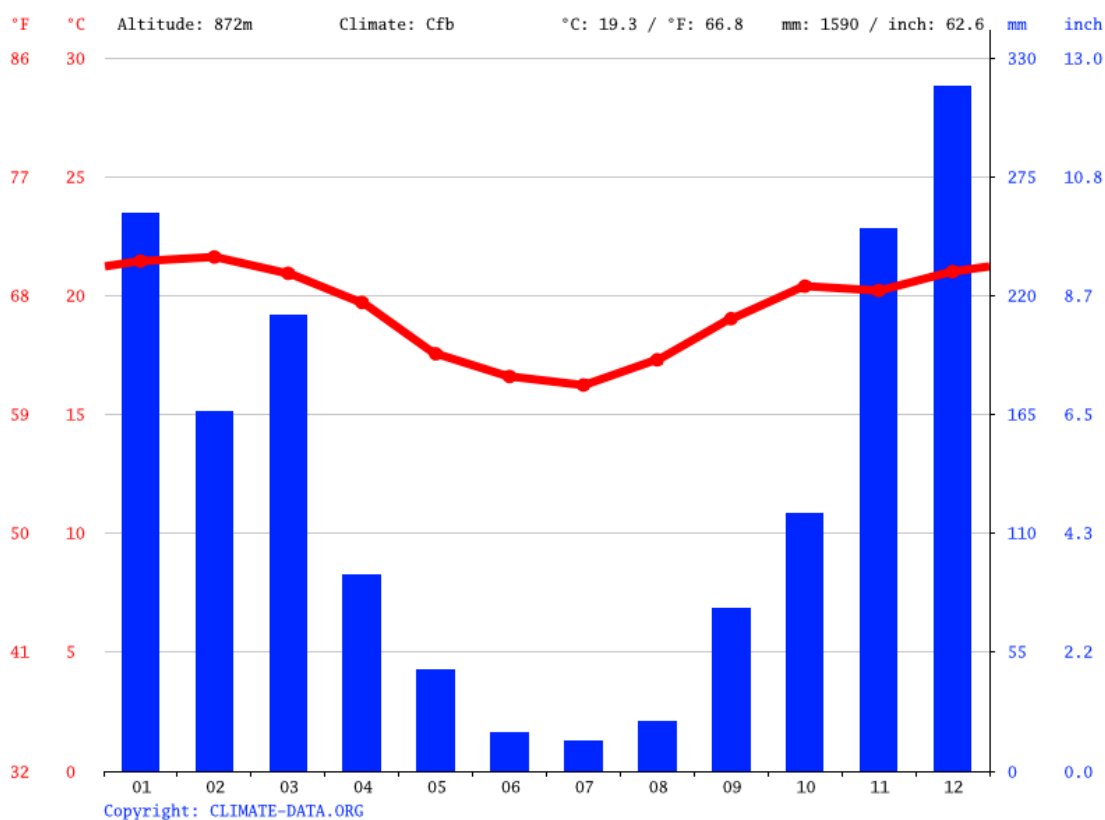


Figura 8 - Climograma de Itabirito. Fonte: Climate data.

Endereço do estudo: Av. Manoel Salvador de Oliveira 1024 e 1024B, e na Rua Dona Cota, 11, Bairro Bela Vista - Itabirito/MG

Contratante: MINISTÉRIO DA
 GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM
 SERVIÇOS PÚBLICOS

Página: 21/73

Versão: V-01

A pluviosidade média de uma região é um fator importante uma vez que ela está diretamente atrelada a gênese de processos erosivos, uma vez que atua no sentido de alterar o grau de saturação do solo. Para o estudo sobre a precipitação na Bacia do Rio Itabirito serão utilizados dados da estação meteorológica de Itabirito, localizada no município de Itabirito, nas coordenadas geográficas, latitude: -20,3011 e longitude -43,7981.

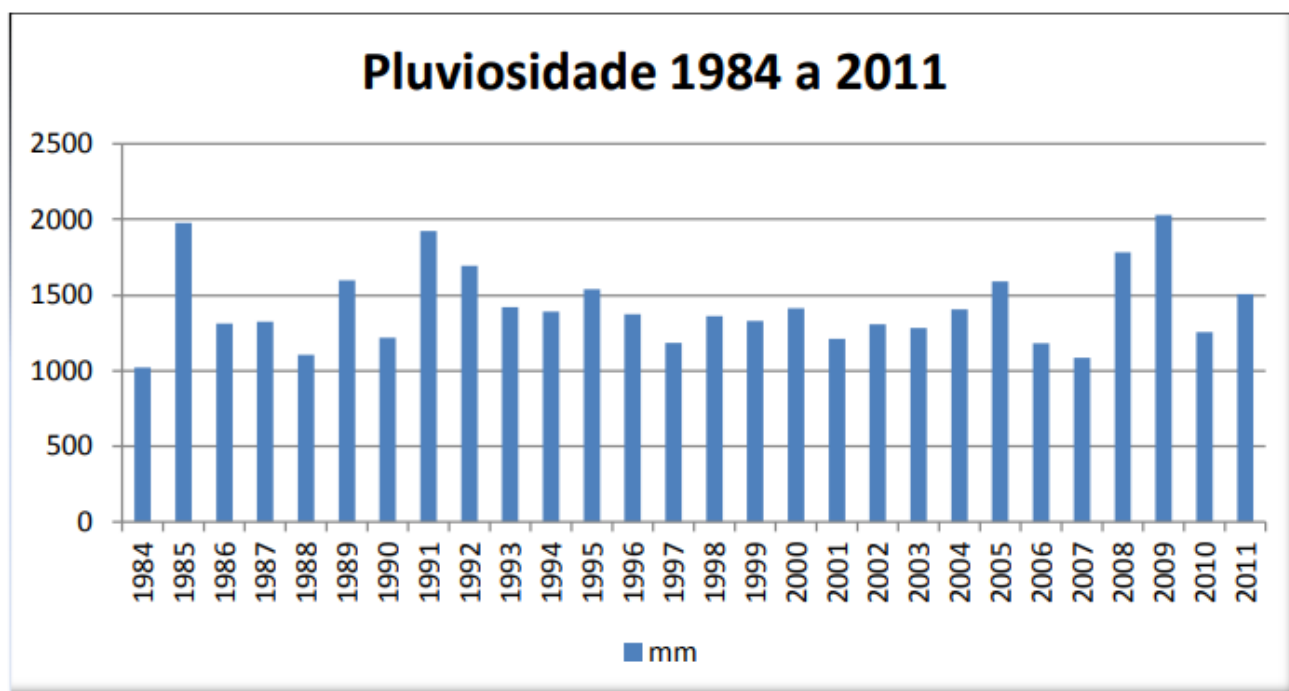


Figura 9 - Pluviosidade anual de 1984 a 2011. Fonte: ANA, 2013.

Endereço do estudo: Av. Manoel Salvador de Oliveira 1024 e 1024B, e na Rua Dona Cota, 11, Bairro Bela Vista - Itabirito/MG

Contratante: MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS

Página: 22/73
Versão: V-01

4.2 HIDROGRAFIA

O principal curso d'água existente na região de estudo é o Rio Itabirito, pertencente à Sub-Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas e Bacia Federal do Rio São Francisco. Segundo o Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas (IGAM, 2005), esta bacia está localizada, em sua totalidade, na região central do Estado de Minas Gerais, ocupando uma área de 29.173 km², equivalente a quase 60% do território da RMBH e a 4,05% da Bacia do São Francisco

Logo, conforme classificação do Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), a área está inserida na Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos SF5 – Bacia do Rio São Francisco, localizando-se na porção alta da Bacia do Rio das Velhas.

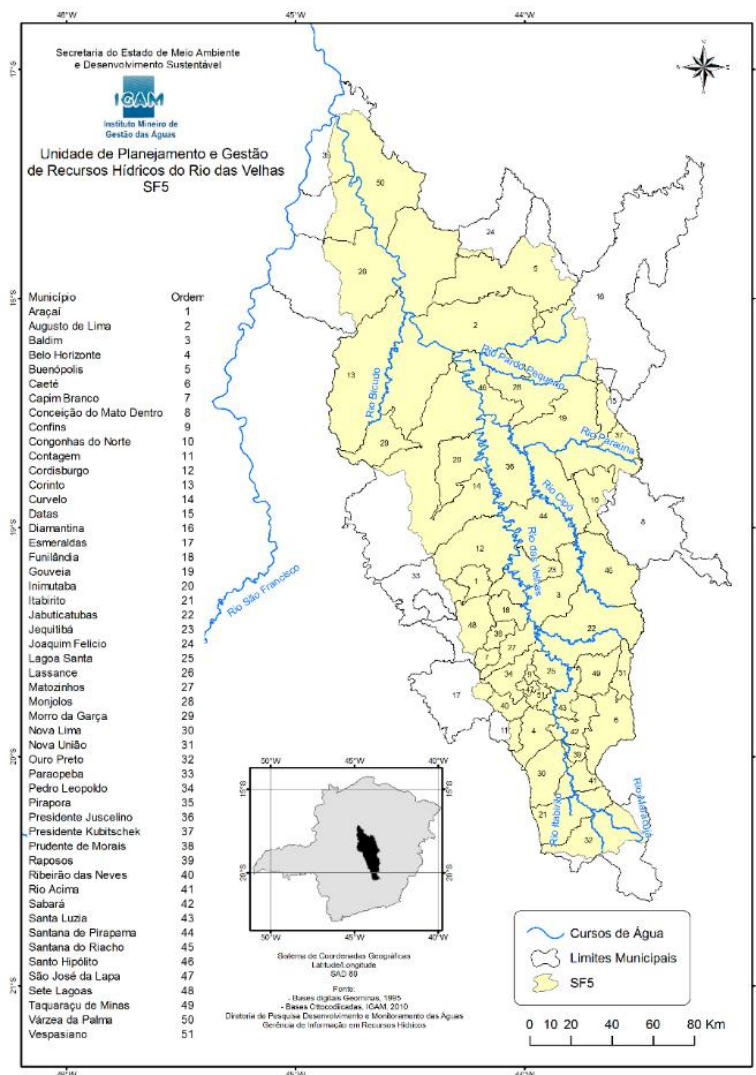


Figura 10 - Bacia do Rio das Velhas (Fonte: IGAM, 2010).

Endereço do estudo: Av. Manoel Salvador de Oliveira 1024 e 1024B, e na Rua Dona Cota, 11, Bairro Bela Vista - Itabirito/MG

Contratante: MINISTÉRIO DA
GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM
SERVIÇOS PÚBLICOS

Página: 23/73
Versão: V-01

A Bacia do Rio Itabirito é importante contribuinte da Bacia do Rio das Velhas, que é o principal afluente do Rio São Francisco em Minas Gerais. O Rio Itabirito situa-se na zona central do domínio geológico e geomorfológico do Quadrilátero Ferrífero e sua bacia hidrográfica possui área aproximada de 520 Km², compreendendo parte dos municípios de Rio Acima, Ouro Preto e Itabirito, sendo que a maior porção se encontra no município de Itabirito.

O Rio Itabirito tem suas primeiras nascentes na porção noroeste da bacia e suas cabeceiras estão situadas na vertente oeste da Serra da Moeda e situam-se em altitudes de 1460 m a 1520 m. Seu canal tem sentido norte percorrendo aproximadamente 23,5 km e atravessa a área urbana do Município de Itabirito até o encontro com o córrego Luiza dos Santos ou Moleque. A partir de então segue no sentido nordeste percorrendo aproximadamente 5,4 km até o encontro com o Rio das Velhas.

O rio Itabirito possui como afluentes os ribeirões Mata Porcos, Sardinha e Manga além dos córregos Carioca e do Bação, inseridos nos limites do município de Itabirito. A área de estudo encontra-se localizada a aproximadamente 160 metros do Rio Itabirito.

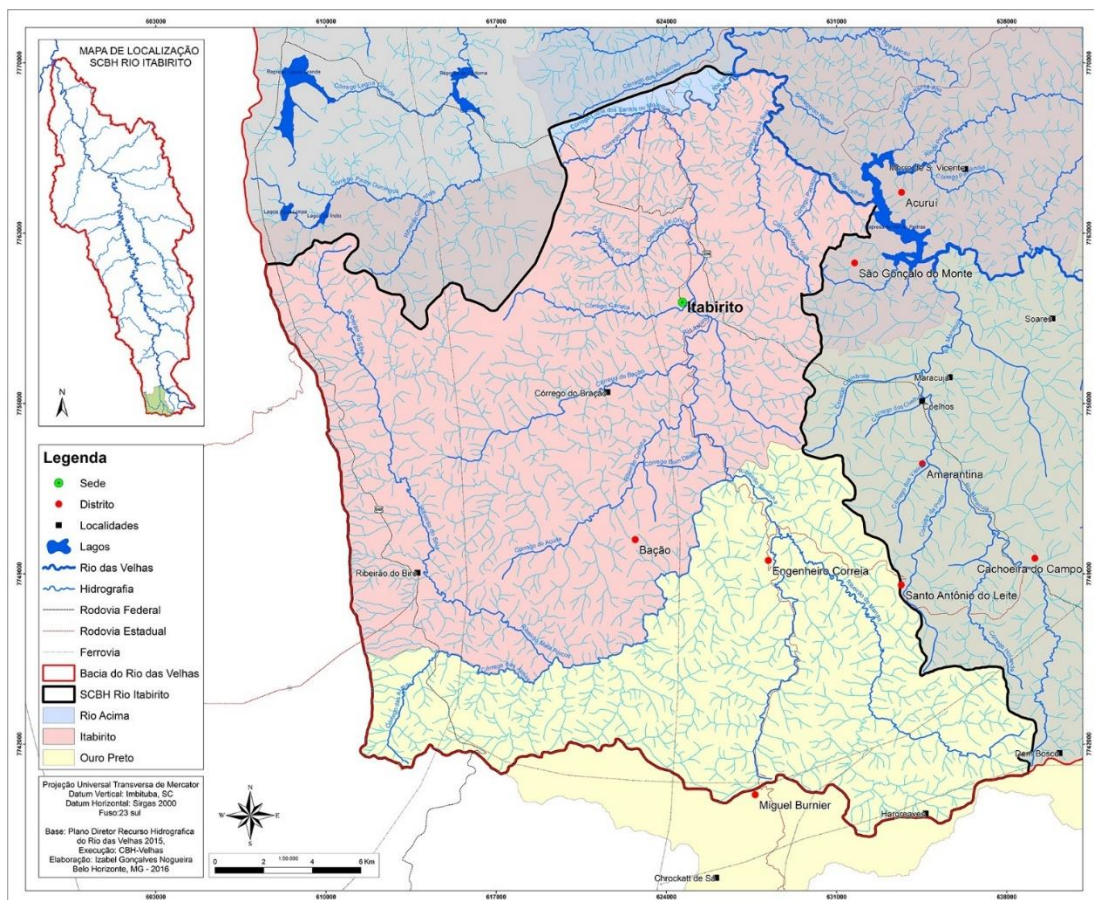


Figura 11 - Principais drenagens regionais do município de Itabirito/MG. Fonte CBH Rio Das Velhas

 <p>MINERAÇÃO E SERVIÇOS</p>	<p>MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS</p>  <p>GOVERNO FEDERAL BRASIL UNIÃO E RECONSTRUÇÃO</p>	<p>LAUDO GEOLÓGICO- GEOTÉCNICO</p>	
<p>Endereço do estudo: Av. Manoel Salvador de Oliveira 1024 e 1024B, e na Rua Dona Cota, 11, Bairro Bela Vista - Itabirito/MG</p>	<p>Contratante: MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS</p>	<p>Página: 24/73</p>	<p>Versão: V-01</p>

4.3 GEOMORFOLOGIA E PEDOLOGIA

Segundo Harder & Clamberlain (1915), o relevo do Quadrilátero Ferrífero tem sua origem de estrutura associada à erosão diferencial, na qual os quartzitos e itabiritos se localizaram em áreas de elevadas altimetrias. Os xistos-filitos compõe a porção média das encostas e na base do substrato geológico, a composição é de rochas granito-gnáissicas.

O QF foi classificado por Varajão (1991) como um mosaico contendo seis províncias geomorfológicas, sendo elas: Serra do Caraça, Sinclinal Moeda, Serra de Ouro Branco, Serra do Curral, Complexo do Bação e Sinclinal Gandarela. As maiores altitudes do QF são encontradas na Serra do Caraça, atingindo 2.000 metros. De acordo com o mesmo autor, a paisagem do QF apresenta fortes traços de erosão diferencial, presentes em pequenas superfícies de erosão, com evidente controle litoestrutural.

Nos locais onde as rochas são resistentes ao intemperismo químico e mecânico e as estruturas não apresentam características que favoreçam a alteração das rochas, o relevo é constituído por cristas com elevada altitude. Já nos locais onde as rochas são menos resistentes aos fatores de modelação do relevo, ocorre formação de colinas com morfologia mais aplainada (BRANDT, 2007). Dentre os domínios supracitados a área de estudo encontra-se inserida no domínio de rochas granito gnáissicas, localizadas em porções mais rebaixadas do relevo, compondo o embasamento estratigráfico local.

Os solos têm suas propriedades, de composição e gênese, resultantes da ação integrada dos processos dinâmicos da geologia e geomorfologia. Este tem como material de origem as rochas, que irão determinar suas propriedades físicas e químicas. Já no que tange à geomorfologia, essa está relacionada com a gênese e formação dos solos, pois o condicionamento do relevo influencia de modo diversificado sob os processos climáticos e hidrológicos, o que determina propriedades como a profundidade e o teor de matéria orgânica.

A área onde o empreendimento está localizado se encontra no domínio “LVAd1” – Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico, segundo classificação da EMBRAPA, 2011. Os Latossolos Vermelho Amarelo estão localizados em regiões com relevo suavemente ondulado sobre rochas do Complexo Bação, associado muitas vezes, a presença vegetação arbustiva. Este apresenta evolução muito avançada com atuação expressiva de processo de latolização (ferralitização ou laterização), resultando em intemperização intensa dos constituintes minerais primários, e mesmo secundários menos resistentes, e concentração relativa de argilominerais resistentes e, ou, óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio,

	<p style="text-align: center;">GOVERNO FEDERAL</p> <p style="text-align: center;">MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS</p> 	<h2>LAUDO GEOLÓGICO- GEOTÉCNICO</h2>	
Endereço do estudo: Av. Manoel Salvador de Oliveira 1024 e 1024B, e na Rua Dona Cota, 11, Bairro Bela Vista - Itabirito/MG	Contratante: MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS	Página: 25/73	Versão: V-01

com inexpressiva mobilização ou migração de argila, ferrólise, gleização ou plintitização (EMBRAPA, 2006).

Neste tipo de solo ocorre maior infiltração de água e a erosão laminar é fraca devido ao escoamento difuso. Segundo estudo cartográfico realizado pela CPRM, 2022, a região de estudo está enquadrada em uma área de solos com muito boa capacidade infiltração. Logo, é esperado que boa parte da água pluvial infiltre no solo e se direcione para regiões mais subsuperficiais, alimentando os aquíferos locais.

4.4 GEOLOGIA E HIDROGEOLOGIA REGIONAL

A área alvo do presente estudo, na porção central do município de Itabirito, está localizada dentro do perímetro do Quadrilátero Ferrífero, que conforme descrito por Barbosa & Rodrigues (1967) corresponde a um bloco de estruturas geológicas do Pré-Cambriano, elevadas em seus quatro lados por erosão diferencial. Segundo Azevedo et.al, 2012, o contexto geológico do Quadrilátero Ferrífero é representado por três grandes conjuntos de rochas: um complexo metamórfico basal, as supracrustais do Supergrupo Rio das Velhas e as seqüências metassedimentares paleo e mesoproterozoicas representadas pelo Supergrupo Minas, Grupo Sabará, Grupo Itacolomi e Supergrupo Espinhaço. Segundo essa classificação, a área de estudo está inserida no contexto das rochas do complexo metamórfico basal. A Figura 9 ilustra a localização da área dentro dos limites do Quadrilátero Ferrífero.

Endereço do estudo: Av. Manoel Salvador de Oliveira 1024 e 1024B, e na Rua Dona Cota, 11, Bairro Bela Vista - Itabirito/MG

Contratante: MINISTÉRIO DA
GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM
SERVIÇOS PÚBLICOS

Página: 26/73

Versão: V-01

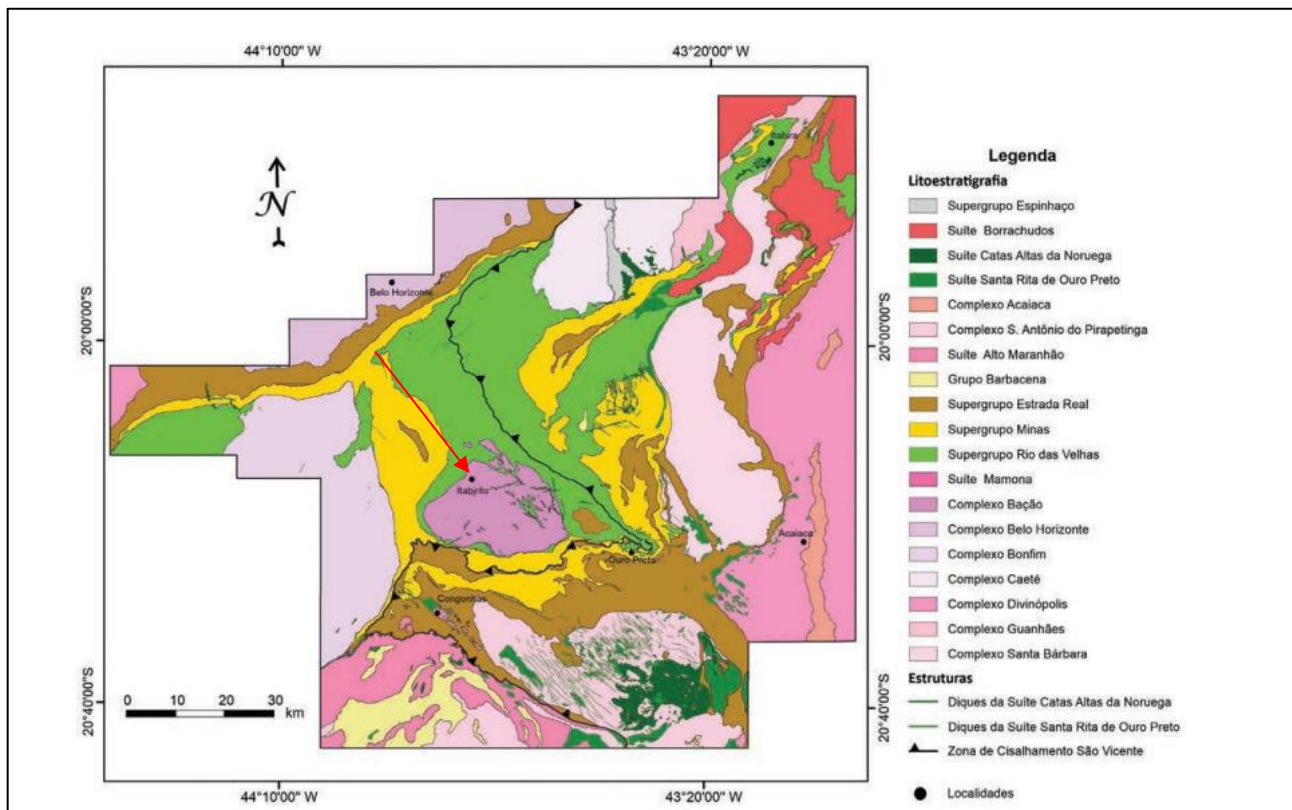


Figura 12 - Mapa geológico do Quadrilátero Ferrífero, com destaque para a área de estudo. Modificado de Endo et. al, 2020

Identificou-se a existência de apenas uma unidade geológica na área de estudo. A unidade presente na área do empreendimento corresponde a Suíte Funil, que está inserida no Complexo Bação, formada durante a Era Mesoarqueana (Figura 10). Tal unidade litoestratigráfica é caracterizada pela presença de Gnaisses bandados tipo TTG e migmatitos. (A3bfu) (Endo et.al, 2019).

Endereço do estudo: Av. Manoel Salvador de Oliveira 1024 e 1024B, e na Rua Dona Cota, 11, Bairro Bela Vista - Itabirito/MG

Contratante: MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS

Página: 27/73
Versão: V-01

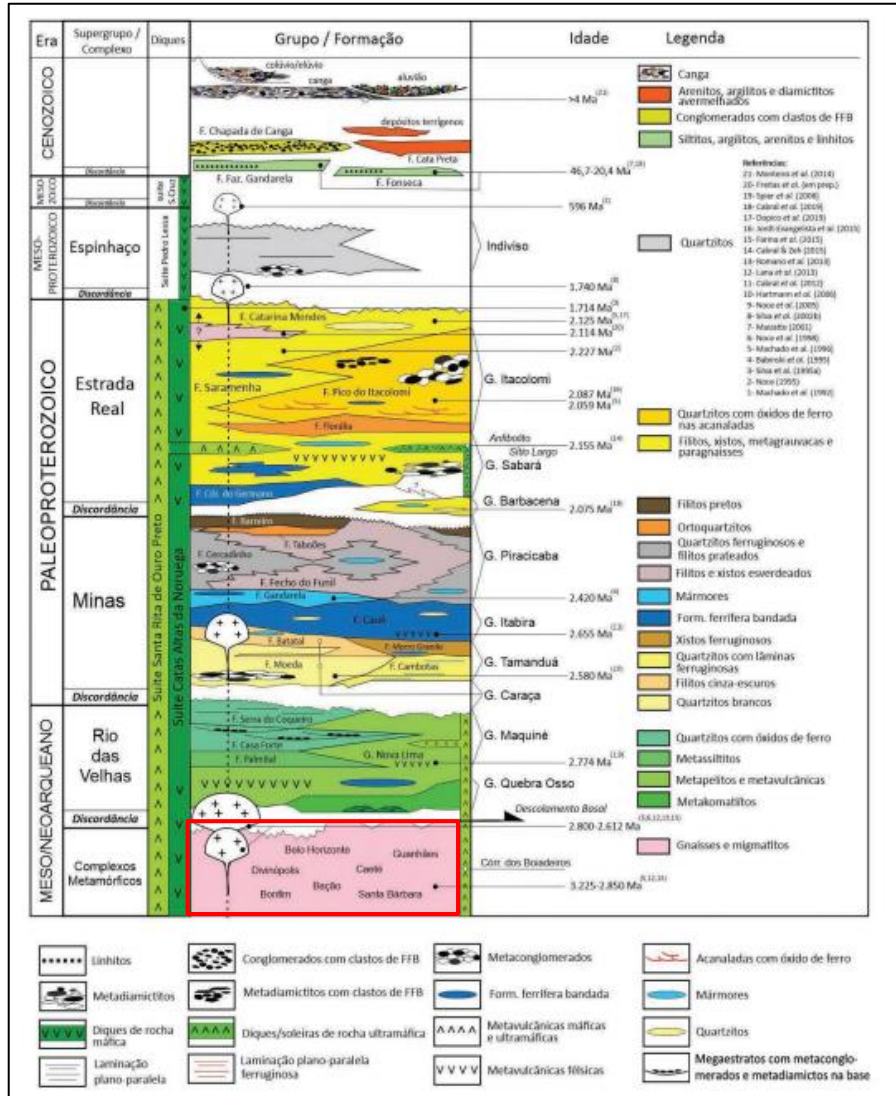


Figura 13 - Coluna estratigráfica do Quadrilátero Ferrífero, com destaque para a unidade presente na área de estudo (Modificado de Endo et.al, 2020).

Os Domínios Hidrogeológicos são definidos como “representativo de um conjunto de unidades geológicas com similaridades hidrogeológicas, tendo como base, principalmente, as características litológicas das rochas” (Feitosa et.al, 2008). A caracterização hidrogeológica da região indica que ela se encontra inserida em um domínio hidrogeológico do tipo Metassedimentos-Metavulcânicas, segundo classificação da CPRM (Bonfim & Jesus 2007), ou seja, trata-se de um aquífero do tipo fissural.

Endereço do estudo: Av. Manoel Salvador de Oliveira 1024 e 1024B, e na Rua Dona Cota, 11, Bairro Bela Vista - Itabirito/MG

Contratante: MINISTÉRIO DA
GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM
SERVIÇOS PÚBLICOS

Página: 28/73

Versão: V-01

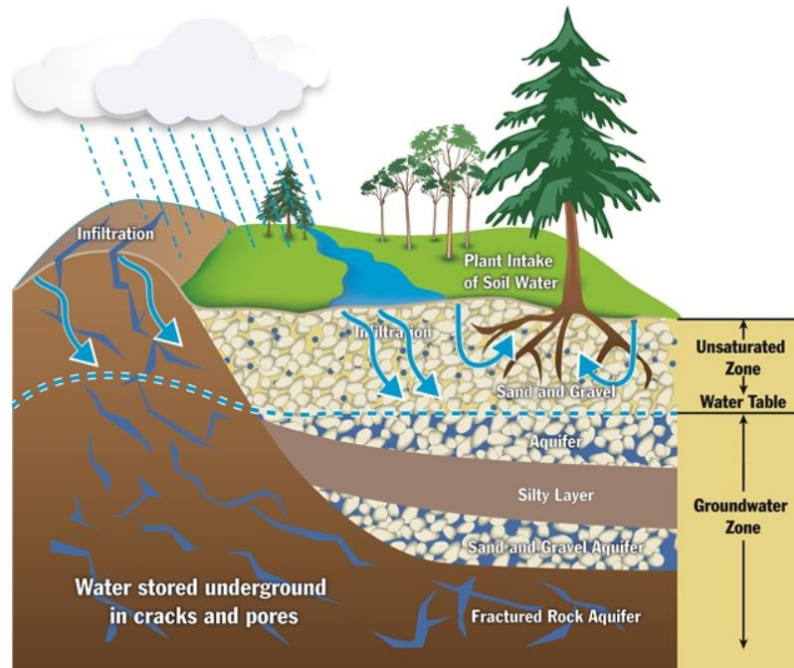


Figura 14 – Ilustração esquemática de um aquífero fraturado. Fonte: Department of Environment & Conservation, Government of Newfoundland & Labrador (2016).

Os aquíferos deste tipo apresentam porosidade secundária, sendo o armazenamento e circulação da água restrito às porções de interconexão de fraturas. Os aquíferos desta região apresentam potencial hidrogeológico variável, uma vez que ele está atrelado a quantidade de fraturas presentes no litotipo existente. Em certos trechos, a baixa densidade de fraturas interconectadas e as condições topográficas desfavoráveis reduzem as possibilidades hidrogeológicas.

Os aquíferos de complexos-graníticos-grnáissicos-migmatíticos são, geralmente, constituídos por uma porção porosa saturada do manto de decomposição/coberturas de alteração e pelo meio fraturado sotoposto. O aquífero poroso pode atingir espessuras superiores a 50 metros, mas normalmente varia entre 20 a 30 metros, sendo este o principal manancial de água do embasamento. O aquífero fraturado sotoposto é caracterizado como cristalino e fissural, sendo sua produtividade associada a quantidade e interconexão de fraturas.

 <p>MINERAÇÃO E SERVIÇOS</p>	<p>MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS</p>  <p>GOVERNO FEDERAL BRASIL UNIÃO E RECONSTRUÇÃO</p>	<p>LAUDO GEOLÓGICO- GEOTÉCNICO</p>	
<p>Endereço do estudo: Av. Manoel Salvador de Oliveira 1024 e 1024B, e na Rua Dona Cota, 11, Bairro Bela Vista - Itabirito/MG</p>	<p>Contratante: MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS</p>	<p>Página: 29/73</p>	<p>Versão: V-01</p>

5 ASPECTOS GEOTÉCNICOS REGIONAIS

A área de estudo encontra-se inserida, regionalmente, no domínio do Complexo Bação, que engloba todas as rochas infracrustais do denominado embasamento granito-gnáissico-migmatítico (embasamento cratônico) (CPRM, 2014). O intemperismo das rochas supracitadas é responsável pela formação de solos residuais silto-arenosos a argilo-areno-siltosos, sendo estes solos muito susceptíveis a processos erosivos, sobretudo nas porções recobertas por solos pouco desenvolvidos. Cortes e aterros, entre outras ações devem ser desenvolvidos com bastante cuidado, considerando as propriedades dos solos.

As propriedades dos solos sobressaem em relação às das rochas naquelas regiões onde a cobertura pedológica atinge maiores espessuras. Deste modo, o controle dos processos geodinâmicos se limita ao manto de alteração que recobre tais litotipos (Reis Jr & Parizzi, 2018). Em rochas intemperizadas observa-se a concentração de maiores riscos associados. O granito gnaisse gera um solo residual silto-arenoso ou argilo-areno-siltoso, com baixa coesão é altamente susceptível a erosão e processos correlacionados.

Garcia et.al., 2020 desenvolveram um estudo de mapeamento das unidades geológicas/geotécnicas do Município de Itabirito/MG. O Mapa Geológico/geotécnico do município indica, segundo classificação de Parizzi et al. (2011) utilizada na legenda, o predomínio de rochas graníticas do Embasamento cristalino nas porções centrais e topograficamente mais baixas do município. Essas rochas, quando submetidas às condições climáticas úmidas com temperaturas elevadas sofrem intenso processo de intemperismo químico e também mecânico, levando à formação de espessos mantos de intemperismo que favorecem a atuação de processos erosivos e de movimentos de massa, em especial em vertentes íngremes, sem, ou com pouca cobertura vegetal (YOUNG, 1972; OLIVA, et al., 2003; GABET, 2007). A área de estudo encontra-se inserida nesta unidade (Figura 15).

Endereço do estudo: Av. Manoel Salvador de Oliveira 1024 e 1024B, e na Rua Dona Cota, 11, Bairro Bela Vista - Itabirito/MG

Contratante: MINISTÉRIO DA
GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM
SERVIÇOS PÚBLICOS

Página: 30/73

Versão: V-01

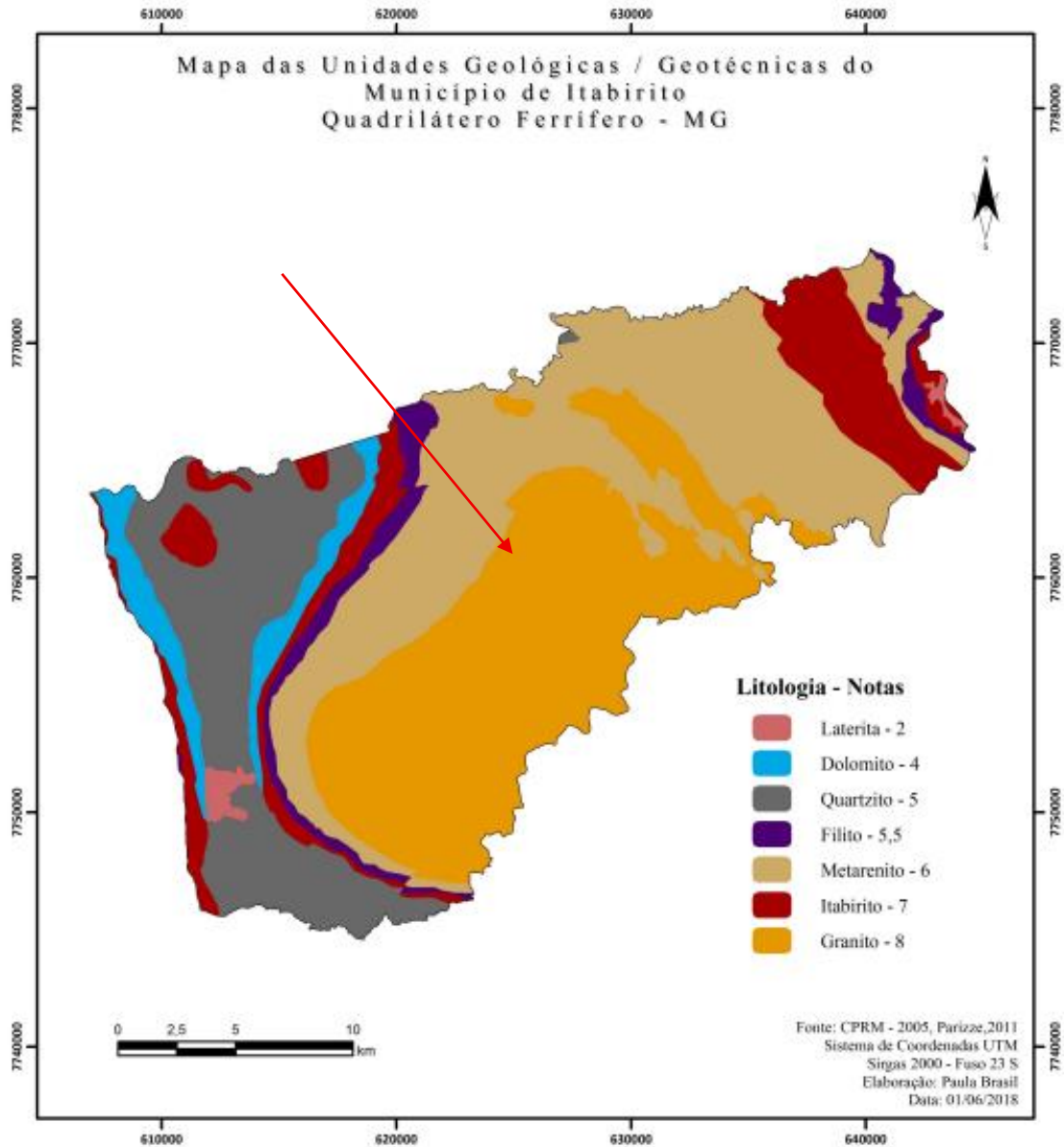


Figura 15 - - Unidades Geológicas/ Geotécnicas do Município de Itabirito – MG, com destaque para a localização da área de estudo. FONTE: Parizzi et al. (2011); CPRM, 2005. Modificado de Garcia et al., 2020

	<p style="text-align: center;">GOVERNO FEDERAL BRASIL UNIÃO E RECONSTRUÇÃO</p> <p style="text-align: center;">MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS</p>	<h2>LAUDO GEOLÓGICO- GEOTÉCNICO</h2>	
Endereço do estudo: Av. Manoel Salvador de Oliveira 1024 e 1024B, e na Rua Dona Cota, 11, Bairro Bela Vista - Itabirito/MG		Contratante: MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS	Página: 31/73 Versão: V-01

6 RESULTADOS

6.1 MAPEAMENTO GEOLÓGICO/GEOTÉCNICO LOCAL

A atividade de visita técnica local foi realizada no dia 14 de julho de 2025 e teve como objetivo caracterizar o meio físico local em relação a suas características geológico-geotécnicas, principalmente a região do talude e seu entorno. Os locais visitados tiveram suas coordenadas UTM coletadas (Datum SIRGAS 2000), sendo essas plotadas posteriormente em *software* de geoprocessamento.

Foi realizado, em pontos chaves do terreno, a coleta de informações relevantes ao contexto do trabalho, bem como um registro fotográfico, com o objetivo de ilustrar o contexto do meio físico e entender o contexto geotécnico local. A Figura 16, a seguir, ilustra os pontos de campo realizados

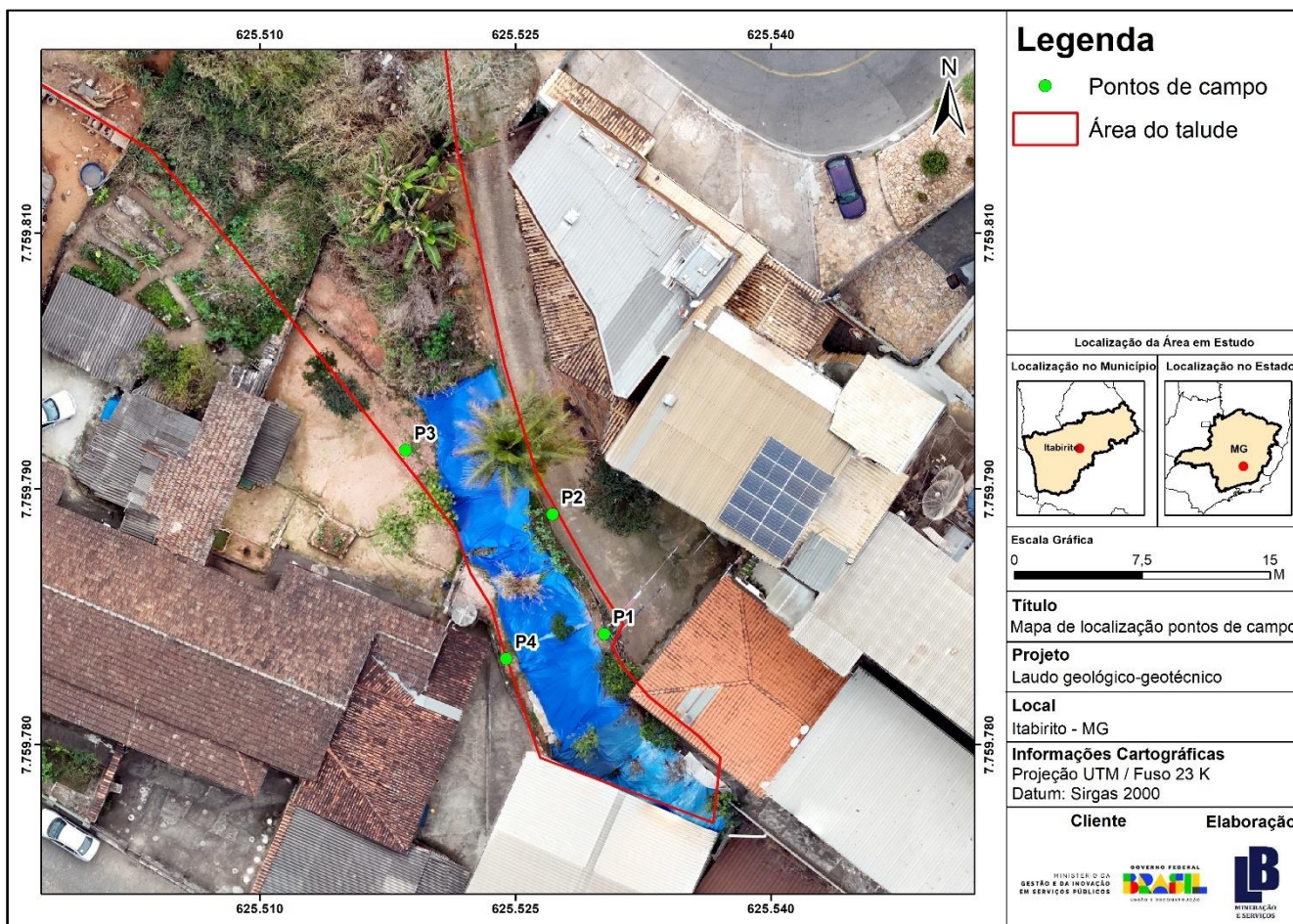


Figura 16 - Mapa de pontos de campo

Endereço do estudo: Av. Manoel Salvador de Oliveira 1024 e 1024B, e na Rua Dona Cota, 11, Bairro Bela Vista - Itabirito/MG

Contratante: MINISTÉRIO DA
GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM
SERVIÇOS PÚBLICOS

Página: 32/73

Versão: V-01

Foi detectado, ao longo do mapeamento realizado, a presença de vegetação rasteira esparsa recobrendo algumas porções do terço inferior e do terço superior do talude existente. O terço médio estava coberto por uma lona impermeabilizante (Figura 17), que se caracteriza como uma medida paliativa de proteção do talude quanto a processos erosivos. Foram observados indícios de movimentação de massa no terreno, caracterizados pelo acúmulo de sedimentos na base do talude. O solo presente no talude é de granulometria silto-argilosa, apresentando susceptibilidade média a erosão.



Figura 17 – Fotografia da área de estudo com presença de lona impermeabilizante recobrendo a face do talude.

Endereço do estudo: Av. Manoel Salvador de Oliveira 1024 e 1024B, e na Rua Dona Cota, 11, Bairro Bela Vista - Itabirito/MG

Contratante: MINISTÉRIO DA
GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM
SERVIÇOS PÚBLICOS

Página: 33/73

Versão: V-01

O silte, por ser de maior granulometria, apresenta maior propensão a infiltração da água, enquanto a argila, de menor granulometria, retém a umidade. Quando não há um sistema de drenagem eficiente, a água da chuva ou de outras fontes tende a se acumular em áreas específicas, saturando o solo. Essa saturação diminui a coesão entre as partículas do solo e favorece a ocorrência de feições erosivas e movimentos de massa.



Figura 18 - Fotografia de solo silto-argiloso na base do talude.

 <p>MINERAÇÃO E SERVIÇOS</p>	<p>GOVERNO FEDERAL</p> <p>MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS</p>  <p>BRASIL</p> <p>UNIÃO E RECONSTRUÇÃO</p>	<p>LAUDO GEOLÓGICO- GEOTÉCNICO</p>	
<p>Endereço do estudo: Av. Manoel Salvador de Oliveira 1024 e 1024B, e na Rua Dona Cota, 11, Bairro Bela Vista - Itabirito/MG</p>	<p>Contratante: MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS</p>	<p>Página: 34/73</p>	<p>Versão: V-01</p>

Além disso, o escoamento superficial da água, sem presença de estruturas de drenagens para promover um direcionamento preferencial, pode arrastar as porções de solo saturado, criando sulcos e gerando as erosões ao longo do tempo.



Figura 19 – Ausência de estruturas de drenagem no topo do talude.

É possível perceber também a presença de um solo residual de rocha granito-gnáissica em contato com materiais de granulometrias e graus de alteração distintos. A interface entre dois materiais com diferentes granulometrias, grau de compactação e estado de alteração pode funcionar, a nível local, como um plano de fraqueza preferencial para as superfícies de ruptura locais.

	<p style="text-align: center;"> <small>GOVERNO FEDERAL</small> <small>MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS</small>  <small>UNIÃO E RECONSTRUÇÃO</small> </p>	<h2>LAUDO GEOLÓGICO- GEOTÉCNICO</h2>	
Endereço do estudo: Av. Manoel Salvador de Oliveira 1024 e 1024B, e na Rua Dona Cota, 11, Bairro Bela Vista - Itabirito/MG	Contratante: MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS	Página: 35/73	Versão: V-01

Apesar de bastante alterado, é possível observar a presença de minerais reliquiais, como por exemplo micas e grãos de quartzo. A foliação original da rocha encontra-se obliterada por processos intempéricos, sendo o material em questão mais próximo de um solo do que rocha. É possível observar que, em algumas porções, o topo do talude é recoberto por um solo de aterro oriundo de terraplanagem para a construção dos imóveis locais.



Figura 20 - Saprólito de rocha granito-gnaissica na base do talude.

As alterações mais comuns no equilíbrio do talude ocorrem devido a uma alteração na sustentação do mesmo, causada pela erosão na face e pé do talude, o que desencadeia processos de abatimento do terreno e recalque diferencial. É válido citar que as forças coercivas do solo do talude derivam do atrito entre partículas segundo o ângulo de corte, das forças coesivas nos solos argilosos e na resistência passiva do pé do talude devido ao peso das partículas subjacentes. Assim, quando as forças

 <p>MINERAÇÃO E SERVIÇOS</p>	<p>MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS</p>  <p>GOVERNO FEDERAL BRASIL UNIÃO E RECONSTRUÇÃO</p>	<h2>LAUDO GEOLÓGICO- GEOTÉCNICO</h2>	
<p>Endereço do estudo: Av. Manoel Salvador de Oliveira 1024 e 1024B, e na Rua Dona Cota, 11, Bairro Bela Vista - Itabirito/MG</p>	<p>Contratante: MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS</p>	<p>Página: 36/73</p>	<p>Versão: V-01</p>

responsáveis por desestabilizar o talude, superam as forças estabilizadoras, ocorrem cenários de ruptura e deslizamento. No presente caso, observou-se carreamento e movimentação de material na direção do pé do talude, indicando que em algumas porções as forças estabilizadoras atuantes estão sendo superadas pelas instabilizadoras.

No Ponto de Campo 3 (X: 625518,54; Y: 7759792,26) observou-se que a base da encosta tinha sinais de umidade (Ver **Figura 32**). A presença de umidade é um sério fator de risco a estabilidade do talude, uma vez que aumenta seu peso, diminui a resistência do solo e favorece eventos erosivos, contudo a instalação de um sistema de drenagem eficiente tende a mitigar a atuação desse processo. Não foram observados outros pontos de umidade durante a visita, tratando-se, portanto, de uma ocorrência pontual de solo úmido.

Na **Tabela 4** constam sucintas descrições dos pontos de campo e suas respectivas coordenadas. Todos os dados geográficos de localização estão no sistema de coordenadas UTM e no Datum SIRGAS 2000, zona 23S.

Tabela 4 – Tabela de pontos de campo realizados.

Ponto de Campo	UTM (E)	UTM (N)	Descrição
P01	625530,20	7759781,48	Ponto realizado próximo à crista do talude. Presença de solo silto-argiloso em região de baixa declividade percentual. Presença de lona impermeabilizante recobrando a face do talude e ausência de estruturas de drenagem.
P02	625527,18	7759788,50	Ponto realizado na crista do talude. Observou-se a presença de solo silto-argiloso e presença de vegetação rasteira em algumas porções. Ausência de estruturas de drenagem superficial.
P03	625518,54	7759792,26	Ponto realizado no pé do talude, nas regiões de menor elevação. Observou-se mais uma vez a presença de um solo silto-argiloso decorrente da alteração de rocha granítica. O material encontrava-se com sinais de umidade e com estruturas originais da rocha obliteradas.
P04	625524,46	7759780,03	Ponto realizado no pé do talude, nas regiões de menor elevação. Observou-se a presença de um solo silto-argiloso decorrente da alteração de rocha granítica.

6.2 LEVANTAMENTO AÉREO POR DRONE

Foram realizadas, a partir de interpolações em *softwares* de geoprocessamento e de modelagem 3D, análises topográficas da região de estudo. Foi realizada uma análise conjunta da topografia previamente fornecida e àquela adquirida em campo, por meio de voo de drone, de modo a se gerar a superfície topográfica mais condizente com a área de estudo.

A topografia local apresentou uma variação mediana, sendo menores cotas de 770 m e as maiores de 800 m, caracterizando a região em estudo como baixo gradiente topográfico. O talude em estudo apresenta entre 7 a 10 metros de altura e direção de mergulho para SW. A Figura 21 seguir, ilustra as curvas de nível na região do talude.



Figura 21 - Topografia local da área do talude.

	<p style="text-align: center;"> <small>MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS</small>  <small>UNIÃO E RECONSTRUÇÃO</small> </p>	<h2>LAUDO GEOLÓGICO- GEOTÉCNICO</h2>	
Endereço do estudo: Av. Manoel Salvador de Oliveira 1024 e 1024B, e na Rua Dona Cota, 11, Bairro Bela Vista - Itabirito/MG	Contratante: MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS	Página: 38/73	Versão: V-01

O talude em questão é caracterizado como de alta declividade, apresentando valores que superam os 60°. No pé e na crista do talude, as declividades são menores, apresentando valores que variam entre 10 e 30°. A existência do talude marca uma quebra de relevo na região, uma vez que o mesmo está localizado entre duas regiões de declividade baixa a média.

A alta declividade percentual existente, por si só, não configura a região como instável do ponto de vista geotécnico, contudo faz-se necessário a adoção de medidas de estabilização, como implementação de estruturas de drenagem e estruturas de contenção, de modo a garantir a estabilidade geotécnica local.

A alteração geométrica de um talude, especificamente a diminuição do seu ângulo (tornando-o mais suave), é uma das estratégias mais eficazes para aumentar sua estabilidade geotécnica. Essa mudança reduz as forças atuantes (componentes do peso que tendem a causar o deslizamento) e aumenta as forças resistentes (componentes do peso que contribuem para o atrito e a coesão do solo na superfície de ruptura). Ao diminuir a inclinação, menos peso do solo atua paralelamente à potencial superfície de ruptura e mais peso atua perpendicularmente, resultando em uma maior resistência ao cisalhamento mobilizada. Consequentemente, o Fator de Segurança (FS) do talude é significativamente elevado, indicando uma maior margem de segurança contra a ruptura e tornando-o mais estável.

A Figura 22 abaixo ilustra o mapa de declividade do talude, que representa as áreas de maior e menor declividade, em graus.

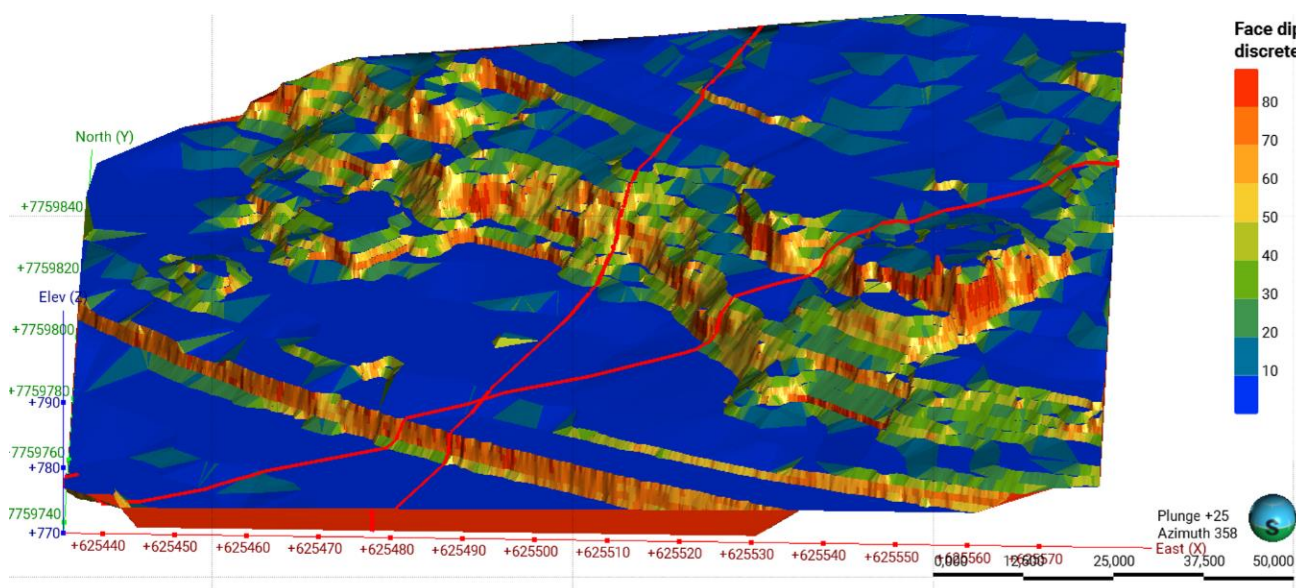


Figura 22 – Ilustração da declividade local em conjunto com as seções geológico-geotécnicas realizadas.

	<p>MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS</p> <p>GOVERNO FEDERAL BRASIL UNIÃO E RECONSTRUÇÃO</p>	<p>LAUDO GEOLÓGICO- GEOTÉCNICO</p>	
<p>Endereço do estudo: Av. Manoel Salvador de Oliveira 1024 e 1024B, e na Rua Dona Cota, 11, Bairro Bela Vista - Itabirito/MG</p>		<p>Contratante: MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS</p>	<p>Página: 39/73 Versão: V-01</p>

Foram realizadas também análises comparativas do terreno, a partir de duas fotos ortofotos distintas. Uma realizada no ano de 2024 e outra em 2025. As Figuras a seguir mostram os dois cenários observados.

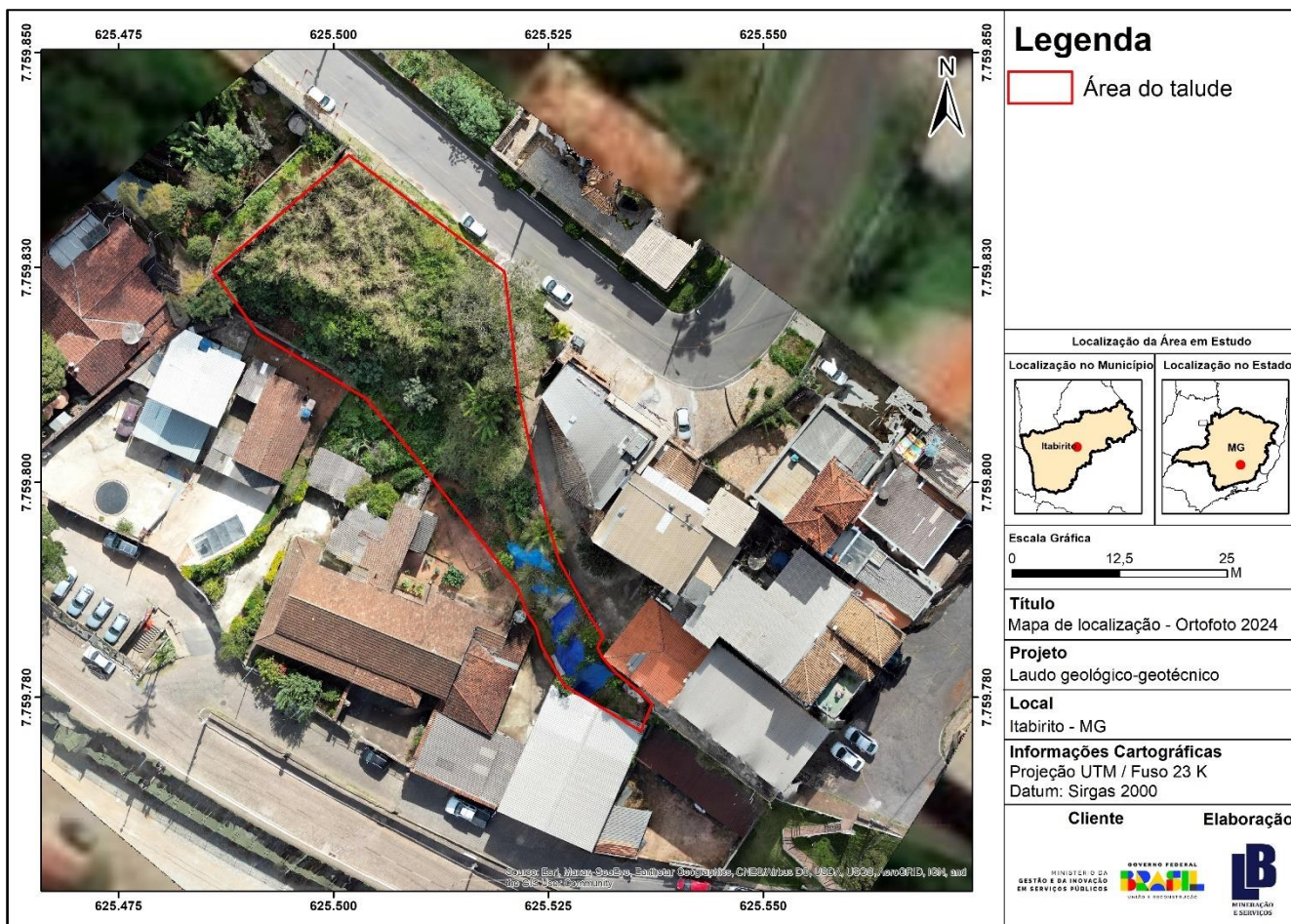


Figura 23 - Localização da área (Ortofoto de 2024).

Endereço do estudo: Av. Manoel Salvador de Oliveira 1024 e 1024B, e na Rua Dona Cota, 11, Bairro Bela Vista - Itabirito/MG

Contratante: MINISTÉRIO DA
GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM
SERVIÇOS PÚBLICOS

Página: 40/73
Versão: V-01

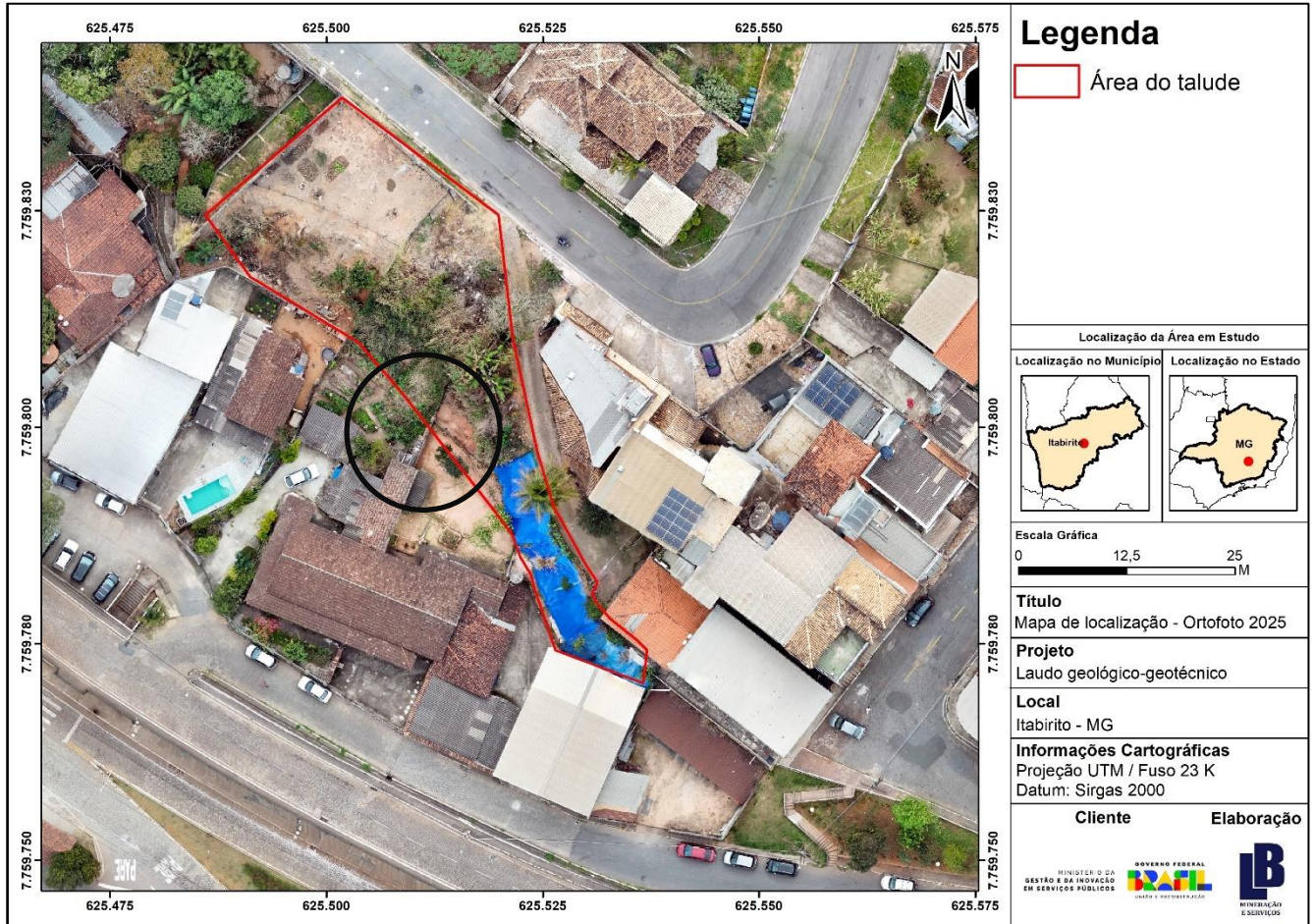


Figura 24 - Localização da área (Ortofoto de 2025), com destaque para a área onde observou-se carreamento de material.

A partir da observação das ortofotos geradas nota-se uma grande diferença na quantidade de vegetação presente na face do talude, indicando uma forte diminuição da cobertura vegetal local. A presença de vegetação rasteira, em toda extensão do talude, é importante no sentido de aumentar sua estabilidade, uma vez que diminui o escoamento superficial de água, aumenta a absorção da água pluvial e atenua eventuais processos erosivos.

Além da diminuição da vegetação foi também possível observar um carreamento de material na direção da base do talude, provavelmente ocorrido durante o período chuvoso. A diminuição da cobertura vegetal somada a ausência de estruturas de drenagem, contribui para a ocorrência de episódios de movimentação de massa, onde a ação da água carrega os sedimentos inconsolidados na direção do pé do talude. A lona impermeabilizante implementada foi uma ação importante para

	<p style="text-align: center;"> MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS  UNIÃO E RECONSTRUÇÃO </p>	<h2>LAUDO GEOLÓGICO- GEOTÉCNICO</h2>	
Endereço do estudo: Av. Manoel Salvador de Oliveira 1024 e 1024B, e na Rua Dona Cota, 11, Bairro Bela Vista - Itabirito/MG		Contratante: MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS	Página: 41/73 Versão: V-01

diminuir os efeitos erosivos na face do talude, contudo trata-se de uma medida emergencial e paliativa, não sendo efetiva para garantir a estabilidade a longo prazo.

6.3 SONDAGEM SPT

Foi realizada, em porção estratégica do talude, uma (1) sondagem SPT com o intuito de investigar a natureza do material presente em subsuperfície. A execução da sondagem foi feita conforme as orientações na Norma Brasileira NBR – 6484/2020. A Figura 25 a seguir ilustra a boletim da sondagem realizada.

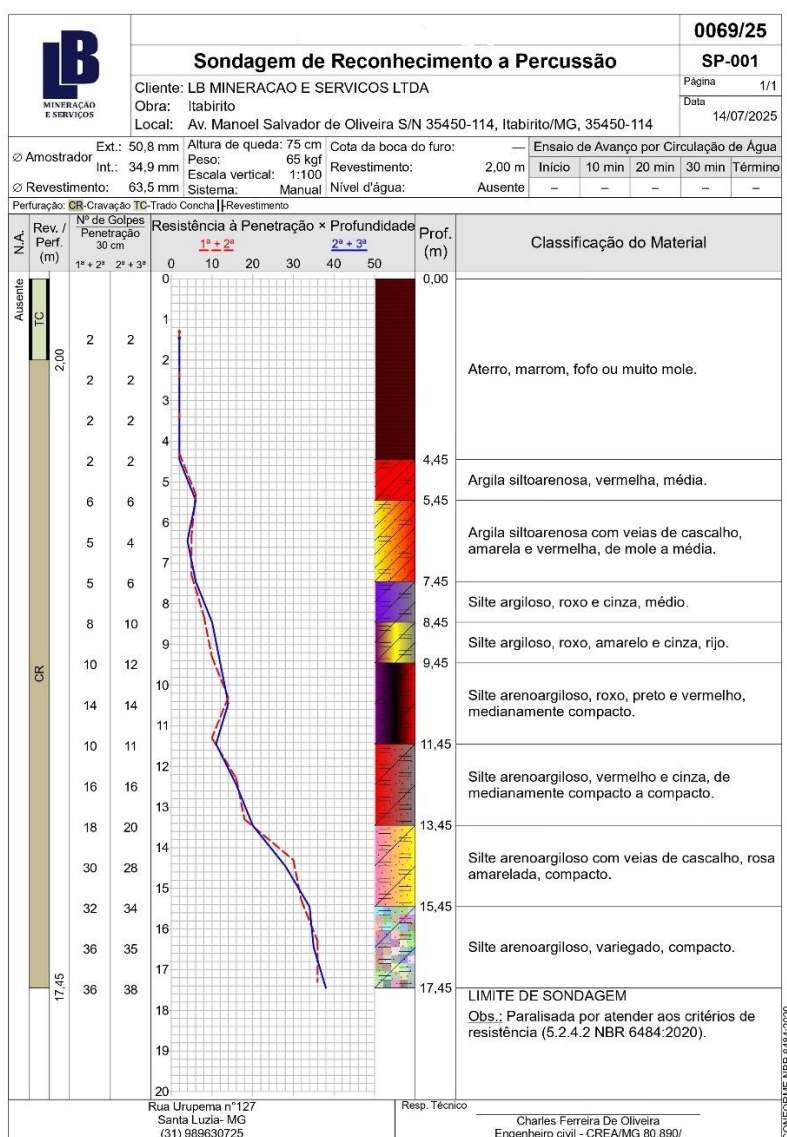


Figura 25 - Boletim da sondagem executada.

	<p>MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS</p> <p>GOVERNO FEDERAL</p> 	<p>LAUDO GEOLÓGICO- GEOTÉCNICO</p>	
<p>Endereço do estudo: Av. Manoel Salvador de Oliveira 1024 e 1024B, e na Rua Dona Cota, 11, Bairro Bela Vista - Itabirito/MG</p>	<p>Contratante: MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS</p>	<p>Página: 42/73</p>	<p>Versão: V-01</p>

O resultado das avaliações geológicas obtidas por meio das sondagens foi interpretado de modo a identificar espacialmente a composição do solo, as profundidades das camadas, sua resistência a penetração e suas características principais.

Em âmbito geral pode se concluir que o terreno é composto, em suas profundidades iniciais (até aproximadamente 4,5 metros), por um material de aterro de resistência a penetração extremamente baixo. Trata-se de um material extremamente fofo, compressível e de baixa capacidade de suporte. A baixa resistência inicial indica que o aterro não foi adequadamente compactado ou foi construído com material inadequado. A compactação é essencial para aumentar a resistência e reduzir a compressibilidade do solo.

Aterros mal compactados e com baixa resistência podem ter **problemas de drenagem**, resultando em acúmulo de água. A saturação da camada de aterro reduz ainda mais sua resistência e pode levar a fenômenos como a liquefação em solos siltosos ou arenosos fofos sob carregamentos cíclicos, onde o solo perde completamente sua resistência e se comporta como um fluido. Abaixo do material de aterro observa-se uma pequena camada de argila silto-arenosa, seguido por uma camada de solo silto argiloso de consistência rija. Em maiores profundidades têm-se um solo residual maduro, silto-areno-argiloso medianamente compacto a compacto e por fim um solo residual jovem compacto.

A resistência a penetração do solo (nSPT) aumenta à medida que se alcança maiores profundidades, sendo que a partir dos 12 metros o solo local já apresenta uma resistência considerável. A profundidade do nível d'água não foi detectado nas sondagens realizadas.

6.4 ANÁLISE DE ESTABILIDADE

Neste capítulo, apresenta-se as análises de estabilidade do talude a partir de duas seções, considerando a estratigrafia composta por uma camada superior de aterro/silte arenoso fofo, uma camada inferior de argila silto arenosa média, seguida por uma fina camada de silte argiloso rijo e, em maiores profundidades, um solo residual maduro e por fim um solo residual jovem.

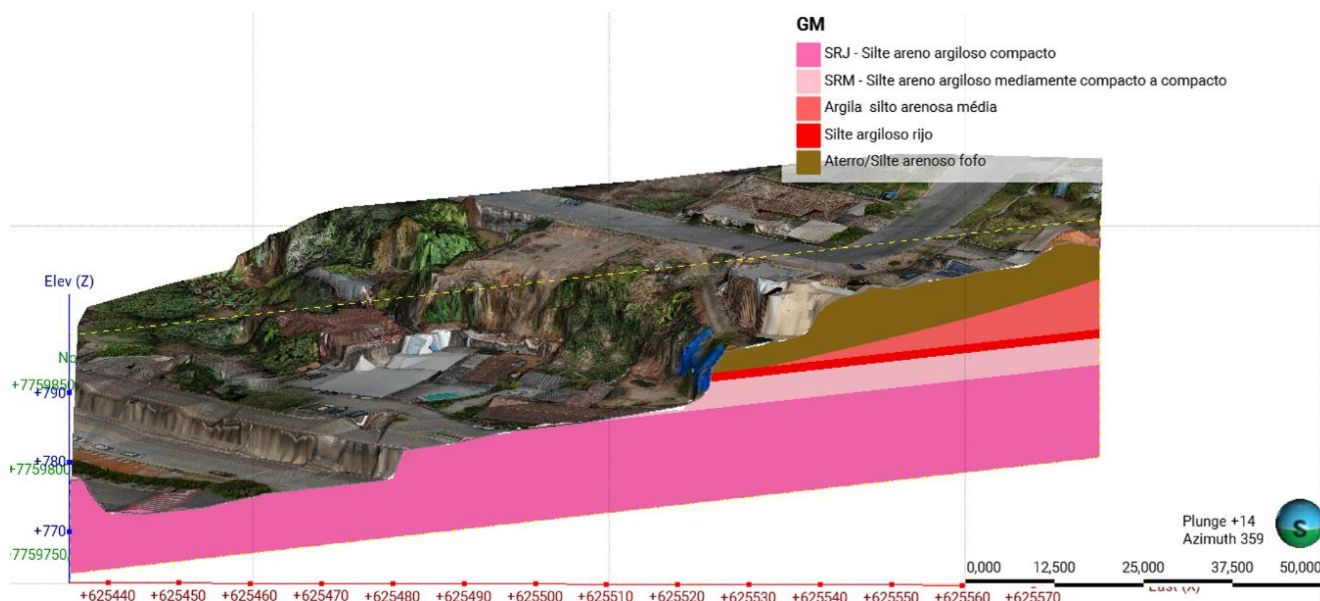


Figura 26 - Seção geológico-geotécnica mostrando a estratigrafia local

As camadas em questão foram definidas a partir da sondagem realizada e da visita técnica de campo. Os materiais investigados foram classificados em classes de consistência e compactidade, de acordo com a ABNT NBR 6484/2020. A Tabela 5 a seguir ilustra a classificação utilizada. A partir das sondagens descritas pode se concluir que o terreno é composto, majoritariamente, por solos essencialmente siltosos, com variações granulométricas verticais, sendo as camadas mais profundas aquelas com maior grau de compactação.

Endereço do estudo: Av. Manoel Salvador de Oliveira 1024 e 1024B, e na Rua Dona Cota, 11, Bairro Bela Vista - Itabirito/MG

 Contratante: MINISTÉRIO DA
GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM
SERVIÇOS PÚBLICOS

Página: 44/73

Versão: V-01

Tabela 5 - Tabela dos estados de compactidade e consistência

Solo	Índice de resistência à penetração N	Designação ¹⁾
Areias e siltes arenosos	≤ 4	Fofa(o)
	5 a 8	Pouco compacta(o)
	9 a 18	Medianamente compacta(o)
	19 a 40	Compacta(o)
	> 40	Muito compacta(o)
Argilas e siltes argilosos	≤ 2	Muito mole
	3 a 5	Mole
	6 a 10	Média(o)
	11 a 19	Rija(o)
	> 19	Dura (o)

¹⁾ As expressões empregadas para a classificação da compactidade das areias (fofa, compacta, etc.), referem-se à deformabilidade e resistência destes solos, sob o ponto de vista de fundações, e não devem ser confundidas com as mesmas denominações empregadas para a designação da compactidade relativa das areias ou para a situação perante o índice de vazios críticos, definidos na Mecânica dos Solos.

Os parâmetros de ângulo de atrito e coesão utilizados para cada tipo de solo presente foram retirados da bibliografia (Craig, 2004; Das, 2010), sendo eles:

Tabela 6 - Parâmetros geotécnicos utilizados para a análise de estabilidade.

Material	Peso específico	Coesão	Ângulo de atrito	Superfície freática
Aterro	16 kN/m ³	0 kPa	20 graus	Não tem
Argila silto arenosa média	19 kN/m ³	5 kPa	25 graus	Não tem
Silte argiloso rijo	19 kN/m ³	20 kPa	27 graus	Não tem
SRM - Silte arenoso med compacto a compacto	21 kN/m ³	20 kPa	30 graus	Não tem
SRJ - Silte arenoso compacto	21 kN/m ³	30 kPa	30 graus	Não tem

 <p>MINERAÇÃO E SERVIÇOS</p>	<p>MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS</p> <p>GOVERNO FEDERAL BRASIL UNIÃO E RECONSTRUÇÃO</p>	LAUDO GEOLÓGICO- GEOTÉCNICO	
Endereço do estudo: Av. Manoel Salvador de Oliveira 1024 e 1024B, e na Rua Dona Cota, 11, Bairro Bela Vista - Itabirito/MG		Contratante: MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS	Página: 45/73 Versão: V-01

O peso específico de solos argilo-arenosos não varia muito, situando normalmente em torno de 19 a 20 KN/m³, podendo ser pouco maior (21 KN/m³) ou pouco menor (16 KN/m³), e em casos especiais, como argilas orgânicas moles, podendo apresentar pesos específicos de 14 KN/m³ (Pinto, 2002). A Tabela 5 ilustra valores de peso específico para solos argilosos.

Tabela 7 - Peso específico para solos argilosos (Schnaid, 2000).

<i>N (golpes)</i>	<i>Consistência</i>	<i>Peso específico (kN/m³)</i>
≤ 2	Muito mole	13
3 – 5	Mole	15
6 – 10	Média	17
11 – 19	Rija	19
≥ 20	Dura	21

Tabela 8 - Peso específico para solos arenosos (Godoy, 1972).

N (golpes)	Consistência	Peso específico (KN/m³)		
		Areia seca	Úmida	Saturada
< 5	Fofa			
5 - 8	Pouco compacta	16	18	19
9 – 18	Medianamente compacta	17	19	20
19 - 40	Compacta			
> 40	Muito compacta	18	20	21

Endereço do estudo: Av. Manoel Salvador de Oliveira 1024 e 1024B, e na Rua Dona Cota, 11, Bairro Bela Vista - Itabirito/MG

Contratante: MINISTÉRIO DA
GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM
SERVIÇOS PÚBLICOS

Página: 46/73

Versão: V-01

A Figura a seguir ilustra a localização das seções realizadas em conjunto com o furo de sondagem realizado (SP 01).



Figura 27 - Representação ilustrativa da localização das seções e da sondagem SP01.

 <p>MINERAÇÃO E SERVIÇOS</p>	<p>MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS</p>  <p>GOVERNO FEDERAL UNião e RECONSTRUÇÃO</p>	<p>LAUDO GEOLÓGICO- GEOTÉCNICO</p>	
<p>Endereço do estudo: Av. Manoel Salvador de Oliveira 1024 e 1024B, e na Rua Dona Cota, 11, Bairro Bela Vista - Itabirito/MG</p>	<p>Contratante: MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS</p>	<p>Página: 47/73</p>	<p>Versão: V-01</p>

A seção geológica-geotécnica 1', de direção NE-SW realizada no talude alvo do estudo, considerou os piores parâmetros geotécnicos, com o intuito de simular o pior cenário possível. Os parâmetros utilizados para a análise de estabilidade estão dispostos na Tabela 6. O fator de segurança calculado, utilizando os piores parâmetros possíveis, foi **FS 0,512**.

A seção geológico-geotécnica II, de direção SE-NW, foi executada com os mesmos parâmetros utilizados na seção I. O fator de segurança calculado, utilizando os piores parâmetros possíveis, foi **FS 0,865**, como é possível observar na Figura 30.

De acordo com a metodologia utilizada, este valor é considerado baixo, indicando que o talude se encontra atualmente instável, carecendo de remediações como instalação de estruturas de drenagem, manutenção da cobertura vegetal e estruturas de contenção. Além disso esse valor de fator de segurança foi obtido utilizando os piores valores de ângulo de atrito e coesão apresentados na bibliografia para os tipos de solos que ocorre no talude, de modo a se realizar uma avaliação conservadora da situação atual.

Em uma análise de estabilidade de taludes, um $FS < 1$ indica que as **forças atuantes** (principalmente o peso da massa de solo na superfície de ruptura potencial) são **maiores que as forças resistentes** (a resistência ao cisalhamento do solo ao longo dessa superfície). Isso significa que o talude **não está em equilíbrio** e, teoricamente, já deveria ter rompido ou está em **iminência de ruptura**.



MINISTÉRIO DA
GESTÃO E DA INOVAÇÃO
EM SERVIÇOS PÚBLICOS



LAUDO GEOLÓGICO- GEOTÉCNICO E INDICAÇÃO DE PROJETO DE CONTENÇÃO

Endereço do estudo: Av. Manoel Salvador de Oliveira 1024 e 1024B, Bairro Bela Vista e na Rua Dona Cota, 11, Bairro Bela Vista - Itabirito/MG

Contratante: MINISTÉRIO DA
GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM
SERVIÇOS PÚBLICOS

Página: 48/73

Versão: V-01

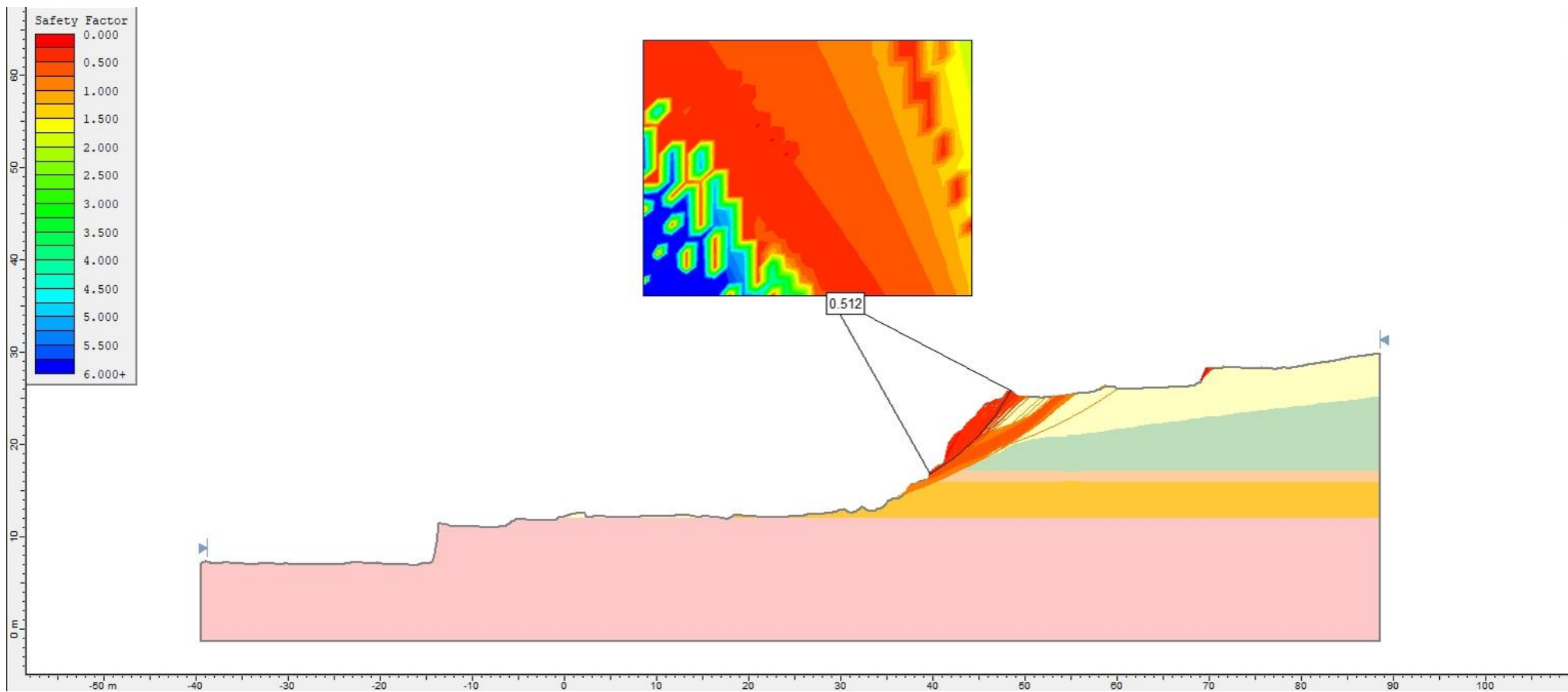


Figura 28 - Seção geológico-geotécnica I, com superfícies de ruptura potenciais.

Rua Capelinha, 501

Serra - Belo Horizonte – MG

CEP: 30220-300 /Telefone: 31 99931-1509

www.lbmineracao.com.br



MINISTÉRIO DA
GESTÃO E DA INOVAÇÃO
EM SERVIÇOS PÚBLICOS



LAUDO GEOLÓGICO- GEOTÉCNICO

Endereço do estudo: Av. Manoel Salvador de Oliveira 1024 e 1024B, e na Rua Dona Cota, 11, Bairro Bela Vista - Itabirito/MG

Contratante: MINISTÉRIO DA
GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM
SERVIÇOS PÚBLICOS

Página: 49/73

Versão: V-01

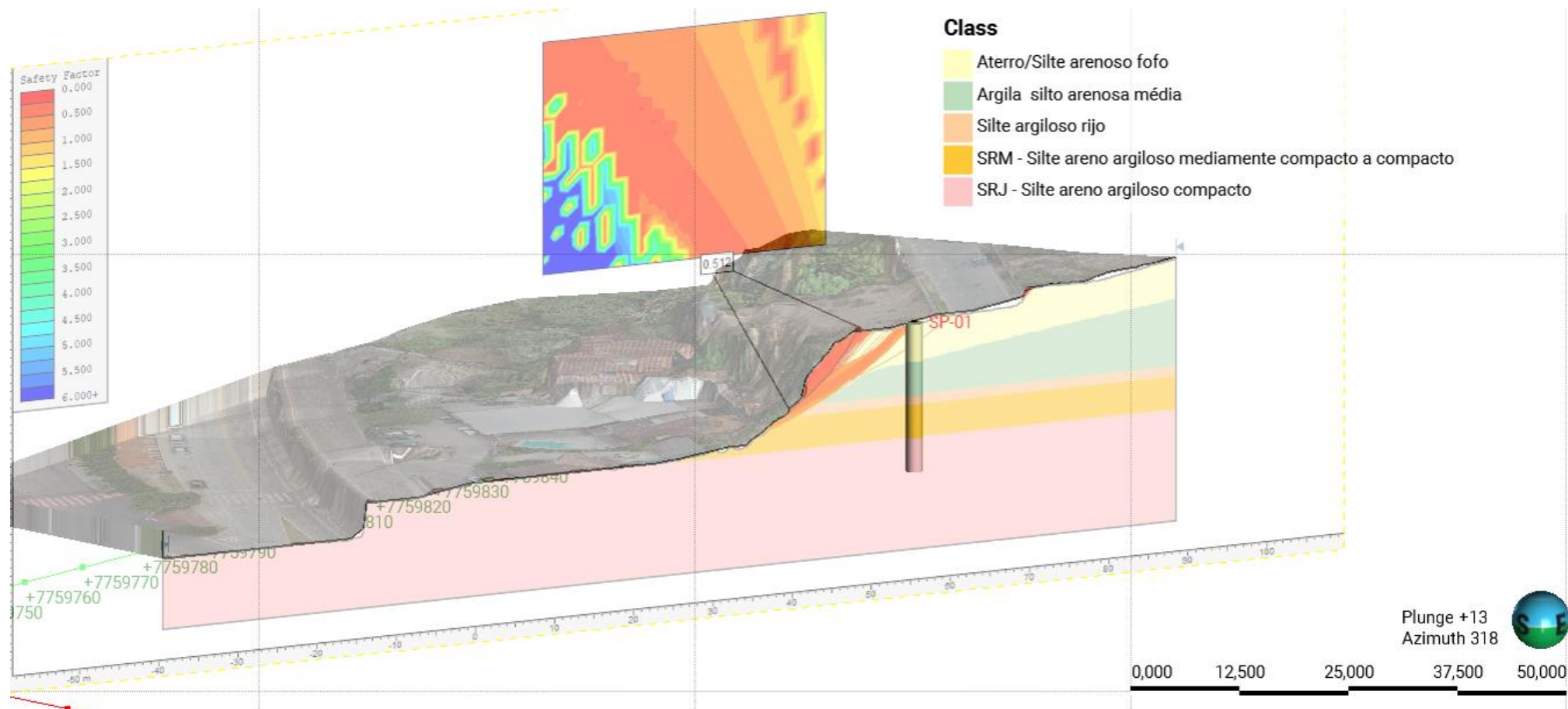


Figura 29 -Seção geológico-geotécnica I', com localização do furo SP-01 e materiais que compõe o talude.

Endereço do estudo: Av. Manoel Salvador de Oliveira 1024 e 1024B, e na Rua Dona Cota, 11, Bairro Bela Vista - Itabirito/MG

Contratante: MINISTÉRIO DA
GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM
SERVIÇOS PÚBLICOS

Página: 50/73

Versão: V-01

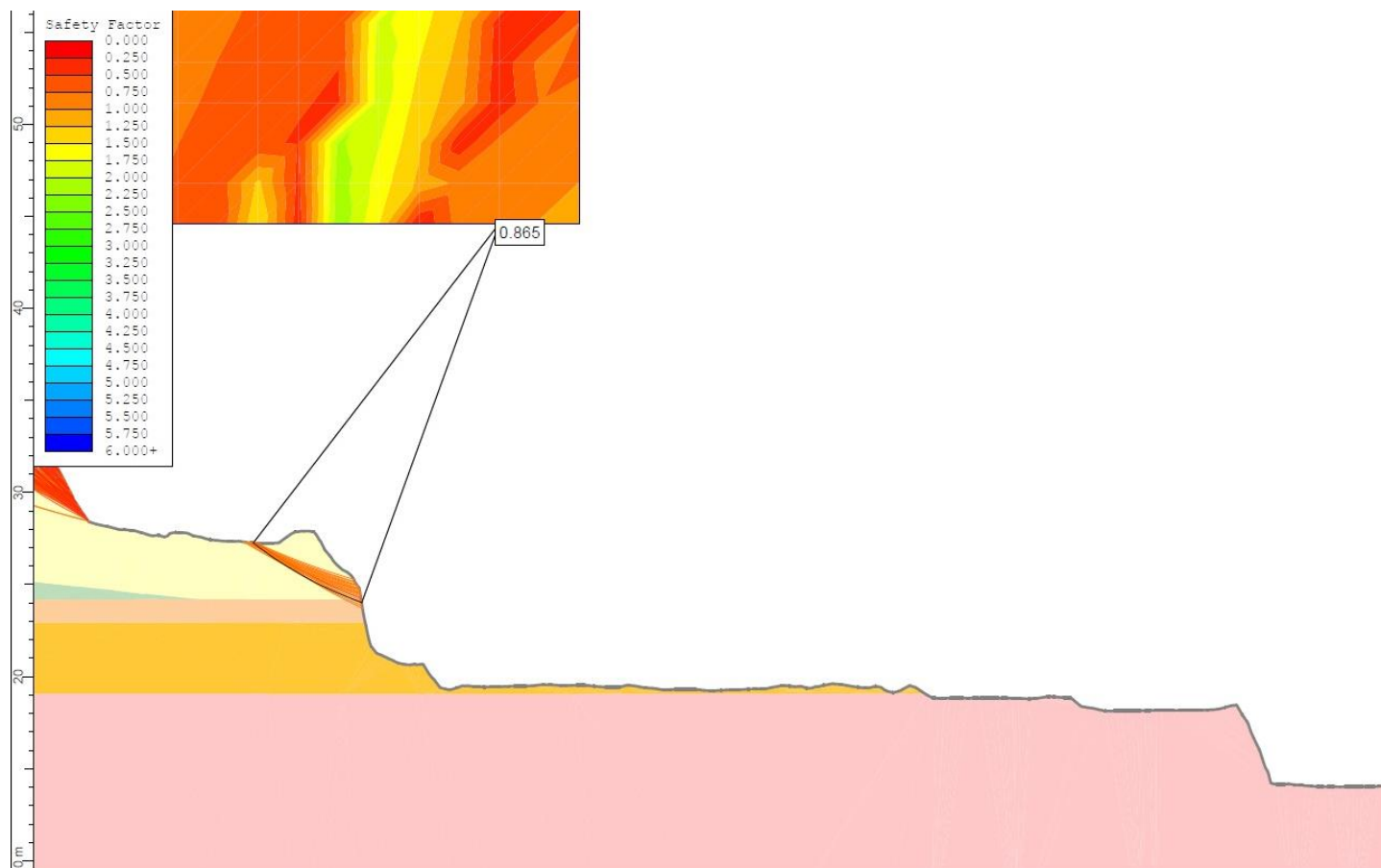


Figura 30 - Seção geológico-geotécnica II, com superfícies de ruptura potenciais.



MINISTÉRIO DA
GESTÃO E DA INOVAÇÃO
EM SERVIÇOS PÚBLICOS



LAUDO GEOLÓGICO- GEOTÉCNICO

Endereço do estudo: Av. Manoel Salvador de Oliveira 1024 e 1024B, e na Rua Dona Cota, 11, Bairro Bela Vista - Itabirito/MG

Contratante: MINISTÉRIO DA
GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM
SERVIÇOS PÚBLICOS

Página: 51/73

Versão: V-01

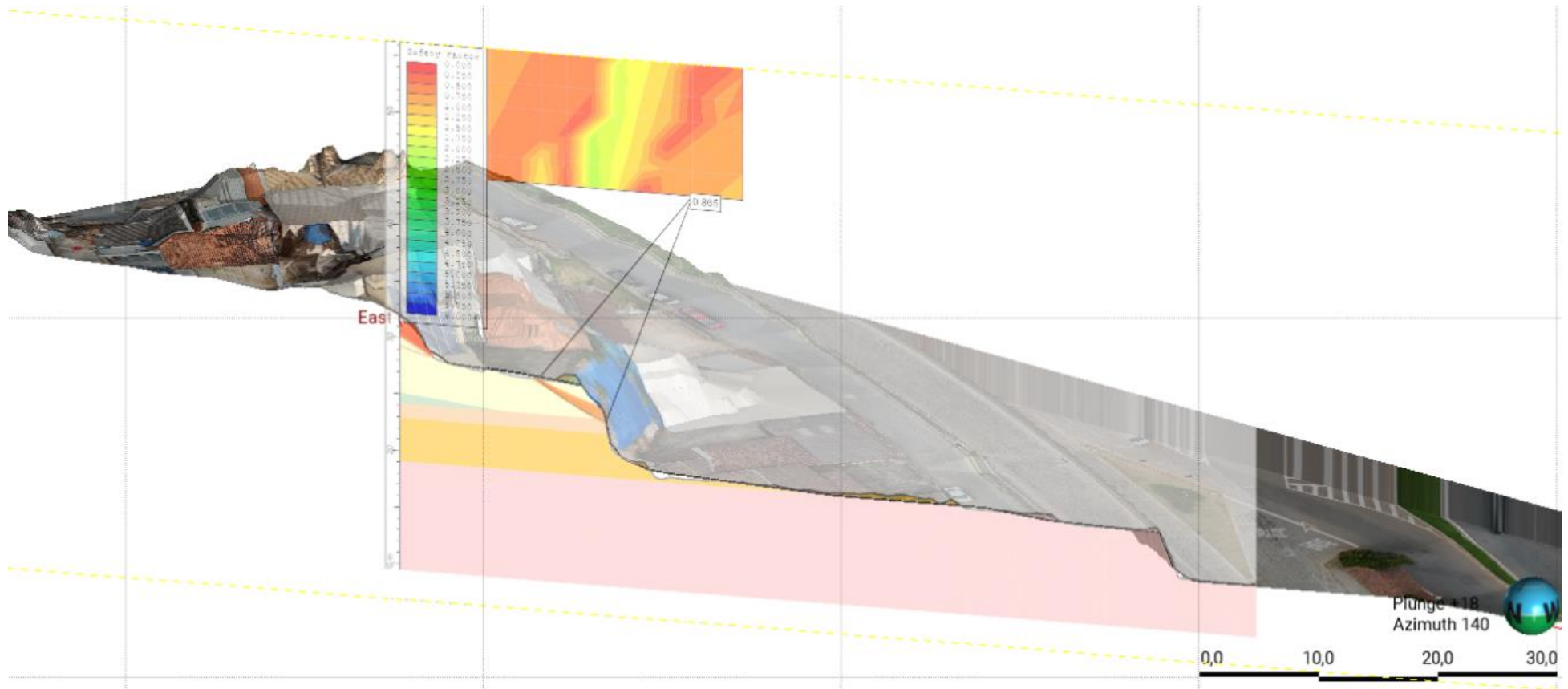


Figura 31 - Seção geológica-geotécnica II

 <p>MINERAÇÃO E SERVIÇOS</p>	<p>MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS</p>  <p>GOVERNO FEDERAL BRASIL UNIÃO E RECONSTRUÇÃO</p>	<h2>LAUDO GEOLÓGICO- GEOTÉCNICO</h2>	
<p>Endereço do estudo: Av. Manoel Salvador de Oliveira 1024 e 1024B, e na Rua Dona Cota, 11, Bairro Bela Vista - Itabirito/MG</p>		<p>Contratante: MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS</p>	<p>Página: 52/73 Versão: V-01</p>

6.5 AVALIAÇÃO DE GRAU DE RISCO DO TALUDE

A avaliação do grau de risco do talude foi elaborada de acordo com as orientações gerais para classificação dos graus de risco a movimentos de massa, erosões, subsidência, solapamento ou colapso, movimentação de dunas, expansão e contração de argilas (Modificado de Ministério das Cidades e IPT, 2007).

Tabela 9 – Descrição dos graus de probabilidade de risco a movimentação

GRAU DE PROBABILIDADE	DESCRIÇÃO
<p>R1 Baixo</p>	<p>1. Os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes (inclinação, tipo de terreno, etc.) e o nível de intervenção no setor são de BAIXA OU NENHUMA POTENCIALIDADE para o desenvolvimento de processos de deslizamentos e solapamentos. 2. Não se observa (m) sinal/feição/evidência (s) de instabilidade. NÃO HÁ INDÍCIOS de desenvolvimento de processos de instabilização de encostas e de margens de drenagens. 3. Mantidas as condições existentes NÃO SE ESPERA a ocorrência de eventos destrutivos no período compreendido por uma estação chuvosa normal.</p>
<p>R2 Médio</p>	<p>1. Os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes (inclinação, tipo de terreno, etc.) e o nível de intervenção no setor são de MÉDIA POTENCIALIDADE para o desenvolvimento de processos de deslizamentos e solapamentos. 2. Observa-se a presença de algum (s) sinal/feição/ evidência (s) de instabilidade (encostas e margens de drenagens), porém incipiente (s). Processo de instabilização EM ESTÁGIO INICIAL de desenvolvimento. 3. Mantidas as condições existentes, e REDUZIDA A POSSIBILIDADE de ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas, no período compreendido por uma estação chuvosa.</p>
<p>R3 Alto</p>	<p>1. Os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes (inclinação, tipo de terreno, etc.) e o nível de intervenção no setor são de ALTA POTENCIALIDADE para o desenvolvimento de processos de deslizamentos e solapamentos. 2. Observa-se a presença de significativo (s) sinal/ feição/ evidência (s) de instabilidade (trincas no solo, degraus de abatimento em taludes, etc.). Processo de instabilização em PLENO DESENVOLVIMENTO, ainda sendo possível monitorar a evolução do processo. 3. Mantidas as condições existentes, é PERFEITAMENTE POSSÍVEL a ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas, no período compreendido por uma estação chuvosa.</p>
<p>R4 Muito alto</p>	<p>1. Os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes (inclinação, tipo de terreno, etc.) e o nível de intervenção no setor são de muito ALTA POTENCIALIDADE para o desenvolvimento de processos de deslizamentos e solapamentos. 2. Os sinais/feições/evidências de instabilidade (trincas no solo, degraus de abatimento em taludes, trincas em moradias ou em muros de contenção, árvores ou postes inclinados, cicatrizes de deslizamento, feições erosivas, proximidade da moradia em relação a margem de córregos, etc.) são expressivas e estão presentes em grande número ou magnitude. Processo de instabilização em AVANÇADO ESTÁGIO de desenvolvimento. É a condição mais crítica, sendo impossível monitorar a evolução do processo, dado seu elevado estágio de desenvolvimento. 3. Mantidas as condições existentes, e MUITO PROVÁVEL a ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas, no período compreendido por uma estação chuvosa.</p>

 <p>MINERAÇÃO E SERVIÇOS</p>	<p>MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS</p>  <p>GOVERNO FEDERAL BRASIL UNIÃO E RECONSTRUÇÃO</p>	<p>LAUDO GEOLÓGICO- GEOTÉCNICO</p>	
<p>Endereço do estudo: Av. Manoel Salvador de Oliveira 1024 e 1024B, e na Rua Dona Cota, 11, Bairro Bela Vista - Itabirito/MG</p>	<p>Contratante: MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS</p>		<p>Página: 53/73 Versão: V-01</p>

Com base nas análises apresentadas, observa-se que o talude em questão apresenta alto risco de movimentação (R3), que requer a adoção de intervenções para garantir a segurança dos moradores e do patrimônio. O talude em questão devido a suas características naturais de declividade e camada superficial de solo fofo, somada a ausência de estruturas de drenagem caracteriza-se como de alta propensão ao desenvolvimento de movimentos de massa. Mantidas as condições atuais é perfeitamente possível a ocorrência de eventos destrutivos durante chuvas intensas.

Foram observadas evidências de movimentação de massa no terreno, como o carreamento de sedimentos em direção ao pé do talude e além disso o Fator de Segurança calculado foi menor do que 1, ou seja, há risco iminente de ruptura. Como abordagem principal no que tange a resolução da problemática, faz-se necessário a instalação de um sistema de drenagem que irá mitigar a atuação dos processos erosivos, além de diminuir a saturação do solo local.

O solo grampeado é uma medida estabilizadora que aumenta a resistência do solo ao cisalhamento, reforçando o talude "de dentro para fora, sendo eficiente em taludes com instabilidade superficial, principalmente quando combinados com sistemas de drenagem eficientes. Além disso, a técnica pode atuar para estabilizar a camada de aterro fofo, que é um dos principais problemas identificados no estudo. Os grampos reforçam o maciço, compensando a baixa resistência do material

A presença de um fator de segurança baixo reforça a probabilidade de eventos destrutivos, principalmente durante chuvas intensas e prolongadas. A decisão de evacuação da área deve ser tomada por autoridades competentes (como a Defesa Civil), mas o estudo fornece evidências de que o risco é real e iminente, principalmente durante eventos de alta precipitação, justificando a necessidade de ações rápidas, incluindo a possibilidade de evacuação temporária ou definitiva da área, enquanto as obras de estabilização não são realizadas. A adoção de medidas de contenção e implantação de projeto de drenagem tende a diminuir o risco geotécnico local.

 <p>MINERAÇÃO E SERVIÇOS</p>	<p>MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS</p> <p>GOVERNO FEDERAL</p>  <p>BRASIL</p> <p>UNIÃO E RECONSTRUÇÃO</p>	<p>LAUDO GEOLÓGICO- GEOTÉCNICO</p>	
<p>Endereço do estudo: Av. Manoel Salvador de Oliveira 1024 e 1024B, e na Rua Dona Cota, 11, Bairro Bela Vista - Itabirito/MG</p>	<p>Contratante: MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS</p>	<p>Página: 54/73</p>	
		<p>Versão: V-01</p>	

6.6 ESTRUTURAS DE DRENAGEM

Conforme mencionado anteriormente, a implantação de estruturas de drenagem na crista e nas bordas do talude é essencial, uma vez que atenua os processos de erosão subsuperficial e incrementa a estabilidade do talude em questão.

As estruturas de drenagem consistem, basicamente, na captação do escoamento de água superficial por meio de canaletas e, em seguida, condução destas águas para um local conveniente. A presença dessas estruturas evita fenômenos de erosão na superfície do talude e reduz a infiltração de água nos maciços, resultando numa diminuição dos efeitos nocivos de saturação do solo sobre sua resistência.

No caso do presente estudo não foram observadas canaletas tanto na região do talude propriamente dita, quanto na rua acima do talude. A implementação dessas estruturas é de extrema importância, uma vez que vão diminuir a percolação de água na face do talude, mitigando a ação de processos erosivos e diminuindo a umidade do material que compõe a encosta. Sugere-se a instalação de canaletas de concreto.



Figura 32 - Solo residual com sinais de umidade, na base do talude.

		LAUDO GEOLÓGICO- GEOTÉCNICO	
Endereço do estudo: Av. Manoel Salvador de Oliveira 1024 e 1024B, e na Rua Dona Cota, 11, Bairro Bela Vista - Itabirito/MG	Contratante: MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS	Página: 55/73	
		Versão: V-01	

Recomenda-se a instalação de canaletas na crista do talude, com o objetivo de interceptar o fluxo de água superficial proveniente do terreno a montante, evitando que esse fluxo atinja a face da encosta e ocasione episódios de erosão superficial. Além disso, serão também implementadas canaletas de borda de talude, segundo a direção de máximo declive da encosta, que terão como intuito coletar e conduzir as águas superficiais captadas pelas canaletas da crista, diminuindo a velocidade de escoamento dessas águas no terreno.

A equação utilizada para cálculo de vazão do projeto foi:

$$Q = \frac{C \times I \times A}{10 \times 3600}$$

Onde:

- Q = Vazão do projeto, em m³/s
- I = Intensidade pluviométrica, em mm/h
- A = área de contribuição, m².
- C = Coeficiente de escoamento (adimensional)

A Intensidade da Precipitação (I) depende do local, da estação do ano, das condições atmosféricas e de vários outros fatores. Sua avaliação é feita através de análise estatística das chuvas históricas no local, considerando o tempo de recorrência, a duração da chuva e o tempo de concentração da bacia. Os parâmetros utilizados para obtenção da intensidade pluviométrica foram definidos por Bello (2019), no estudo “Regionalização de Chuva Intensa para o Estado de Minas Gerais”, o qual foram determinados através dos dados da estação pluviométrica Itabirito Linigrafo, código 2043060.

$$i = \frac{k \cdot Tr^a}{(t + b)^c} \text{ – Equação de chuva para região.}$$

Figura 33 - Equação utilizada para cálculo de intensidade pluviométrica.

Onde,

- i - intensidade de chuva de projeto (mm/h);
- K, a, b, c - são constantes próprias das localidades – Retirado de Bello, 2019;
- Tr - período de retorno – 10 anos para elementos de drenagem superficiais;
- t - Tempo de concentração (min) – 10 minutos para elementos superficiais.

 <p>MINERAÇÃO E SERVIÇOS</p>	<p>GOVERNO FEDERAL</p> <p>MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS</p>  <p>BRASIL</p> <p>UNIÃO E RECONSTRUÇÃO</p>	<p>LAUDO GEOLÓGICO- GEOTÉCNICO</p>	
<p>Endereço do estudo: Av. Manoel Salvador de Oliveira 1024 e 1024B, e na Rua Dona Cota, 11, Bairro Bela Vista - Itabirito/MG</p>		<p>Contratante: MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS</p>	<p>Página: 56/73</p> <p>Versão: V-01</p>

Tabela 10 - Valores utilizados para cálculo do valor de i (Bello, 2019).

Código	Município	k	a	b	c
2043060	Itabirito	699,971	0,126	9,794	0,724

O coeficiente de escoamento depende da distribuição da chuva, tipo de solo e condições iniciais de umidade do solo. No cálculo simplificado adota-se, para o coeficiente de escoamento, o valor de 0,9 para área pavimentada ou coberta e 0,2 para terreno vegetado. A área de contribuição considerada corresponde a toda área acima do talude delimitada pelos divisores de água local.



Figura 34 - Bacia de contribuição local considerada

A Tabela 11 mostra os valores utilizados para cálculo da vazão local a ser drenada pela canaleta.

Tabela 11 - Valores utilizados para cálculo de vazão do projeto.

Coeficiente de escoamento	Área de contribuição (m ²)	Intensidade de chuva (mm/h)	Vazão do projeto (m ³ /s)
0,9	3737,12	107,74	0,1

		LAUDO GEOLÓGICO- GEOTÉCNICO	
Endereço do estudo: Av. Manoel Salvador de Oliveira 1024 e 1024B, e na Rua Dona Cota, 11, Bairro Bela Vista - Itabirito/MG	Contratante: MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS	Página: 57/73 Versão: V-01	

O valor calculado para a vazão do projeto (Q_{proj}) foi de $0,1 \text{ m}^3/\text{s}$.

Efetuada o cálculo hidráulico de forma iterativa, é possível afirmar os seguintes parâmetros:

- H: Altura da canaleta = 0,2 m.
- B: Largura da base da canaleta = 0,3 m.

Calculou-se também alguns parâmetros necessários para dimensionamento da canaleta:

- Al – Altura de Lâmina D' água = $H - 20\%H = 0,16 \text{ m}$;
- Pm – Perímetro molhado = $B + 2x\sqrt{Al} + (Al)^2 = 0,508 \text{ m}$;
- A – Área molhada = $BxAl + AlxAl = 0,073 \text{ m}^2$;
- R – Raio Hidráulico = $A/Pm = 0,144 \text{ m}$.

As canaletas devem ser dimensionadas de modo a atender aos critérios de velocidade máxima e velocidade mínima, levando-se em conta a declividade, o material construtivo, os sedimentos transportados, entre outros. Para o dimensionamento da canaleta de topo, foi calculada sua vazão máxima, a partir da equação:

$$Q_{max} = \frac{A}{n} \cdot R^{2/3} \cdot J^{1/2}$$

Figura 35 - Equação utilizada para cálculo de vazão máxima da canaleta.

Onde:

- Q_{max} = vazão máxima da canaleta (m^3/s);
- A = Área molhada;
- R = Raio hidráulico do canal (m);
- J = Declividade do canal;
- n = Coeficiente de rugosidade de Manning (0,016 concreto);

A vazão máxima calculada para a canaleta, com altura de 0,2 m e largura da base de 0,3 m foi $0,283 \text{ m}^3/\text{s}$, que é maior do que a vazão do projeto ($0,1 \text{ m}^3/\text{s}$), logo observa-se que a canaleta escolhida suporta a vazão da bacia para uma chuva no período de 10 min e um período de retorno de 10 anos, uma vez que $Q_{max} > Q_{proj}$.

 <p>MINERAÇÃO E SERVIÇOS</p>	<p>MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS</p> <p>GOVERNO FEDERAL BRAZIL UNIÃO E RECONSTRUÇÃO</p>	<p>LAUDO GEOLÓGICO- GEOTÉCNICO</p>	
<p>Endereço do estudo: Av. Manoel Salvador de Oliveira 1024 e 1024B, e na Rua Dona Cota, 11, Bairro Bela Vista - Itabirito/MG</p>		<p>Contratante: MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS</p>	<p>Página: 58/73 Versão: V-01</p>

É válido dizer que as canaletas aqui propostas fazer parte de um projeto conceitual de drenagem, ou seja, caso haja limitações de infraestrutura local, o posicionamento e extensão das canaletas podem ser adaptadas de forma a cumprir o objetivo da estrutura sem comprometer sua eficiência. A Figura 36 a seguir mostra a localização esquemática das canaletas propostas. Em suma, propõe-se uma canaleta de crista, uma na base do talude e três escadas hidráulicas transversais ao longo da face do talude.

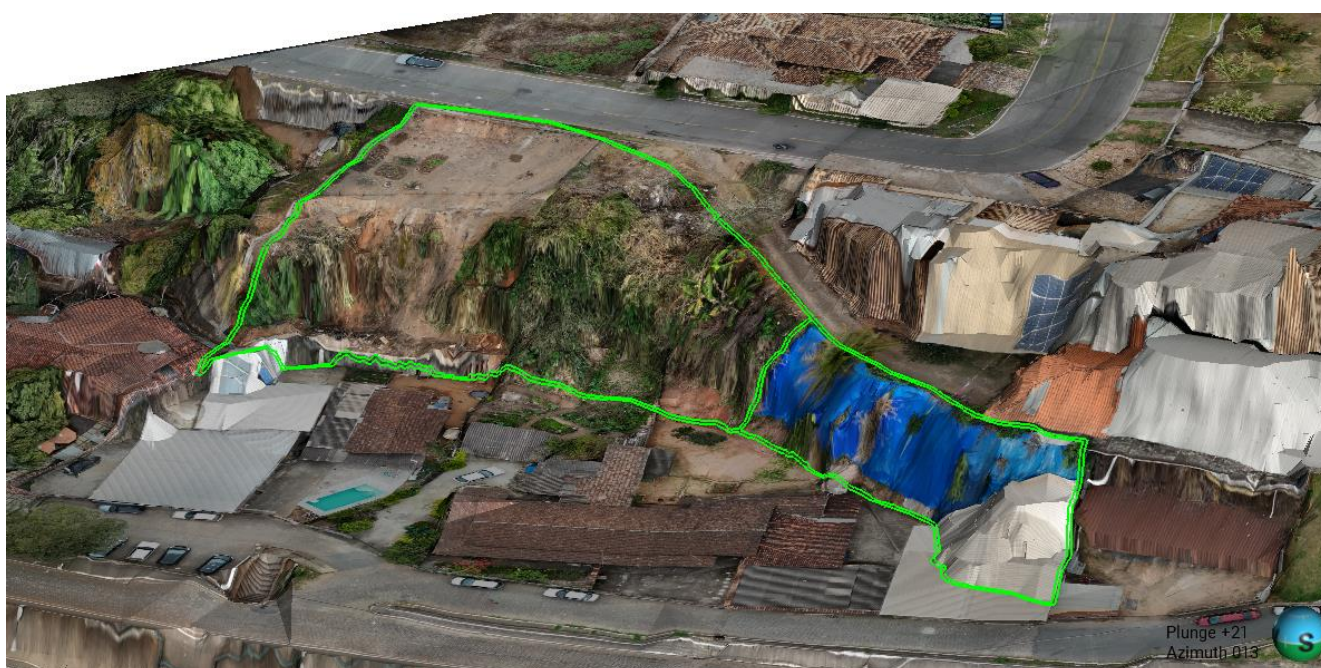


Figura 36 - Projeto conceitual proposto para as canaletas locais.

A partir do projeto conceitual desenvolvido, foram estimadas as metragens lineares das estruturas a serem implementadas. Obteve-se, como um valor aproximado:

- 175 metros lineares de canaletas de concreto (canaletas de topo e base);
- 55 metros lineares de escada d'água.

Os valores obtidos devem ser tratados como estimativas e servem para nortear e direcionar o projeto executivo, podendo haver modificações no posicionamento e extensão das estruturas a depender das condições encontradas em campo.

 <p>MINERAÇÃO E SERVIÇOS</p>	<p>MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS</p> <p>GOVERNO FEDERAL BRASIL UNIÃO E RECONSTRUÇÃO</p>	<p>LAUDO GEOLÓGICO- GEOTÉCNICO</p>	
<p>Endereço do estudo: Av. Manoel Salvador de Oliveira 1024 e 1024B, e na Rua Dona Cota, 11, Bairro Bela Vista - Itabirito/MG</p>	<p>Contratante: MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS</p>	<p>Página: 59/73</p>	<p>Versão: V-01</p>

6.6.1 PATOLOGIAS OBSERVADAS

Conforme mencionado nos capítulos anteriores foram observadas algumas anomalias no talude em questão. Devido a presença de uma lona impermeabilizante em boa parte do face do talude, não foi possível observá-lo em toda sua extensão. Observou-se a ocorrência pontual de um solo úmido na base do talude (P3 de campo), o que demonstra a necessidade de um projeto de drenagem, de modo a impedir o acúmulo de água no solo, que aumenta o peso do talude e, como consequência, o torna mais susceptível a movimentações.

Foram também observados problemas estruturais em imóvel localizado no topo do talude. O processo de recalque é caracterizado pela deformação que ocorre no solo quando submetido a cargas. Essa deformação provoca movimentação na fundação, podendo causar processos de abatimento do solo e danos a estrutura do imóvel.



Figura 37 – Patologias estruturais presentes no topo do talude.

	<p>GOVERNO FEDERAL MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS </p>	<p>LAUDO GEOLÓGICO- GEOTÉCNICO</p>	
<p>Endereço do estudo: Av. Manoel Salvador de Oliveira 1024 e 1024B, e na Rua Dona Cota, 11, Bairro Bela Vista - Itabirito/MG</p>		<p>Contratante: MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS</p>	<p>Página: 60/73 Versão: V-01</p>

A origem deste problema estrutural está atrelada ao processo de abatimento de solo, que vem ocorrendo na região. A ausência de estruturas de drenagem impede um escoamento adequado da água pluvial que esco desordenadamente pelo talude intensificando processos erosivos. Com isso, ocorre um processo de abatimento do terreno e uma deformação excessiva da estrutura, fazendo com que ocorra uma ruptura parcial no elemento estrutural, com surgimento das patologias observadas.

Além do carregamento de material pontuado no capítulo 6.2, observou-se também episódios de movimentação de massa em direção ao depósito presente na porção sul da área de estudo. O escorregamento do solo nessa região deve ser tratado como prioridade, uma vez que pode comprometer a integridade do imóvel. O processo de abatimento observado está ocorrendo de maneira gradual, sendo possível contornar e mitigar a situação a partir da adoção de medidas de estabilização. Não foram observados pontos de surgência de água no talude, nem outras trincas estruturais.

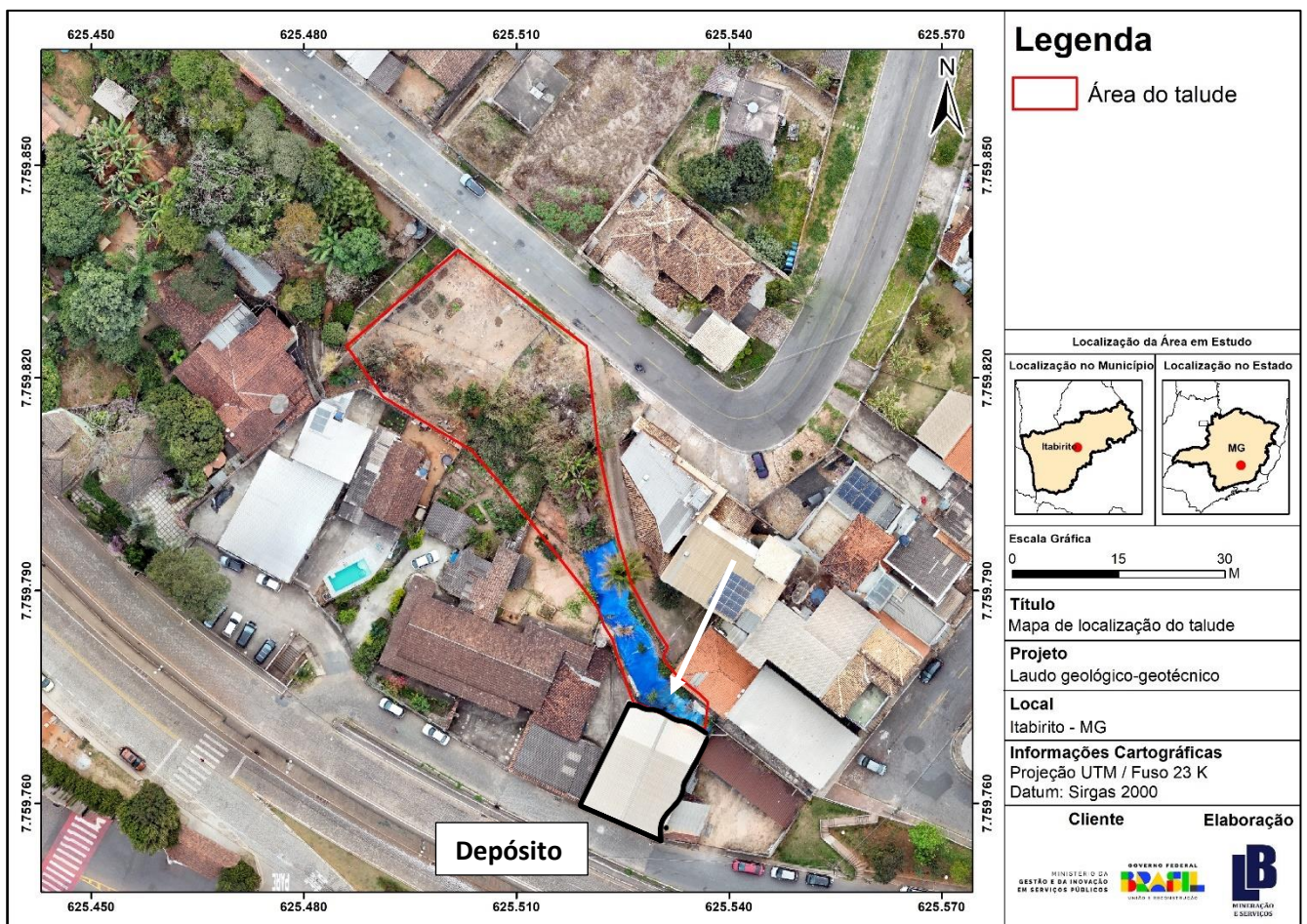


Figura 38 - Mapa de localização do depósito e indicação do sentido de movimentação.

 <p>MINERAÇÃO E SERVIÇOS</p>	<p>MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS</p> <p>GOVERNO FEDERAL</p>  <p>BRASIL</p> <p>UNIÃO E RECONSTRUÇÃO</p>	<p>LAUDO GEOLÓGICO- GEOTÉCNICO</p>	
<p>Endereço do estudo: Av. Manoel Salvador de Oliveira 1024 e 1024B, e na Rua Dona Cota, 11, Bairro Bela Vista - Itabirito/MG</p>	<p>Contratante: MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS</p>	<p>Página: 61/73</p>	<p>Versão: V-01</p>

6.7 MEDIDAS DE ESTABILIZAÇÃO SUGERIDAS

Após a análise de estabilidade do talude, com base no levantamento topográfico e nos dados de sondagens, obteve-se fatores de segurança muito baixos, principalmente para rupturas mais superficiais, devido à camada silto arenosa, de compacidade fofa, que ocorre no topo do perfil. Além do comportamento do material, a geometria do talude também contribui para a sua instabilidade, apresentando uma face com declividades acima de 60°.

Com base nas principais causas identificadas para os problemas de instabilidade do talude em solo apresentado foram levantadas algumas medidas de contenção, levando em consideração as construções já existentes na área e a limitação do espaço, a geometria do talude, o tipo de material e o escoamento superficial da área.

Como solução para os problemas de escoamento superficial sugere-se a instalação de canaletas na crista do talude e na via superior, com o objetivo de interceptar o fluxo de água superficial proveniente do terreno a montante, evitando que esse fluxo atinja a face da encosta e ocasione episódios de erosão superficial. Além disso, é também indicada a implementação de escadas d'água, segundo a direção de máximo declive da encosta, conforme projeto conceitual (capítulo 6.6) que terão como intuito coletar e conduzir as águas superficiais captadas pelas canaletas da crista, diminuindo sua velocidade. Além dos processos superficiais de erosão, também foi observado umidade no solo residual que ocorre na base do talude, indicando percolação de água, que pode estar associada também à falta de drenagem superficial na rua.

Para conter os problemas de declividade do talude e qualidade do material, apresentamos como solução, levando em consideração a limitação do espaço para execução de obras de retaludamento e muro de gabião na face do talude, a implementação de um solo grampeado. A técnica do solo grampeado é uma abordagem eficaz e comumente utilizada na engenharia geotécnica para a estabilização e contenção de encostas. Esse método envolve a instalação de tirantes ou grampos no solo para melhorar sua estabilidade e resistência a movimentos de massa.

O processo geralmente se inicia com a escavação de trincheiras ou perfurações no solo, nas quais são inseridos os grampos que irão conter o maciço. Esses grampos são frequentemente constituídos por barras de aço ou fibras de carbono, ancorados no solo por meio de injeções de calda de cimento ou outro material adequado. A parte exposta do grampo é então protegida por malhas de aço ou concreto projetadas para aumentar a resistência do solo e prevenir a erosão (Silva, 2015).

 <p>MINERAÇÃO E SERVIÇOS</p>	<p>MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS</p>  <p>GOVERNO FEDERAL BRASIL UNIÃO E RECONSTRUÇÃO</p>	<p>LAUDO GEOLÓGICO- GEOTÉCNICO</p>	
<p>Endereço do estudo: Av. Manoel Salvador de Oliveira 1024 e 1024B, e na Rua Dona Cota, 11, Bairro Bela Vista - Itabirito/MG</p>	<p>Contratante: MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS</p>		<p>Página: 62/73 Versão: V-01</p>

Tendo em vista, a limitação de espaço no local de estudo, o solo grampeado é a medida mais adequada para conter as problemáticas observadas, de forma mais eficiente e objetiva. Além disso, a implantação do solo grampeado é uma solução economicamente mais barata que o muro de gabião, que foi outra alternativa considerada no projeto. Para a implantação do solo grampeado recomenda-se a realização de pelo menos mais 3 sondagens SPT no talude, com o objetivo de delimitar com precisão a cunha de ruptura local e a profundidade do solo mole. O posicionamento correto dos grampos está diretamente interligado com a cunha de ruptura a ser obtida a partir de novas análises de estabilidade.

Além disso, deverá também ser realizada uma conformação da face do talude, de modo a suavizar suas irregularidades intrínsecas. Ensaio geotécnicos são também pertinentes, uma vez que aumentam a confiabilidade do estudo e fornecem mais subsídios para correta execução da obra. Seguem a seguir alguns estudos geotécnicos recomendados: granulometria, limites de Atterberg, peso específico aparente, massa específica dos grãos, umidade, compactação, CBR, expansão no caso de expansibilidade do solo, compressão triaxial com ou sem medição de pressão neutra através de quatro corpos de prova e adensamento, se for encontrado solo compressível na fundação. Os ensaios devem ser realizados em amostras representativas dos solos, naturais e de empréstimo. A delimitação precisa dessas características do solo será crucial para execução da obra. Os ensaios geotécnicos devem seguir a recomendação das seguintes normas:

- NBR 6457/2016: Amostras de solo - Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização;
- NBR 6459/2016 – Solo - Determinação do limite de liquidez;
- NBR 6458/2016: Grãos de pedregulho retidos na peneira de abertura 4,8 mm — Determinação da massa específica, da massa específica aparente e da absorção de água;
- NBR 7180/2016 - Solo - Determinação do limite de plasticidade;
- NBR 7181/2016: Solo – Análise granulométrica;
- NBR 7182/2020: Solo - Ensaio de compactação;
- NBR 9895/2017 - Solo - Índice de Suporte Califórnia.

		LAUDO GEOLÓGICO- GEOTÉCNICO	
Endereço do estudo: Av. Manoel Salvador de Oliveira 1024 e 1024B, e na Rua Dona Cota, 11, Bairro Bela Vista - Itabirito/MG	Contratante: MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS	Página: 63/73	
		Versão: V-01	

Destaca-se também o **Ensaio de Arrancamento (Pull-out Test)**: Esse ensaio é o mais importante para o solo grampeado e geralmente é exigido pela norma técnica. O ensaio de arrancamento mede a resistência de aderência na interface entre o solo e o grampo injetado. O resultado é utilizado para dimensionar o comprimento, o diâmetro e o espaçamento dos grampos, garantindo que o reforço resista às tensões de tração e não se desprenda do solo.

O plantio e manutenção da vegetação na face do talude é outra medida de estabilização importante, uma vez que sua presença atenua processos de erosão sub-superficial. As árvores situadas no pé da encosta e que podem funcionar como barreira vegetal podem ser mantidas; uma vez que árvores nos patamares, afastadas da borda da encosta, geralmente não oferecem risco.

6.8 MURO DE GABIÃO X SOLO GRAMPEADO

Os muros de gabião são elementos modulares confeccionados em telas metálicas de malha hexagonal de dupla torção que, preenchidos com pedras de granulometria adequada e costurados juntos, formam estruturas destinadas à solução de problemas hidrológicos e geotécnicos, como por exemplo estabilidade de escavações e controle de erosões. O muro de gabião é um tipo de estrutura de contenção que funciona principalmente como um muro de gravidade, utilizando o peso da própria estrutura para garantir a estabilidade do talude.

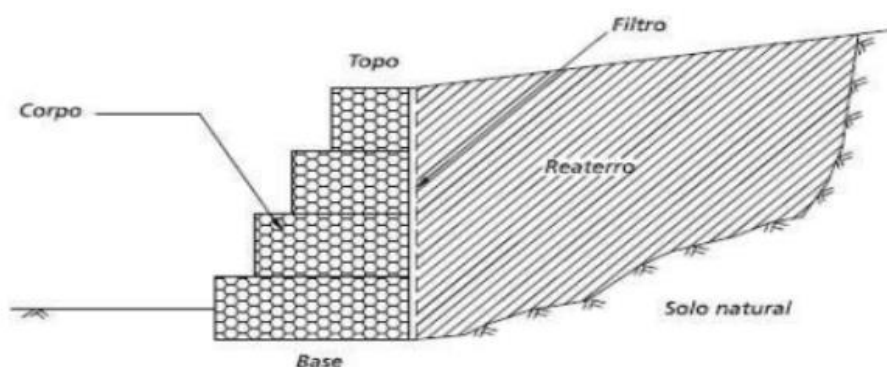


Figura 39 - Representação básica do muro de gabião por gravidade (Patrício, 2013).

Os gabiões são estruturas permeáveis. A malha de arame permite que a água escoe facilmente através da estrutura, aliviando a pressão hidrostática no interior do talude. Isso é crucial para a estabilidade em solos onde a umidade é o principal fator de risco. A flexibilidade do gabião permite que ele se adapte a pequenas deformações do solo sem romper a estrutura, o que é uma grande vantagem em comparação com muros de concreto rígidos. Ele se acomoda a pequenos recalques diferenciais sem comprometer sua integridade.

		LAUDO GEOLÓGICO- GEOTÉCNICO	
Endereço do estudo: Av. Manoel Salvador de Oliveira 1024 e 1024B, e na Rua Dona Cota, 11, Bairro Bela Vista - Itabirito/MG	Contratante: MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS	Página: 64/73	
		Versão: V-01	

Os gabiões são estruturas de fácil montagem e se encaixam harmoniosamente, integrando-se ao seu entorno, garantindo que até a vegetação se desenvolva na região da obra, apresentando uma paisagem agradável em contraste com as soluções de concreto rígido ou rochoso (Cintra, 2013). Uma das desvantagens do muro de gabião são o volume de material a ser mobilizado, ocupando mais espaço que o solo grampeado.

A NBR 11682 (ABNT, 2009), determina que a base do muro deve ter uma largura de até 70% do tamanho da altura do muro, o seu tamanho deve ser determinado em cálculos específicos, durante o projeto executivo. Neste sentido, algumas dessas dimensões estão demonstradas de forma a exemplificar as dimensões do muro.

Tabela 12 -Dimensões mais usadas em muro de gabião (Oliveira et al., 2024)

Muro de Gabião c/ diafragma				
Dimensões			Volume (m ³)	Diafragmas
Comprimento (m)	Largura (m)	Altura (m)		
1,50	1,00	0,50	0,75	-
2,00	1,00	0,50	1,00	1,0
3,00	1,00	0,50	1,50	2,0
4,00	1,00	0,50	2,00	3,0
1,50	1,00	1,00	1,50	-
2,00	1,00	1,00	2,00	1,0
3,00	1,00	1,00	3,00	2,0
4,00	1,00	1,00	4,00	3,0

Já o solo grampeado é uma técnica que reforça o talude "in situ". Ele não é uma estrutura de gravidade, mas sim um sistema de reforço que aumenta a resistência interna do solo. O solo grampeado é ideal para taludes em áreas urbanas com pouco espaço. A obra é realizada na própria face do talude e não requer grandes escavações. A técnica aumenta a resistência do solo ao cisalhamento e controla o movimento de massa, proporcionando uma solução eficaz para taludes com instabilidade superficial. Além disso o solo grampeado tem um tempo de execução relativamente rápido.

O processo de execução do grampeamento do solo inicia-se com a escavação, que deve ser realizada em etapas por questões de segurança, pois o material escavado deve permanecer estável até a aplicação dos grampos e da fachada. A profundidade de escavação em cada etapa é de aproximadamente 0,5 a 2,5 m (Lima, 2023)

	<p style="text-align: center;"> <small>GOVERNO FEDERAL</small> <small>MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS</small>  </p>	<h2>LAUDO GEOLÓGICO- GEOTÉCNICO</h2>	
Endereço do estudo: Av. Manoel Salvador de Oliveira 1024 e 1024B, e na Rua Dona Cota, 11, Bairro Bela Vista - Itabirito/MG	Contratante: MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS	Página: 65/73	
		Versão: V-01	

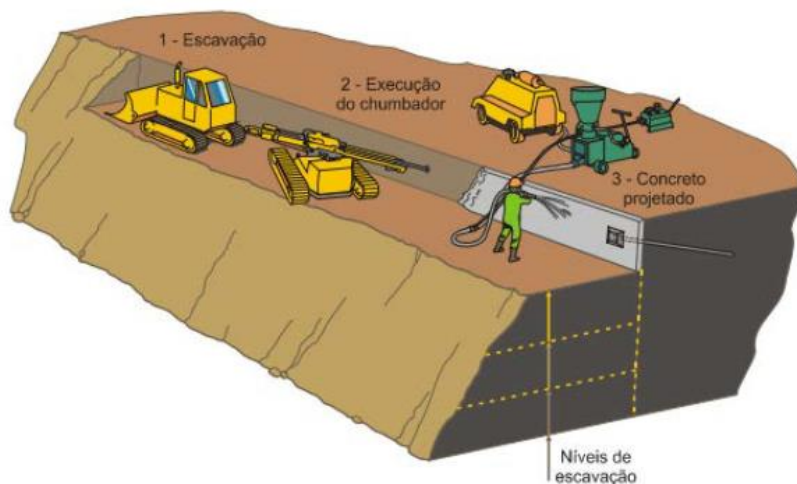


Figura 40 - Representação dos níveis de escavação, bem como etapas posteriores a escavação para a execução de solo grampeado. Fonte: Zirlis, 1998.

Já as desvantagens do solo grampeado estão associadas a necessidade de drenagem adicional, ou seja, embora o solo grampeado reforce o maciço, ele não garante a drenagem da mesma forma que um gabião. A técnica precisa ser complementada por um sistema de drenagem de face e, em alguns casos, por drenos sub-horizontais para evitar o acúmulo de água no solo e o aumento da poro-pressão. A técnica é sensível a variações nas características do material e posicionamento da cunha de ruptura e, por isso, a necessidade de mais sondagens é crucial para o seu dimensionamento e segurança.

Tendo em vista o contexto local, apresentado no presente laudo técnico, sugere-se a instalação de um solo grampeado na área de estudo. O muro de gabião, apesar de ser naturalmente drenante, é uma solução de engenharia de maior porte, demandando maior espaço para sua execução e consequentemente tendo uma logística mais complexa, de modo com provavelmente seria necessário realocação dos moradores para execução da obra.

O solo grampeado é uma solução extremamente eficiente e que se adequa ao contexto local, onde se tem pouco espaço disponível para acomodação do maquinário, além de ser financeiramente mais barata e também mais rápida de ser executada, o que é um fator importante tendo em vista ao alto risco de deslizamento existente (capítulo 6.5). Para execução dos solos grampeados devem ser instalados drenos horizontais profundos (DHP) que irão atuar na drenagem interna do maciço. O objetivo principal dos DHP é reduzir a pressão da água nos poros do solo (pressão neutra ou poropressão). O aumento da pressão da água nos poros é um dos principais fatores de instabilidade de taludes, pois diminui a resistência do solo ao cisalhamento.

 <p>MINERAÇÃO E SERVIÇOS</p>	<p>MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS</p>  <p>GOVERNO FEDERAL BRASIL UNIÃO E RECONSTRUÇÃO</p>	<p>LAUDO GEOLÓGICO- GEOTÉCNICO</p>	
<p>Endereço do estudo: Av. Manoel Salvador de Oliveira 1024 e 1024B, e na Rua Dona Cota, 11, Bairro Bela Vista - Itabirito/MG</p>		<p>Contratante: MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS</p>	<p>Página: 66/73 Versão: V-01</p>

Conforme mencionado anteriormente, a adoção da técnica solo grampeado necessita da execução de mais sondagens para correta delimitação da cunha de ruptura e posicionamento assertivo dos grampos.

Serão enviados, como anexo, apresentações da geometria e estimativa de custos da obra a ser realizada.

A Tabela 13 a seguir mostra um compilado de vantagens e desvantagens de ambas as técnicas, de modo a embasar conceitualmente a solução a ser tomada.

Tabela 13 - Quadro comparativo entre as técnicas de contenção. Fonte: Oliveira et al., 2024.

	Solo Grampeado	Muro de Gabião
Vantagens	<p>segurança: a estrutura pode ser executada seguindo a inclinação do terreno, evitando instabilidades;</p> <p>acessibilidade: os equipamentos que são utilizados para execução, podem ser utilizados em áreas de grande densidade de trânsito e edificações;</p> <p>baixo custo: na execução da obra não é necessário a mobilização expressiva de equipamentos.</p> <p>facilidade de execução: os equipamentos podem ser facilmente encontrados no mercado nacional, como exemplo das máquinas para remoção de materiais, perfuração em solo ou rocha, injeção da nata de cimento e para o lançamento de concreto.</p>	<p>flexibilidade: os gabões são flexíveis e adaptáveis às irregularidades do terreno. Isso os torna mais eficazes em comparação com estruturas rígidas em terrenos instáveis;</p> <p>drenagem eficiente: os espaços abertos entre as pedras permitem uma excelente drenagem, reduzindo o acúmulo de água atrás do muro;</p> <p>sustentabilidade e estética: são utilizados materiais naturais, como pedras, tornando-os uma opção sustentável. Além de a estética natural se integrar bem ao ambiente circundante;</p> <p>manutenção simples: se uma parte da estrutura foi danificada, é possível substituir facilmente as unidades danificadas sem afetar o restante da estrutura.</p>
Desvantagens	<p>corrosão: é de extrema importância tomar cuidado na injeção de nata de concreto, pois deve-se atender ao cobrimento mínimo exigido para não ocasionar corrosão das barras de aço;</p> <p>monitoramento: até seis meses após o fim da obra, deve-se realizar fiscalizações dos deslocamentos dos grampos, uma vez que, os mesmos levam algum tempo para se mobilizarem em relação a carga atuante;</p> <p>nível do lençol freático: quando se tem o nível de água no limite das escavações deve-se primeiramente realizar o rebaixamento do lençol freático;</p> <p>necessidade de coesão: o solo necessita ter coesão suficiente para manter o corte da fase da escavação estável até que os grampos sejam inseridos.</p>	<p>restrições de altura: muros muito altos podem exigir análises e considerações especiais de engenharia, gerando restrições de altura;</p> <p>assentamento diferencial: como os gabões podem se adaptar às irregularidades do terreno, há o risco de assentamento diferencial, especialmente em terrenos com características geotécnicas variadas;</p> <p>deterioração: em ambientes agressivos, como regiões com alta salinidade ou poluição, podem deteriorar-se mais rapidamente, o que pode afetar sua durabilidade ao longo do tempo;</p> <p>manutenção necessária: os gabões podem exigir manutenção, caso houver danos por fatores como erosão, desgaste ou movimentação do solo.</p>

		LAUDO GEOLÓGICO- GEOTÉCNICO	
Endereço do estudo: Av. Manoel Salvador de Oliveira 1024 e 1024B, e na Rua Dona Cota, 11, Bairro Bela Vista - Itabirito/MG	Contratante: MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS	Página: 67/73 Versão: V-01	

7 RECOMENDAÇÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente relatório técnico representa uma abordagem abrangente para o estudo de estabilidade do talude localizado na Av. Manoel Salvador de Oliveira 1024 e 1024B, e na Rua Dona Cota, 11, Bairro Bela Vista - Itabirito/MG, com o objetivo de diagnosticar as patologias observadas e propor soluções de estabilização para o local.

O mapeamento geológico-geotécnico e as sondagens revelaram que a instabilidade é causada por múltiplos fatores, como por exemplo: Presença de uma camada de aterro/solo silto-arenoso fofo, com nSPT extremamente baixo, nas profundidades iniciais, comprometendo a capacidade de suporte e estabilidade superficial do talude; umidade observada na base do talude e ausência de sistema de drenagem que contribuem para a saturação do solo local e favorecem processos erosivos; alta declividade, maiores que 60°. A análise das ortofotos confirmou as movimentações, como também evidenciou o desmatamento ocorrido no local ao longo do ano vigente. Durante o mapeamento, foi possível observar movimentações de massa no terreno, com carreamento de material em direção ao pé do talude, que foram, provavelmente, agravadas pelo grande volume de chuva que acometeu a região na estação chuvosa

Foi também executada uma (1) sondagem SPT para a determinar a natureza geomecânica das porções onde o talude está presente. Foi possível observar que há um aumento gradual na resistência do solo à medida que a profundidade aumenta, estando o topo rochoso a altas profundidades nos locais sondados (abaixo dos 17 m). Não foi identificado a presença de nível d'água durante as investigações.

Foram analisadas duas seções geológicas-geotécnicas, de direção SE-NW e NE-SW. Foram utilizados os piores parâmetros geotécnicos possíveis, com o intuito de representar a situação mais crítica sendo os fatores de segurança calculados de 0,856 e 0,512. Um FS menor que 1,0 demonstra que as forças desestabilizadoras superam as forças de resistência do solo, configurando um risco iminente de ruptura e movimentação.

A ausência de um sistema de drenagem adequado contribui para a ocorrência de erosões, as quais devem ser tratadas com prioridade. Como recomendação, a implementação de um projeto de drenagem é essencial para mitigar esses processos erosivos e garantir a estabilidade a longo prazo.

Além disso, será necessária uma conformação de toda a face do talude, a fim de eliminar suas irregularidades, com posterior revegetação de toda a área da face, para que assim possa ser

 <p>MINERAÇÃO E SERVIÇOS</p>	<p>MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS</p>  <p>GOVERNO FEDERAL BRASIL UNIÃO E RECONSTRUÇÃO</p>	<p>LAUDO GEOLÓGICO- GEOTÉCNICO</p>	
<p>Endereço do estudo: Av. Manoel Salvador de Oliveira 1024 e 1024B, e na Rua Dona Cota, 11, Bairro Bela Vista - Itabirito/MG</p>	<p>Contratante: MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS</p>		<p>Página: 68/73 Versão: V-01</p>

executado o solo grampeado, que tende a aumentar o Fator de Segurança do Talude, e consequentemente a estabilidade geotécnica local.

A avaliação de risco, realizada, enquadra o talude no **Grau de Risco Alto (R3)**. Essa classificação indica que o processo de instabilização está em pleno desenvolvimento e que, mantidas as condições atuais, é perfeitamente possível a ocorrência de eventos destrutivos, principalmente durante períodos de chuvas intensas. A presença de patologias estruturais em um imóvel no topo do talude, como fissuras, reforça o diagnóstico de abatimento e recalque do solo.

Diante do cenário de alto risco, a adoção de medidas de estabilização é prioritária. Como solução de contenção, a implantação de um solo grampeado foi considerada adequada para o local. O solo grampeado é um método ativo de reforço, aumentando a resistência do solo ao cisalhamento e a tensão normal atuante. Além disso, o solo grampeado atua diretamente na contenção dos movimentos de massa observados, impedindo que o solo se desloque.

Em adição às medidas de contenção, são indispensáveis as seguintes ações para a estabilidade a longo prazo: Drenagem superficial, com implementação de canaletas na crista e na base do talude e escadas hidráulicas e também o plantio e a manutenção da vegetação na face do talude é uma medida importante para atenuar a erosão superficial e aumentar a estabilidade.

Em suma, pode-se concluir que as medidas paliativas realizadas, como por exemplo a instalação de lona impermeabilizante, foram adequadas para controle de processo erosivo durante período chuvoso, contudo tal medida não é sustentável a longo prazo, devendo se seguir as recomendações aqui pontuadas. As chuvas ocorridas no início do ano somadas a alta declividade da encosta em questão, a retirada de parte da cobertura vegetal e a ausência de estruturas de drenagem foram, provavelmente, catalisadores para a ocorrência dos processos erosivos vigentes.

O cenário de risco exige a execução de um projeto de contenção e drenagem, com o solo grampeado sendo uma solução considerada adequada tanto tecnicamente quanto logisticamente para as condições locais, garantindo a estabilidade do talude e a segurança da área a longo prazo. Os resultados destas análises fornecem um guia crítico para as decisões futuras, visando pontuar as problemáticas observadas e estratégias que assegurem a estabilidade do talude na área de estudo.

 <p>MINERAÇÃO E SERVIÇOS</p>	<p>MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS</p>  <p>GOVERNO FEDERAL UNião e RECONSTRUÇÃO</p>	<p>LAUDO GEOLÓGICO- GEOTÉCNICO</p>	
<p>Endereço do estudo: Av. Manoel Salvador de Oliveira 1024 e 1024B, e na Rua Dona Cota, 11, Bairro Bela Vista - Itabirito/MG</p>	<p>Contratante: MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS</p>	<p>Página: 69/73</p>	<p>Versão: V-01</p>

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABGE. Geologia de engenharia. OLIVEIRA, A. M. S; BRITO, S. N. A (editores). São Paulo: ABGE, 1998, 576 p.

ABNT – Associação brasileira de normas técnicas – Execução de sondagens de simples reconhecimento dos solos – NBR – 6484, 2020.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 11682: Estabilidade de encostas. Rio de Janeiro. ABNT, INMETRO, 33P. 2009.

AZEVEDO, U. R.; MACHADO, M. M. M.; CASTRO, P. T. A.; RENGER, F. E.; TREVISOL, A.; BEATO, D. A. C. Geoparque Quadrilátero Ferrífero (MG): proposta. In: SCHOBENHAUS, Carlos; SILVA, Cassio Roberto da (Org.). Geoparques do Brasil: propostas. Rio de Janeiro: CPRM, 2012. Cap. 7

BARBOSA, G. V.; RODRIGUES, D. M. S Quadrilátero Ferrífero. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 1967. 130p.

BELLO, I P. 2019. Regionalização de chuva intensa para o estado de Minas Gerais. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

BIENIAWSKI, Z. T. (1989), Engineering rock mass classification. New York. John Wiley. 215p

BISHOP, A W. The use of the Slip Circle in Stability Analysis of slopes. Géotechnique vol. 5, 1955, p7-17.

BROWN, E. T. (1983), Suggested method for rock characterization testing and monitoring, published for International Society for Rock Mechanics, ISRM. editor, Pergamon Press, 211p.

CAPUTO, H. P. Mecânica dos solos e suas aplicações. Fundamentos. 6ª edição, Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos. Volume 1, 1988.

CARDOSO, F.F. Sistemas de Contenção. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

CINTRA, José Carlos A. Fundações: ensaios estáticos e dinâmicos. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

 <p>MINERAÇÃO E SERVIÇOS</p>	<p>MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS</p>  <p>GOVERNO FEDERAL BRASIL UNIÃO E RECONSTRUÇÃO</p>	<p>LAUDO GEOLÓGICO- GEOTÉCNICO</p>	
<p>Endereço do estudo: Av. Manoel Salvador de Oliveira 1024 e 1024B, e na Rua Dona Cota, 11, Bairro Bela Vista - Itabirito/MG</p>	<p>Contratante: MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS</p>		<p>Página: 70/73 Versão: V-01</p>

CRAIG, R.F. (2004) Craig's Soil Mechanics. 7th Edition, Spon Press, London.
<https://doi.org/10.4324/9780203494103>

DAS, B. M.; SOBHAN, K. Principles of Geotechnical Engineering. Stamford, CT: Cengage Learning, 2014.

DELL'AVANZI, E; SAYÃO, A S. F. J. Avaliação da probabilidade de ruptura de taludes. In: XI Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica – COBRAMSEG 1998, volume I, 1998.

ENDO, I. Estratigrafia e evolução estrutural do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. Quadrilátero Ferrífero: avanços do conhecimento nos últimos 50 anos. Tradução. Belo Horizonte, MG: 3i Editora, 2020. p. 70-113. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/directbitstream/ce698998-978f-41fd-b9fe-d6cf749cda33/3086757.pdf>. Acesso em: 01 outubro. 2024.

FEITOSA F.A.C., FILHO J.M., FEITOSA E.C., DEMETRIO J.G.A. (coords.). 2008. Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações. 3ª ed. revisada e ampliada. Rio de Janeiro, CPRM: LABHID. 812p. ISBN: 9788574990613.

FILHO, O.A; VIRGILI, J.C. Estabilidade de Taludes. In: OLIVEIRA, A. M dos Santos; BRITO, S. N. A de. Geologia de engenharia. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1998

FIUME, B; NASCIMENTO, F. M. F. MIRANDA, J. S N; PAULA, T. L. F. Mapa hidrogeológico do quadrilátero ferrífero. [S.l]: Serviço Geológico do Brasil - CPRM, 2022. Escala 1:100.000.

GABET, E.J. A theoretical model coupling chemical weathering and physical erosion in landslide-dominated landscapes. Earth and Planetary Science Letters, vol. 264, p. 259–26, 2007.

GUIDICINI, G.; NIEBLE, C. M. (1984), Estabilidade de taludes naturais e de escavação. 2a. edição. Editora Edgard Blücher Ltda, São Paulo, 195p.

HARDER, E. C., CHAMBERLAIN, R. T. Geology of Central Minas Gerais, Brazil. Journal of Geology, v. 23, p. 341-378, 1915.

IGA - Instituto de geociências aplicadas de Minas Gerais. 1996. Diagnóstico das condições físico-ambientais e do potencial turístico do município de Itabirito-MG. Belo Horizonte.

LAMBE, T. William & WHITMAN, Robert V. Mecânica de suelos. México: Editorial Limusa S.A., 1974.

 <p>MINERAÇÃO E SERVIÇOS</p>	<p>MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS</p>  <p>GOVERNO FEDERAL UNião e RECONSTRUÇÃO</p>	<p>LAUDO GEOLÓGICO- GEOTÉCNICO</p>	
<p>Endereço do estudo: Av. Manoel Salvador de Oliveira 1024 e 1024B, e na Rua Dona Cota, 11, Bairro Bela Vista - Itabirito/MG</p>	<p>Contratante: MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS</p>	<p>Página: 71/73</p>	<p>Versão: V-01</p>

LIMA, André P. Comportamento de uma escavação grampeada em solo residual de gnaiss. 2007. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro)

MAPA de solos do Brasil. Rio de Janeiro: IBGE: Embrapa Solos, 2001. Mapa color. escala 1:5.000.000 Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Escala 1:5.000.000, 2001.

MINISTERIO DAS CIDADES / INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLOGICAS – IPT. Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios. Celso Santos Carvalho, Eduardo Soares de Macedo e Agostinho Tadashi Ogura, organizadores – Brasília: Ministerio das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnologicas – IPT, 2007.

MINISTÉRIO DAS CIDADES / INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS – IPT. Treinamento de Técnicos Municipais para o Mapeamento e Gerenciamento de Áreas Urbanas com Risco de Escorregamentos, Enchentes e Inundações. Apostila de treinamento. 2004. 73p.

OLIVA, P.; VIERS, J.; DUPRE, B. Chemical weathering in granitic environments. Chemical Geology, vol. 202, p. 225–256, 2003.

PARIZZI, M.G; MOURA, A.C.M; MEMÓRIA, E. & MAGALHÃES, D.M. 2010. Mapa de unidade geotécnicas da Região Metropolitana de Belo Horizonte. RMBH. 21p. In Programa Diretor de Desenvolvimento Integrado da RMBH: Relatório de Geoprocessamento. 2010.

PATRICIO, Renato Pickler. Adequação do FMEA para gerenciamento de riscos em obra de infraestrutura, após a aplicação da análise preliminar de risco na execução de muro de gabião. 2013. 66 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná: Curitiba, 2013. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/17909>.

PINTO, Carlos de Sousa. Curso básico de mecânica dos solos em 16 aulas. 2a ed. São Paulo. Oficina de Textos, 2006.

PINTO, Carlos de Sousa. Apostila de Aula – Resistência ao Cisalhamento dos Solos; Escola Politécnica da USP, São Paulo, SP, 1974.

REIS JUNIOR, W.; PARIZZI, M. G. Caracterização das unidades geotécnicas da porção leste da região metropolitana de Belo Horizonte. Geonomos, 26(2), 23-30, 2018.

 <p>MINERAÇÃO E SERVIÇOS</p>	<p>MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS</p>  <p>GOVERNO FEDERAL BRASIL UNIÃO E RECONSTRUÇÃO</p>	<p>LAUDO GEOLÓGICO- GEOTÉCNICO</p>	
<p>Endereço do estudo: Av. Manoel Salvador de Oliveira 1024 e 1024B, e na Rua Dona Cota, 11, Bairro Bela Vista - Itabirito/MG</p>	<p>Contratante: MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS</p>		<p>Página: 72/73 Versão: V-01</p>

RODRIGUES JUNIOR, A. R. Estudo de diferentes métodos de análises de estabilidade de taludes terrosos. 2015. 67 f. Trabalho de Conclusão de Curso - Curso de Geologia, Universidade Federal do Pampa, Caçapava do Sul, 2015.

SANTOS C.A., SOBREIRA, F. G., NETTO M.M. 2004 Condicionantes do meio físico nas formas erosivas das bacias do Ribeirão Carioca, Córrego do Bação e Córrego Carioca, no município de Itabirito, MG. In: Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica e Geoambiental. 5. São Carlos/SP, ABGE, CD Anais.

SILVA, C. R. (Ed.). Geodiversidade do Brasil: conhecer o passado para entender o presente e prever o futuro. Rio de Janeiro: CPRM, 2008.

SILVA, D.P. Análise de diferentes metodologias executivas de solo grampeado a partir de ensaios de arrancamento realizados em campo e laboratório. 2009. 313 p. Tese (Doutorado em Geotecnia) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, 2009. DOI: <https://doi.org/10.11606/T.18.2009.tde-22032010-102032>

SJÖBERG, J. Analysis of large-scale rock slopes. Sweden: Division of Rock Mechanics - Luleå University of Technology, 1999. (Doctoral Thesis).

VARAJÃO, C.A.C. 1991. A questão da ocorrência das superfícies de erosão do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. Revista Brasileira de Geociências, 21:131-145.

YOUNG, A. Slopes. Clayton, K. (Ed.). London: Longman. 288p. 1972.

ZIRLIS, A.C. Reforço do terreno: solo grampeado. Fundações teoria e prática. São Paulo: PINI, 1998.

ZHU, D, Y. Investigations on the accuracy of the simplified Bishop method. Landslides and Engineered Slopes, Chen et al. (eds.), pp. 1055-1057, Taylor & Francis Group, London, 2008.

	<p>MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS</p> <p>GOVERNO FEDERAL BRASIL UNIÃO E RECONSTRUÇÃO</p>	<p>LAUDO GEOLÓGICO- GEOTÉCNICO</p>	
<p>Endereço do estudo: Av. Manoel Salvador de Oliveira 1024 e 1024B, e na Rua Dona Cota, 11, Bairro Bela Vista - Itabirito/MG</p>	<p>Contratante: MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS</p>		<p>Página: 73/73 Versão: V-01</p>

Anexo 1 - Anotação de responsabilidade técnica - "ART"