



PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO JOSÉ DA BARRA
Estado de Minas Gerais

Ofício n° 190/2023

Origem: Secretaria Municipal de Turismo, Esporte e Lazer.

Assunto: Reavaliação do relatório de avaliação de riscos geológico-geotécnicos

São José da Barra, 20 de Setembro de 2023.

Exmo. Presidente da Câmara de Vereadores de São José da Barra.

Ao cumprimentá-lo cordialmente, sirvo-me do presente para fins de complementação do Projeto de Lei Ordinária 047/2023 de autoria do Executivo Municipal que “Dispõe sobre a abertura de crédito adicional/especial e dá outras providências”, tramitando em regime de urgência encaminhando a documentação anexa.

- Termo de Referência de Avaliação de Risco Geológico-Geotécnico
- 1º Plano de avaliação de riscos geológico-geotécnicos

Sendo que, trata-se de reavaliação do 1º Plano de avaliação de riscos elaborado pela FUNESP, conforme anexo.

Sem mais para o momento, me coloco a disposição para quaisquer esclarecimentos que forem necessários.

Atenciosamente.


Lyvên Kelly de Avelar Lara
Secretária Municipal de Turismo, Esporte e Lazer

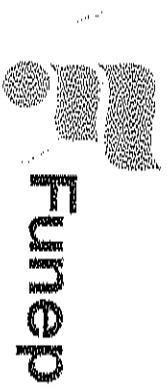
Exmo. Sr.
Deusmar Raimundo de Moraes
Presidente da Câmara de Vereadores
São José da Barra/MG

CÂMARA MUNICIPAL DE
SÃO JOSÉ DA BARRA/MG

Recebido em 19/09/23


ASS. DO RESPONSÁVEL

Travessa Ary Brasileiro de Castro, 272 – Centro – Cep: 37945-000
Fone: (35) 3523-9115 / 3523-9200, - São José da Barra/MG



**Avaliação de Riscos Geológico-Geotécnicos nos Cânions
denominados Vale dos Tucanos e Morro dos Cabritos
localizados no município de São José da Barra (MG)**

RELATÓRIO FINAL - VERSÃO 2

PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO JOSÉ DA BARRA (MG)

MUNICÍPIO: SÃO JOSÉ DA BARRA – MG

AGOSTO – 2022

Avaliação de Riscos Geológico-Geotécnicos nos Cânions denominados Vale dos Tucanos e Morro dos Cabritos localizados no município de São José da Barra (MG)

Relatório Final – Versão 2

PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO JOSÉ DA BARRA (MG)

Sr. Paulo Sérgio Leandro de Oliveira

CNPJ 01.616.458/0001-32

End. Travessa Ary Brasileiro de Castro, nº. 272, Centro, na cidade de São José da Barra – MG

Coordenador: Prof. Dr. Fábio Augusto Gomes Vieira Reis

Geólogo e Eng. Civil - CREA n. 5.061.028.240

Departamento de Geologia (DG)

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (Unesp) –
Campus de Rio Claro

End. Avenida 24-A, 1.515, CEP 13.506-900, Rio Claro, SP

Tel. (19) 98155-8004

fabio.reis@unesp.br

Responsável Técnico:

Contrato: Fundação de Apoio à Pesquisa, Ensino e Extensão (Funep)

CNPJ n. 50.511.286/0001-48 – IE. n. 391.021.737.117

Inscrição Municipal n. 1.01875-8

Endereço: Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/nº

Bairro Rural, Campus da Unesp - CEP 14884-900

Jaboticabal, SP – Tel. (16) 3209-1300 – Fax: (16) 3209-1301

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS	5
2. MÉTODOS E ETAPAS DO ESTUDO	10
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
4. CONCLUSÕES	112
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	114
RESPONSÁVEL TÉCNICO	119

ANEXOS

Anexo 1. Modelo de ficha de avaliação geológico-geotécnica diária - Plano de Monitoramento Provisório

Anexo 2. Anotação de Responsabilidade Técnica – ART

1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

O presente relatório final apresenta os resultados obtidos no âmbito do projeto “Avaliação de Riscos Geológico-Geotécnicos nos Cânions denominados Vale dos Tucanos e Morro dos Cabritos localizados no município de São José da Barra (MG)”. O objetivo principal do projeto é avaliar os riscos geológico-geotécnicos dos Cânions da Represa de Furnas, denominados Vale dos Tucanos e Morro dos Cabritos, município de São José da Barra (MG). Em complemento, têm-se os seguintes objetivos específicos:

- Realizar o mapeamento de riscos geológico-geotécnicos na área dos cânions, classificando as diferentes zonas de riscos nos paredões de contorno;
- Propor medidas de redução e/ou controle dos riscos indicados onde a Prefeitura deverá implantá-las pela contratação de empresas especializadas; e
- Definir proposta de procedimentos metodológicos para avaliação de riscos geológico-geotécnicos em área de cânion de represas com atividades turísticas.

Neste contexto, atendendo a uma demanda da Prefeitura Municipal de São José da Barra após o acidente com tombamento de blocos em cânion ocorrido no dia 08/01/2022 em cânion de Capitólio, foi criado um grupo de pesquisadores para desenvolver os estudos de pesquisa para avaliar os riscos geológico-geotécnicos nas áreas de alguns cânions da represa de Furnas. A partir destes estudos, o grupo pretende elaborar uma proposta de procedimentos metodológicos para avaliação de riscos em áreas turísticas que podem ser usados em situações e condições similares em outras regiões do país.

Este projeto visa preencher essa lacuna técnica e científica e será de extrema importância para auxiliar gestores públicos nas esferas municipal, estadual e federal, a elaborar políticas públicas e legislações que visem a gestão sustentável e com segurança de regiões turísticas, além de fornecer subsídios para antes públicos e privados, especialmente naqueles envolvidos com turismo em áreas naturais.

Os resultados também servirão de padrão para implantação de planos de gestão ou manejo de áreas turísticas que considerem os aspectos geológico-geotécnicos como item fundamental de seu escopo, incluindo programas de monitoramento e manutenção destas áreas. Em complemento, com a publicação científica dos principais resultados obtidos, especialmente, dos procedimentos metodológicos, haverá um fomento para que a comunidade técnica e científica produza novos estudos em outras áreas e que apresente pesquisas para o aprimoramento dos métodos de avaliação de riscos e da geodiversidade, considerando as especificidades de cada região ou situação.

Os processos geológicos de dinâmica superficial têm ocasionado diversos problemas sociais, econômicos e ambientais nos últimos anos no Brasil, gerados por uma sequência de eventos catastróficos associados a chuvas torrenciais, que tem afetado áreas urbanas e empreendimentos em geral, especialmente dutovias, rodovias, ferrovias e linhas de transmissão. Devido a essa situação, muitos trabalhos técnicos e científicos foram desenvolvidos nas últimas três décadas no país, buscando estabelecer metodologias para caracterização, definição e gerenciamento de áreas de riscos associadas aos movimentos gravitacionais de massa (escorregamentos, rolamentos, tombamento e quedas de blocos, corridas de massa), inundação, erosão, colapso e subsidência, sendo que muitos se dedicaram, de forma mais específica, às áreas urbanas (CERRI, MACEDO & OGURA, 1989; CERRI & CARVALHO, 1990; CERRI et al., 1990a, 1990b; OGURA & AUGUSTO FILHO, 1991; CERRI, 1992; CERRI, 1993; ZUQUETTE et al., 1995; AUGUSTO FILHO, ALHEIROS, 1997; RODRIGUES, PEJON & ZUQUETTE, 1997; CERRI, 2001; RODRIGUES, ZUQUETTE, 2005; AUGUSTO FILHO, 2006; FERREIRA et al., 2008; VIEIRA, FERNANDES & AUGUSTO FILHO, 2010; dentre outros). Recentemente, com os investimentos crescentes em obras de infraestrutura e a evolução das tecnologias de geoprocessamento, surgiu uma demanda para o desenvolvimento de metodologias aplicadas à definição de áreas de riscos à movimentos de massa, principalmente, em obras lineares (FREITAS et al., 1990; AUGUSTO FILHO & CERRI, 2002; PAULA, CERRI & LOLLO; OLIVEIRA, CERRI & ZAINÉ, 2007; AUGUSTO FILHO et al., 2010; RIEDEL et al., 2010).

Em termos de legislação, em 2012 houve a promulgação da Lei n. 12.608, que instituiu a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC; dispôs sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil - SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil - CONPDEC; autorizou a criação de sistema de informações e monitoramento de desastres (BRASIL, 2012).

Apesar do desenvolvimento científico, de legislação e de políticas públicas associados a processos de dinâmica superficial e riscos geológicos no Brasil em áreas urbanas e obras civis e empreendimentos de grande porte, o mesmo não ocorreu para áreas turísticas, especialmente, aquelas localizadas na zona rural. O crescimento do turismo de aventura, do ecoturismo e do geoturismo tem levado milhares de pessoas a visitar anualmente áreas naturais, com rica beleza do patrimônio da biodiversidade e geodiversidade. Contudo, os riscos geológicos que esse público está submetido ao visitar essas áreas não tem sido avaliado de forma sistemática e contínua, especialmente, pela falta de clareza da legislação brasileira em relação a essa atividade e pelo desconhecimento dos gestores públicos e privados dos riscos envolvidos.

Situação também evidenciada pelo conteúdo dos próprios planos de manejo de unidades de conservação, que ou não abordam a avaliação geológico-geotécnica e da geodiversidade ou, quando abordam, fazem de forma superficial, sem associar a um programa de monitoramento e manutenção de áreas relacionadas aos riscos geológicos existentes, sendo um passivo técnico-científico que a sociedade brasileira precisa resolver para melhorar as condições de segurança dessas áreas.

A atividade de turismo em áreas naturais está intrinsecamente ligada aos potenciais geossítios e do geoturismo, sendo que nos últimos anos esse tipo de turismo no Brasil tem aumentado, porém, de forma desordenada. Diversos acidentes fatais ocorridos recentemente, inclusive com mortes, envolvendo áreas turísticas em monumentos naturais tem demonstrado a importância para o desenvolvimento de metodologias científicas para a avaliação de riscos geológicos e hidrogeológicos específicas para essas áreas.

Neste sentido, o presente relatório final apresenta os resultados obtidos pela equipe responsável pelos estudos, buscando contribuir com o desenvolvimento e/ou adequações de metodologias para avaliação de riscos geológico-geotécnicos aplicadas às áreas turísticas e recomendando medidas e ações por parte da Prefeitura Municipal e gestores privados para diminuição dos riscos e melhorar da segurança destes locais.

1.1. Localização da Área de Estudo

A área de estudo destes cânions denominados de Vale dos Tucanos e Morro dos Cabritos são pontos importantes do turismo da região e da represa de Furnas, visitado por milhares de pessoas anualmente principalmente por embarcações, em conjunto com os demais cânions existentes nos municípios de Capitólio e São João Batista do Glória.

Os cânions estão situados na porção norte do município de São José da Barra (MG), próximo da divisa com o município de São João Batista do Glória (Figuras 1.1-1 e 1.1-2). Os cânions são braços da represa de Furnas na confluência de dois pequenos córregos sem denominação de sua margem esquerda que desaguam da represa. Ambos os córregos nascem na Serra do Juca Leandro, em altitudes próximas de 1000 metros, percorrendo cerca de 1 a 2 km até o deságue na represa de Furnas em altitude próxima de 760 metros.

Não há acesso viário a parte superior destes cânion somente um caminho de acesso para manutenção da torres de energia de Furnas, no caso do Morro dos Cabritos, contudo, no Vale dos Tucanos não há nenhuma trilha de acesso a sua parte superior.

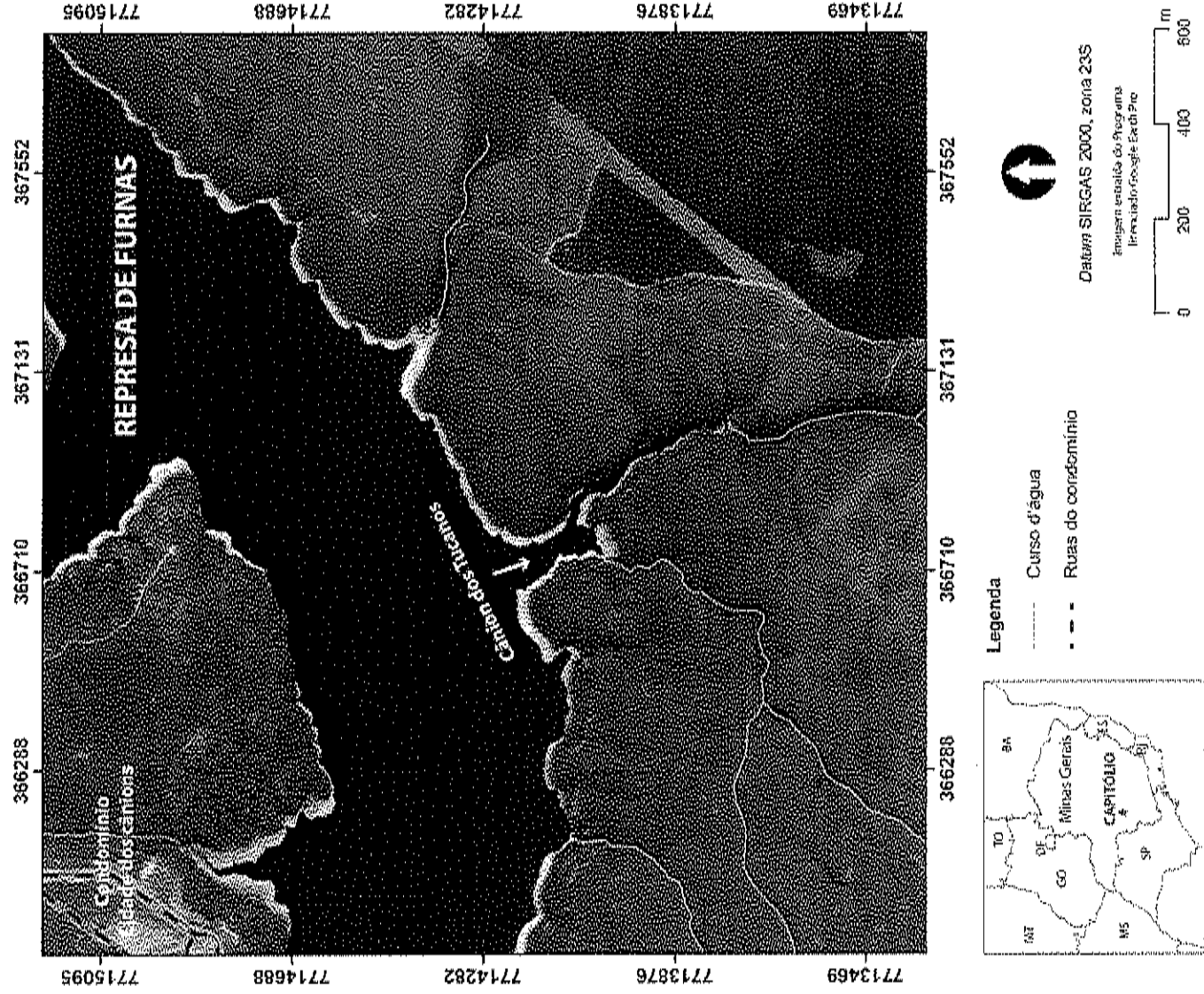


Figura 1.1-1. Localização da área do cânion Vale dos Tucanos.

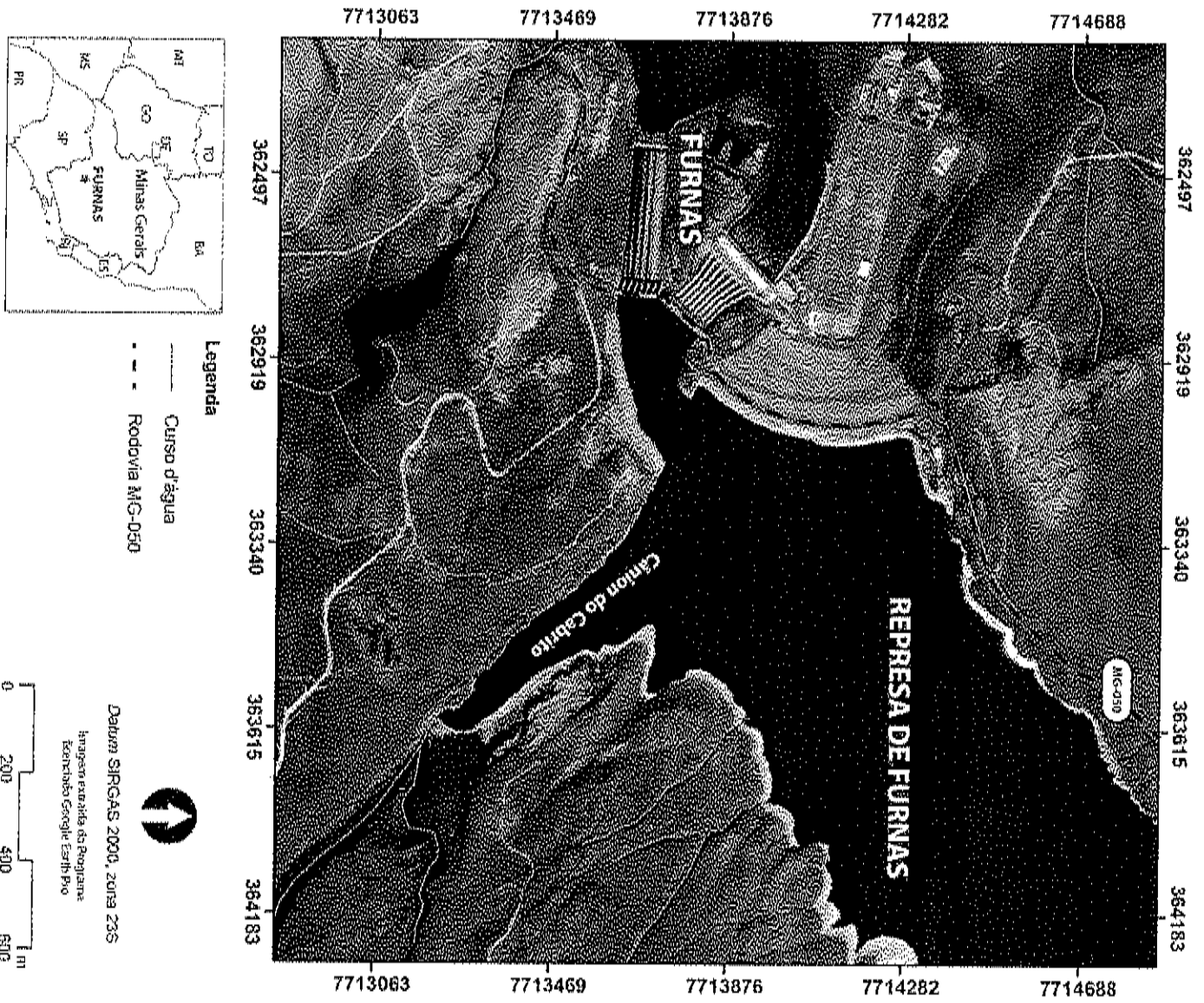


Figura 1.1-2. Localização da área do cânion Moro dos Cabritos.

2. MÉTODOS E ETAPAS DO ESTUDO

Os estudos foram realizados desenvolvidos de acordo seguintes etapas e métodos:

1º. Etapa: Levantamento Bibliográfico e Organização da Base Cartográfica

Essa etapa consiste no levantamento de artigos científicos considerando os bancos de bases internacionais como *Scopus* e *Web of Science* para produzir uma fundamentação teórica, com foco em artigos e trabalhos que desenvolveram avaliação de riscos geológico-geotécnicos em áreas turísticas com as características semelhantes a verificada no cânion da represa de Furnas, além da caracterização tipológica dos principais processos de dinâmica superficial identificados na área e em métodos de classificação de maciços rochosos. Os seguintes temas foram abordados na fundamentação teórica:

- Caracterização tipológica de processos de dinâmica superficial que ocorrem na área de estudo, com descrição da dinâmica de seu desenvolvimento;
- Procedimentos de avaliação de riscos geológico-geotécnicos em áreas turísticas.

Essa etapa envolveu, ainda, a organização de toda a base cartográfica existente da área, incluindo mapas topográficos e geológicos em escala regional e local. Toda a base cartográfica foi organizada e gerenciada no programa ArcGIS para elaboração dos mapas de riscos e perfis da área de estudo.

2º. Etapa: Caracterização Geológico-Geotécnica da Área dos Cânions

Esta etapa consistiu na realização de trabalho de campo para compreensão das principais atividades turísticas e os procedimentos de visitação realizados no local, além de realizar uma caracterização tipológica dos principais processos e condicionantes geológico-geotécnicos existentes na área, considerando os atributos litológicos e estruturais do maciço rochoso ao longo do paredão do cânion para sua classificação geomecânica.

As medidas estruturais foram tomadas nos paredes ao redor dos cânions, com o intuito de caracterizar o padrão de fraturamento do maciço rochoso (i.e., Quartzito Furnas).

As medidas estruturais consistem na obtenção da direção (em relação ao norte) e do ângulo de inclinação de estruturas geológicas planares (como falhas, juntas e foliações) e/ou lineares (como eixos de dobras e lineamentos). A tomada de medidas estruturais é de fundamental importância na análise de estabilidade de taludes e na caracterização geomecânica de maciços rochosos, uma vez que falhas, juntas e foliações representam descontinuidades geomecânicas (planos de fraqueza) dos maciços rochosos. Ao todo, 14 pontos foram analisados pela região dos cânions, mais de 600 medidas foram tomadas com bússola de geólogo ("Tipo Clar") registrando as orientações de fraturas, falhas, foliação principal, eixos de dobras e planos de dobras.

As medidas estruturais coletadas foram então processadas em softwares dedicados (i.e., Stereonet®) para análises desenvolvidas no longo deste relatório. Os dados são usualmente representados em um gráfico típico das geociências chamado estereograma, onde a direção e inclinação de estruturas geológicas são representadas em um plano, facilitando a visualização e caracterização de tais estruturas no maciço rochoso.

Para obtenção de dados de resistência *in situ*, foi utilizado o equipamento esclerômetro. O martelo de Schmidt ou esclerômetro é utilizado para estimar índices físicos e propriedades mecânicas, como compressão uniaxial das rochas e o parâmetro JCS - resistência à compressão das paredes da junta (BARTON, CHOUBEY, 1977), tanto em campo quanto em laboratório no âmbito da mecânica das rochas. Desse modo, o ensaio de esclerometria fornece valores numéricos correlacionáveis à resistência a compressão uniaxial e aos estados de alteração da rocha intacta e das descontinuidades, informações essas fundamentais para a classificação geomecânica (RMR) e análises de estabilidade desenvolvidas no presente estudo.

O esclerômetro consiste em um sistema mola-pistão que é pressionado ortogonalmente a uma superfície acumulando energia até a liberação do pistão. O impacto do pistão, através da ponta do martelo ("plunger"), transfere energia para o material. Parte da energia é absorvida pela rocha (ou parede da fratura) ou dissipada na forma de calor ou som, enquanto a outra parte da energia causa o repique do pistão. A relação entre a energia inicial do sistema mola-pistão e a energia remanescente causadora do repique ("rebound") expressa em porcentagem representa o valor Q de rebote ou repique do esclerômetro.

Há dois tipos de esclerômetros disponíveis no meio técnico, o Tipo N e o Tipo L, respectivamente com energia de impacto de 2,207 e 0,735 Nm. Aydın (2009) indica o Tipo L para o estudo das superfícies de descontinuidades e para testemunhos de sondagem de diâmetro maior ou igual a 54,7 mm. As principais influências nos valores do ensaio são decorrentes das heterogeneidades e anisotropias da rocha, como: litologia, granulometria, textura, rugosidade da

superfície de descontinuidade, umidade, foliação etc. (BASU, AYDIN, 2004; AYDIN, BASU, 2005; AYDIN, 2009).

Um dos principais modelos constitutivos adotados na análise da estabilidade de maciços rochosos fraturados é o critério de ruptura de descontinuidades rugosas de Barton e Choubey (1977) (Eq. 2-1). O ângulo de atrito residual, ϕ_r , assim como o JCS – resistência à compressão da parede da descontinuidade (“*joint wall compression strength*”), são obtidos pelo ensaio de esclerometria. A investigação geológica-geotécnica realizada com o ensaio de esclerometria, visou, portanto, a caracterização da alteração e da degradação das resistências dos litotipos dos cânions da represa de Furnas.

$$\tau = \sigma_n * tg \left[(\phi_b \text{ ou } \phi_r) + JRC * \log_{10} \left(\frac{JCS}{\sigma_n} \right) \right] \quad (2-1)$$

Onde:

τ : resistência ao cisalhamento (MPa)

σ_n : tensão normal efetiva que atua sobre a junta (MPa)

ϕ_b : ângulo de atrito básico (°)

ϕ_r : ângulo de atrito residual para juntas alteradas (°)

JRC : coeficiente de rugosidade da junta (adimensional)

JCS : resistência à compressão das paredes da junta (MPa)

Segundo Barton e Choubey (1977), para descontinuidades sem alteração é utilizado o atrito básico ϕ_b e o JCS é igual ao valor da resistência à compressão uniaxial da matriz da rocha σ_c . Contudo, as descontinuidades geralmente são encontradas em algum estado de alteração implicando em valores menores de atrito e de resistência; neste caso utiliza-se o atrito residual (ϕ_r) e valores de JCS inferiores a σ_c . Segundo os autores, a resistência à compressão das paredes da junta (JCS) pode ser obtida por esclerometria. E o ângulo de atrito residual de uma junta pode ser estimado a partir da equação abaixo, que leva em conta o atrito básico e os valores de repique da junta alterada e o da junta de parede sã, conforme Eq. 2-2.

$$\phi_r = (\phi_b - 20^\circ) + 20 \left(\frac{r}{R} \right) \quad (2-2)$$

Onde:

ϕ_r : ângulo de atrito residual para juntas alteradas (°)

ϕ_b : ângulo de atrito básico (°)

R: repique, leitura do martelo de Schmidt, em junta sã (%)

r: repique, leitura do martelo de Schmidt, em junta alterada (%)

No levantamento de campo do presente estudo foi utilizado o equipamento esclerômetro do tipo L, da marca Proceq (Figura 2-2A) e adotado o procedimento de ensaio da ASTM (2001) que recomenda a posição, o número de impactos e a forma de calcular o resultado médio de uma campanha de amostragem. As campanhas de amostragem foram realizadas nos planos de descontinuidade logo após a coleta de sua direção e mergulho por bússola “Clar” (Figura 2-2B). Os locais contemplaram o cânion bem como afloramentos de blocos de rocha na área de estudo (Figura 2-2C-D). As rochas investigadas foram dos litotipos de quartzito (q) e quartzito-xisto (qx).

O valor de repique (Q) de cada campanha de amostragem foi então utilizado para estimativa da resistência à compressão uniaxial (RCU), e dos parâmetros relacionados a resistência ao cisalhamento de descontinuidades (JCS e ângulo de atrito residual), seguindo equações disponíveis na literatura conforme apresentadas anteriormente.

Também foram realizadas entrevistas de campo, com proprietários do entorno, marinheiros e a equipe técnica da Prefeitura Municipal para compreensão dos procedimentos turísticos usados, indicação dos principais pontos turísticos da área dos cânions, nível de água do reservatório, ocorrência de processos de dinâmica superficial, entre outros aspectos, possibilitando estruturar o entendimento de como as atividades são desenvolvidas na área. Ao longo da área dos cânions foi realizado um inventário do patrimônio geológico e diagnóstico de sua relevância científica.

Durante as atividades de campo, foi realizado levantamento com drone dos paredes para geração de imagens e modelos em 3D para auxiliar na caracterização do maciço rochoso. Foram definidos, ainda, pontos para mapeamento geológico-geotécnico em detalhe para obtenção de dados litológicos e estruturais do maciço rochoso, usando técnicas verticais de rapel e descrição de perfis.

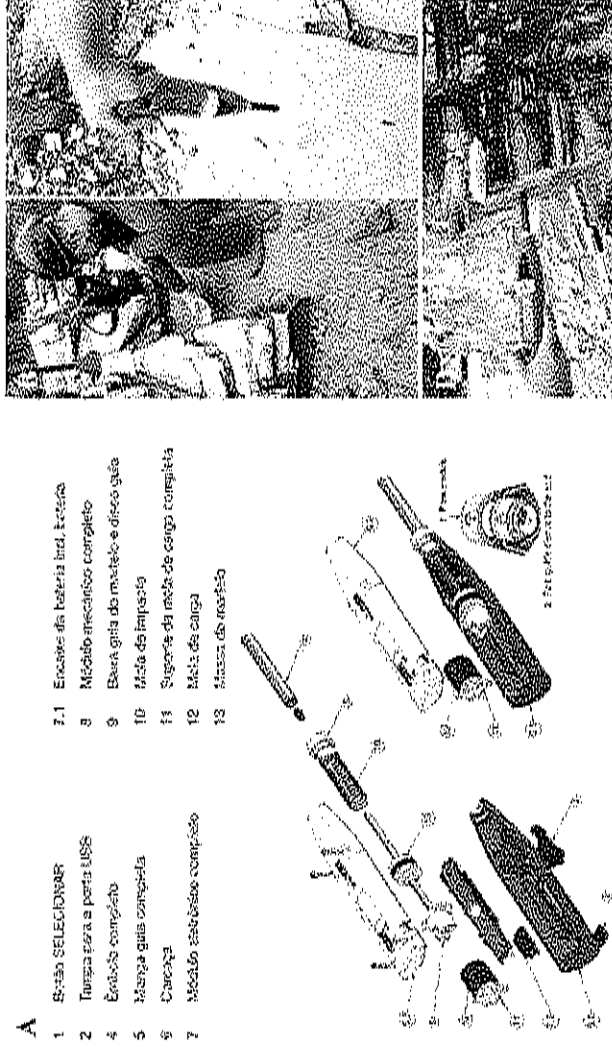


Figura 2-2. (A) Ilustração das peças do martelo de Schmidt da empresa Proceq (Proceq®, 2016), (B) coleta de medida estrutural do plano de análise, e (C-D) campanha de amostragem do ensaio de esclerometria.

3º. Etapa: Compartimentação e Classificação Geomecânica dos Paredões dos Cânions

A caracterização geológico-geotécnica do maciço rochoso corresponde a identificação e descrição dos atributos do meio rochoso, que isolada ou conjuntamente, condicionam seu comportamento ante as solicitações impostas por obras (OJIMA, SERRA JUNIOR, 2018), por outras ações antrópicas ou naturalmente. A classificação geomecânica representa a hierarquização e a organização dessas características em setores ou classes, que podem ser associadas aos comportamentos do maciço para as condições de solicitação consideradas (OJIMA, SERRA JUNIOR, 2018). Os sistemas de classificação de maciços rochosos são utilizados na identificação de propriedades geomecânicas por meio da observação direta e por ensaios “in situ” de amostras recolhidas em sondagens e/ou trabalhos de campo (FABRÍCIO et al., 2015). O objetivo das classificações é a sistematização dos elementos do maciço rochoso em classes, associando cada classe a um padrão de comportamento geotécnico.

Os sistemas de classificações foram tradicionalmente desenvolvidos por meio de estudos de caso, empiricamente (e.g., WICKHAM et al., 1972; BIENIAWSKI 1973; 1989; BARTON et al., 1974), sendo aperfeiçoados ao longo dos anos conforme foram aplicados em diferentes áreas da geotecnia (FABRÍCIO et al., 2015). O sistema de classificação “Rock Mass Rating – RMR” (Classificação de Maciço Rochosos, em tradução livre) foi desenvolvido por Bieniawski (1973) e tem como objetivo principal a classificação do corpo rochoso com relação a sua qualidade,

definindo a necessidade ou não de implantação de suporte e/ou tratamento em obras de engenharia. A versão de 1989, também sugerida por Bieniawski (1989), é a mais utilizada em trabalhos acadêmicos e na indústria, e se baseia na atribuição de pesos a seis parâmetros: i) a resistência à compressão uniaxial da rocha intacta ou índice de compressão puntiforme; ii) o índice “Rock Quality Designation” – RQD (Designação de Qualidade da Rocha, em tradução livre), proposto por Deere (1964); iii) o espaçamento entre as descontinuidades; iv) a condição das descontinuidades; v) a influência da água subterrânea; vi) a orientação das descontinuidades, utilizado principalmente em obras de túneis.

O índice RQD descreve a qualidade do maciço rochoso e foi desenvolvido originalmente como um sistema de classificação para a construção de túneis, sendo hoje também utilizado para a classificação de taludes. O método RQD consiste em medir a porcentagem de rocha “intacta” contida no testemunho de sondagem proveniente de um avanço em uma sondagem rotativa diamantada, conforme a equação abaixo (Eq. 2-1):

$$RQD = \frac{\sum \text{Comprimento de pedaços de testemunho} > 100 \text{ mm}}{\text{Comprimento total do Testemunho}} \times 100\% \quad (2-1)$$

Não estudo de taludes, uma aproximação numérica para a determinação do RQD pode ser aplicada (RQD*), em que são consideradas as medidas dos espaçamentos entre as fraturas contidas em uma linha de amostragem (SEGURET; GUJARDO, 2015; PIRES; VIANA; CAMPANHA, 2016). A equação do RQD*, baseado em Priest e Hudson (1976), é calculada pela equação (Eq. 2-2):

$$RQD^* = 100e^{-0,1\lambda} (0,1\lambda + 1) \quad (2-2)$$

Em que λ é a frequência de fraturas na linha de amostragem (número de fraturas dividido pelo comprimento da linha).

O somatório dos pesos atribuídos a cada um dos índices da classificação geomecânica proposta por Bieniawski (1989) corresponde a uma das cinco classes de qualidade de maciços (Tabela 2-1). Mais recentemente, uma atualização da classificação geomecânica de Bieniawski (1989) foi proposta por Celada et al. (2014), com o objetivo de aumentar a eficiência e acurácia do sistema de classificação de maciços rochosos. Esse aumento da eficiência é dado pela incorporação de dois novos fatores no cálculo do RMR básico (RMR_b). A fórmula do novo sistema RMR, denominado RMR14, é dado por (Eq. 2-3):

$$RMR_{14} = (RMR_b + F_0) * F_e * F_s \quad (2-3)$$

Onde F_0 é o fator de ajuste para a orientação do túnel de acordo com a família principal de descontinuidades do maciço (sempre negativo), F_e é fator de ajuste para o método de escavação, e F_s é o fator de ajuste que leva em conta o comportamento tensão-tensão (*stress-strain*) do corpo rochoso nas paredes do túnel.

No novo RMR básico (RMR_b), três componentes do RMR proposto por Bieniawski (1989), ou RMR89, são mantidos: i) a resistência à compressão uniaxial da rocha intacta ou indica de compressão pontiforme; ii) o número de descontinuidades; iii) a influência da água subterrânea. Os dois novos parâmetros são dados pela: iv) revisão das condições das descontinuidades; e v) alterabilidade da rocha devido a ação da água.

Os pesos e descrições de cada parâmetro considerado na classificação geomecânica RMR14 são mostrados na **Tabela 2-2**, enquanto maiores informações sobre as condições das descontinuidades são mostradas na **Tabela 2-3**.

Tabela 2-1. Qualidade do maciço rochoso de acordo com a classificação geomecânica proposta por Bieniawski (1989).

Peso global	100-81	80-61	60-41	40-21	<21
Classe	I	II	III	IV	V
Descrição	Maciço rochoso muito bom	Maciço rochoso bom	Maciço rochoso razoável	Maciço rochoso fraco	Maciço rochoso muito fraco
Tempo médio para aguentar sem suporte	20 anos para 15 m de vão	1 ano para 10 m de vão	1 semana para 5 m de vão	10 horas para 2,5 m de vão	30 minutos para 1 m de vão
Coesão da massa rochosa (kPa)	> 400	300-400	200-300	100-200	<100
Ângulo de atrito da massa rochosa (φ)	> 45	35-45	25-35	15-25	<15

Tabela 2-2. Parâmetros utilizados na classificação geomecânica, de acordo com Benjawski (1989) e com atualizações propostas por Celada et al. (2014).

Parâmetros		Valores e Pesos relativos					
Compressão Uniaxial Singles	> 250 MPa	250 a 109 MPa	100 a 50 MPa	50 a 25 MPa	25 a 5 MPa	5 a 1 MPa	< 1 MPa
Peso relativo	15	12	7	4	2	1	0
Número de descontinuidades por metro (LOWSON; BENJAWSKI, 2013)							
Peso relativo	22	14	8	4	4	1	
Condições das descontinuidades (ver Tabela 2-3)							
Presença de água	Completamente seco	Umido	Molhado	Queijento	Enxofrado	Enxofrado	
Peso relativo	15	10	7	4	0		
Aterabilidade (I _a , %)							
Peso relativo	> 83	60 - 83	39-60	< 30			
Peso relativo	10	8	4	0			

Tabela 2-3. Condição das descontinuidades, de acordo Celada et al. (2014).

Componente da descontinuidade (persistência)	<1m	1-3m	3 - 10m	>10
Peso	5	4	2	0
Rugosidade				
Peso	Muito rugosa	Rugosa	Quase Lisa	Lisa
Peso	5	3	1	0
Recolimento				
Peso	Duro com espessura < 5 mm	Duro com espessura > 5 mm	Mole com espessura < 5 mm	Mole com espessura > 5 mm
Peso	5	2	2	0
Grau de abertura				
Peso	Alta abertura	Moderadamente aberta	Abertura pequena	Descontínua
Peso	5	3	1	0

Os três fatores de ajustes são calculados de acordo com a informação mostrada no **Quadro 2-1**, de acordo com Celada et al. (2014).

Quadro 2-1. Fatores de ajuste para a atualização da classificação RMR89 para a RMR14, proposta por Celada et al. (2014).

Direção perpendicular ao eixo do túnel			Direção paralela ao eixo do túnel		Independente da Direção e Mergulho 0 - 20
Avanço com mergulho		Avanço sem mergulho	Mergulho 45 - 90	Mergulho 20 - 45	
Mergulho 45 - 90	Mergulho 20 - 45	Mergulho 45 - 90	Mergulho 20 - 45	Mergulho 45 - 90	Mergulho 20 - 45
Muito favorável	Favorável	Médio	Desfavorável	Muito desfavorável	Médio
0	-2	-5	-10	-12	-5

F_e		F_s		F_5	
RMR		RMR		ICE	
100	1,0	100	1,0	100	1,0
80	1,1	80	1,1	80	1,1
60	1,2	60	1,2	60	1,2
40	1,3	40	1,3	40	1,3
20	1,1	20	1,1	20	1,1
0	1,0	0	1,0	0	1,0

Na aplicação da classificação geomecânica, o maciço rochoso pode ser subdividido em zonas estruturais que são classificadas separadamente. Os limites de cada zona geralmente coincidem com as principais características estruturais do maciço, como falhas e mudanças litológicas (BIENIAWSKI, 1989). Dentro de um mesmo tipo de rocha, as mudanças significativas no espaçamento das descontinuidades, pode levar à subdivisão do corpo rochoso em números de zonas estruturais de menor dimensão.

Na classificação geomecânica dos paredões rochosos dos cânions avaliados foi utilizada a classificação RMR14, com as propostas feitas por Celada et al. (2014) e adequações para a situação específica da área e seu uso, considerando o grau de fraturamento determinado ao longo da linha de amostragem nos taludes de cada compartimento estabelecido no estudo. O fator de ajuste F_0 foi adequado para avaliar a orientação de cada parede do talude de acordo com as famílias principais de descontinuidades do maciço. Já os fatores F_e e F_s não foram considerados nesta análise por não se aplicarem ao caso estudado.

4ª. Etapa: Análise dos Perigos e dos Riscos Geológico-Geotécnicos

A definição de perigo adotada pelo Serviço Geológico Brasileiro (CPRM, 2018) se relaciona ao potencial para causar uma consequência desagradável dentro de um certo período de tempo, enquanto o risco é a relação entre a possibilidade de ocorrência de dado fenômeno, magnitude dos danos e as consequências sociais e/ou econômicas. O risco, portanto, é uma função do perigo, vulnerabilidade e dano potencial (TOMINAGA, 2012). O zoneamento do perigo aplicado a movimentos de blocos tem como objetivo delimitar as áreas que são mais suscetíveis a sofrerem consequências negativas destes processos, a partir da identificação e mapeamento da suscetibilidade a sua ocorrência.

A queda de bloco é um tipo de movimento de massa que ocorre quando um ou mais blocos desconexos do maciço rochoso caem ao longo de um declive por queda livre, saltação, rolamento ou tombamento (YILMAZ; YILDIRIM; KESKIN, 2008), como foi o caso do evento de 08 de janeiro de 2022 no cânion de Capitólio. Ademais, um bloco de rocha que já foi mobilizado pode ser remobilizado, a partir dos depósitos de tálus (acumulação de material do maciço rochoso na base do talude, devido a antigos processos de movimentos gravitacionais de massa).

O método utilizado neste estudo para o zoneamento do perigo a queda de blocos (queda livre ou tombamento) nos cânions é baseado na metodologia desenvolvida pelo Serviço Geológico Brasileiro – CPRM, em parceria com pesquisadores do Japão, no Projeto intitulado “Fortalecimento da Estratégia Nacional de Gestão Integrada de Desastres Naturais” – GIDES (CPRM, 2018). O método compreende a identificação, por meio de critérios topográficos, das quatro tipologias de movimentos de massa (existentes e potenciais), delimitação da projeção de comportamento (área de geração e atingimento), e a qualificação da sua gravidade com base nas características físicas do terreno.

A **Figura 2-3** apresenta todas as etapas e procedimentos da metodologia proposta no projeto GIDES (CPRM, 2018). No presente estudo foram feitas adequações aos procedimentos referentes a Análise de Perigo da metodologia GIDES, sendo que todos os dados e produtos obtidos nas etapas anteriormente descritas foram usados como base para esta análise.

Os dados e produtos dos levantamentos de campo realizados na 2ª. Etapa deste estudo foram fundamentais para validação, correção e qualificação do perigo, sendo que a análise de perigo foi realizada em 6 compartimentos geomecânicos no Vale dos Tucanos e 2 compartimentos do Morro dos Cabritos, definidos na 3ª. Etapa deste estudo ao longo da área destes cânions, elaborando como produtos complementares, Mapas de Elevação e de Inclinação do Terreno a partir das ortofotos obtidas pelo levantamento de drone.

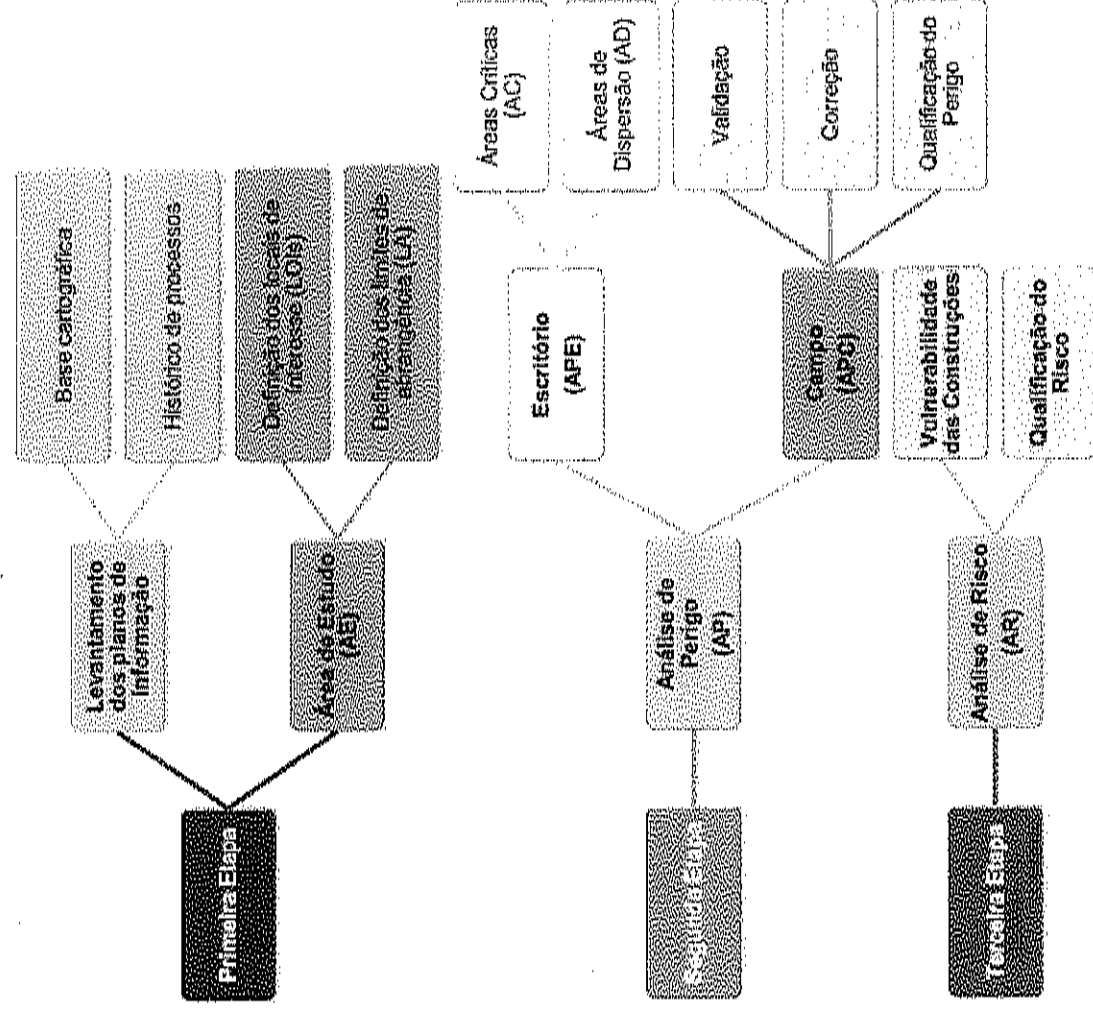


Figura 2-3. Etapas da metodologia de elaboração de cartas de perigo e risco a movimentos de massa, de acordo com o Projeto GIDES (CPRM, 2018). Figura elaborada por Natália Dias e Larissa Montandon, 2017.

Os levantamentos aéreos com o auxílio de drones (veículo aéreo não-tripulado – VANT) foram realizados, com o objetivo de coletar dados a respeito da tipologia e fenomenologia do processo, bem como informações topográficas, com a obtenção de fotografias aéreas e a criação de Modelo Digital de Superfície (MDS) em alta resolução. Também foi levantado nessa etapa o histórico de ocorrência de quedas de bloco na área de enfoque.

Foram gerados mapas de delimitação do perigo potencial para ocorrência de processos tombamento e quedas de blocos para cada compartimento geomecânico, considerando área crítica

de atingimento e área de dispersão. Os procedimentos para definição dessas áreas foram os seguintes:

- primeiro passo: identificação e delimitação dos locais onde há elementos potencial a quedas e tombamento, como paredões rochosos ou blocos soltos no topo da encosta, campo de blocos, depósito de tálus. No estudo de queda e tombamento primário de blocos, são selecionadas encostas com inclinação mínima de 50°, constituídas total ou parcialmente pelo maciço rochoso, com amplitude mínima de 5 m, sendo que três situações de quedas e tombamentos são definidas no projeto GIDES (CPRM, 2018), em função da inclinação do maciço e da existência ou não de rampa. Os paredões rochosos dos cânions estudados se encaixam no Grupo II e III, de encostas com inclinação entre 50° e 70° e superiores a 70° (Figura 2-4).
- segundo passo: é o destacamento de áreas com inclinação igual ou superior a 50°, utilizando as curvas de nível e mapa de inclinação do terreno. No caso dos cânions estudados, todas as paredões considerados apresentam inclinação superior a 50°.
- terceiro passo: verificação da distância entre as curvas de nível na identificação de áreas mais íngremes e a exclusão de áreas com amplitude menor que 5 m.
- quarto passo: específico ao Grupo I, que não é observado na área de estudo, em que se delimita a rampa com relação ao paredão mais inclinado.
- quinto passo: delimitação das áreas críticas (CPRM, 2018), com base nas ações: Ação 1 - traçar os limites superiores, correspondendo o topo do maciço ou da região com blocos soltos; Ação 2 - traçar os limites inferiores, de acordo com o Grupo do talude. No caso da áreas dos cânions estudados, em áreas com inclinação entre 50 e 70°, a partir do sopé da encosta é estendido mais ½ da altura do talude (h), limitado a um máximo de 100 m. Em taludes com inclinação > 70°, estende em 1/3 de h, limitado a um máximo de 50 m (Figura 2-5). Ação 3 - traçar o limite lateral da área crítica, de acordo com o Grupo de inclinação do Talude. Os limites laterais são perpendiculares às curvas de níveis em que o critério de inclinação da encosta (entre 50 e 70° para o Grupo II, e superior a 70° para o Grupo III), não são mais atendidas. No caso da área de estudo, o limite às áreas críticas está localizado somente na entrada do cânion, onde inclinações do talude < 50° são observadas.
- sexto passo: delimitação da zona de dispersão (Figura 2-6), que é a área sujeita a deposição do material mobilizado ou área em que detritos do material tombado/caído pode potencialmente atingir. As ações nessa delimitação são: Ação 4 - traçar o limite superior da área de dispersão, que corresponde ao limite inferior da área crítica traçada no passo 5;

Ação 5 - delimitação do limite inferior, que é definido como igual a h (altura do talude), para os Grupos II e III. A sobreposição com a área crítica deve ser descartada. Ação 6 - traçar os limites laterais, que segue os limites da área crítica.

O resultado da aplicação dessa sequência de passos são polígonos com a delimitação das áreas críticas e de dispersão referente a queda e tombamento de blocos.

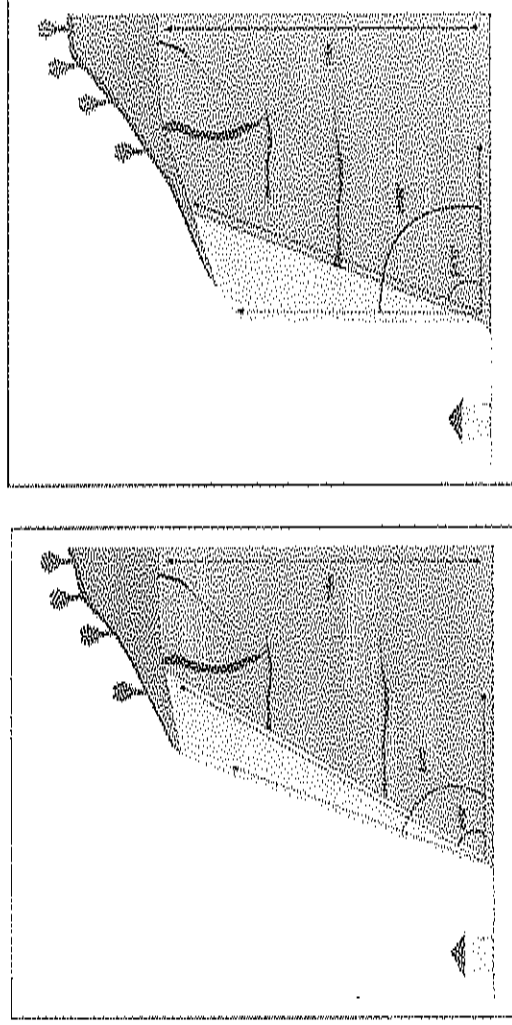


Figura 2-4. Esquema das encostas sem rampa do Grupo II (inclinação entre 50° a 70°) e III (inclinação superior a 70°) (CPRM, 2018), que representa o principal tipo de encosta na região de estudo. Figura elaborada por Anselmo Pedraza, 2017.

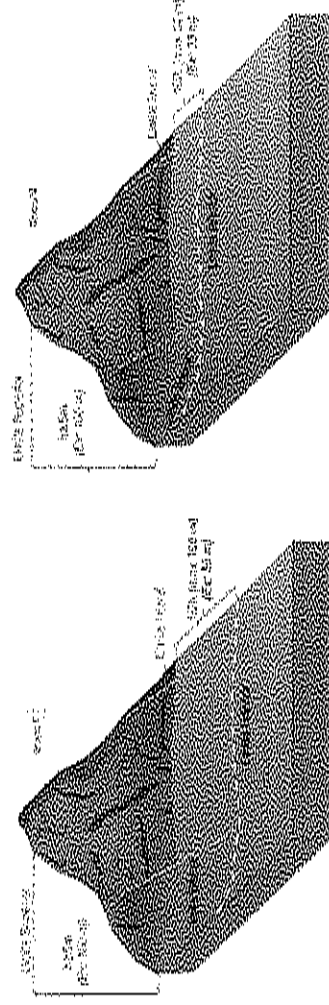


Figura 2-5. Limites inferiores, superiores e laterais da área crítica para os grupo II e III (CPRM, 2018). Figura elaborada por Thiago Dutra, 2017.

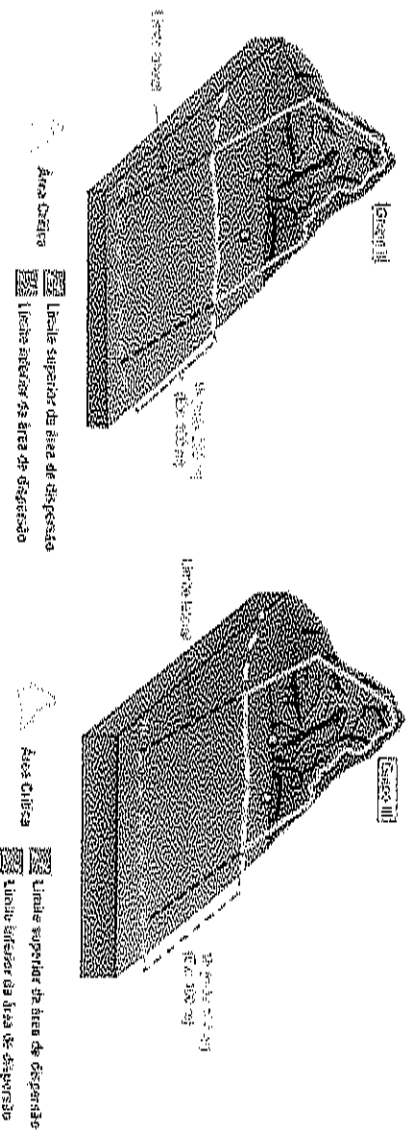


Figura 2-6. Limites inferiores e superiores da área de dispersão, para os grupos II e III (CPRM, 2018). Figura Elaborada por Thiago Daura, 2017.

Em relação a análise de riscos geológico-geotécnicos, como os cânions estudados são uma área turística que não possui infraestrutura fixa, seja urbana, residências, edifícios ou construções, nas áreas de atingimento aos processos de movimentos gravitacionais de massa, mas sim áreas que são visitadas por embarcações em um determinado período do dia e em determinadas condições, a equipe optou em estabelecer zoneamento integrado a medidas e ações para redução e mitigação dos riscos associados a:

- delimitação de áreas de restrição de navegação dentro do cânion;
- implantação de obras de contenção em pontos mais críticos;
- redução da exposição de tempo dos visitantes aos perigos geológico-geotécnicos existentes;
- redução do quantitativo de embarcações que acessam a área ao mesmo tempo;
- definição de velocidade e dos locais de navegação e proibição de som dentro do cânion;
- definição de plano de monitoramento e manutenção geológico-geotécnico;
- redução da vulnerabilidade dos visitantes, por meio o uso de equipamentos de proteção individual;
- orientações e treinamentos dos marinheiros e empresários da região; e,
- orientações aos visitantes sobre os perigos e riscos existentes no passeio.

Desta forma, foi elaborado um zoneamento de risco geológico-geotécnico, qualificando os perigos, vulnerabilidades e danos associados.

É importante notar que a altura do talude é influenciada pela altura do nível de água do reservatório, sendo que este estudo foi desenvolvido no período de cheia, com a cota próxima ao

nível máximo e, como consequência, podendo alterar o mapeamento de perigo de alguns locais específicos. Nova avaliação e atualização do estudo deve ser feita durante o período de seca com nível mais baixo do reservatório.

5º. Etapa: Propostas de Medidas de Redução e/ou Controle dos Riscos Indicados

Esta etapa envolveu a elaboração de propostas de medidas de redução e/ou controle dos riscos geológico-geotécnicos indicados na área, para que a Prefeitura implante as mesmas pela contratação de empresas e serviços especializados, dentro de um plano de gestão para a área dos cânions.

Os pontos com recomendação de medidas de redução e/ou controle de riscos foram indicados em mapas, com a caracterização dos condicionantes geológico-geotécnicos e a descrição sucinta da intervenção proposta, a qual poderá ser revisada posteriormente pela empresa especializada a ser contratada pela Prefeitura para elaboração do projeto executivo de implantação e/ou remoção dos blocos.

Em complemento, nesta etapa foi consolidada uma proposta de procedimentos metodológicos para avaliação de riscos geológico-geotécnicos em áreas de cânion de represas com atividades turísticas, como modelo para outras situações semelhantes.

Os principais produtos do projeto são o relatório do diagnóstico geológico-geotécnico com a compartimentação geomecânica do maciço rochoso, o mapeamento dos perigos e o zoneamento de risco geológico-geotécnicos e as propostas de medidas de redução e/ou controle dos riscos indicados.

Os resultados obtidos nestes estudos serão usados para elaboração de artigos científicos para publicação de periódicos internacionais, em eventos técnico-científicos e/ou em projetos de iniciação científica, mestrado, doutorado e/ou pós-doutorado que porventura sejam desenvolvidos pela equipe técnica do projeto, com a autorização da Prefeitura Municipal para o uso dos resultados e produtos em trabalhos científicos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Fundamentação Teórica

Os resultados da fundamentação teórica foram organizados para apresentar o estado da arte sobre os seguintes assuntos: a) Caracterização tipológica de processos de dinâmica superficial que ocorrem na área de estudo, com descrição da dinâmica de seu desenvolvimento; b) Procedimentos de avaliação de riscos geológico-geotécnicos em áreas turísticas.

3.1.1. Caracterização Tipológica de Processos de Dinâmica Superficial

Os processos de dinâmica superficial que estão associados a área dos cânions da represa de Furna são movimentos gravitacionais de massa associados aos paredões e encostas naturais, e ondas de cheia também conhecidas como cabeças d'água.

Os movimentos gravitacionais de massa são processos naturais que modelam a paisagem da superfície do planeta, sendo definidos como “o movimento do solo, rocha e/ou vegetação ao longo da vertente sob a ação direta da gravidade. A contribuição de outro meio, como água ou gelo se dá pela redução da resistência dos materiais de vertente e/ou pela indução do comportamento plástico e fluido dos solos” (TOMINAGA, 2012, p.27).

Existem várias classificações destes processos no Brasil e no mundo, destacando-se as classificações de Sharpe (1938), Tertzaghi (1950), Hunt (1984), Hutchinson (1988), Sassa (1989) e Varne (1978), sendo esta última uma das mais utilizadas internacionalmente. A classificação proposta por Augusto Filho (1992) é a mais usada no Brasil por apresentar as principais características, os materiais envolvidos, a velocidade e a geometria de cada tipo processo com ocorrência mais comum nas encostas do território nacional, conforme apresentado no **Quadro 3.1.1-1**.

Na área dos cânions estudados dentre os movimentos de massa os tipos que têm potencialidade de ocorrência são as quedas de blocos, também denominadas de movimentos de blocos (queda livre, tombamento e, em casos específicos, rolamento de blocos), e escorregamentos superficiais.

Quadro 3.1.1-1. Principais grupos de movimentos gravitacionais de massa típicos de encostas.

PROCESSOS	DINÂMICA/GEOMETRIA/MATERIAL
Rastejos (<i>Crep</i>)	Vários planos de deslocamento (internos) Velocidades muito baixas (cm/ano) a baixas e decrescentes com a profundidade Movimentos constantes, sazonais ou intermitentes Solo, depósitos, rocha alterada/fraturada Geometria indefinida
Escorregamentos (<i>Slides</i>)	Poucos planos de deslocamento (externos) Velocidades médias (m/h) a altas (m/s) Pequenos a grandes volumes de material Geometria e materiais variáveis: Planares – solos pouco espessos, solos e rochas com o plano de fraqueza Circulares – solos espessos homogêneos e rochas muito fraturadas Em cunha – solos e rochas com dois planos de fraqueza
Quedas (<i>Falls</i>)	Sem planos de deslocamento Movimentos tipo queda livre ou em plano inclinado Velocidades muito altas (vários m/s) Material rochoso Pequenos a médios volumes Geometria variável: lascas, placas, blocos, etc. Rolamento de matacão Tombamento
Corridas (<i>Flows</i>)	Múltiplas superfícies de deslocamento Movimento semelhante ao de um líquido viscoso Desenvolvimento ao longo das drenagens Velocidades médias a altas Mobilização de solo, rocha, detritos e água Grandes volumes de material Extenso raio de alcance, mesmo em áreas planas

Fonte: Augusto Filho (1992).

Os tipos de quedas ou movimentos de blocos que podem ocorrer na área dos cânions destacam-se (FORNASARI FILHO, FARIA, 2018):

- queda livre de blocos: envolve materiais rochosos de volume e litologia diversos, que se destacam de taludes ou encostas íngremes e se deslocam em movimentos tipo queda livre.
- Na área de estudo as estruturas associadas a foliação e as diferenças de camadas de quartzitos e xistos formam os principais condicionantes deste processo.
- tombamento de blocos: é o processo mais comum na área de estudo, que ocorre pela rotação dos blocos rochosos, condicionado pela presença de estruturas geológicas no maciço rochoso, quando a direção da face do talude coincide com a direção da descontinuidade que individualiza esses blocos, mas com mergulhos para lados opostos, situação relativamente comum em determinados taludes dos paredões dos cânions.
 - rolamento/saltação de blocos: corresponde a movimento de blocos rochosos ao longo de superfícies inclinadas que se desprendem de taludes e encostas, deslocando pela superfície por rolamento ou saltação com velocidade crescente até atingir uma região mais plana na

base da encosta em áreas de depósito de talus. Na área de estudo devido os blocos rochosos terem em geral formas planares e angulares, pode ocorrer esse tipo de processo a partir da parte superior dos paredões que apresentam declividades mais suaves ou associado a escorregamentos superficiais nessas áreas.

Os escorregamentos superficiais consistem a movimentos rápidos de solo e/ou rocha, geralmente em superfícies, volume e geometria bem definidos, cujo centro de gravidade se desloca para baixo e para fora do talude. Na área dos cânions esses processos podem ocorrer nas encostas até o contato do limite da parte superior dos paredões, associado a camada superficial de solo (de 20 a 50 cm) que contém fragmentos de rocha soltos na forma de placas e vegetação. Esses escorregamentos superficiais podem estar associados a superfície de ruptura planar ou em cunha.

As Figuras 3.1.1-1 e 3.1.1-2 ilustram os tipos de movimentos gravitacionais de massa que ocorrem na área dos cânions da represa de Furnas, sendo queda livre de blocos (Figura 3.1.1-1A), tombamento de blocos (Figura 3.1.1-1B), rolamento/salação de blocos (Figura 3.1.1-1C) e escorregamentos superficiais com ruptura planar (Figura 3.1.1-2A) e com ruptura em cunha (Figura 3.1.1-2B).

Em relação as ondas de cheia, também conhecidas como cabeças d'água (ou "*flash floods*"), são processos associados a dinâmica hidrológica da bacia hidrográfica, que ocorrem anualmente em chuvas intensas nas áreas de cabeceiras, a montante da área de estudo, aumentando de forma rápida e brusca o nível de água nas drenagens naturais e inundando as áreas em segundos ou poucos minutos. Na região esse processo é muito comum e recorrente, especialmente, devido as áreas montanhosas com alta declividade das cabeceiras das drenagens associadas ao maciço rochoso formado por quartzito que tem baixa permeabilidade e perfis de solo muito rasos (de 20 a 50cm). Essas características possibilitam que o escoamento da água pluvial seja intenso atingindo rapidamente o leito das drenagens, que podem resultar no transbordamento dos leitos de rios, lagos, canais e áreas represadas, invadindo os terrenos adjacentes e provocando danos. O incremento dos caudais superficiais, na maioria das vezes, é desencadeado por precipitações pluviométricas intensas e concentradas

Este processo na área de estudo gera riscos nas cachoeiras no deságue dos córregos sem denominação no reservatório que deságuam no Vale dos Tucanos, contudo deve ser analisado ao longo das drenagens a montante do reservatório de Furnas, especialmente, nas áreas que recebem turistas para realização de banhos em córregos e "piscinas" naturais que se formam em seus leitos, assim como nas atividades de rapel em cachoeiras e canionismo ao longo de drenagens. Essas áreas fora dos cânions não fazem do escopo do presente estudo, mas que devem ser avaliadas em cada propriedade que desenvolve atividades turísticas ou outro tipo de uso.

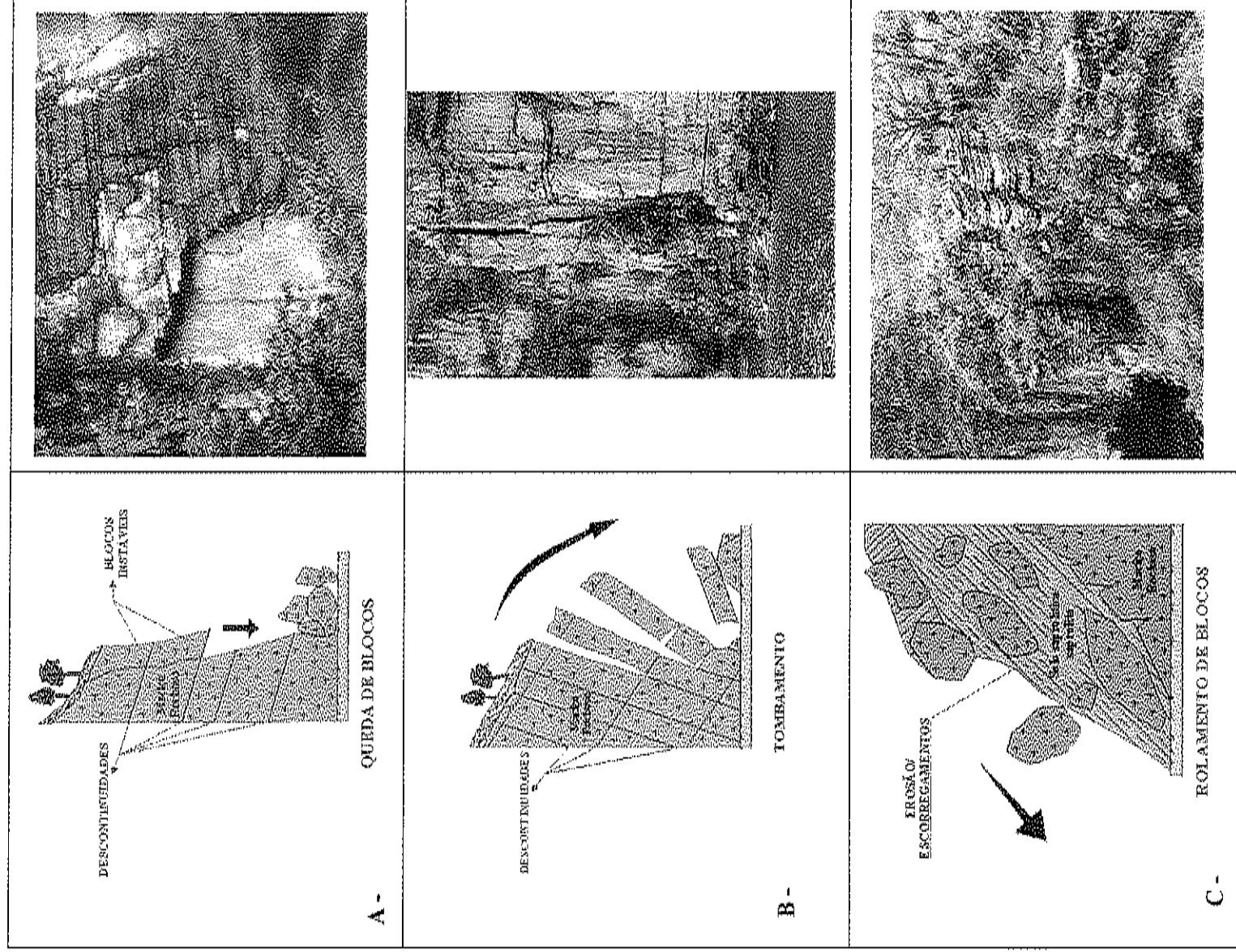


Figura 3.1.1-1. Tipos de movimentos de blocos com potencial de ocorrência nos cânions da represa de Furnas. A: queda livre de blocos; B: Tombamento de blocos; C: Rolamento/Salação de blocos nas encostas e partes superiores dos paredões (adaptado de INFANTI JUNIOR, FORNASARI FILHO, 1998).

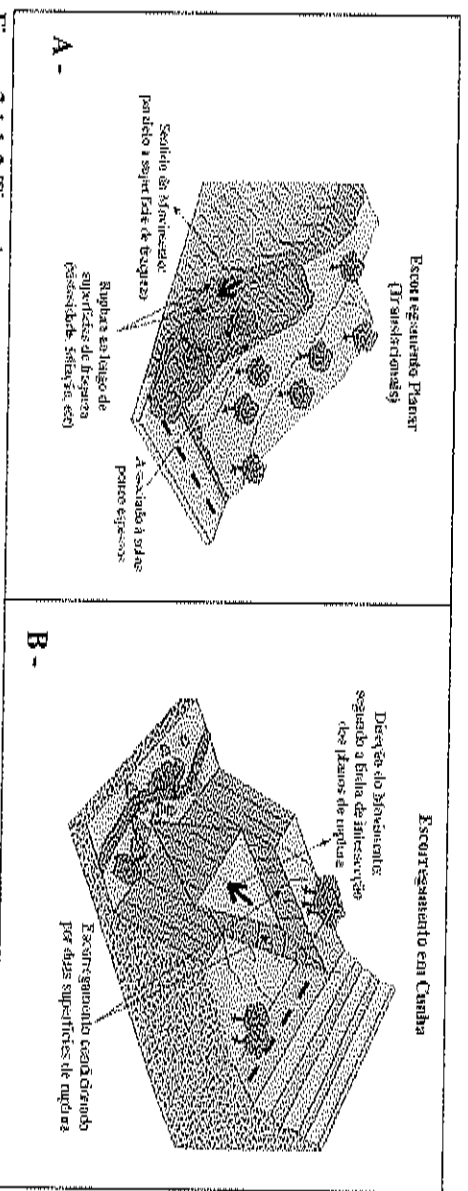


Figura 3.1.1-2. Tipos de escorregamentos superficiais com potencial de ocorrência nos cânions da represa de Furnas, associados às encostas até o contato do limite da parte superior dos paredões, envolvendo a canchada superficial de solo (de 20 a 50 cm) que contém fragmentos de rocha soltos na forma de placas e vegetação. A: escorregamento de ruptura planar; B: escorregamento de ruptura em cunha (adaptado de INFANTTI JUNIOR, FORNASARI FILHO, 1998).

3.1.2. Procedimentos de Avaliação de Riscos Geológico-Geotécnicos em Áreas Turísticas

Considerando os procedimentos que os principais Parques Nacionais e áreas turísticas do mundo adotam com relação ao gerenciamento do risco a desastres naturais, há ampla variedade de medidas devido aos diferentes tipos de perigos naturais que ocorrem em cada região. De uma forma geral, há sincronia entre as leis e diretrizes nacionais de prevenção e monitoramento a desastres naturais e os procedimentos adotados por Parques Nacionais (WILKS; MOORE, 2004).

Um exemplo disso são as diretrizes de gerenciamento de risco a desastres naturais em áreas turísticas estabelecido pela *Asia-Pacific Economic Cooperation Agency* – APEC (Agência de Cooperação Econômica Ásia-Pacífico), com base nas normas de gerenciamento de risco desenvolvido pelos países Austrália e Nova Zelândia (*Australian and New Zealand Standard for Risk Management AS/NZS 4360:2004*), que fornece uma estrutura passo a passo para assumir o controle de riscos e seus impactos (WILKS; MOORE, 2004).

Os procedimentos adotados para o gerenciamento de risco em áreas turísticas pela APEC são sumarizados a seguir, de acordo com Wilks e Moore (2004):

- 1) **Estabelecimento do Contexto:** o primeiro passo no processo de gestão de risco está focado no ambiente em que qualquer organização ou destino turístico opera. Este é o ponto onde os parâmetros básicos ou limites são definidos dentro dos quais os riscos devem ser gerenciados. Esta etapa requer uma compreensão dos elementos cruciais que apoiarão ou prejudicarão o processo de gerenciamento de riscos. Entre os elementos

cruciais estão os *stakeholders* internos e externos. No caso do turismo, sem o apoio de governamental, pouco adianta continuar o processo. Além do governo federal, os seguintes grupos de partes interessadas devem estar envolvidos no processo de gestão de risco nesta fase inicial: políticos (em todos os níveis de governo) que possam ter interesse eleitoral ou de portfólio; grupos sindicais; instituições financeiras; organizações de seguros; negócios turísticos e interesses comerciais relacionados em cada destino; reguladores e outras organizações governamentais que têm autoridade sobre atividades (por exemplo, polícia e serviços de emergência); organizações não governamentais, como grupos ambientais e de interesse público; e os meios de comunicação, que são potenciais interessados, bem como canais de informação para outros interessados. Uma decisão crítica neste primeiro estágio é qual grupo ou agência deve receber o papel principal na gestão de risco/risco ou resposta a desastres. É aqui que uma compreensão das definições é importante.

- 2) **Identificação de Risco:** o segundo passo no processo de gerenciamento de riscos é identificar os riscos a serem gerenciados. A identificação deve usar um processo sistemático bem estruturado, pois um risco potencial não identificado nesta fase é excluído de análises posteriores. A identificação deve incluir todos os riscos, estejam ou não sob o controle do destino turístico ou do governo federal.
- 3) **Análise de Risco:** a fase de análise da gestão de risco envolve a avaliação dos riscos identificados, em termos do seu impacto num negócio ou destino turístico. Os riscos menores e aceitáveis precisam ser separados dos riscos maiores que precisam ser gerenciados. Uma maneira padrão de fazer essas avaliações é considerar a probabilidade (frequência ou probabilidade) de ocorrência e as consequências (impacto) dos riscos identificados.
- 4) **Avaliação de Risco:** esta etapa envolve a comparação do nível de risco encontrado durante o processo de análise com critérios de risco previamente estabelecidos. Em outras palavras, o que é aceitável e o que precisa ser tratado. Para cada destino turístico e seu governo nacional, as decisões sobre quais riscos são aceitáveis e quais não são, precisam ser feitas tendo como pano de fundo as prioridades sociais, econômicas e políticas. Em alguns casos, um destino pode ser determinado para tratar de um risco, mas pode não ter os recursos para fazê-lo.
- 5) **Tratamento de Risco:** o tratamento de risco envolve identificar o leque de opções disponíveis para operadores e destinos, fazer planos e agir sobre eles. Uma maneira útil de visualizar esse processo é por meio da Matriz de Avaliação de Riscos. O ponto

importante que precisa ser destacado novamente é que a maioria das crises não ocorre com frequência. Muitos destinos, portanto, evitam pensar no risco (*It Won't Happen to Us*) ou evitam agir para evitar que as situações se desenvolvam. A norma Australiana/Neozelandesa observa que a prevenção de riscos pode resultar em: a) decisões para evitar ou ignorar riscos, independentemente das informações disponíveis e dos custos incorridos no tratamento esses riscos; e, b) deixar escolhas/decisões críticas para outras partes. A visão deste relatório é que os governos nacionais são os principais responsáveis por seus destinos turísticos e que evitar riscos não é mais uma opção para a saúde e segurança do turista.

6) Continuidade no Processo de Gestão de Riscos: é necessário monitorar e revisar constantemente cada componente do processo de gestão de risco, especialmente o tratamento ou as medidas de controle, à luz das mudanças nas circunstâncias e nas prioridades do governo federal.

Existem também procedimentos estabelecidos por meio de órgãos governamentais com foco no gerenciamento de Parques Nacionais, como nos Estados Unidos (NPS, 2006). O gerenciamento de risco a desastres naturais segue as diretrizes estabelecidas pelo *National Park Service* (Serviço de Parques Nacionais, em tradução livre), que trabalha diretamente com o Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS – *United States Geological Survey*), bem como com os governos locais, na organização dos procedimentos adotados dentro de Parques Nacionais. Os processos de origem geológica (terremotos, vulcanismo, escorregamentos, inundação, queda de blocos, etc), são considerados com o objetivo de (NPS, 2006):

- Analisar os impactos dos processos naturais e atividades humanas nos recursos geológicos;
- Manter e restaurar a integridade dos recursos geológicos;
- Integrar o gerenciamento dos recursos geológicos no planejamento das operações dos serviços dentro do parque;
- Interpretar os recursos geológicos para os visitantes dos parques.

Os processos geológicos então são levados em conta durante o planejamento e outras atividades de gerenciamento, para reduzir o perigo que pode representar aos visitantes e trabalhadores. A intervenção nos processos geológicos se dará somente quando:

- Mandado pelo Congresso;
- Necessário em emergências que ameçam a vida humana e propriedade;

- Não há outra maneira possível de proteger os recursos naturais, a infraestrutura do parque, ou propriedades históricas; e/ou
- Intervenção é necessária para recuperar as condições e processos impactados, como restaurando o habitat para espécies ameaçadas ou em extinção.
- Processos geológicos naturais, que o parque é obrigado a preservar, pode representar perigo a humanos e infraestrutura do parque.

A gerência dos Parques Nacionais é obrigada a analisar perigos potenciais e, uma vez que os perigos são entendidos, deve minimizar os impactos potenciais a visitantes e funcionários (NPS, 2006). Um exemplo de estudo feito pela gerência de um Parque Nacional nos Estados Unidos, dentro das diretrizes estabelecidas pelo *National Park Service*, foi o estudo de risco a queda de blocos encomendado pelo Parque Nacional de Yosemite, na Califórnia.

O estudo foi feito por pesquisadores (GUZZETTI *et al.*, 2003), com o mapeamento das áreas de risco a queda de blocos dentro do Parque. A análise e mapeamento do risco tiveram os seguintes procedimentos:

- Inventário detalhado dos movimentos das encostas no período de 145 anos (1857 a 2002), na determinação da frequência e magnitude;
- Modelagem utilizando o software *Stone*, no mapeamento das áreas sujeitas a quedas de rocha;
- Retroanálise de eventos na região para a calibração da representatividade do modelo;
- Comparação dos resultados dos modelos com a investigação geomorfológica *in-situ* do risco a queda de bloco;
- Identificação de trilhas e estradas com maior susceptibilidade a ocorrência desses processos.

Estudo semelhante está sendo desenvolvido no Parque Nacional de Calanque, na França, conduzido pelo Serviço Geológico do país (BRGM, 2022). O estudo para a análise do risco a queda de blocos, requisitado pelo Departamento de Mar, Água e Meio Ambiente de *Bouches-du-Rhône*, foi feito para a renovação da autorização da ocupação de áreas públicas em áreas ao longo da costa (por 15 anos), em uma zona exposta a esse tipo de movimento de massa. O método para a identificação e delimitação das áreas é uma adaptação do método *Méthode d'évaluation du zonage de l'alea chute de pierres* - MEZAP (Método de avaliação de zoneamento de perigo de queda de rochas), desenvolvido pelo Serviço Geológico Nacional da França (BRGM, 2022).

Os procedimentos básicos adotados pelo MEZAP no mapeamento de áreas de risco a queda de blocos são (BGRM, 2022):

- Identificação e localização de instabilidades, com a caracterização de compartimentos/volumes detectados;
- Qualificação do risco de ruptura, com a determinação da intensidade, probabilidade e tempo de recorrência;
- Avaliação da propagação, com uma abordagem qualitativa a respeito da trajetória do bloco de rocha.

Ainda com relação a movimentos de massa, com foco especial em escorregamentos e quedas de bloco, o governo do estado da Nova Gales do Sul (*New South Wales – NSW*), na Austrália, desenvolveu um guia com procedimentos de gerenciamento destes tipos de desastres naturais para Parques Nacionais dentro do estado (DPIE, 2022). O guia também se baseia nas diretrizes estabelecidas pelo *Australian and New Zealand Standard for Risk Management AS/NZS 4360:2004*. Os procedimentos adotados pelo governo de NSW seguem os seguintes passos, de uma forma geral (DPIE, 2022):

- 1) **Escorregamentos e queda de blocos são registrados e seu risco avaliado** : os Parques de NSW usam a plataforma *Work Safe Online* no registro de incidentes de queda de blocos e escorregamentos, além do gerenciamento e da classificação qualitativa do risco que esses processos representam, seguindo a Matriz de Risco de Saúde e Segurança da plataforma (baixo, médio, alto ou extremo).
- 2) **Os perigos naturais que apresentam maior risco são gerenciados primeiro** : o Serviço de Parques e Vida Selvagem do Estado (*Natural Parks and Wildlife Service – NPWS*) avalia como prioridade os riscos de escorregamentos e queda de blocos que representam um risco para visitantes do parque (principalmente em locais de alta visitação); trabalhadores e contratados do NPWS que trabalham em parques; e terrenos e propriedades adjacentes aos parques. A avaliação dos riscos de deslizamento de terra e queda de rochas é incorporada às obras planejadas nos parques.
- 3) **A gestão de deslizamentos de terra e desmoronamentos é apoiada por sistemas e aconselhamento especializado** : o NPWS baseia seu gerenciamento de riscos de acordo com: aconselhamento geotécnico especializado; manutenção dos sistemas de dados espaciais para registrar informações sobre escorregamentos e quedas de blocos; reconhecer riscos significativos ou sistêmicos nos Registros de Risco de Fítil onde apropriado; trabalhar para aplicar uma abordagem estratégica para identificar e

gerenciar os perigos naturais em escala de paisagem (vários locais em um parque, parque inteiro ou multiparque).

4) **NPWS segue procedimentos reconhecidos para gerenciar riscos de queda de rochas e deslizamentos de terra:** a abordagem do NPWS para gerenciar os riscos de queda de rochas e deslizamentos de terra é informada por conselhos de especialistas e diretrizes aceitas da indústria preparadas pela *Australian Geomechanics Society* (AGS, 2007):

- Análise de risco: abrange a análise do perigo, de frequência (ou probabilidade), de consequência e a avaliação de risco. O NPWS avalia inicialmente o risco de queda de rochas ou deslizamento de terra por meio da Matriz de Riscos de Saúde e Segurança da *Work Safe Online* (plataforma utilizada pelos Parques Estaduais/Nacionais).
- Avaliação de risco: envolve estimar ou calcular o risco por meio de uma abordagem quantitativa ou qualitativa (ou uma combinação de ambas as abordagens) e avaliar o risco em relação a um limite de tolerabilidade.
- Gerenciamento do risco: inclui a seleção de uma ou mais opções de mitigação de risco, que variam entre aceitar o risco (monitorar de forma contínua), evitar o risco, reduzir a probabilidade do risco, reduzir as consequências do risco, ou transferir o risco.

De uma forma geral, a maioria dos países apresentam no âmbito legal leis específicas que tratam sobre a mitigação de desastres naturais, cuja responsabilidade de aplicação varia entre níveis federal, estadual ou um sistema híbrido entre os dois poderes (IFRC; UNDP, 2014).

De acordo com o relatório feito pela Federação Internacional da Cruz Vermelha em conjunto com o Programa de Desenvolvimento das Nações Unidas intitulado "*Effective law and regulation for disaster risk reduction*" (IFRC; UNDP, 2014), a maioria das legislações dos países dá uma prioridade média para a redução do risco a desastres naturais, como por exemplo o Brasil, Austrália, Estados Unidos e China. Já países como Japão, México e Nova Zelândia, dão alta prioridade a leis relacionadas a redução de risco de desastres (IFRC; UNDP, 2014), o que pode estar relacionado ao extenso histórico de desastres nesses países, especialmente aqueles de causas geológicas endógenas (terremotos, vulcanismo).

A descrição dos critérios utilizados para definir se um país mostra em sua legislação prioridade na redução dos efeitos negativos de desastres com causas naturais são as seguintes (IFRC; UNDP, 2014):

- **Baixa prioridade:** leis focadas no gerenciamento e resposta de emergência a desastres, com foco em uma rápida resposta e recuperação da área atingida, sem focar em medidas de redução de risco.
- **Média prioridade:** países nesse grupo apresentam leis com um foco mais holístico no gerenciamento do risco a desastres, focando em medidas de prevenção, mitigação e de respostas em situações de emergência. Alguns países podem incluir elementos de redução de risco, educação da comunidade e sistemas de alerta, no entanto não é a prioridade ou objetivo central das medidas de resposta a desastre.
- **Alta prioridade:** a legislação de gerenciamento da redução do risco a desastres cobre todos os elementos daquelas de países com média prioridade, mas também dá alta prioridade as medidas de redução de risco, com envolvimento da sociedade e estabelecimento de sistemas de alerta e monitoramento de alta resolução espaço-temporal.

Uma característica entre todos os países com leis relacionadas ao gerenciamento do risco a desastres é que a legislação é utilizada no estabelecimento de um sistema nacional de coordenação do gerenciamento do risco e para estabelecer responsabilidades locais para a implementação de tais leis (IFRC; UNDP, 2014).

Quanto ao risco a desastres em áreas turísticas, legislação para essas áreas não são específicas ou há apenas indicações de guias (*guidelines*) a serem seguidos, geralmente estabelecidos por órgãos governamentais relacionados ao gerenciamento de parques nacionais e áreas públicas com base na legislação nacional (WILKS; MOORE, 2004). Esses guias podem ser feitos em níveis internacionais, nacionais, estaduais, e com base em perigos naturais específicos.

Exemplo de guias estabelecidos a nível internacional é o “*Australian and New Zealand Standard for Risk Management AS/NZS 4360:2004*”, que, de acordo com Wilks e Moore (2004), é adequado para ser aplicado pela indústria do turismo, devido ao conteúdo de passo a passo de como gerenciar o risco em áreas com alta quantidade de visitantes/turistas.

Ainda a nível internacional, o fórum intergovernamental “*Asia-Pacific Economic Cooperation – APEC*” (Cooperação Econômica Ásia-Pacífico) estabeleceu um guia para os países membros, com o objetivo de estabelecer um guia de gerenciamento de risco em áreas turísticas (WILKS; MOORE, 2004). O guia promove uma estrutura prática para áreas turísticas, de como identificar, analisar, avaliar e monitorar os riscos a diversos tipos de desastres dentro do contexto do turismo. Cada país é responsável pelo desenvolvimento, coordenação e implementação das leis relacionadas a desastres, esse guia somente estabelece essa estrutura para as regiões, com

sugestões de como fazer essa análise, podendo ser acatada ou não pelos países membros (WILKS; MOORE, 2004).

Já a nível nacional, como já mencionado anteriormente, diversos países possuem leis específicas para o gerenciamento de desastres. Com foco específico em áreas turísticas, o país asiático Butão é um exemplo de implementação de plano de contenção e gerenciamento de desastres com foco em áreas turísticas, com o desenvolvimento do “*Disaster Management and Contingency Plan – DMCP*” pelo Conselho de Turismo de Butão em 2021 (*Tourism Council of Bhutan*, 2001), uma vez que o país possui economia baseada no turismo e é suscetível a ocorrência de desastres naturais devido à sua geomorfologia e clima úmido. Esse guia focado em áreas turísticas foi estabelecido com base no Ato de Gerenciamento de Desastres de 2013 no país, que requer que diferentes agências/órgãos do governo preparem planos de contingência para gerenciamento de desastres (*Tourism Council of Bhutan*, 2001).

Os Estados Unidos também é exemplo de coordenação de medidas de gerenciamento a desastres naturais em áreas turísticas a nível nacional, por meio do “*National Park Service – NPS*” (Serviço de Parques Nacionais), de acordo com o guia de gerenciamento do sistema de parques nacionais (NPS, 2006), sob responsabilidade do Departamento de Interior dos Estados Unidos. O serviço trabalha de forma próxima aos governos federal, estaduais e locais, além do Serviço Geológico dos Estados Unidos (*United States Geological Survey – USGS*), que é responsável pelo monitoramento de desastres naturais no país, no desenvolvimento de estratégias de gerenciamento, identificação e de mapeamento de risco em áreas turísticas em parques nacionais do país (NPS, 2006).

Como ressaltado anteriormente, o Japão é um dos países com legislação mais avançada no que tange ao gerenciamento de desastres naturais. No entanto, o desenvolvimento de guias e estruturas de identificação, mapeamento e gerenciamento de risco no setor turístico é de responsabilidade de órgãos estaduais e locais (UNDRR, 2022). A prefeitura de Okinawa é um exemplo desse modelo, com o desenvolvimento do “*Okinawa Tourism Crisis Management Plan*” (Plano de gerenciamento de crise no setor turístico de Okinawa, em tradução livre), devido à economia da região/distrito amplamente dependente do turismo, que foi impactada após o Tsunami de 2011 na região. O objetivo desse plano é reduzir o risco a desastres e preparar para potenciais eventos críticos no setor turístico (UNDRR, 2022).

O estado australiano de *Western Australia*, com base no “*Australian and New Zealand Standard for Risk Management AS/NZS 4360:2004*”, estabeleceram o guia de *Visitor Risk Management and Public Liability* (Gerenciamento de risco a visitante e responsabilidade pública,

em tradução livre) por meio do Departamento de conservação e gerenciamento da terra do estado de *Western Australia* (WA DEPARTMENT OF CONSERVATION AND LAND MANAGEMENT, 1998). O guia cobre uma série de projetos de melhores práticas, que tem como objetivo a diminuição e o gerenciamento do risco a desastres a qual turistas estão expostos em áreas de parques nacionais no estado, assim como em atividades ao ar livre de recreação.

Ainda na Austrália, o governo estadual de *New South Wales* (Nova Gales do Sul), estabeleceu um guia focado em desastres em áreas turísticas, com foco em escorregamentos (deslizamentos de terra) e queda de blocos de rocha, por meio do *National Parks and Wildlife Service - NPWS* (Serviço de Parques Nacionais e Vida Selvagem, em tradução livre) do Departamento estadual de Planejamento, Indústria e Meio Ambiente. (DPIE, 2022). O objetivo desse guia é gerenciar o risco a esses processos, com base na identificação sistemática do perigo, análise do risco, considerar as opções de gerenciamento possíveis e fazer decisões com base no princípio de *As Low As Reasonably Practicable – ALARP* (Mais baixo quanto o razoavelmente praticável, em tradução livre) (DPIE, 2022).

Fica evidente, portanto, que os guias e estruturas de gerenciamento de risco focada em áreas turísticas são baseadas nas leis nacionais de gerenciamento de desastres naturais, e têm como foco a utilização dessas leis no estabelecimento de melhores práticas e de métodos de avaliação de perigo a desastres dentro de áreas turísticas. Os planos variam de acordo com o país e de acordo com os específicos desastres que ocorrem nesses países. Desta forma, os guias e diretrizes de risco a desastres em áreas turísticas deve levar em conta o cenário local e, como ressaltado por Mitroff e Pearson (1993), não há um plano de gerenciamento de risco universal, devido à diferentes circunstâncias locais e devido aos diferentes perigos naturais de cada região.

3.2. Avaliação da Geodiversidade e do Patrimônio Geológico

As pesquisas para avaliação da Geodiversidade e do patrimônio geológico no Brasil têm crescido de forma significativa nos últimos dezesseis anos, que se concretizou no Brasil de forma mais organizada a partir de 2006 por meio do Programa de Geoparques do Serviço Geológico do Brasil (SGB/CPRM), que contribuiu para a realização de diagnósticos da Geodiversidade, desenvolvimento de metodologias específicas aplicadas ao Brasil e criação de dezenas de projetos de Geoparques espalhados pelo Brasil (SGB/CPRM, 2016-2022; NASCIMENTO, DA SILVA, REIS, 2020; GARCIA, 2021). Contudo, as pesquisas de avaliação de riscos geológico-geotécnicos nestas áreas rurais e turísticas não se desenvolveru da mesma forma, expondo uma carência nas práticas de geoconservação, que é transformar um lugar muitas vezes remoto em um local

frequentado por civis, podendo estar os mesmos expostos a perigos geológicos, sem que estes sejam avaliados e seu risco calculado.

A Geoconservação, como novo ramo das Geociências, tem por finalidade desenvolver estudos sobre o diagnóstico, conservação e promoção da geodiversidade e do geopatrimônio, (GARCIA, 2021), avaliando a importância e relevância científica dos geossítios existentes em cada área e estabelecendo um plano de manejo para o gerenciamento das atividades sociais, econômicas e ambientais que integram o focal, com os tipos de uso, seja ele científico, turístico e/ou educativo. Brilha (2009) ressalta a importância das inúmeras conexões entre a geoconservação, as ações educativas e de desenvolvimento da pesquisa em Geociências, com as políticas públicas de conservação da natureza e do ordenamento territorial.

Segundo Gordon et. al (2022), a geoconservação tem sido definida como “a conservação da geodiversidade devido aos seus valores intrínsecos, ecológicos e (geo)patrimoniais” (SHARPLES, 2002). Essencialmente, a geoconservação em áreas protegidas compreende as ações que promovem a conservação, valorização e promoção da geodiversidade e do geopatrimônio. A geoconservação relaciona-se, portanto, principalmente com a conservação de características e/ou elementos que tenham valor geológico ou geomorfológico especial. A geoconservação pode ajudar a manter a biodiversidade e o funcionamento de ecossistemas saudáveis, assim como a conservação do patrimônio geológico, como consequência resguardar a história da Terra, uma vez que a geodiversidade é a base da biodiversidade.

Ainda segundo Gordon et. al (2022), a geodiversidade tem um importante valor ecológico no apoio à biodiversidade e ao funcionamento dos ecossistemas. A diversidade de substratos, geoformas e solos, juntamente com processos como a circulação de água e a disponibilização, erosão e deposição de sedimentos, fornece as bases para habitats e espécies e para o funcionamento dos ecossistemas. Em muitos ambientes, os complexos padrões topográficos de micro e macro escalas, processos geomorfológicos e pedológicos e regimes de perturbação proporcionam condições para uma alta riqueza de espécies e diversidade de habitats. A relação entre os elementos da geo e biodiversidade é essencial para o conceito de ecossistema. O termo recentemente criado “conservação do paleo da natureza” baseia-se no fato de que a flora e a fauna são os “atores”, tendo a geodiversidade como o “palco” no qual eles prosperam. Assim, a conservação da biodiversidade é mais efetiva quando se conserva todo o enquadramento, particularmente em tempos de mudança climática quando uma série de habitats podem ter de ser realocados para garantir a sobrevivência de plantas e animais (ANDERSON, FERREE, 2010; GROSS et al., 2016).

O geoturismo, por sua vez, é uma ferramenta que vem sendo usada para promover a geodiversidade e o geopatrimônio, tendo como premissa fundamental o benefício socioeconômico das comunidades envolvidas e ligação direta com a educação ambiental e em geociências, e como consequência gerando o desenvolvimento sustentável (GARCIA, 2021). Muitas vezes já são áreas visitadas intensamente, mas sem que as atrações ligadas a geodiversidade sejam valorizadas, diretamente relacionado à falta de estudos que identifiquem e avalie esse geopatrimônio e de estratégias direcionadas para a promoção da divulgação e educação destes aspectos, além da ausência de avaliação detalhada dos riscos geológico-geotécnicos que estão expostas.

Mesmo com estas iniciativas, ainda há no Brasil um desconhecimento de sua geodiversidade, verificada claramente pela cobertura do mapeamento geológico do território brasileiro, perfazendo somente 23% na escala 1:100.000 e cerca de 3% na escala 1:50.000, que são escalas de mapeamento regional (CARNIEIRO et al., 2019). Essa situação dificulta o conhecimento dos diversos geossítios que necessitam ser caracterizados e avaliados para sua conservação, considerando tanto aspectos científicos como de educação, assim como para a avaliação de riscos geológico-geotécnicos que o público visitante está exposto em relação a processos geológicos e hidrológicos.

O patrimônio geológico de São José da Barra e cidades adjacentes são excepcionais. Os cânions da Represa de Furnas representam um patrimônio tectônico, onde é possível verificar as diversas fases de deformação da rocha e seus processos, com belíssimos exemplos de dobras, falhas e fraturas, que, inclusive, condicionam o relevo e as feições nas rochas, além da geomorfologia local e regional. Os locais que são utilizados pelo turismo em São José da Barra são referentes ao turismo natural e ao geoturismo, todos com geologia e hidrologia envolvidas. A sociedade vive em função do turismo, sendo a principal atividade econômica da região e, portanto, deve-se utilizar o local com consciência, educação e informação.

Com o acidente do dia 08 de janeiro de 2022 viu-se a necessidade de compreender os processos relacionados a queda de blocos na região e, juntamente com o patrimônio geológico, de se identificar os riscos e o uso turístico. A geologia local é muito peculiar, retratando fases de deformação denominada de *Mappe geológica*. Uma *Mappe* pode ser conceituada como uma massa rochosa tabular alóctone, bem refletida na geomorfologia local, uma formação que é empurrada pela tectônica normalmente de grande extensão, apresentando estruturas dobradas recumbentes (fechadas e deitadas) e falhas horizontalizadas com grandes rejeitos, decorrentes de vergência dirigida.

As feições encontradas no cânion do Vale dos Tucanos e do Morro dos Cabritos em São José da Barra são recorrentes em toda região, não acarretando um valor científico alto, portanto pode e deve ser usado para turismo e para geoturismo, sem haver risco de degradação antrópica, apenas o natural. Seu uso com educação e ética gera a conservação do local. As intervenções que podem ser realizadas no local são para prevenção de acidentes, como colocação de telas de contenção. O desmonte não é recomendado por se tratar de um patrimônio natural, mas caso seja necessário para a segurança dos turistas, pode ser realizado com avaliação de equipe técnica especializada.

Recomenda-se, ainda, a capacitação em geologia para os guias, marinheiros e empresários locais, juntamente com a defesa civil, para compreensão da geodiversidade da região. Em complemento, a elaboração de material de divulgação para o público geral é altamente recomendada como forma de valorizar as informações e implementar o geoturismo na região, com informação para a população e consequente educação.

3.3. Caracterização Geológico-Geotécnica e Estrutural do Maciço Rochoso dos Cânions

Segundo Heilbron et al. (2007), as rochas observadas na região de São José da Barra (MG) são compostas pelos metassedimentos do Grupo Araxá, caracterizadas por quartzitos, xistos e gnaisses, e estão inseridos no contexto tectônico da *Nappe* de Passos. Os quartzitos são as rochas que mais predominam no entorno da Represa de Furnas e são amplamente denominados de Quartzito Furnas. Apresentam, em geral, cor branca e granulação fina, sendo marcados por uma forte foliação (plano formado pela deformação e metamorfismo) sub-horizontal. Esta rocha é comumente conhecida pela denominação comercial de “Pedra Mineira” ou “Pedra São Tomé”, sendo que seu aspecto foliado facilita o desmonte em forma de placas, ou seja, se deslocam ao longo dos planos de foliação sub-horizontais. A região de estudo se insere no município de São José da Barra, geologicamente incluído no Domínio Interno da *Nappe* de Passos, região sul do estado de Minas Gerais, Folha Alpinópolis (SF.23-V-B-V).

O pacote principal do Quartzito Furnas tem espessura que vai de 30-100 m, sempre com granulação fina, sendo frequentemente intercalado com camadas centimétricas a métricas de muscovita-xisto e muscovita-quartzo xisto. Minerais pesados, opacos e de coloração mais escura são responsáveis por marcar o bandamento no quartzito. No contexto da evolução geológica e tectônica das rochas do Grupo Araxá pode-se destacar quatro fases de deformação:

- deformações D1 e D2, que correspondem às fases de mais intensa deformação, se desenvolveram sob condições de temperaturas elevadas (400-750 °C) conduzindo à

formação dobras recumbentes, apertadas a isoclinais e uma foliação composta (foliações S1 e S2) que é paralela à estratificação primária (S0). Essa foliação composta apresenta mergulhos suaves, sendo a responsável pela propriedade de deslocamento dos quartzitos. Nas proximidades de zonas de charneiras das dobras D2, geralmente se observa uma forte foliação S2, produto da crenulação apertada da foliação S1;

- deformações D3 e D4, correspondendo a deformações tardias, se desenvolveram em temperaturas mais baixas (< 400 °C) gerando dobras abertas a suaves, empinadas, sendo as dobras D3 com superfícies axiais íngremes de direção predominante NW-SE e eixos suaves com esta mesma direção. A deformação D4 apresenta também dobras abertas a suaves com eixos em torno de N10W-N20E. Falhas paralelas à superfície axial destas dobras são frequentes em ambas as fases. A interferência das dobras das fases D3 e D4 gera tipicamente o padrão em domos e bacias.

As unidades geológicas da região, em especial o Quartzito Furnas, sofreram diversas fases de deformações causadas pelos esforços oriundos da tectônica de placas, que acarretou a geração de diversas fraturas (falhas e juntas), responsáveis pelo alto grau de fraturamento das rochas. Assim, quando observado o maciço rochoso composto pelo Quartzito Furnas, verifica-se um alto grau de fraturamento, com a presença de diversas famílias de fraturas, com direções e mergulhos variados. O padrão de fraturamento do quartzito favorece processos geológicos naturais superficiais, como as quedas, deslocamentos, tombamentos de blocos e escorregamentos, principalmente em taludes de corte em estradas e nos taludes naturais dos cânions da região ao longo da Represa de Furnas. Vale ressaltar que, a depender da direção e inclinação do talude, as famílias de fraturas podem favorecer ainda mais os processos naturais supracitados.

Os dados estruturais obtidos nos cânions do Vale dos Tucanos e do Morro dos Cabritos possibilitaram a identificação de 4 famílias de fraturas sistemáticas (se repetem) ao longo do Quartzito Furnas, sendo elas (**Figuras 3.3-1 a 3.3-4**):

- Família F1: são fraturas sub-horizontais, frequentemente associada ao fraturamento junto ao plano de foliação, apresentando altitudes variadas, essencialmente sub-horizontais, sendo que a orientação preferencial obtida no estereograma é N45W/125W no caso do cânion do Vale dos Tucanos e com ângulo de mergulho de até 25 graus, sendo que a orientação preferencial obtida no estereograma é N-S no Morro dos Cabritos. As finas camadas de xisto intercaladas com os pacotes de quartzito condicionam abertura de planos sub-horizontais relacionados com a foliação, por vezes abertas e já com a parte xistosa erodida;

- Família F2: no caso do Vale dos Tucanos são fraturas de direção preferencial NW-SE, com ângulos de mergulho variando de 80-90 e, por vezes, 60, mergulhando preferencialmente para NE. Já no Morro dos Cabritos são fraturas de direção preferencial N-S, com ângulos de mergulho variando de 75-90, mergulhando preferencialmente para Oeste;
- Família F3: o Vale dos Tucanos apresenta direção preferencial Leste-Oeste, mergulhando para Norte e, com ângulos de mergulhos subverticais, variando de 70 a 90. E o Morro dos Cabritos apresenta direção preferencial Leste-Oeste, mergulhando para Sul e, com ângulos de mergulhos subverticais, variando de 75 a 85;
- Estruturas singulares associadas a falhas geológicas de direção NW-SE que condicionam o formato do cânion, sua entrada e podem ser averiguados *in situ* os degraus no afloramento.

O maciço rochoso na região de estudo está condicionado, principalmente, por fraturas subverticais de direção NNW-SSE, com poucas fraturas E-W sub-horizontais e secundariamente pelas fraturas sub-horizontais associadas com o rompimento junto aos planos de foliação. Essas famílias de fraturas, bem evidentes nos afloramentos de rocha, condicionam a formação de blocos regulares variando entre formas parecidas a paralelepípedos.

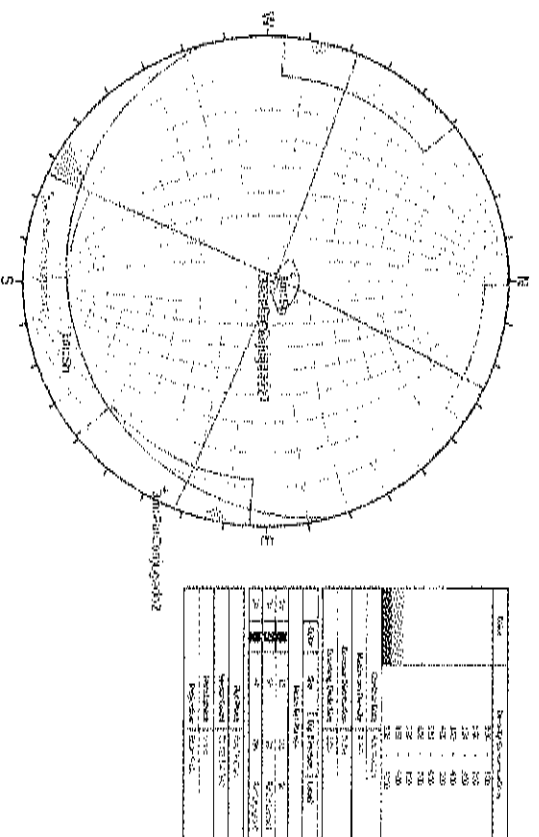


Figura 3.3-1. Estereograma com o padrão geral do naciço rochoso da área estudada no Vale dos Tucanos (n=23), indicando a direção preferencial das fraturas NNE-SSW (F2) subverticais e SE-NW representando as fraturas do tipo par conjugado e as fraturas sub-horizontais indicando o plano de foliação preferencial (F1).



Figura 3.3-2. Padrão geral de fraturamento do Quartzito Furnas no cânion do Vale dos Tucanos. Observa-se na figura, as famílias de fratura de caráter sub-horizonta F1 (em amarelo) e de caráter subvertical a vertical F2 e F3 (em vermelho).

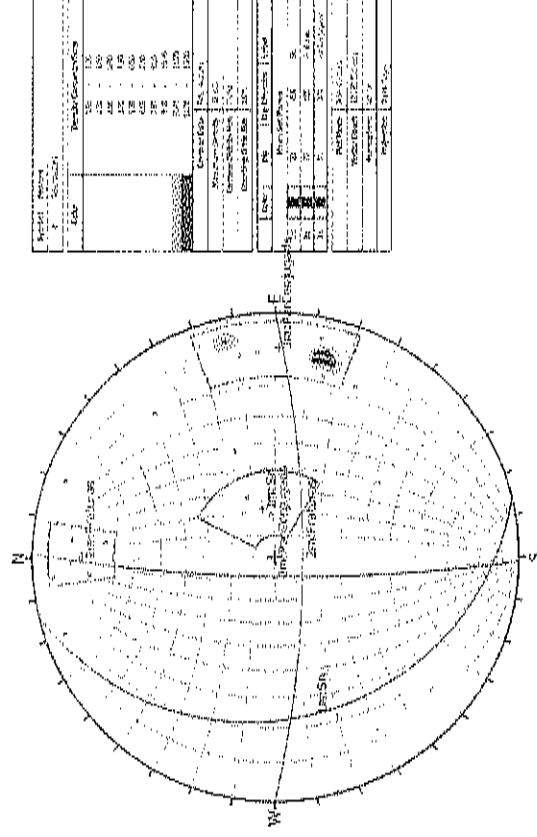


Figura 3.3-3. Estereograma com o padrão geral do maciço rochoso da área estudada no Morro dos Cabritos (n =23), indicando a direção preferencial das F1 (1m no estereograma) relacionadas a Sn, sub-horizontais e fraturas N-S (F2-2m) subverticais. E as fraturas do tipo par conjugado com direções preferenciais E-W, subverticais F3 (3m).



Figura 3.3-4. Padrão geral de fraturamento do Quartzito Furnas no cânion do Morro dos Cabritos. Observa-se na figura as famílias de fratura de caráter sub-horizonta|F1 (em amarelo) e de caráter subvertical a vertical F2 e F3 (em vermelho). Apresenta fraturas abertas e de grandes dimensões nas direções preferenciais.

Além das famílias de fraturas sistemáticas presentes (F1, F2 e F3), algumas estruturas singulares (falhas geológicas) foram identificadas no maciço rochoso do cânion do Vale dos Tucanos (**Figura 3.3-5**). Essa falha condiciona o formato do cânion, sua evolução geológica e geomorfológica e os processos erosivos. Observa-se que essa falha de direção NW-SE condiciona a geometria do cânion, e suas extremidades laterais na esquerda e na direita, formando paredes de rocha retilíneas (**Figura 3.3-5**).

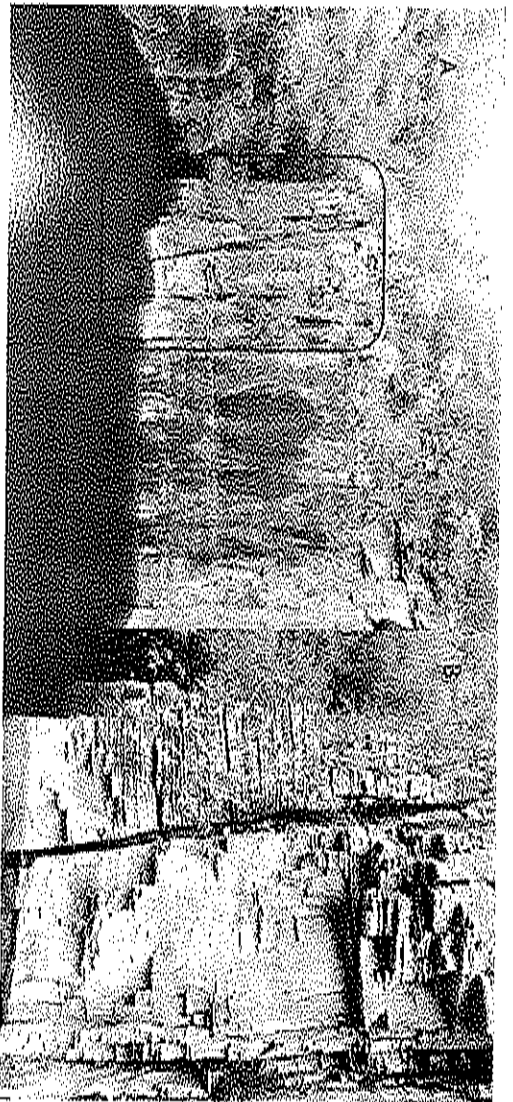


Figura 3.3-5. Falha do lado esquerdo da foto que condiciona o cânion, com direção N175, ou seja, NW-SE. Pode ser observado que os paredões que apresentam espaçamento já alto na fratura e está inclinado é paralelo a falha (A) e detalhe da falha e da fratura (B).

Algumas porções do cânion do Vale dos Tucanos apresentam graus de fraturamento maiores no maciço, com fraturas menos espaçadas e um paredão menos coeso (**Figura 3.3-6**), com diminuição no espaçamento entre as fraturas. A predominância são as fraturas subverticais de direção NW-SE, conforme pode ser observado em afloramento e em detalhe (**Figura 3.3-7**). Na entrada deste cânion existe um grande paredão com as fraturas subverticais e deslocamentos na foliação (**Figura 3.3-8**).

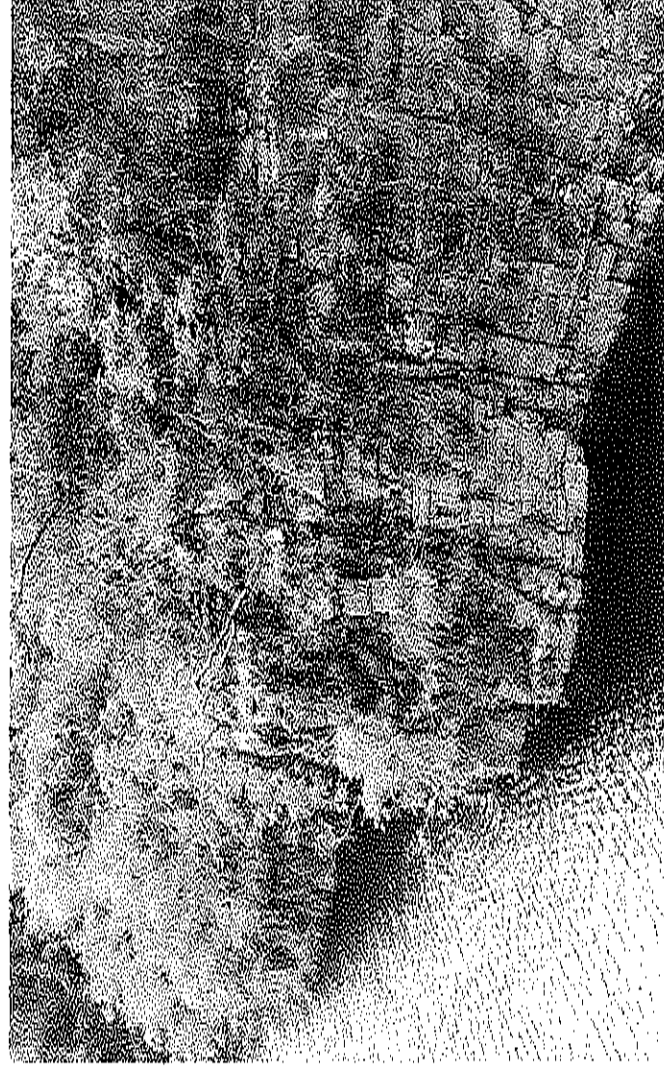


Figura 3.3-6. Porção mais fraturada do maciço, menos coeso, com menor espaçamento entre as fraturas subverticais (em vermelho). A falha de direção NW-SE também influenciaram os taludes, deixando-os com padrão retilinear, na direção do cânion.

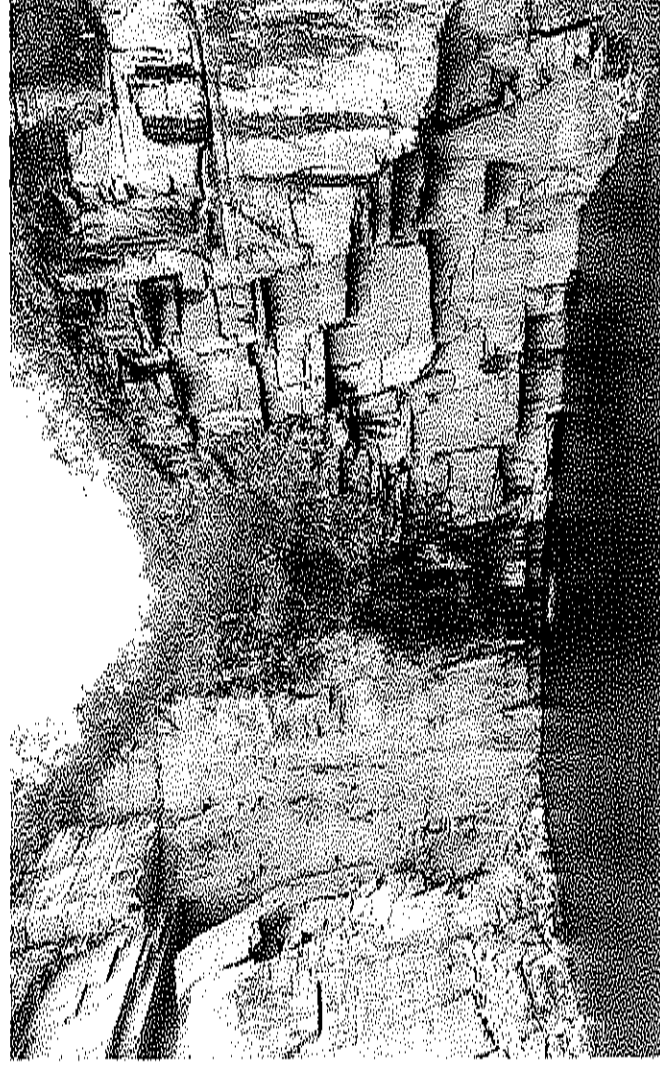


Figura 3.3-7. Paredeão na entrada do cânion com deslocamentos na foliação, sub-horizontal e fraturas subverticais.

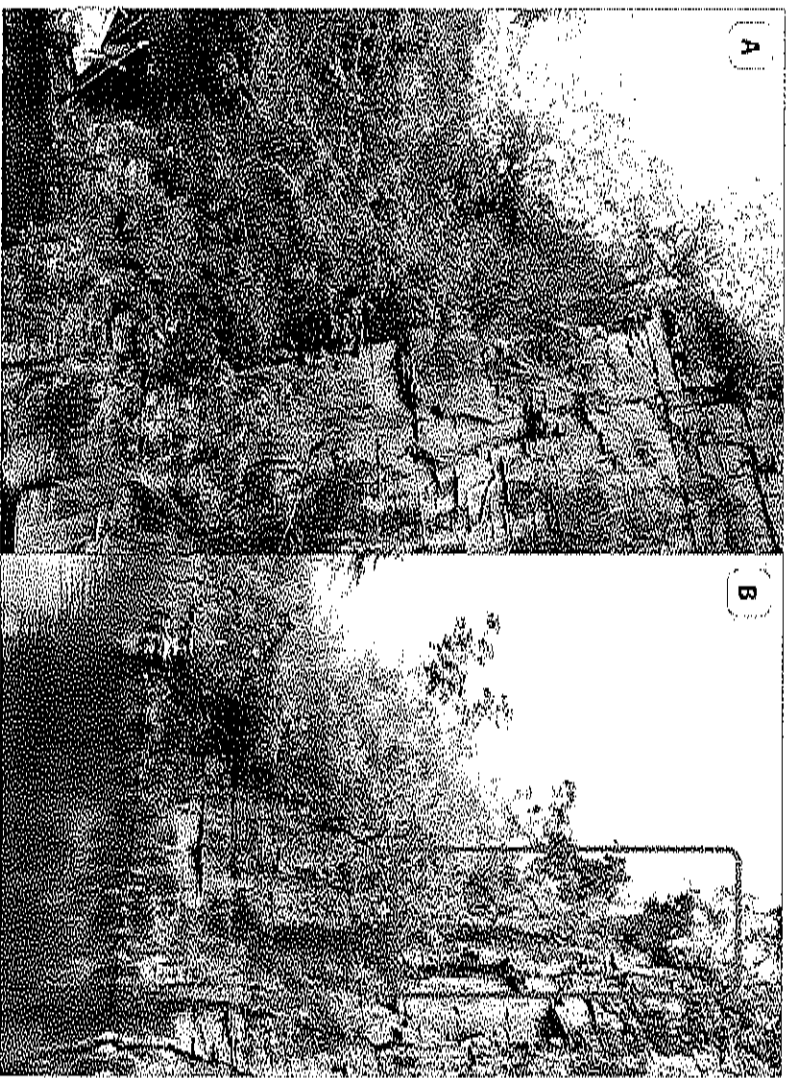


Figura 3.3-8. Detalhe do grau de fraturamento e sua influência no deslocamento. Foto A evidencia a parte superior mais fraturada e foto B detalhes de compartimentação de blocos, na parte baixa mais coesa e na parte superior em vermelho mais fraturado.

No cânion do Morro dos Cabritos, as principais famílias presentes também são F1, F2 e F3, (**Figura 3.3-9**). Essas fraturas condicionam o formato do cânion, sua evolução geológica e geomorfológica e os processos erosivos. Observa-se que as direções das fraturas condicionam a geometria do cânion, e suas extremidades laterais na esquerda e na direita, formando paredes de rocha retilíneas (**Figura 3.3-9**).

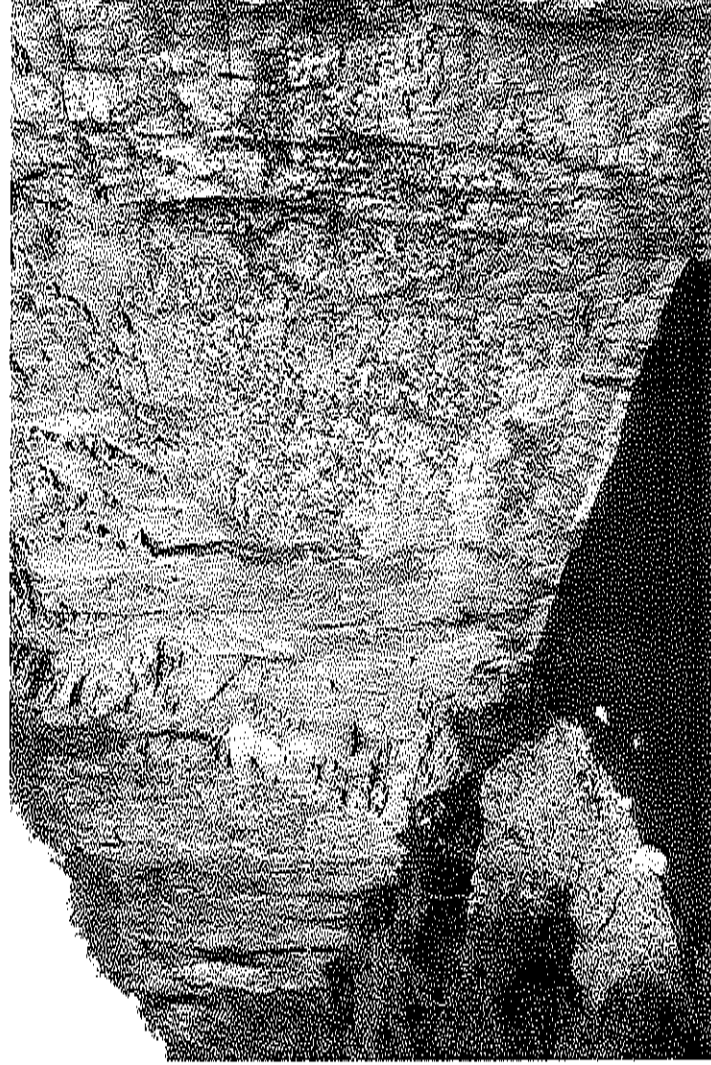


Figura 3.3-9. Fraturas na parede do cânion, de direção N-S, que condicionam o paredão retilíneo. Pode ser observado que os paredões apresentam fraturas com espaçamento diferente a depender da qualidade do maciço.

Algumas porções do cânion apresentam graus de fraturamento maiores no maciço, com fraturas menos espaçadas e um paredão menos coeso (Figura 3.3-10), com diminuição no espaçamento entre as fraturas. A predominância são as fraturas subverticais de direção N-S, conforme pode ser observado em afloramento e em detalhe.



Figura 3.3-10. Porção mais fraturada do maciço, menos coeso, com menor espaçamento entre as fraturas subverticais (em vermelho).

3.4. Ensaios in situ

Trinta e três campanhas de amostragens com o martelo de Schmidt foram realizadas nos cânions avaliados da represa de Furnas. A **Tabela 3.4-1** traz os resultados do ensaio e as estimativas da resistência à compressão uniaxial (RCU) e dos parâmetros geomecânicos JCS – resistência à compressão das paredes das descontinuidades e seus ângulos de atrito residual e de pico. Importante ressaltar que a estimativa do ângulo de atrito de pico considerou um plano de descontinuidade (1 m^2), com 20° de mergulho, sob uma coluna de rocha de 35 metros de altura.

Os valores de repiques finais do ensaio apresentaram variação entre 85,5 e 5,5 (**Figura 3.4-1**). Da mesma maneira, as propriedades e os parâmetros estimados indicaram amplo aspecto de respostas físico-mecânicas dos materiais rochosos investigados. Em outras palavras, gradando de alta resistência a baixa resistência (**Tabela 3.4-1**). Conforme análise dos resultados, os graus de alteração foram indicados para a rocha quartzítica e as suas particularidades observadas em campo (**Figuras 3.4-2 e 3.4-3; Tabela 3.4-2**). Esses resultados compõem informações que subsidiaram as classificações geomecânicas e análises de estabilidade abordadas no relatório final.

Importante ressaltar que os valores das propriedades mecânicas da rocha e da descontinuidade são aproximações, estimativas de um valor real. Blocos de rocha foram coletados

pela equipe durante os trabalhos de campo para realização de ensaios laboratoriais para futuras publicações científicas, portanto é esperado adequações e ajustes nos valores apresentados nas Tabelas 3.4-1 e 3.4-2.

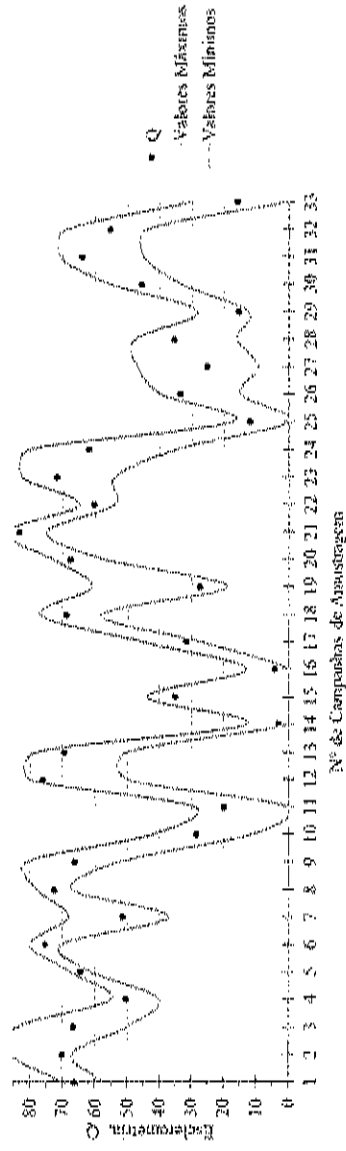
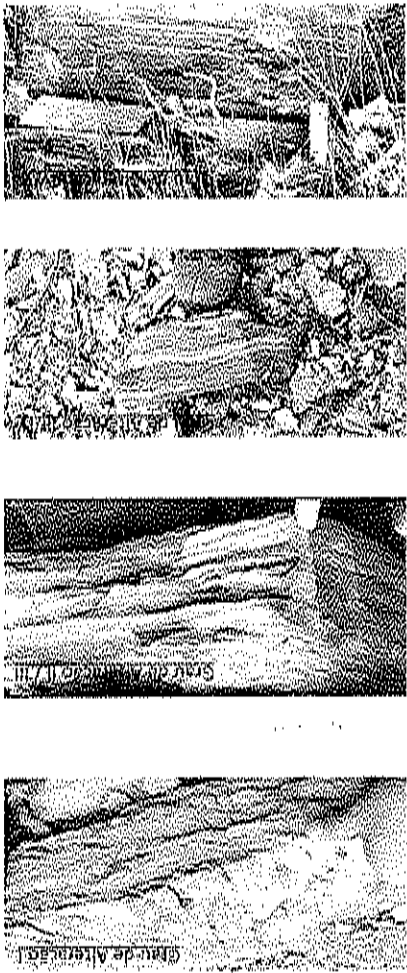


Figura 3.4-1. Ensaio de esclerometria: valores de repique ao longo das campanhas de amostragem.

Tabela 3.4-1. Ensaio de esclerometria e estimativas de propriedades mecânicas

Id	Estrutura/Bloco			Ensaio de Esclerometria de Campo				Estimativas		
	DipDir	Dip	Set	Requie Final(Q)	Maior valor	Menor valor	DP	RCU (MPa)	Phi R, (°)	Phi P (°)
1	130	90	?	66,4	70,0	57,5	11,0	164,2	25,6	61,4
2	160	90	?	70,1	86,0	67,0	10,8	217,3	26,5	63,2
3	10	30	Sn	66,7	84,0	50,0	13,4	167,9	25,7	61,5
4	350	25	Sn	50,4	55,0	40,0	7,9	61,3	21,8	54,2
5	262	80	?	64,4	67,5	61,1	9,1	140,9	25,1	60,4
6	330	85	?	75,3	80,0	70,0	11,5	250,0	27,7	64,9
7	185	20	Sn	51,4	68,0	37,0	11,1	64,8	22,1	54,6
8	50	75	?	72,4	78,0	67,0	10,6	194,8	27,0	63,4
9	60	5	Sn	66,2	81,0	52,0	11,5	161,3	25,6	61,3
10	190	90	?	28,3	42,0	11,0	9,6	20,4	16,7	45,2
11	25	15	Sn-X	19,9	29,0	0,0	5,8	12,3	14,7	41,4
12	10	15	Sn	76,1	80,0	50,0	13,4	241,2	27,9	65,0
13	15	20	Sn	69,3	78,0	50,0	12,2	211,4	26,3	62,9
14	25	15	Sn-X	3,1	13,0	0,0	5,8	1,5	10,7	30,2
15	346	15	Sn	34,9	44,0	0,0	9,4	28,6	18,2	47,9
16	352	5	Sn-X	4,3	13,0	0,0	4,9	2,2	11,0	31,7
17	350	5	Sn	31,7	45,0	27,0	6,2	24,3	17,5	46,6
18	328	85	?	68,7	77,0	58,0	9,8	199,7	26,2	62,6
19	260	75	?	27,3	61,0	19,0	8,9	19,2	16,4	44,7
20	260	75	?	67,6	73,0	57,0	9,5	180,8	25,9	62,0
21	260	75	?	83,3	88,0	75,0	9,8	260,4	29,6	66,9
22	28	8	Sn	60,4	65,0	54,0	7,2	107,9	24,2	58,5
23	193	75	?	71,9	82,5	54,0	11,0	233,1	26,9	63,9
24	193	75	?	62,0	80,5	34,5	16,0	119,6	24,6	59,2
25	350	5	Sn	12,0	17,5	0,0	7,3	6,6	12,8	37,4
26	5	10	Sn	33,5	39,5	15,0	7,2	26,6	17,9	47,3
27	53	85	??	25,1	47,0	9,5	8,0	17,0	15,9	43,8
28	152	85	?	35,4	48,0	16,0	4,6	29,2	18,3	48,1
29	320	75	?	15,4	28,0	12,5	4,9	8,9	13,6	39,2
30	160	35	?	45,7	55,0	33,0	7,6	48,5	20,7	52,3
31	240	85	?	64,1	71,0	45,0	8,5	138,5	25,1	60,2
32	220	50	?	55,5	69,0	44,0	8,7	80,8	23,1	56,3
33	330	75	?	15,9	30,0	0,0	8,1	9,2	13,7	39,5

Obs: RCU – resistência à compressão uniaxial (parâmetro fCS), DP – desvio padrão, Phi R – ângulo de atrito residual, Phi P – ângulo de atrito de pico, DipDir – rumo do mergulho, Dip – mergulho, Set – família de descontinuidade, Sn – foliação, Sn-X – foliação xistos:



Grau de Alteração I - Rocha são
 Sem evidências de alteração na matriz da rocha, minerais apresentam brilho e resistente ao golpe do martelo de geólogo.

Grau de Alteração II - Rocha pouco alterada
 Evidências de alteração na matriz da rocha, minerais com perda de brilho, pouca descoloração e impregnados de óxidos-hidroxídicos de ferro (tons amarelados-marrons), lascas se formam com vários golpes do martelo de geólogo.

Grau de Alteração III - Rocha moderadamente alterada
 Evidências de alteração na matriz da rocha, minerais sem brilho, descoloridos e impregnados de óxidos-hidroxídicos de ferro (tons amarelados-marrons), cavidade ríscas e remove alguns minerais, poucos golpes do martelo de geólogo quebram amostras, resiste a pressão das unhas e dedos.

Grau de Alteração IV - Rocha muito alterada
 Minerais alterados na matriz rochosa, minerais sem brilho, descoloridos e impregnados de óxidos-hidroxídicos de ferro (tons amarelados-marrons), cavidade ríscas, quebra facilmente ao golpe do martelo de geólogo, resiste parcialmente a

Grau de Alteração V - Rocha completamente alterada
 Minerais pulverulentos e friáveis na matriz rochosa, impregnados de óxidos-hidroxídicos de ferro (tons amarelados-marrons), cavidade provoca sulcos, quebra facilmente a pressão das unhas e dedos.

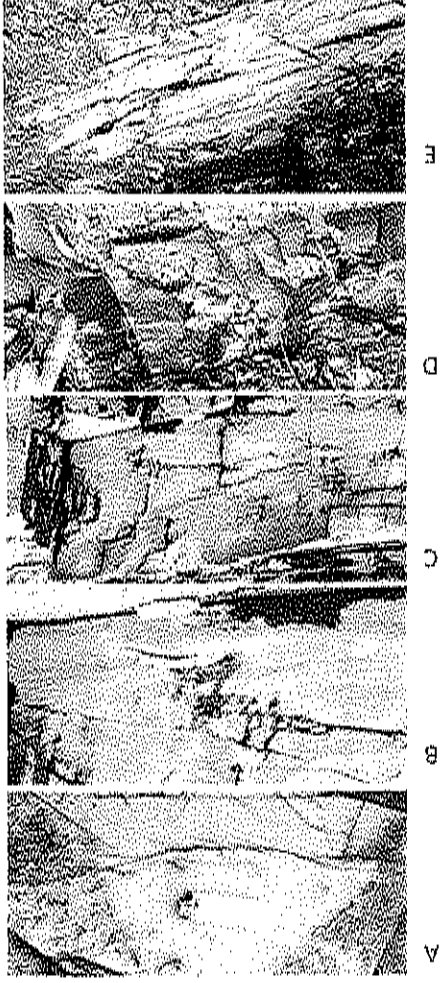


Figura 3.4-2. Graus de alteração do quartzito Furnas (q) (A-E) e particularidades da alteração da foliação quartzítica - xistosa (qx) (F-I).

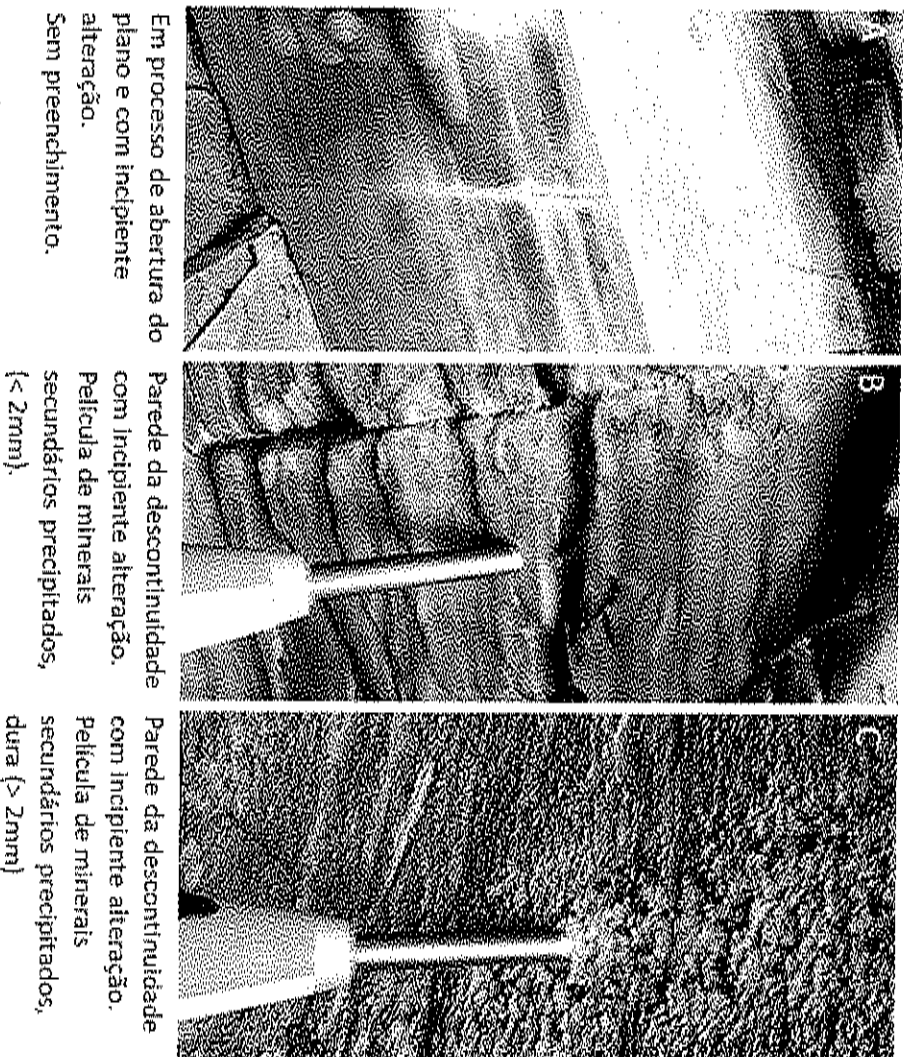


Figura 3.4-3. Particularidades das paredes das descontinuidades subverticais.

Tabela 3.4-2. Síntese da Investigação Geológico-Geotécnica.

Graus de Alteração	Esclerometria (Q)		Resistência à Compressão Uniaxial (MPa)		Ângulo de Atrito Residual		Ângulo de Atrito de Pico	
	Valores médios de repique	Intervalo	Valores médios estimados	Intervalo	Valores médios estimados	Valores médios estimados	Valores médios estimados	
I	76,6	> 71	246,2	> 230	28,0	65,2		
II	68,4	71 - 66	187,2	230 - 160	26,1	62,3		
III	58,3	66 - 50	102,0	160 - 60	23,7	57,6		
IV	32,7	50 - 25	26,7	60 - 20	17,7	47,0		
V	11,8	< 25	6,8	< 20	12,8	36,6		

Obs.: I – rocha sã, II – pouco alterada, III – moderadamente alterada, IV – muito alterada, V – completamente alterada.

3.5. Compartimentação e Classificação Geomecânica dos Paredões dos Cânions

A compartimentação e classificação geomecânica foi dividida para cada cânion de forma individual, conforme apresentado a seguir:

3.5.1. Compartimentação do Vale do Tucano

O cânion Vale dos Tucanos foi dividido em seis (6) compartimentos geomecânicos, cujos limites são mostrados na Figura 3.5.1-1. Cada compartimento foi, então, subdividido em zonas estruturais de menor dimensão.

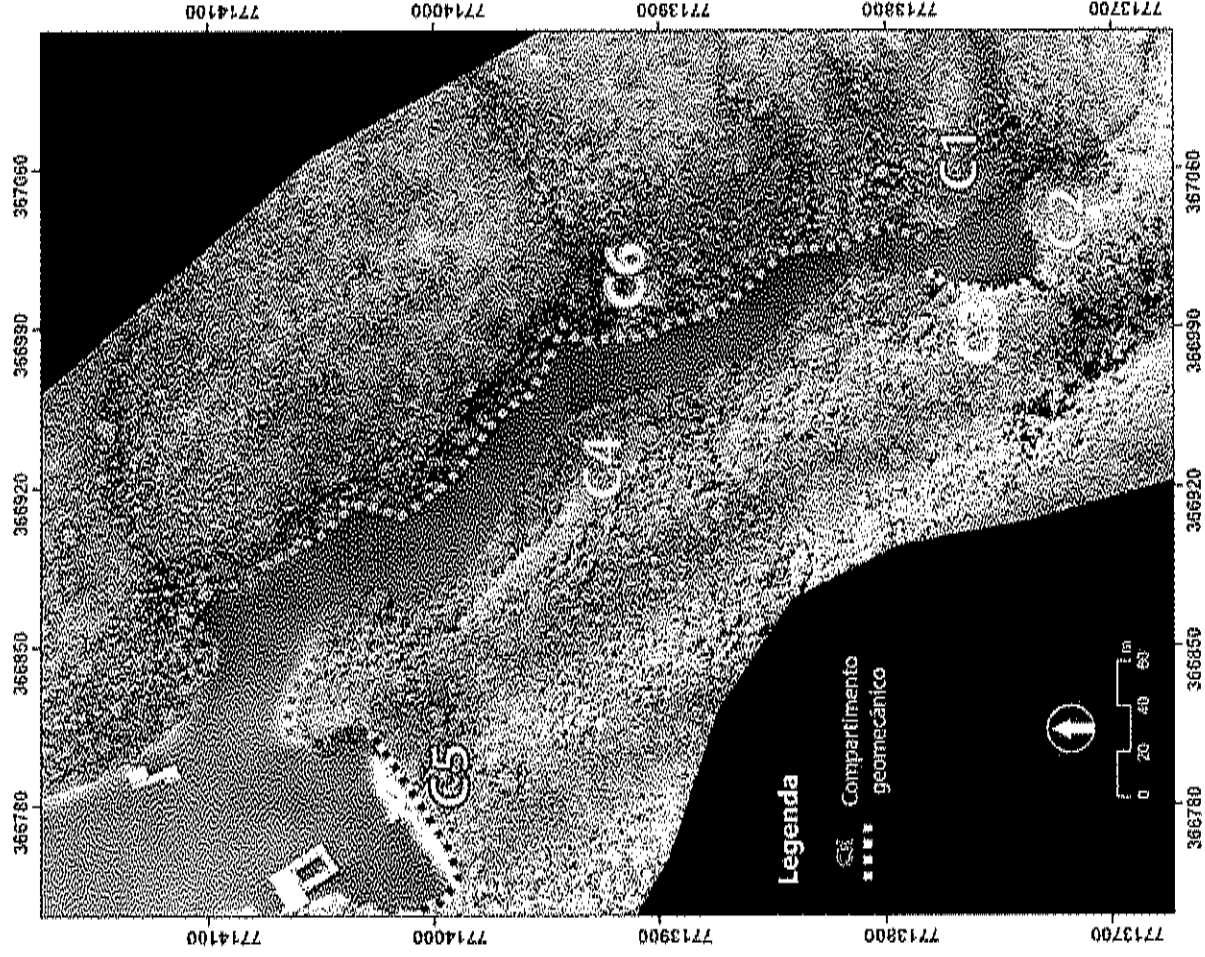


Figura 3.5.1-1. Localização dos diferentes compartimentos geomecânicos identificados do Cânion Vale dos Tucanos.

A Tabela 3.5.1-1 apresenta a classificação geomecânica das zonas de cada compartimento dos paredões do câmbion, considerando os atributos e respectivos pesos definidos pela metodologia RMRI4, com as adequações proposta neste estudo.

Tabela 3.5.1-1. Classificação geomecânica das zonas de cada compartimento dos paredões do câmbion Vale dos Tucanos considerando a metodologia RMRI4

Parâmetros	Valores e Pesos Relativos para cada Zona dos Compartimentos Geomecânicos						
	C1.1	C1.2	C1.1	C2.2	C2.3	C3.1	C3.2
Compressão Elaxial Simples	25 a 5 MPa	250 a 100 MPa	25 a 5 MPa	25 a 5 MPa	250 a 160 MPa	25 a 5 MPa	25 a 5 MPa
Peso relativo	2	12	2	2	12	2	2
Matriz em de descentinidade s por metro	15	4	15	14	4	15	14
Peso relativo	18	22	18	19	22	18	19
Condições das descontinuidades	Continua > 10m, lisa, preenchimento o mole < 5 mm, altamente alterada	Continua > 10m, lisa, preenchimento o duro < 5 mm, intemperismo moderado	Continua > 10m, lisa, preenchimento o mole < 5 mm, altamente alterada	Continua > 10, lisa, preenchimento o mole > 5 mm, altamente alterada	Continua > 10m, quase lisa, preenchimento o duro > 5 mm, intemperismo moderado	Continua > 10m, lisa, preenchimento o mole < 5 mm, altamente alterada	Continua > 10, lisa, preenchimento o mole > 5 mm, altamente alterada
Peso relativo	3	8	3	1	6	3	1
Presença de água	Molhado	Úmido	Molhado	Gotejamento	Galchamento	Molhado	Galchamento
Peso relativo	7	10	7	4	4	7	4
Alterabilidade (T_{50} , %)	<30	> 85	<30	30 - 60	>85	<30	30 - 60
Peso relativo	0	10	0	4	10	0	4
F_s	Desfavorável	Desfavorável	Desfavorável	Desfavorável	Desfavorável	Desfavorável	Desfavorável
Peso relativo	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10
RMRI4	20	52	20	20	44	20	29
Classificação	Maciço Rochoso Muito Fraco	Maciço Rochoso Razoável	Maciço Rochoso Muito Fraco	Maciço Rochoso Muito Fraco	Maciço Rochoso Razoável	Maciço Rochoso Muito Fraco	Maciço Rochoso Muito Fraco

Tabela 3.5.1-1. Classificação geomecânica das zonas de cada compartimento dos paredões do cânion Vale dos Tucanos considerando a metodologia RMRI4 (continuação).

Parâmetros	Valores e Pesos Relativos para cada Zona dos Compartimentos Geomecânicos					
	C4	C5	C6.1	C6.2	C6.3	
Compressão Uniaxial Simples	25 a 5 MPa	25 a 5 MPa	25 a 5 MPa	250 a 100 MPa	25 a 5 MPa	
Peso relativo	2	2	2	12	2	
Número de descontinuidades por metro	15	15	15	4	14	
Peso relativo	18	18	18	22	19	
Condições das descontinuidades	Contínua > 10m, lisa, Preenchimento mole < 5 mm, altamente alterada	Contínua > 10m, lisa, Preenchimento mole < 5 mm, altamente alterada	Contínua > 10m, lisa, Preenchimento mole < 5 mm, altamente alterada	Contínuas > 10m, lisa, Preenchimento duro < 5 mm, intemperismo moderado	Contínuas > 10, lisa. Preenchimento mole > 5 mm, altamente alterada	
Peso relativo	3	3	3	8	1	
Presença de água	Molhado	Molhado	Molhado	Úmido	Gotejamento	
Peso relativo	7	7	7	10	4	
Alargabilidade (f_{45} %)	<30	<30	<30	> 85	30 - 60	
Peso relativo	0	0	0	10	4	
F_c	Desfavorável	Desfavorável	Desfavorável	Desfavorável	Desfavorável	
Peso relativo	-10	-10	-10	-10	-10	
RMRI4:	20	20	20	57	20	
Classificação:	Maciço Rochoso Muito Fraco	Maciço Rochoso Muito Fraco	Maciço Rochoso Muito Fraco	Maciço Rochoso Razoável	Maciço Rochoso Muito Fraco	

O compartimento geomecânico C1 corresponde ao paredão com direção N40W, que foi subdivido em duas (2) zonas devido às diferenças estruturais observadas no corpo rochoso, conforme ilustra **Figura 3.5.1-2**.

A zona C1.1 corresponde à zona estrutural localizada no topo do compartimento C1, sendo classificada como “Maciço Rochoso Muito Fraco”, de acordo com a classificação geomecânica (Peso total: 20). Essa zona é caracterizada por fraturas contínuas no maciço, com um espaçamento curto entre elas, além da presença de vegetação e solo argilo-arenoso, o que facilita a ocorrência de instabilidades, como o tombamento e rolamento/saltação de blocos de rocha de dimensões centimétricas e métricas. É possível notar áreas em que o perigo para rolamento/saltação de blocos de dimensões decimétricas (aproximadamente 50 cm de comprimento maior) é alta (**Figura 3.5.1-3**), na entrada da porção final do cânion, e, por consequência, é necessário que medidas de contingenciamento do perigo sejam tomadas.

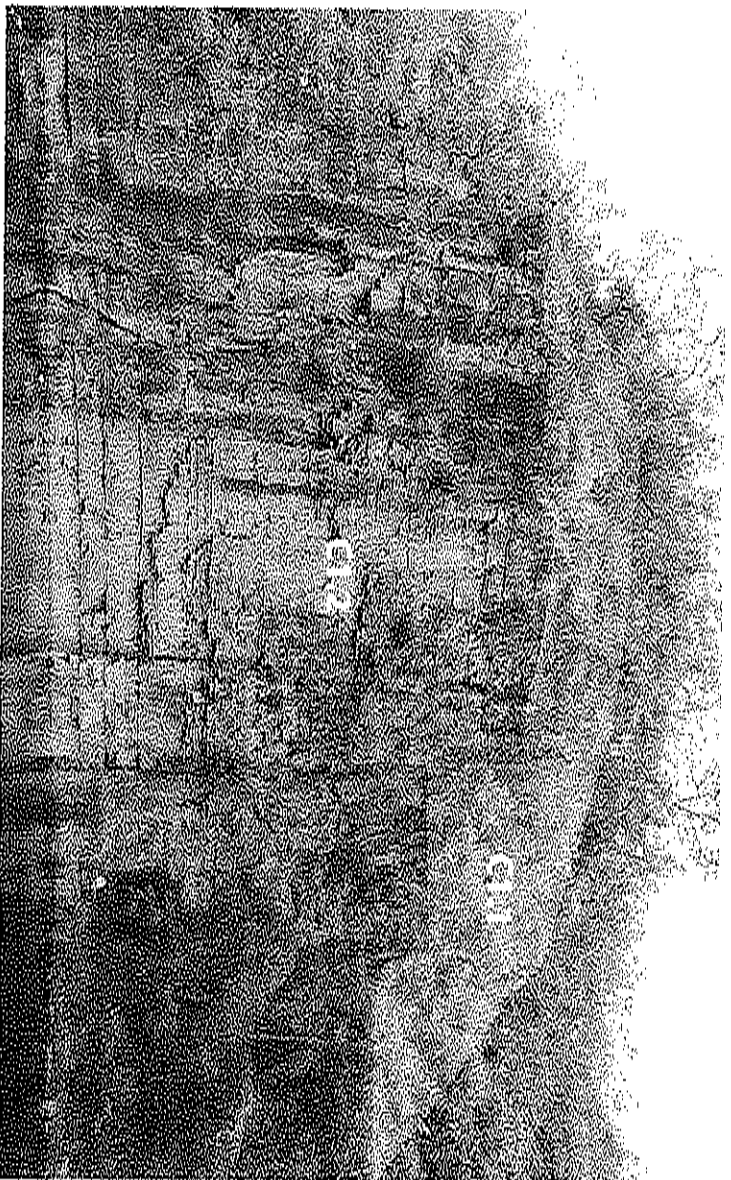


Figura 3.5.1-2. Compartimento geomecânico C1. Duas zonas estruturais foram individualizadas dentro deste compartimento, devido a diferenças nas características do maciço rochoso.



Figura 3.5.1-3. Detalhe da zona estrutural C1.1. Esta zona é caracterizada por fraturas contínuas com espaçamento curto, além da presença de vegetação e solo argilo-arenoso. Devido ao intenso fraturamento, ocorre a formação de blocos de rocha com até 1 m de diâmetro maior, que representam perigo por causa da alta suscetibilidade a ocorrência de instabilidades, como por saltação/rolamento. No detalhe, bloco com até 50 cm de diâmetro maior com alto grau de perigo à queda/rolamento, na entrada da porção final do câmin do Tucano. Medidas de contingenciamento do perigo são necessárias.

C1.2 corresponde à zona localizada na porção intermediária a inferior do paredão rochoso, classificada como “Maciço Rochoso Razoável”, de acordo com os parâmetros propostos na classificação geomecânica, pois apresenta um maior espaçamento entre as fraturas, que também apresentam abertura menor quando comparada à zona C1.1. A percolação de água pelas fraturas também é menor, porém há trechos no corpo rochoso com inclinação negativa com possibilidade de queda livre de blocos (Figura 3.5.1-4).



Figura 3.5.1-4. Detalhe da zona estrutural C1.2. Há um maior espaçamento entre as fraturas nesta zona, e as fraturas são mais fechadas com relação às zonas C1.1. Pode-se observar locais de inclinação negativa com possibilidade de queda livre de blocos.

O compartimento geomecânico C2 corresponde ao paredão com direção preferencial N80E, que foi dividido em três zonas distintas, devido a diferenças estruturais observadas no paredão rochoso (Figura 3.5.1-5).

A zona C2.1 tem comportamento geomecânico semelhante à zona C1.1 observada no compartimento C1, sendo classificada como um maciço rochoso “Muito Fraco” (Peso total: 20), devido ao intenso fraturamento do maciço rochoso, com a formação de solo e vegetação entre as fraturas. A zona C2.2, localizada na porção inferior esquerda do paredão, também é classificada como “Maciço Rochoso Muito Fraco” (Peso total: 20), devido ao intenso fraturamento e curto espaçamento entre as fraturas, o que faz com que seja suscetível a instabilidades. As fraturas podem apresentar solo e vegetação, o que também favorece a ocorrência de instabilidades na encosta, principalmente por processos de tombamento e queda de blocos, com formação de blocos

e colunas de rochas instáveis de dimensões de 1 a 5 metros de altura (Figura 3.5.1-6). Duas famílias de fraturas com direção NW/SE e NE/SW controlam o comportamento geomecânico desta zona.

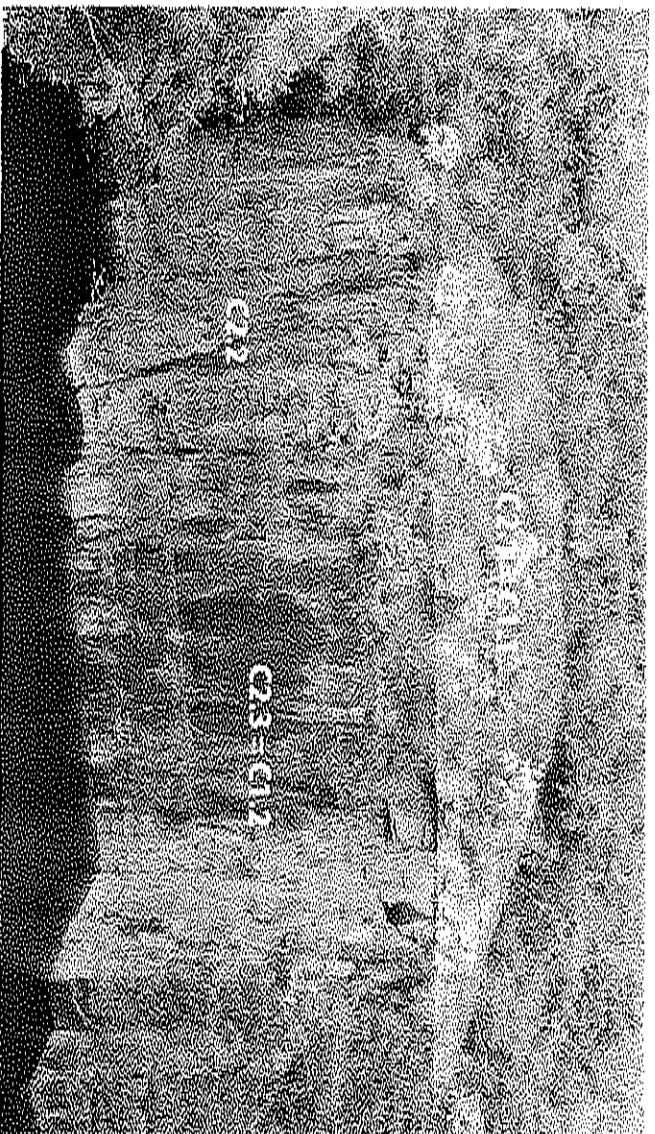


Figura 3.5.1-5. Compartimento geomecânico C2. Três zonas estruturais foram individualizadas dentro deste compartimento.

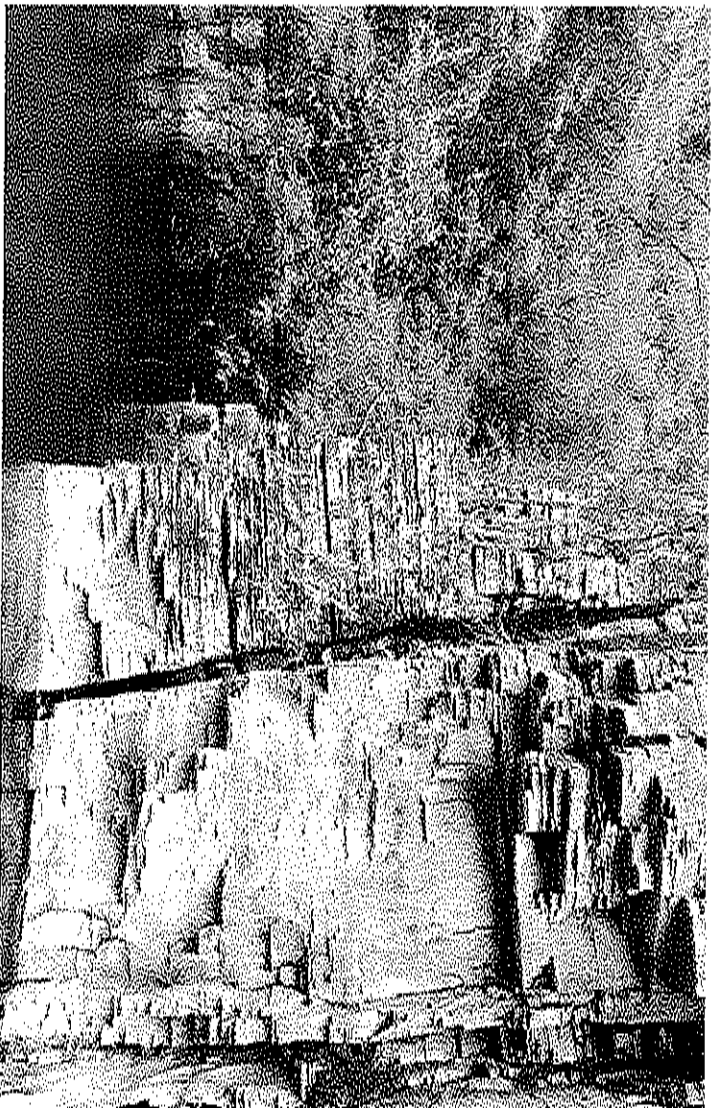


Figura 3.5.1-6. Detalhe da zona C2, onde ocorrem fraturas com abertura decimétricas (< 20 cm), não preenchidas ou preenchidas por solo e vegetação, favorecendo a percolação de água. Porção com muito alta suscetibilidade a ocorrência de tombamento/queda de blocos de rocha com dimensões decimétricas a métricas, além da queda livre de blocos menores.

A zona C2.3, localizada na porção inferior direita do paredão (Figura 3.5.1-5), é classificada como “Maciço Rochoso Razoável” (Peso total: 44), devido ao maior espaçamento entre as fraturas, que se encontram fechadas ou com abertura de poucos milímetros, com baixa percolação d’água. As fraturas também estão menos preenchidas por vegetação ou solo, o que garante uma maior estabilidade a essa porção do corpo rochoso (Figura 3.5.1-7).



Figura 3.5.1-7. Detalhe da zona C2.3, onde se observa fraturas mais espaçadas entre si quando comparada a outras zonas nesta porção do maciço rochoso, com aberturas milimétricas a fechadas, com baixa percolação d’água. Pode-se observar em porções superiores do paredão dentro dessa zona locais de inclinação negativa com possibilidade de queda livre de blocos.

O compartimento geomecânico C3 corresponde ao paredão com direção preferencial N05E, que foi subdividido em duas zonas distintas (Figura 3.5.1-8): zona C3.1 referente a um “Maciço Rochoso Muito Fraco” (peso total: 20), que apresenta comportamento geomecânico semelhante à zona C1.1 (Figura 3.5.1-9); e zona C3.2 classificada também como “Maciço Rochoso Muito Fraco” (peso total: 20), que apresenta comportamento geomecânico à zona C2.2 (Figura 3.5.1-10).

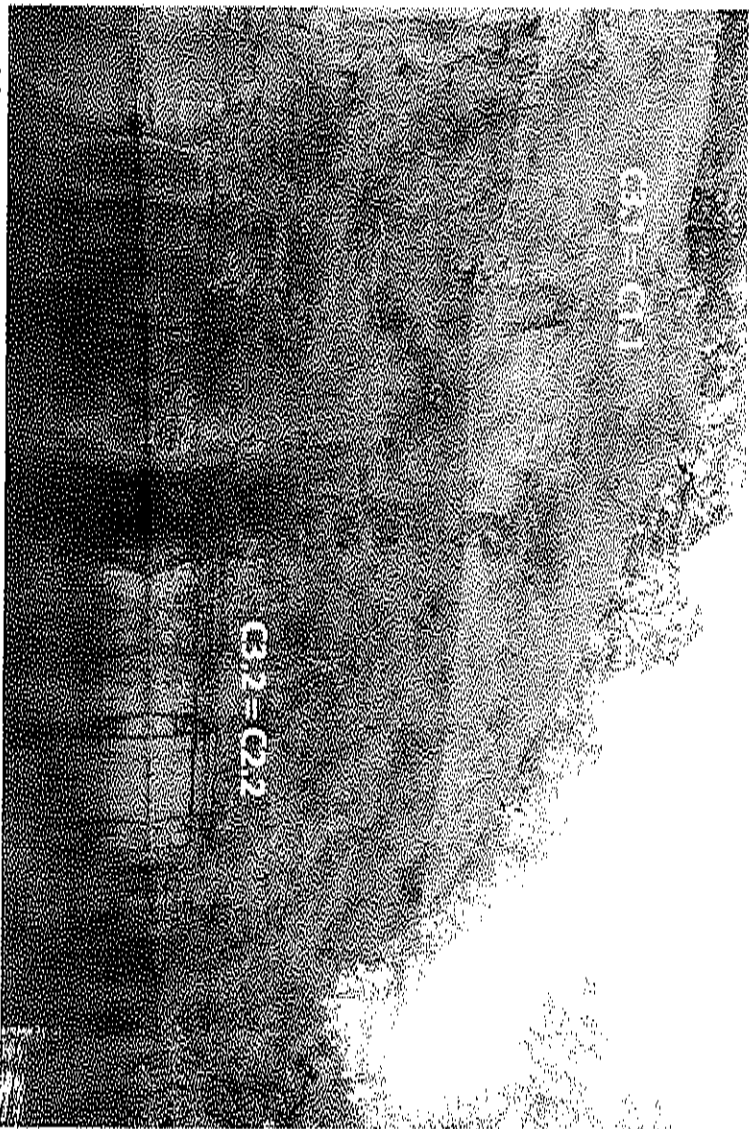


Figura 3.5.1-8. Compartimento geomecânico C3. Duas zonas estruturais foram individualizadas dentro deste compartimento, classificadas como maciço rochoso muito fraco.



Figura 3.5.1-9. Compartimento C3.1, caracterizado por fraturas contínuas com espaçamento curto, além da presença de vegetação e solo argilo-arenoso. Devido ao intenso fraturamento, ocorre a formação de blocos de rocha com até 1 m de diâmetro maior (encobertos pela vegetação nessa foto), que representam perigo por causa da alta suscetibilidade a ocorrência de instabilidades, como processos de saltação/rolamento.



Figura 3.5.1-10. Compartimento C3.2, onde se observa blocos de 5 a 40 metros de altura com fraturas de abertura decimétricas com muita alta suscetibilidade a ocorrência de tombamento ou queda. A: nota-se fraturas com aberturas elevadas e blocos de 40 metros totalmente instáveis. B: vista de frente de blocos com dimensões variadas, onde se observa o quartzo intensamente fraturado.

A presença de duas famílias de fraturas principais, com direções preferenciais perpendiculares entre si, controla o faturamento dos compartimentos C1, C2 e C3 do cânion Vale dos Tucanos, o que resulta numa alta suscetibilidade a processos de tombamento/queda de blocos de rocha. Durante as atividades de campo, foi possível observar fraturas com aberturas centimétricas a decimétricas, sem preenchimento, fazendo com que blocos de rocha métricos (de 1 a 5 metros) se inclinem em direção ao cânion, sendo uma das áreas de maior perigo do cânion, recomendando-se a execução de obras de contenção e/ou remoção desses blocos (Figura 3.5.1-11).

O compartimento C4 corresponde ao paredão com direção aproximada de N45W, que apresenta somente uma zona estrutural (Figura 3.5.1-12) com comportamento geomecânico semelhante à zona C1.1 do compartimento C1. O compartimento C4 apresenta intenso fraturamento, com a ocorrência de solo e vegetação entre as fraturas, favorecendo a ocorrência de processos de queda/saltação de blocos (Figura 3.5.1-13).

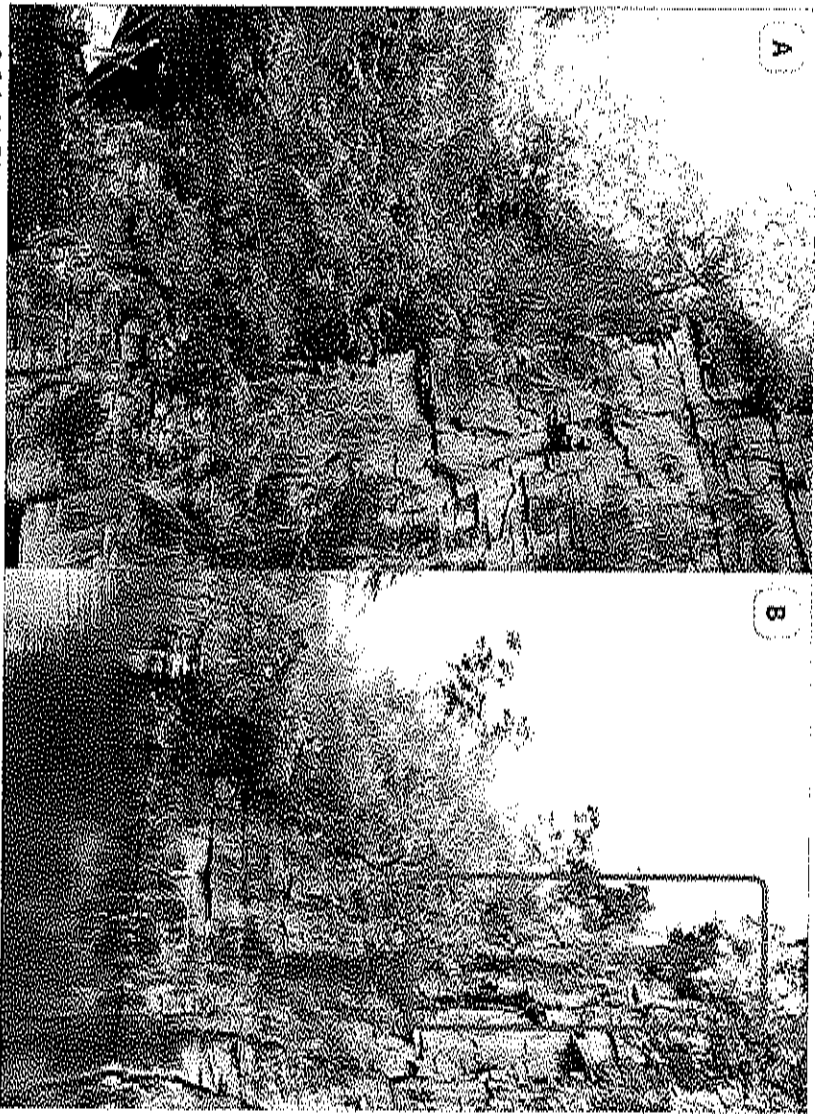


Figura 3.5.1-11. Blocos e colunas de rocha com dimensões de 1 a 5 m, em paredes rochosas com até 40 m de altura, que apresentam alta suscetibilidade a tombamento e/ou quedas. Esses blocos de rocha estão localizados nos compartimentos C3 (A) e C1 (B) do Cânion Vale dos Tucanos, recomendando-se a adoção de medidas contingenciamento do perigo.

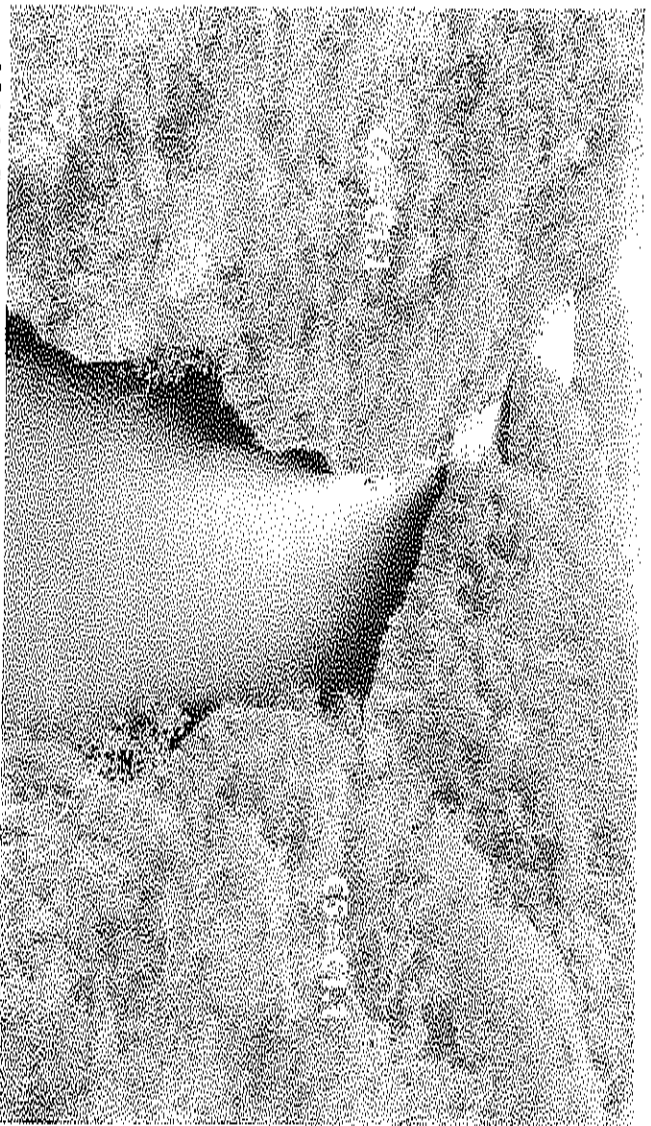


Figura 3.5.1-12. Compartimento geocêntrico C4 e C5. Os dois compartimentos apresentam comportamento geocêntrico semelhante à zona C1, identificado no compartimento C1.

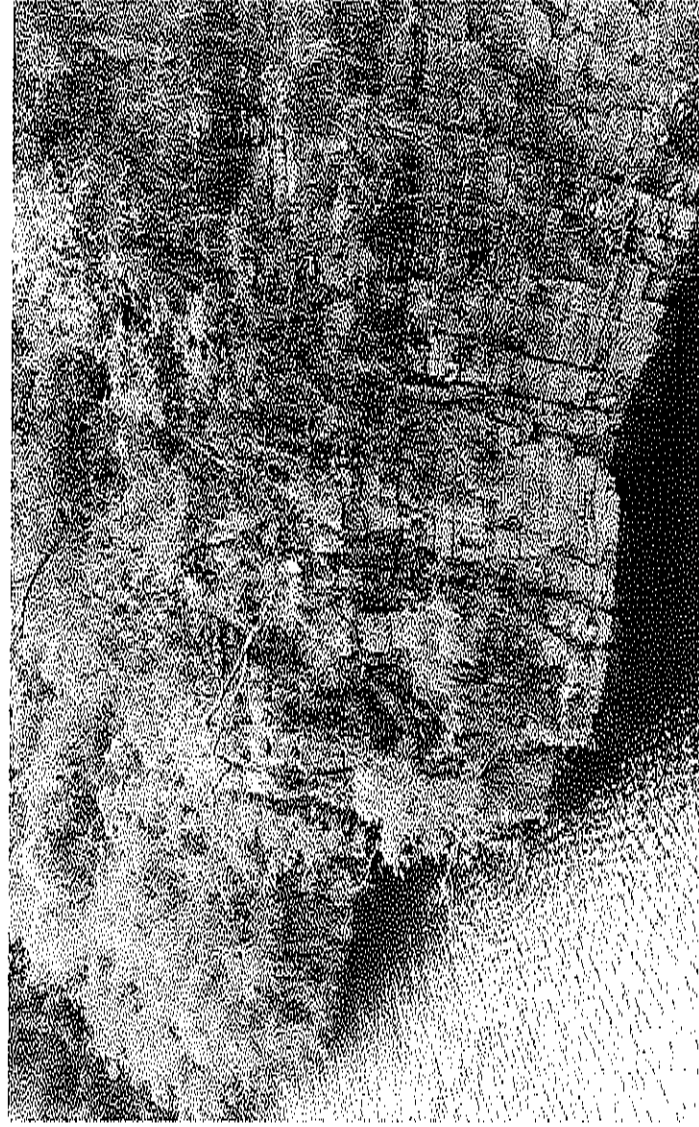


Figura 3.5.1-13. Compartimento geomecânico C4, que apresenta intenso fraturamento preenchido por solo e vegetação, o que favorece a ocorrência de processos de queda/saltação de blocos. Este compartimento apresenta comportamento geomecânico semelhante à zona C1.1, identificado no compartimento C1.

De forma similar ao compartimento C4, o compartimento geomecânico C5 (**Figura 3.5.1-12**), cuja direção aproximada é de N20W, apresenta comportamento semelhante à zona estrutural C1.1 do compartimento C1, classificada como “maciço rochoso fraco” (Peso total: 20). O compartimento C5 apresenta intenso fraturamento, com a ocorrência de solo e vegetação entre as fraturas, com alta suscetibilidade a ocorrência de processos de quedas/saltação de blocos. O compartimento C5, no entanto, apresenta porções com comportamento geomecânico mais resistente, menos fraturadas e com menor ocorrência de solo e rocha por entre as fraturas (**Figura 3.5.1-14**). De uma forma geral, a suscetibilidade a ocorrência de instabilidades neste compartimento é alta, mesmo em porções mais resistentes do maciço rochoso, e, desta forma, é adotado para toda sua extensão a classificação da zona estrutural C1.1 para melhor caracterizar o padrão global de alta suscetibilidade a instabilidades no talude.

Por fim, o compartimento geomecânico C6, com direção aproximada N15E, é subdividido em três zonas estruturais distintas (**Figura 3.5.1-15**). A zona estrutural C6.1 apresenta comportamento geomecânico semelhante à zona estrutural C1.1, observada em todos os compartimentos do cânion Valeo dos Tucanos. Esta zona apresenta intenso fraturamento, com a ocorrência de solo e vegetação entre as fraturas, sendo altamente suscetível à ocorrência de instabilidades, especialmente por processos de queda/saltação de blocos.

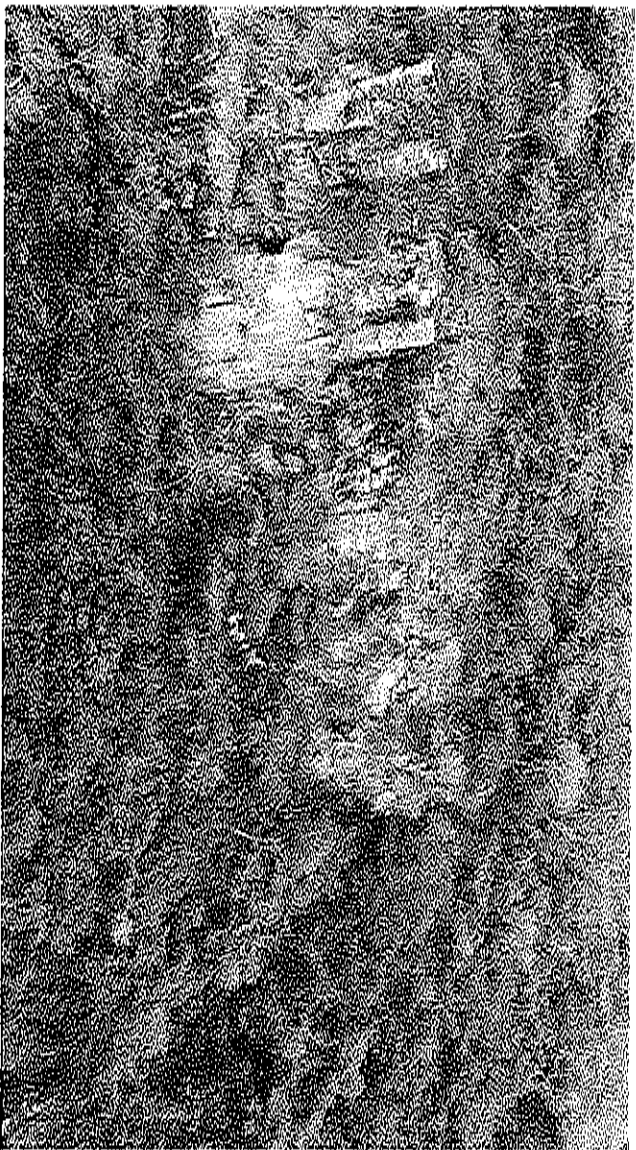


Figura 3.5.1-14. Porção do compartimento C5, em que o comportamento geomecânico do maciço é mais resistente do que o padrão geral. Nesta porção, as fraturas estão mais espaçadas entre si e há menor ocorrência de solo e vegetação por entre as fraturas, contrastando com padrão mais fraturado e sujeito a instabilidades que predomina nessa porção do cânion Vale dos Tucanos.

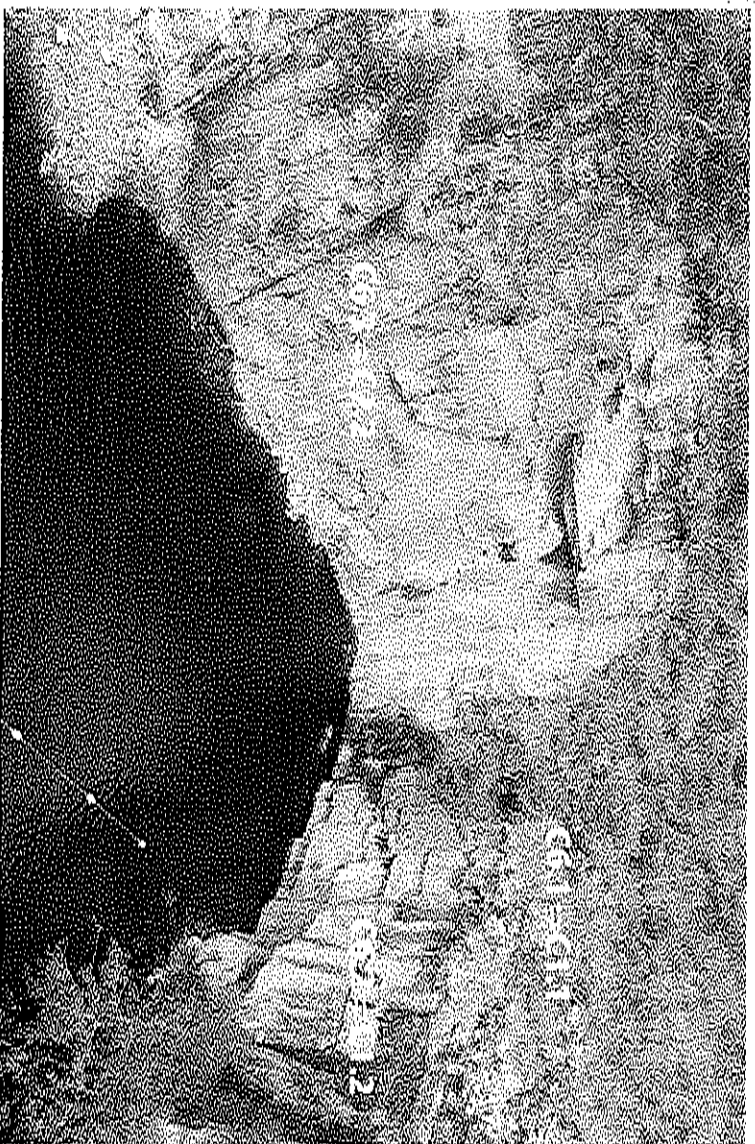


Figura 3.5.1-15. Compartimento geomecânico C6. Três zonas estruturais foram identificadas neste compartimento, com comportamento geomecânico semelhantes a zonas identificadas em outros compartimentos do cânion Vale dos Tucanos.

A zona estrutural C6.2, na porção leste da queda d'água presente nesta porção do cânion (Figura 3.5.1-15), apresenta comportamento geomecânico semelhante à zona estrutural C1.2, identificada no compartimento C1. A zona C6.2 é classificada como “Maciço Rochoso Razoável”, de acordo com os parâmetros propostos na classificação geomecânica, pois apresenta um maior espaçamento entre as fraturas, que também apresentam abertura menor quando comparada à zona C1.1. A percolação de água pelas fraturas é menor, o que contribui para uma maior estabilidade do paredão, porém há diversos trechos no corpo rochoso com inclinação negativa com possibilidade de queda livre de blocos (Figura 3.5.1-16).

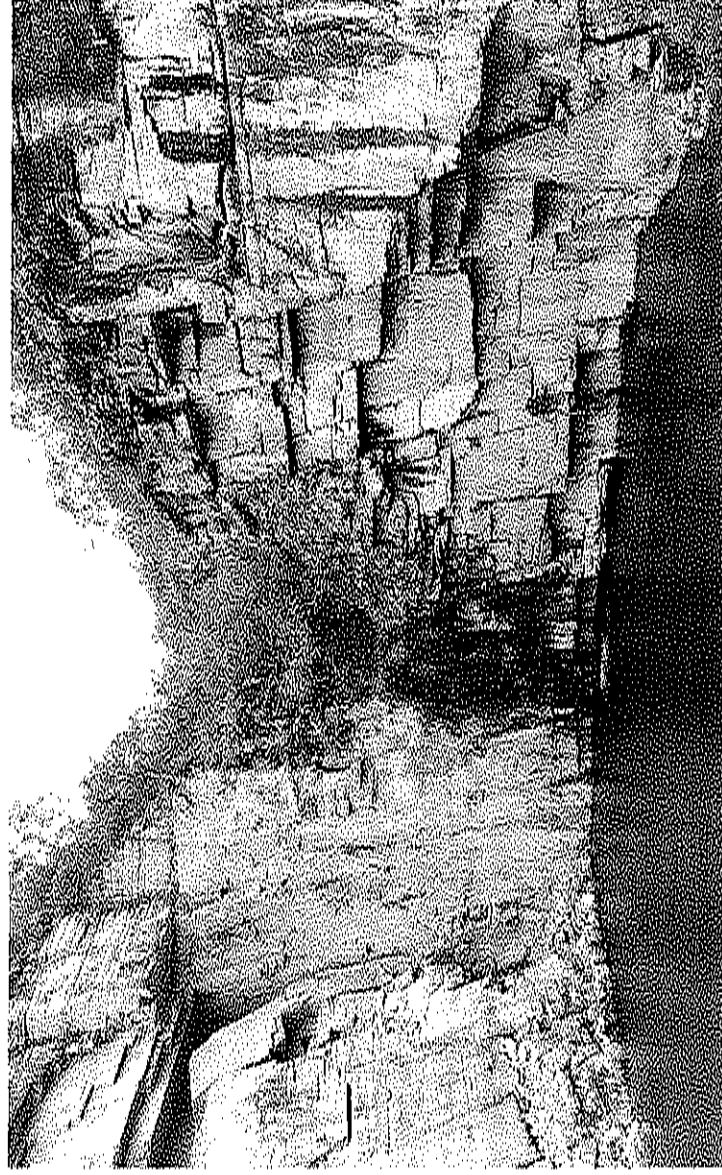


Figura 3.5.1-16. Zona estrutural 6.2 (direita), com comportamento geomecânico semelhante a zona C1.2. Há um maior espaçamento entre as fraturas nesta porção do paredão rochoso, com pouca ou nenhuma ocorrência de solo e vegetação entre as fraturas. Há diversas porções neste paredão que apresentam inclinação negativa, com alta suscetibilidade a ocorrência de queda livre de blocos.

A zona estrutural C6.3, na porção oeste com relação à queda d'água, apresenta comportamento geomecânico semelhante à zona estrutural C2.2, identificada no compartimento C2. A zona C6.3 é classificada como um “Maciço Rochoso Muito Fraco” (Peso total: 20), devido ao intenso fatiamento e curto espaçamento entre as fraturas, o que faz com que seja altamente suscetível a instabilidades, especialmente por processos de tombamento e queda de blocos. As fraturas podem apresentar solo e vegetação, com formação de blocos e colunas de rochas instáveis de dimensões de 1 a 15 metros de altura (Figura 3.5.1-17). O processo de tombamento de colunas de rocha, como mostra a Figura 3.5.1-17, é notável neste compartimento, demonstrando o alto perigo que esta porção do cânion representa aos visitantes e trabalhadores da região.

Áreas com alta suscetibilidade a ocorrência de instabilidade também são identificadas em áreas próximas à entrada do cânion, como mostra a **Figura 3.5.1-18**. Medidas de contingenciamento do perigo nessas regiões são necessárias, na garantia da segurança de visitantes e trabalhadores, sendo recomendada a retirada imediata da estrutura flutuante para restaurante deste local.



Figura 3.5.1-17. Comparamento C6.3, que apresenta comportamento geomecânico semelhante à zona estrutural C2.2. O processo de torção de colunas de rocha é notável nessa porção, demonstrando o alto perigo que esta região do cânion Vale dos Tucanos representa aos visitantes e trabalhadores.

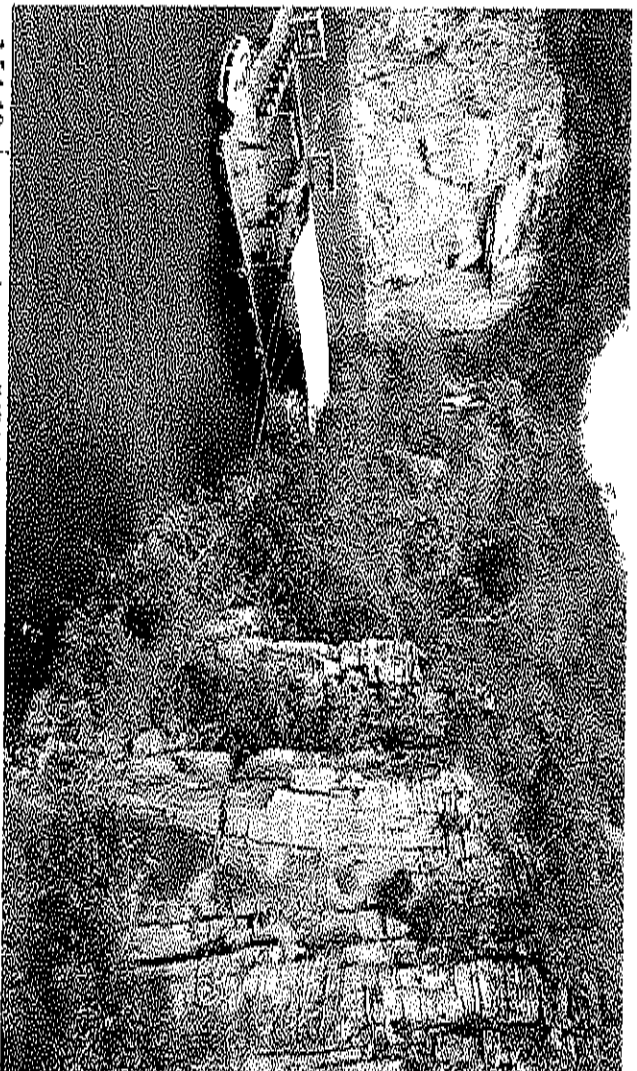


Figura 3.5.1-18. Áreas com alta suscetibilidade a instabilidades (queda/tombamento de blocos de rocha) são identificadas em porções próximas à entrada do cânion Vale dos Tucanos, recomendando-se medidas de contingenciamento do perigo na garantia da segurança de visitantes e trabalhadores, sendo recomendada a retirada da estrutura flutuante para restaurante deste local.

3.5.2. *Compartimentação do Morro dos Cabritos*

O Cânion Morro dos Cabritos foi dividido em dois (2) compartimentos geomecânicos, cujos limites são mostrados na **Figura 3.5.2-1**. Cada compartimento foi, então, subdividido em zonas estruturais de menor dimensão.

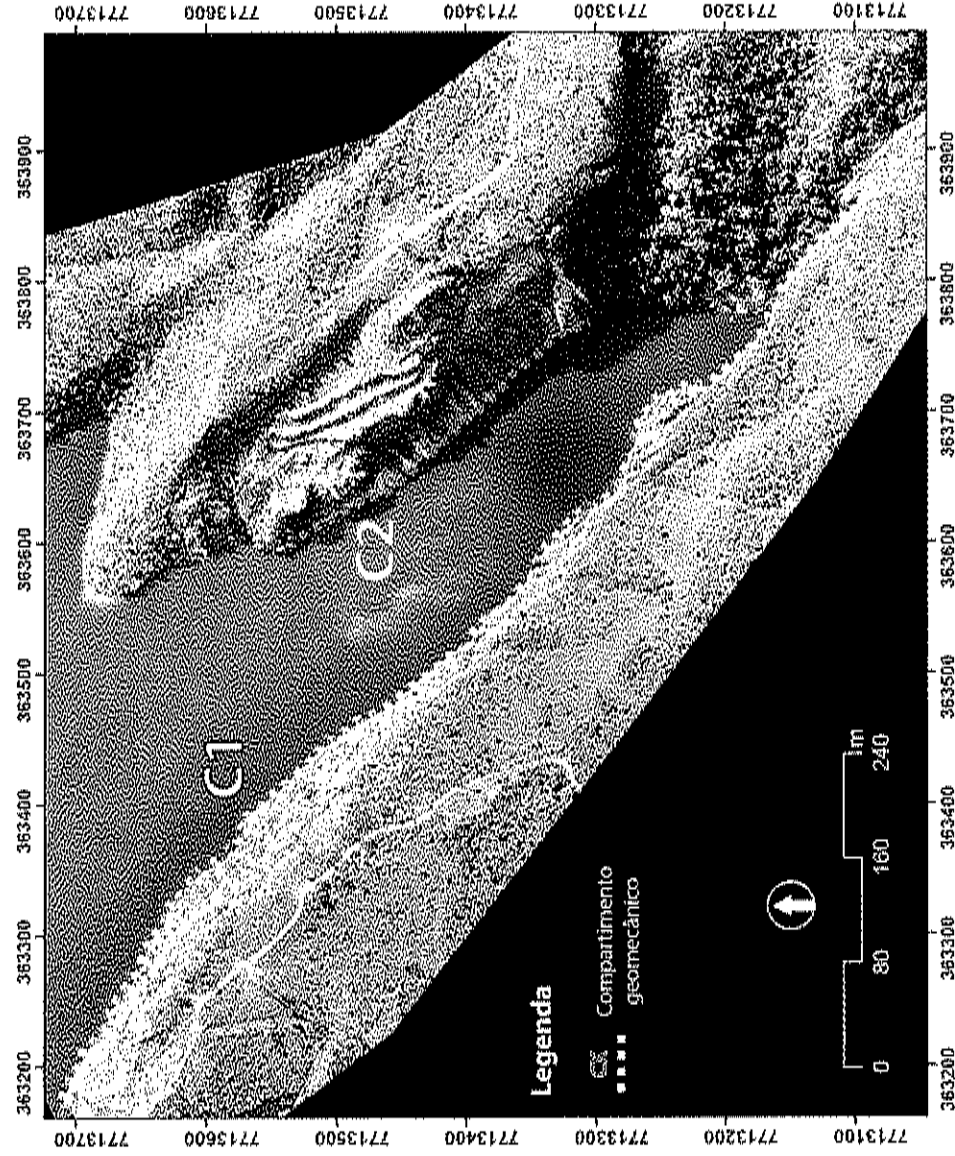


Figura 3.5.2-1. Localização dos diferentes compartimentos geomecânicos identificados na área do Cânion Morro dos Cabritos.

A **Tabela 3.5.2-1** apresenta a classificação geomecânica das zonas de cada compartimento dos paredões do cânion, considerando os atributos e respectivos pesos definidos pela metodologia RMR14 com as adequações proposta neste estudo.

O compartimento geomecânico C1 corresponde ao paredão com direção N45W (**Fig. 3.5.2-1**), que foi subdividido em três (3) zonas devido às diferenças estruturais observadas no paredão rochoso, conforme ilustra a **Figura 3.5.2-2**.

Tabela 3.5.2-1. Classificação geomecânica das zonas de cada compartimento dos paredões do Cânion dos Cabritos considerando a metodologia RMRI 4.

Parâmetros	Valores e Pesos Relativos para cada Zona dos Compartimentos Geomecânicos				
	CI1	CI2	CI3	CI4	CI5
Compressão Tensão / Samples	25 a 5 MPa	25 a 5 MPa	250 a 100 MPa	25 a 5 MPa	25 a 5 MPa
Peso relativo	2	2	12	2	2
Número de descontinuidades por metro	15	14	4	15	14
Peso relativo	18	19	22	18	19
Condições das descontinuidades	Contínuas > 10m, fca, Proenclamento mole < 5 mm, altamente alterada	Contínuas > 10, fca, Proenclamento mole > 5 mm, altamente alterada	Contínuas > 10m, fca, Proenclamento duro < 5 mm, intenso proenclamento mediano	Contínuas > 10m, fca, Proenclamento mole < 5 mm, altamente alterada	Contínuas > 10, fca, Proenclamento mole > 5 mm, altamente alterada
Peso relativo	3	1	8	3	1
Presença de água	Molhado	Gotejamento	Úmido	Molhado	Gotejamento
Peso relativo	7	4	10	7	4
Alterabilidade fca %	<30	30-60	> 85	<30	30-60
Peso relativo	0	4	10	0	4
F _v	Desfavorável	Desfavorável	Desfavorável	Desfavorável	Desfavorável
Peso relativo	-10	-10	-10	-10	-10
RMRI 4:	20	20	52	20	20
Classificação:	Maciço Rochoso Muito Fraco	Maciço Rochoso Muito Fraco	Maciço Rochoso Razoável	Maciço Rochoso Muito Fraco	Maciço Rochoso Muito Fraco

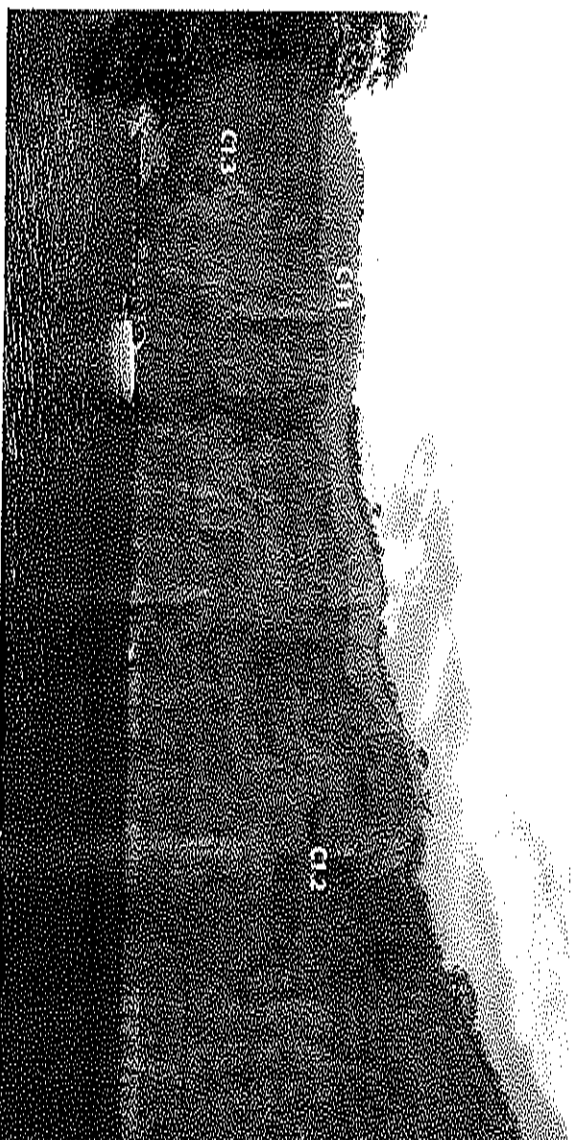


Figura 3.5.2-2. Compartimento geomecânico CI1. Três zonas estruturais foram individualizadas dentro deste compartimento, devido a diferenças nas características do maciço rochoso.

A zona C1.1 corresponde à zona estrutural localizada no topo do compartimento C1, sendo classificada como “Maciço Rochoso Muito Fraco” de acordo com a classificação geomecânica (Peso total: 20). Essa zona é caracterizada por fraturas contínuas no maciço, com um espaçamento curto entre elas (Figura 3.5.2-3), além da presença de vegetação e solo argilo-arenoso, o que facilita a ocorrência de instabilidades, especialmente por processos de tombamento e rolamento/saltação de blocos de rocha de dimensões centimétricas a métricas, assim como a ocorrência de escorregamento superficiais.



Figura 3.5.2-3. Detalhe da zona estrutural C1.1. Esta zona é caracterizada por fraturas contínuas com espaçamento curto, além da presença de vegetação e solo argilo-arenoso entre as fraturas.

A zona estrutural C1.2 também é classificada como “Maciço Rochoso Muito Fraco” (Peso total: 20), devido ao intenso faturamento e espaçamento curto entre as fraturas, o que faz com que essa porção seja altamente suscetível a instabilidades. Ocorre percolação de água pelas fraturas, favorecendo a formação de solo e vegetação, o que, por sua vez, contribui na ocorrência de processos de tombamento e queda de blocos. Devido a esse intenso fraturamento, ocorre a formação de blocos e colunas de rocha, com dimensões que variam de centimétricas a métricas (Figura 3.5.2-4). Essas colunas de rocha, que podem chegar até 40 m de altura, representam grande perigo devido a possibilidade de tombamento, semelhante ao que aconteceu em janeiro de 2022 no cânion de Capitólio, necessitando de medidas de contenção e/ou remoção ((Figura 3.5.2-5).

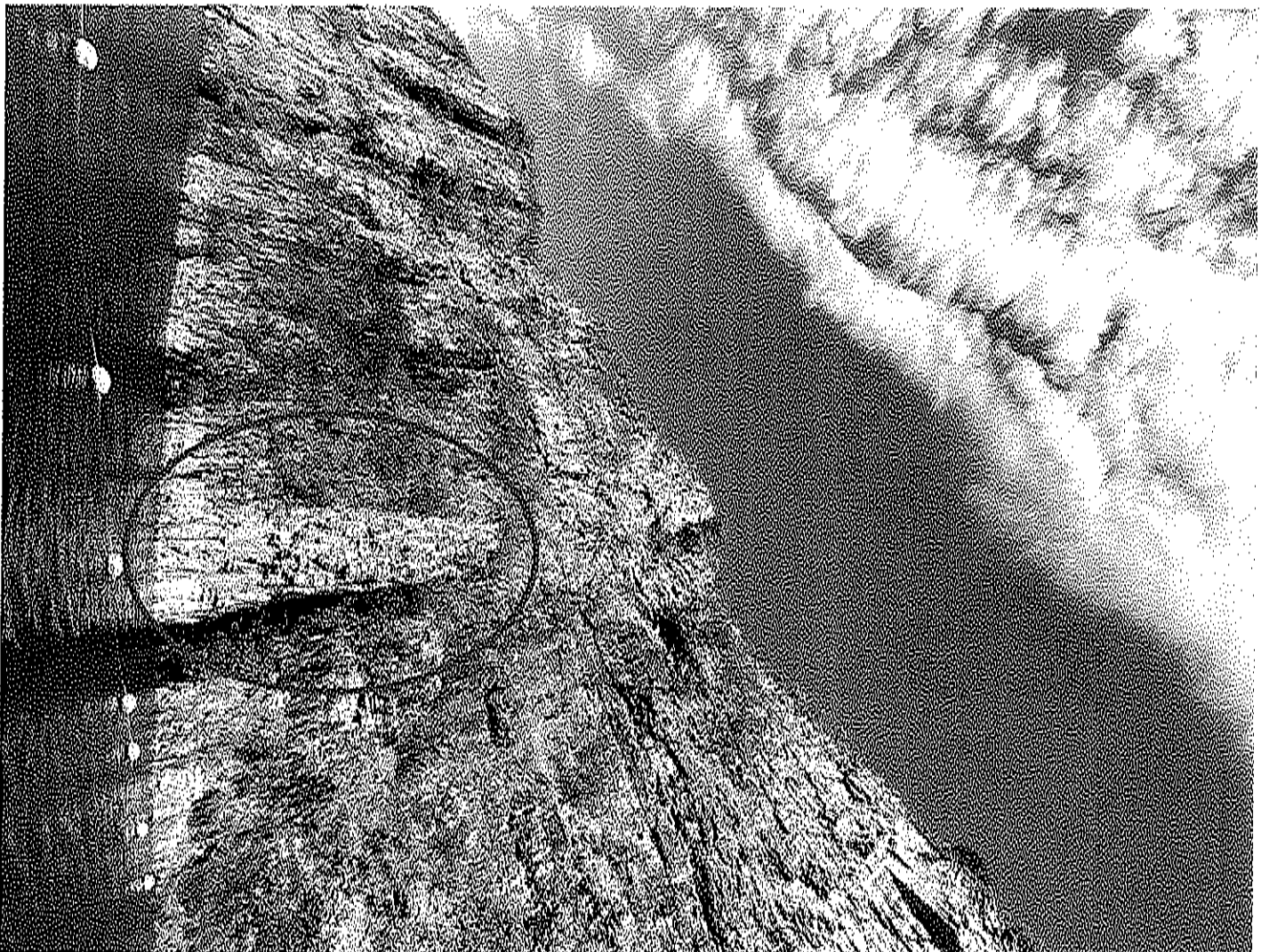


Figura 3.5.2-4. Formação de blocos e colunas de rocha com até 40 m de altura na zona Cl. 2. A ocorrência de fraturas abertas (centimétricas a decimétricas) podem levar à ocorrência de queda e tombamento nessa porção. Medidas de contingência do perigo são necessárias, como contenção ou remoção desses blocos.



Figura 3.5.2-5. Detalhe da formação de blocos e colunas de rocha com até 40 m de altura na zona C1.2. A ocorrência de fraturas abertas (centimétricas a decimétricas) podem levar à ocorrência de queda e tombamento nessa porção. Medidas de contingência do perigo são necessárias, como contenção ou remoção desses blocos.

A zona estrutural C1.3 é classificada como “Maciço Rochoso Razoável”, de acordo com os parâmetros propostos na classificação geomecânica (Peso total: 52), pois apresenta um maior espaçamento entre as fraturas, assim como uma menor persistência destas no corpo rochoso. Ademais, o paredão se encontra menos alterado nesta porção quando comparado às demais. Por consequência, a percolação de água pelas fraturas é menor, porém, há trechos com inclinação

negativa da encosta, com possibilidade de queda livre de blocos (Figura 3.5.2-6). É necessário, portanto, que haja um distanciamento com relação ao paredão por parte dos visitantes e trabalhadores na região.

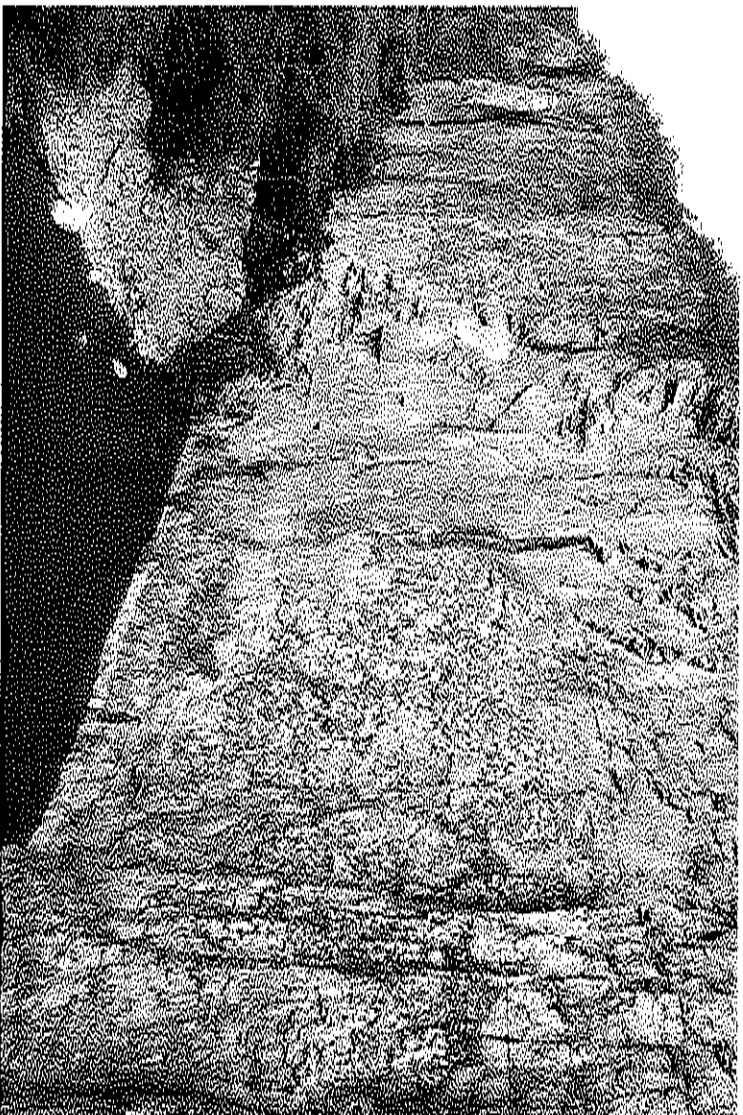


Figura 3.5.2-6. Detalhe da zona estrutural C1.3. Há um maior espaçamento entre as fraturas nesta zona, que também são menos persistentes no maciço rochoso quando comparado às zonas C1.1 e C1.2. Pode-se observar locais de inclinação negativa do paredão, com possibilidade de queda livre de blocos.

O compartimento geomecânico C2 corresponde ao paredão com direção preferencial N10W, que foi dividido em duas zonas distintas devido a diferenças estruturais observadas no paredão rochoso (Figura 3.5.2-7). A zona C2.1 tem comportamento geomecânico semelhante à zona C1.1, e é formado por material de talus depositado na porção inferior do paredão com blocos de rocha de dimensões variadas, onde nota-se a formação de solo e vegetação em algumas porções (Figuras 3.5.2-8 e 3.5.2-9). A alta inclinação do material coluvial favorece a ocorrência de instabilidades, especialmente os processos de rolamento e escorregamento, assim como pode potencialmente favorecer o tombamento de blocos de rocha de maiores dimensões (5 a 40 metros) da zona estrutural da porção superior do paredão rochoso (C2.2).

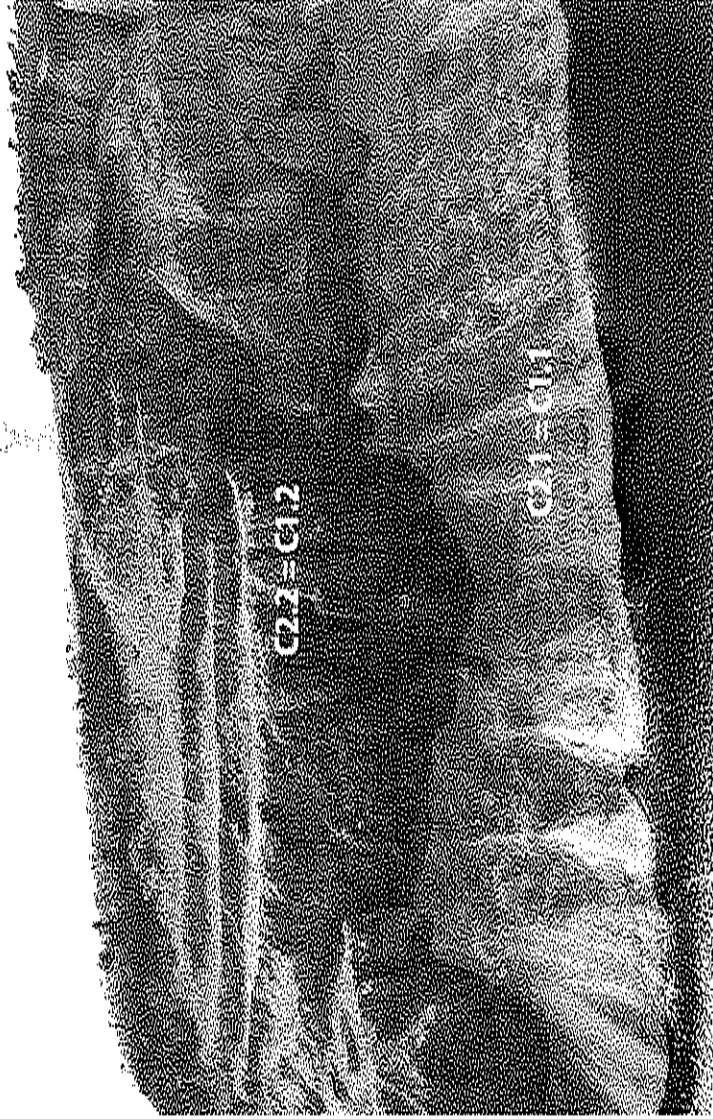


Figura 3.5.2-7. Compartimento geomecânico C2. Duas zonas estruturais foram individualizadas dentro deste compartimento, que apresentam comportamento geomecânico semelhante a zonas identificadas no compartimento C1.1 e C1.2.

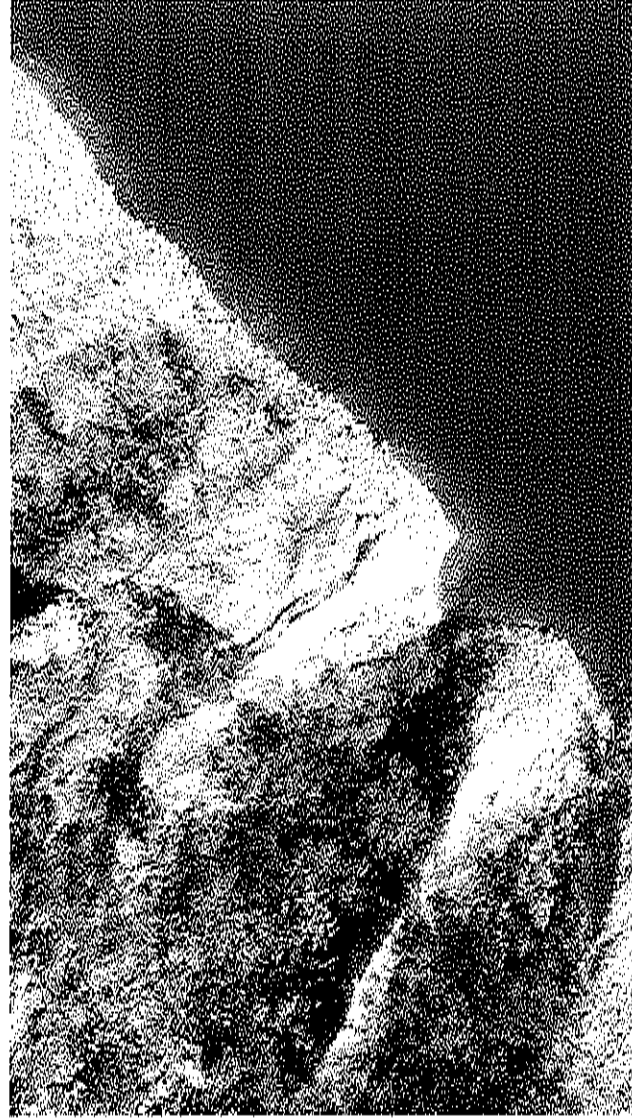


Figura 3.5.2-8. Detalhe da zona C2.1, mostrando material de talus com blocos de rocha de variadas dimensões e a formação de vegetação e solo nas porções menos inclinadas. O material dessa zona muitas vezes se encontra inconsolidado, o que favorece a ocorrência de instabilidades, como o rolamento de blocos e escorregamentos translacionais rasos.

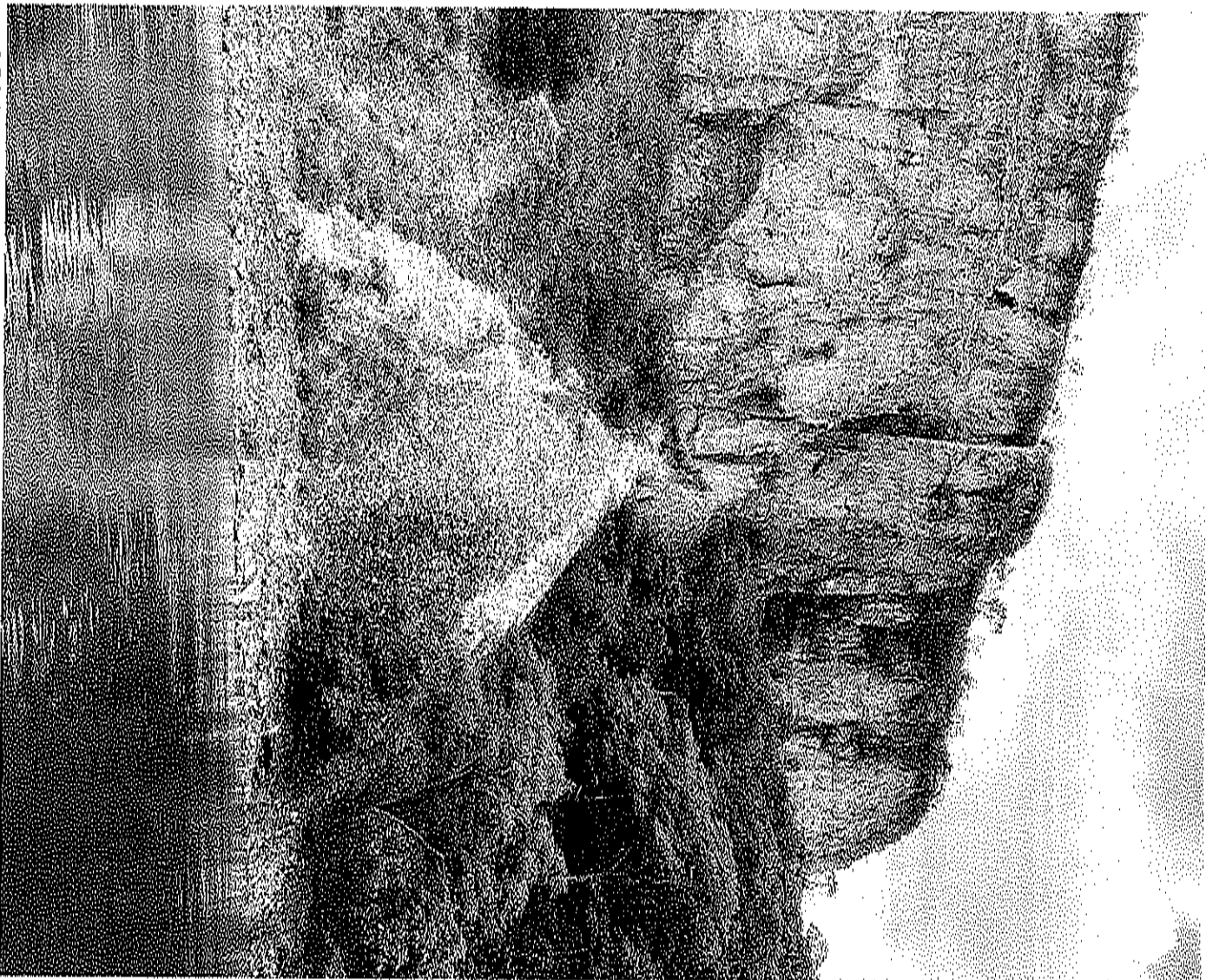


Figura 3.5.2-9. Detalhe da zona C2.1, mostrando material de talus com blocos de rocha de variadas dimensões e a formação de vegetação e solo nas porções menos inclinadas. O material dessa zona muitas vezes se encontra inconsolidado, o que favorece a ocorrência de instabilidades, como o rolamento de blocos e escorregamentos translacionais rasos.

A zona C2.2 apresenta comportamento geomecânico semelhante à zona C1.2 observada no compartimento geomecânico C1, classificada como um “Maciço Rochoso Muito Fraco” (Peso total: 20) devido ao intenso faturamento, muitas vezes com aberturas decimétricas a métricas entre

as fraturas. Nessa porção do paredão, nota-se a formação de blocos e colunas de rocha com até 50 m de altura separados por fraturas muito abertas (> 50 cm de largura), indicando alta suscetibilidade a instabilidades. Grande parte destes blocos já se mostram inclinados em direção à represa, ressaltando a necessidade de medidas de contingenciamento do perigo aos visitantes e trabalhadores que visitam o Cânion Morro dos Cabritos, com contenção e/ou remoção destes blocos.

No compartimento C2 foi realizado em 1985 uma intervenção pela empresa Furnas Centrais Elétrica devido à preocupação da ocorrência de processos de movimento de grandes massas rochosas na forma de tombamento de blocos com mais de 80 metros, que poderiam gerar ondas que galgassem as estruturas da barragem de Furnas, em um potencial processo que atingisse o reservatório. Um breve relato sobre os trabalhos realizados pela empresa Furnas é feito no livro “Geologia de Engenharia e Mecânica das Rochas no Brasil: a contribuição de Murillo Dondici Ruiz” (ABGE, 2017), conforme segue:

“Em 1985, os engenheiros Murillo Ruiz e Flávio Lyra foram contratados pela Furnas Centrais Elétricas para atuarem como consultores para a solução da grande instabilidade do Morro dos Cabritos. Segundo Murillo:

“Tratava-se do maior volume de rocha em movimentação por tombamento por mim presenciado. Sua altura era da ordem de 86 metros a partir do nível da água do reservatório. O grande receto de Furnas era o de uma ruptura brusca do monumental volume de rocha em deslocamento, que provavelmente causaria uma onda de grande altura no reservatório, semelhante à que ocorreu em Vajont, na Itália”. A Barragem de Vajont foi concluída em 1960 no Vale do Rio Vajont, 100 quilômetros ao norte de Veneza. Atualmente em desuso, era uma das barragens em arco mais altas do mundo, com 262 metros de altura, 27 metros de espessura na base, e 3,4 metros no topo. Um deslizamento de terra nas encostas, em 9 de outubro de 1963, causou um galgamento da barragem, a destruição do Vale do Rio Piave e cerca de duas mil mortes. A onda formada pelo deslizamento de terra sobre a represa foi atribuída ao fato de que os projetistas, apesar dos longos estudos e medições, subestimaram as consequências de um possível escorregamento do Monte Toc, no lado sul da bacia. Como resultado desses estudos, fizeram a barragem mais alta, justamente para poder absorver um possível deslizamento, porém não foi suficiente.

Murillo prossegue no seu relato:

“Quando iniciamos a consultoria, Furnas já estava analisando com modelos matemáticos e físicos a possível ruptura brusca dessa massa rochosa, na tentativa de determinar a altura de uma hipotética onda no reservatório e suas consequências sobre a barragem e comportas de vertedor. Essas comportas já tinham sido, anteriormente, objeto de alicreamento para o aumento do nível do reservatório, e estimava-se que as ondas, caso ocorressem, poderiam danificar sua estrutura”.

O modelo físico construído para simular a eventual ruptura do grande volume de rochas foi realizado pelo Laboratório Hidrotécnico Saturnino de Brito (Hidroesb), em Jacarépaguá, no Rio de Janeiro. Conforme apuraram Murillo e Lyra:

‘ A solução para neutralizar essa instabilidade foi a simples observação do que a natureza nos indicava: a erosão provocada pela concentração de águas pluviais, que contava aquela encosta instável, formava um entocamento na sua base, resultando na sua estabilidade pelo naciço pelo naciço de pedras depositado na base junto ao reservatório. Assim, sugeriu-se o retaludamento da encosta instável com o lançamento desses mesmos materiais encosta abaixo.’

A recomendação foi executada com grande sucesso, eliminando a instabilidade daquela área. As fotografias que acompanham este texto evidenciam a magnitude e precariedade da massa rochosa instável e o resultado final obtido.

O trabalho técnico ‘Deslizamento de Encosta no Reservatório da Usina de Furnas – Estudos Hidráulicos Experimentais’ apresentado no XIX Seminário Nacional de Grandes Barragens, de autoria dos engenheiros Eiton de Carvalho, Elóir de Oliveira Faria e José Carlos Quito Bastos, de Furnas Centrais Elétricas, e da engenheira Dílma Costa Rebelo, da Hidroesh, contém uma excelente descrição dos estudos efetuados” (ABGE, 2017, 110-113p.)

As **Figuras 3.5.2-10 e 3.5.2-11** ilustram a situação do Morro dos Cabritos em 1985 antes das intervenções executadas pela empresa Furnas, onde se observa grandes blocos rochosos, acima de 80 metros de altura, formando volumes significativos materiais instáveis. E a **Figura 3.5.2-12** apresenta como ficou o Morro dos Cabritos após o retaludamento em parte da área, podendo observar que não foi feito nenhum tipo de revegetação no local nem controle das águas pluviais, que atualmente apresenta vários pontos de erosões lineares após cerca de 37 anos das intervenções executadas pela empresa Furnas na área (**Figuras 3.5.2-13 e 3.5.2-14**).

Em complemento, ainda, existem grandes blocos rochosos com volumes significativos no Morro dos Cabritos, alguns com mais de 50 metros de altura, inclinados em direção ao reservatório da represa de Furnas e totalmente instáveis, que em um processo extremo, podem deslocar grandes massas de rocha e solo e gerar uma onda no reservatório (**Figuras 3.5.2-15 e 3.5.2-17**).

O local atualmente apresenta-se como um passivo ambiental que precisa ser revisito totalmente em termos de segurança, inclusive pela possibilidade de ocorrência de grandes deslocamentos de blocos ou massas em escorregamentos, que podem gerar ondas no reservatório e afetar áreas distantes da represa. A Prefeitura Municipal e o Ministério Público devem definir as responsabilidades pelas intervenções executadas na área, cobrando os responsáveis a elaboração e execução de um projeto de recuperação para estabilização dos processos geológicos no local, que apresentem grande probabilidade de sofrerem deslocamentos significativos. Também é fundamental que seja feita modelagem matemática para simular possíveis cenários de movimentos de massa atingindo o reservatório e a propagação de ondas geradas para delimitar as áreas de atingimento e suas consequências.

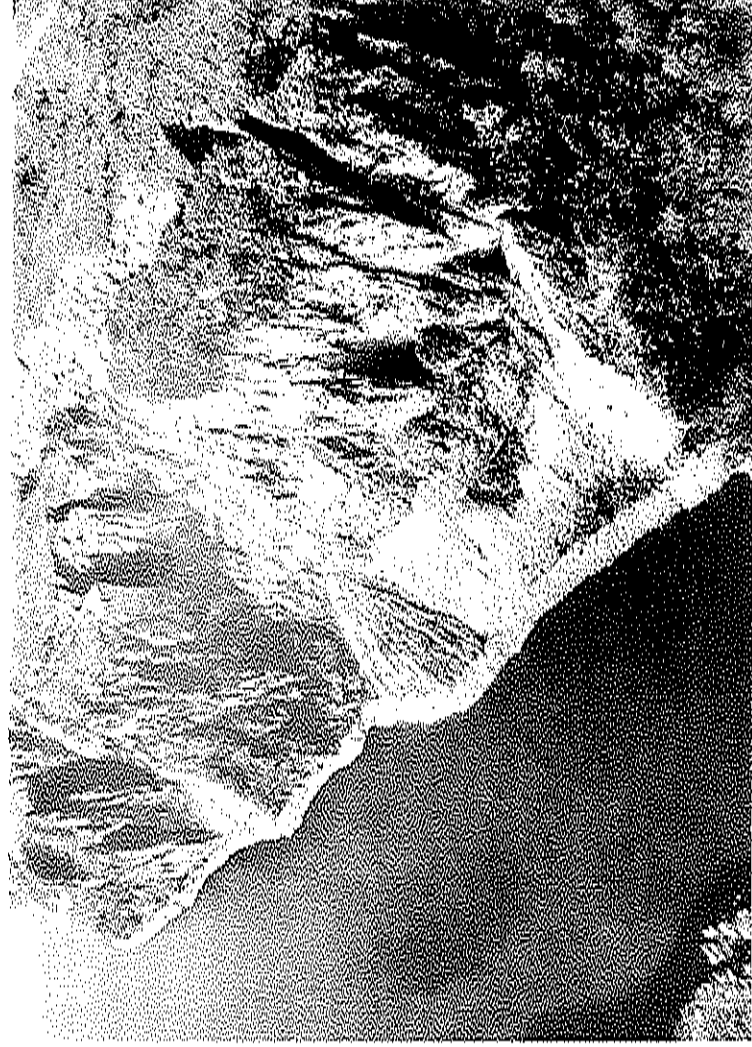


Figura 3.5.2-10. Vista do Morro dos Cabritos em foto tirada em setembro de 1985, mostrando a configuração do morro antes das intervenções realizadas pela empresa Furnas. Segundo Murillo Dondici Ruiz “a própria natureza indicou a solução mais adequada: o desmonte com maquinário *ripper* e lançamento do material encosta abaixo, formando um entrocamento no pé da encosta” (ABGE, 2017, 110p.)



Figura 3.5.2-11. Vista do Morro dos Cabritos em foto tirada em setembro de 1985, mostrando a configuração do morro antes das intervenções realizadas pela empresa Furnas. Segundo Murillo Dondici Ruiz “o impressionante movimento de tombamento da encosta rochosa do Morro dos Cabritos, que apresentava um bloco de rocha de 80 metros de altura na beira do reservatório de Furnas” (ABGE, 2017, 111p.).

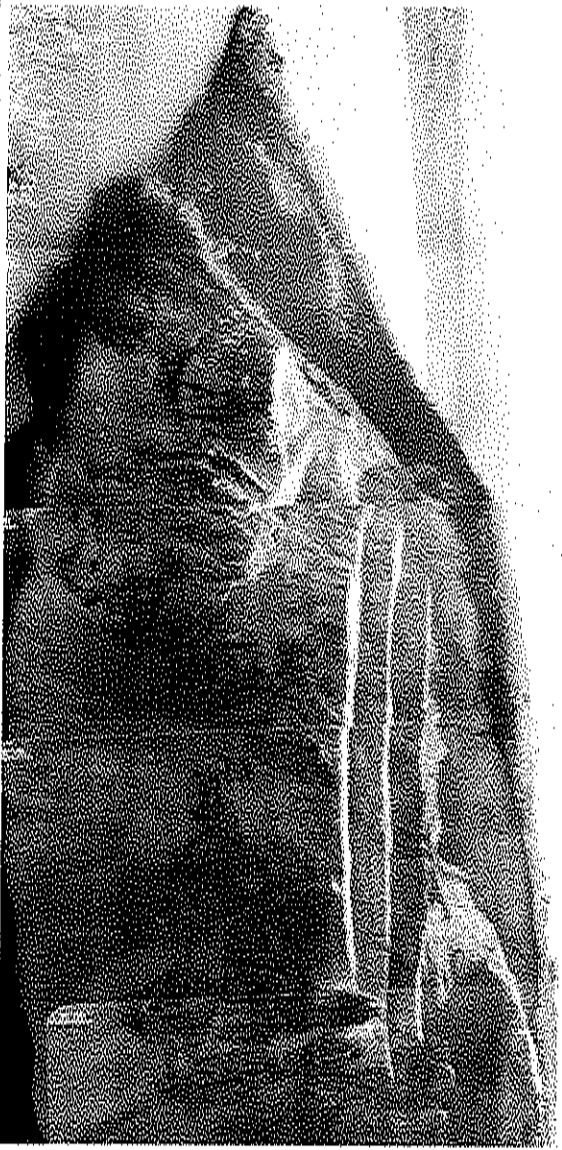


Figura 3.5.2-12. Vista do Morro dos Cabritos em foto tirada após 1985 com a configuração do morro após as intervenções realizadas pela empresa Furnas, apresentando a “montagem fotográfica que mostra a escavação e taludamento do Morro dos Cabritos, acelerando o processo natural de erosão e deposição de material no pé da encosta” (ABGE, 2017, 113p.).

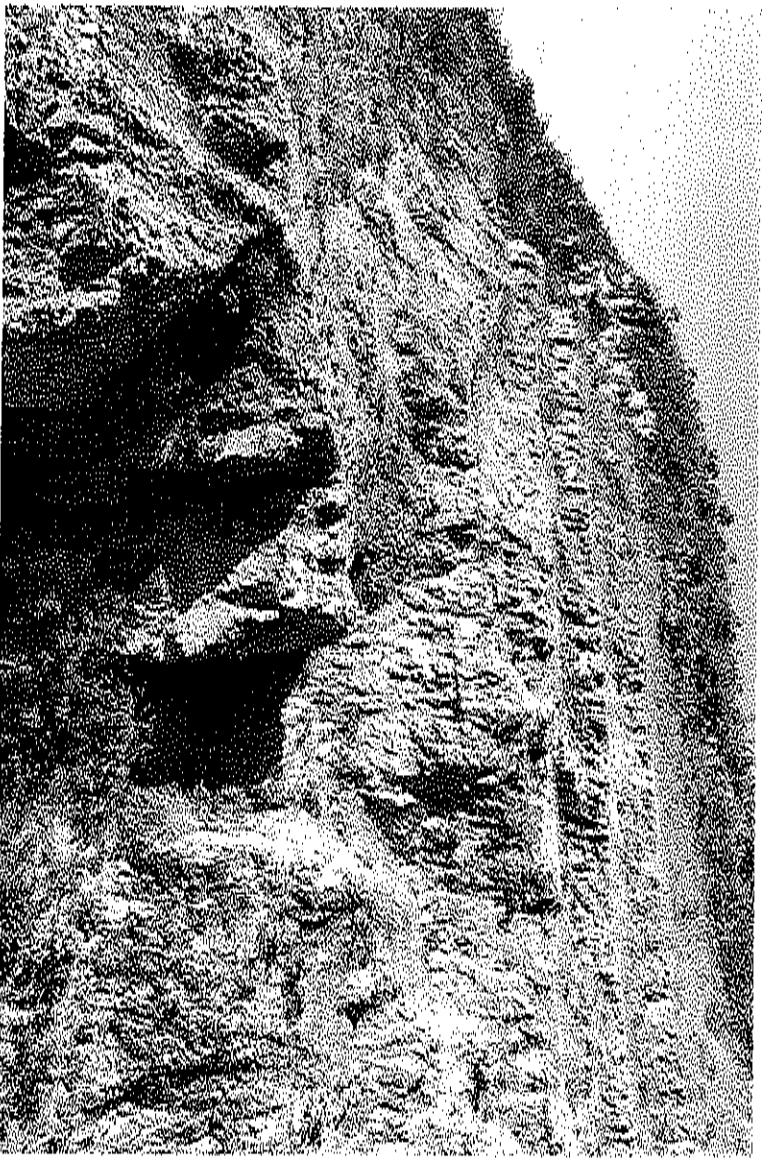


Figura 3.5.2-13. Vista do Morro dos Cabritos atualmente, onde se observa vários pontos com erosões lineares significativas na zona C2.2, mostrando blocos rochosos de grandes dimensões intensamente fraturados e inclinados em direção a repressa, demonstrando que ainda há grandes massas rochosas instáveis que podem se deslocar. Medidas de contingenciamento do perigo são altamente recomendadas, incluindo a elaboração e execução de projeto de recuperação e estabilização de todo este compartimento.

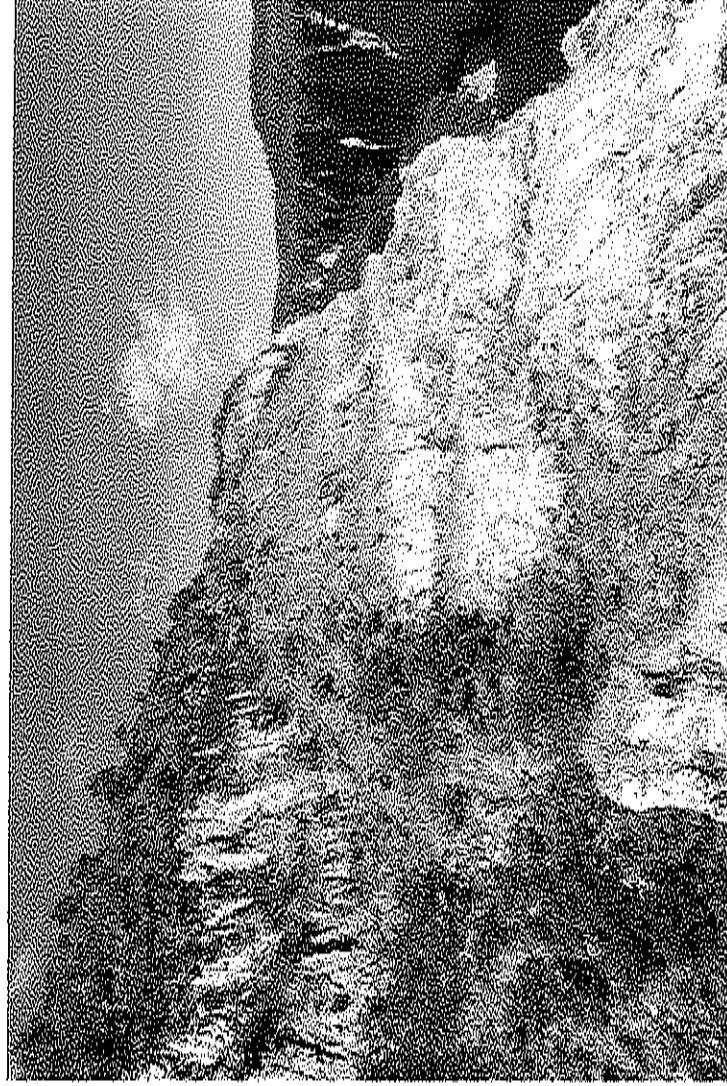


Figura 3.5.2-14. Outra vista do Morro dos Cabritos atualmente, onde se observa vários pontos com erosões lineares significativas na zona C2.2, mostrando blocos rochosos de grandes dimensões intensamente fraturados e inclinados em direção a represa. Medidas de contingenciamento do perigo são altamente recomendadas, incluindo a elaboração e execução de projeto de recuperação e estabilização de todo este compartimento.



Figura 3.5.2-15. Vista do Morro dos Cabritos nos dias atuais. Detalhe da zona C2.2, mostrando bloco de rocha com cerca de 50 metros de altura, intensamente fraturado e inclinado em direção a represa, demonstrando que ainda há grandes massas rochosas instáveis que podem se deslocar gerando ondas significativas no reservatório. Medidas de contingenciamento do perigo são altamente recomendadas, incluindo a elaboração e execução de projeto de recuperação e estabilização de todo este compartimento.



Figura 3.5.2-16. Detalhe da zona C2.2, onde observa-se diversas colunas de rocha com até 50 m de altura, intensamente fraturadas e inclinadas em direção a represa, indicando o início do processo de tombamento. Medidas de contingenciamento do perigo são altamente recomendadas, incluindo a elaboração e execução de projeto de recuperação e estabilização de todo este compartimento.

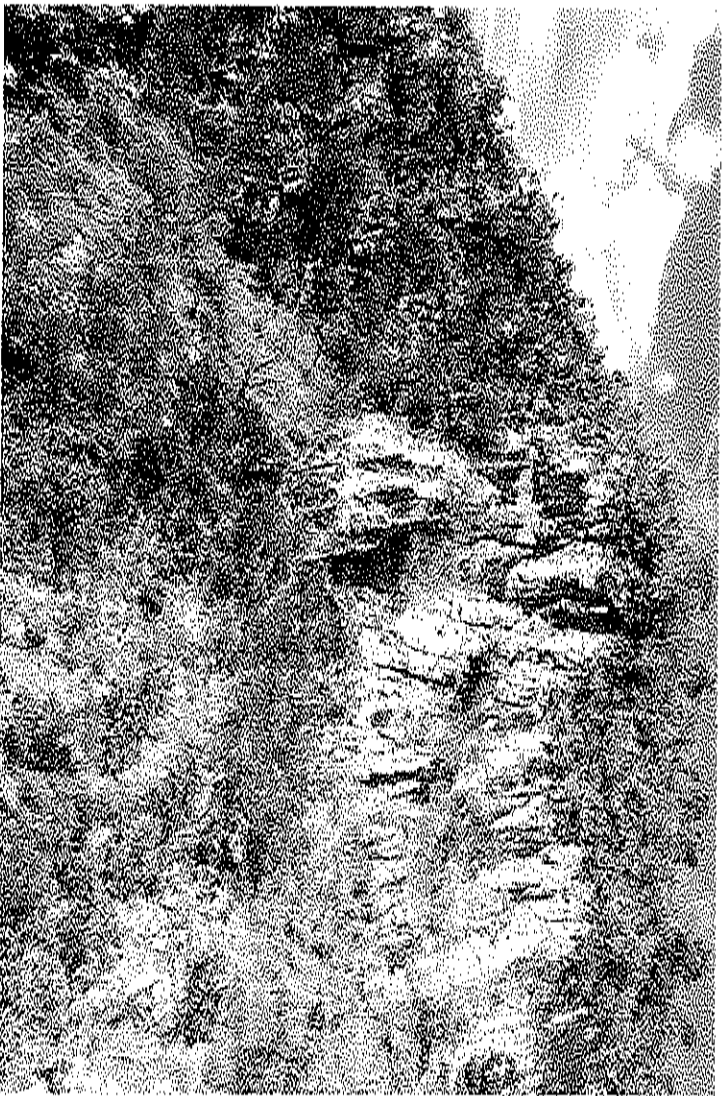


Figura 3.5.2-17. Detalhe de outra porção da zona C2.2, mostrando blocos e colunas de rocha com até 30 metros de altura, intensamente fraturadas e inclinadas em direção a represa. Medidas de contingenciamento do perigo são altamente recomendadas, incluindo a elaboração e execução de projeto de recuperação e estabilização de todo este compartimento.

3.6. Análise dos Perigos e dos Riscos Geológico-Geotécnicos

3.6.1. Análise no Vale dos Tucanos

Para análise de perigo geológico-geotécnico foram elaborados mapas de inclinação e de elevação para avaliação da declividade do terreno no entorno dos cânions do Vale dos Tucanos (Figuras 3.6.1-1 e 3.6.1-2), onde foi possível verificar que os compartimentos de C1 a C6 apresentam taludes com inclinações que variam de 70° a 90°, com locais específicos com inclinações ainda maiores de 90°, formando taludes negativos com alturas maiores que 30 metros, com alto grau de fraturamento considerando 3 principais famílias de descontinuidades e muito alta a alta suscetibilidade a ocorrência de tombamento, queda livre e rolamento/saltação de blocos e escorregamentos superficiais.

A presença de depósitos de tálus na base dessas paredes é evidente mesmo com a elevação rápida do nível do reservatório que ocorreu de dezembro de 2021 a março de 2022, demonstrando que a área apresenta recorrência de eventos de movimentos gravitacionais de massa. Contudo, pelas entrevistas feitas com moradores e marinheiros durante os levantamentos de campo, nenhuma relatou ter evidenciado a ocorrência de processos de tombamento, rolamento/saltação e queda livre de blocos e/ou escorregamentos na área antes do acidente de janeiro de 2022, pessoas que frequentam quase que diariamente o local, algumas há mais de 30 anos. Portanto, não foi possível determinar uma frequência de ocorrência de processos na área até o momento.

Acima do limite superior de alguns paredes ocorrem inclinações do terreno de 40° a 60° com a presença de blocos isolados com altura variando de 2 a 20 metros de altura, áreas com alta suscetibilidade a rolamentos/saltação de blocos e escorregamentos em direção a área do reservatório, condições existentes em todos os compartimentos geomecânicos. Porém, nenhum evento histórico deste tipo foi identificado e/ou relatado na área do cânion.

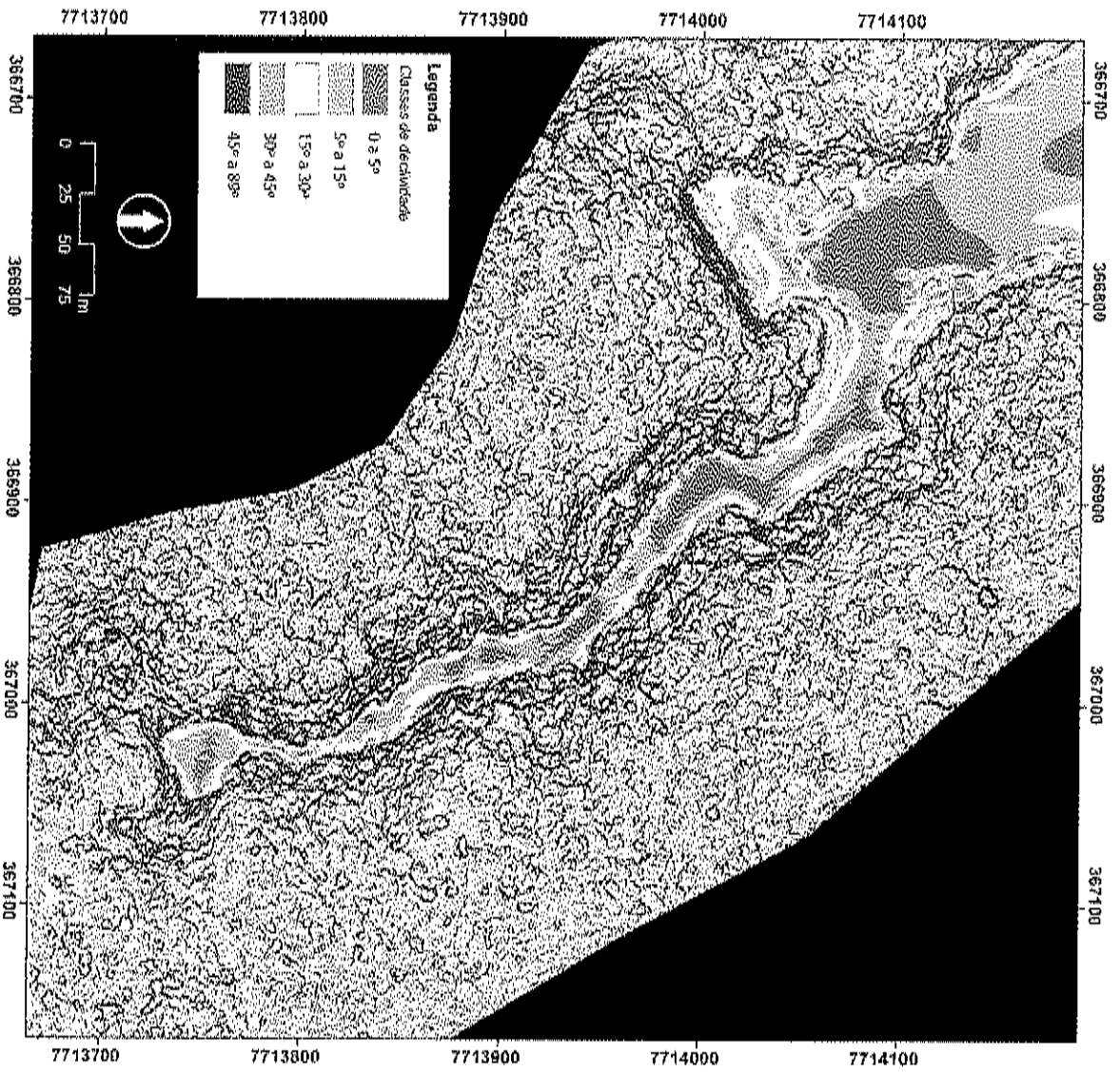


Figura 3.6-1-1. Mapa de inclinação do cânion Vale dos Tucanos, demonstrando a presença de declividades elevadas que condicionam alta suscetibilidade a ocorrência de processos de movimentos gravitacionais de massa.

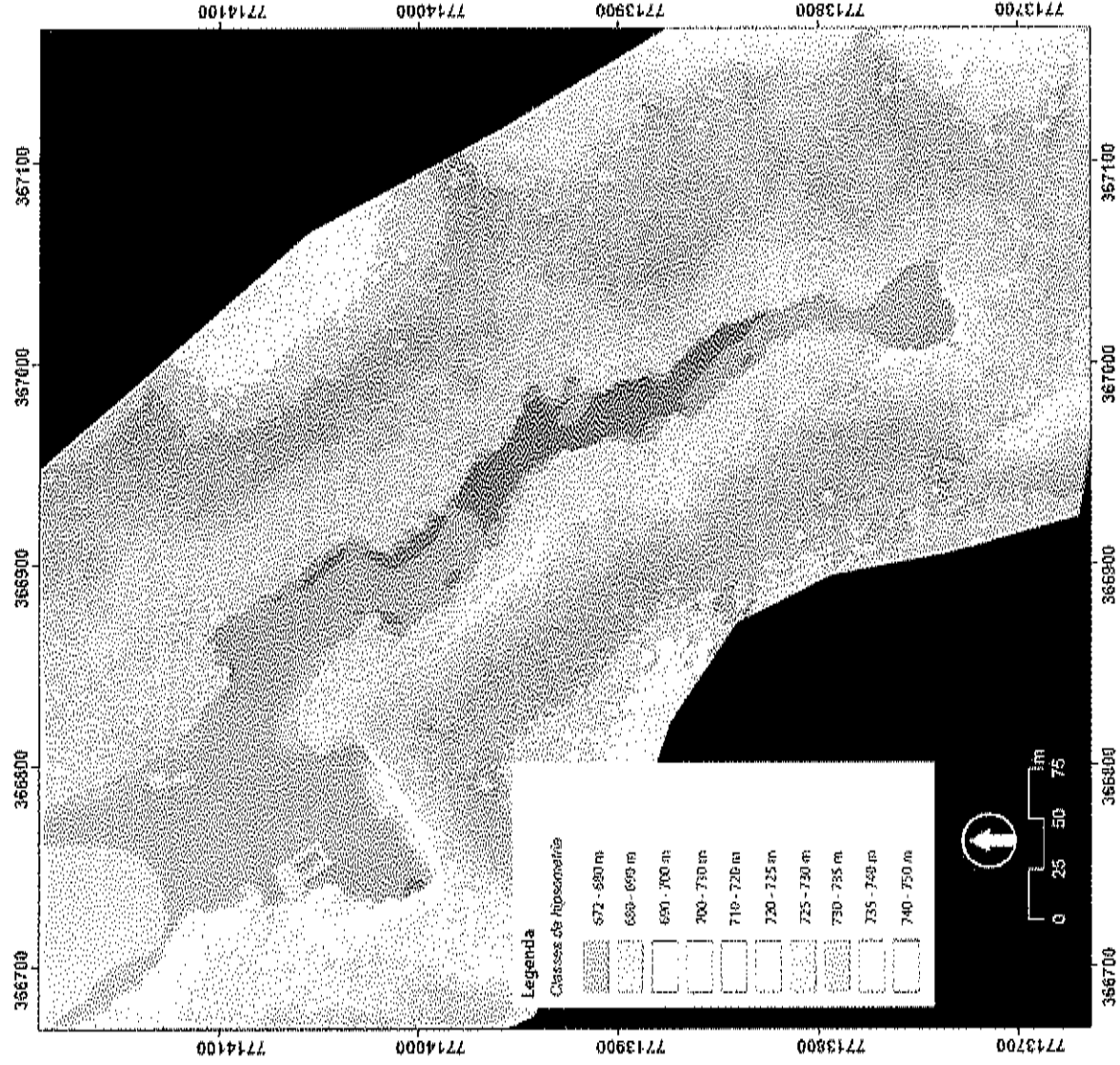


Figura 3.6.1-2. Mapa de elevação do terreno do cânion Vale dos Tucanos, com base no Modelo Digital de Superfície (MDS) obtido em levantamento de campo.

Neste sentido, foi realizado o mapeamento de perigos a movimentos gravitacionais de massa para cada compartimento geomecânico, focando os tipos de processos que condicionam uma maior área de atingimento e dispersão dentro da área de reservatório do cânion, neste caso, o tombamento e rolamento/saltção de blocos, já que na ocorrência de escorregamentos superficiais nas porções superiores da encostas, estes condicionariam tombamentos e rolamento/saltção de blocos até a área do reservatório.

Os estudos de perigo e riscos foram realizados nas condições com o nível de reservatório alto. Durante os meses de abril e junho de 2022, a cota do nível de água do reservatório ficou entre 763 e 766 m. Em setembro de 2021, a cota do reservatório estava em 754 m, seu nível mais baixo nos últimos 20 anos. Ou seja, em apenas 5 meses houve uma elevação brusca do nível em 12 m, situação que potencializa de maneira drástica a instabilização em descontinuidades pelo aumento da pressão de água.

Nova avaliação geológico-geotécnica e atualização do estudo deve ser feita durante o período de seca com nível mais baixo do reservatório, o que possibilitará identificar condições geomecânicas diferentes da base dos paredões e as condições e geometria dos depósitos de talus. A chuva e a variação do nível de água do reservatório são as principais condições potenciais de deflagração de movimentos gravitacionais de massa nos taludes do reservatório de Furnas.

Desta forma, um valor adicional de 10 m na altura dos taludes de cada compartimento foi incluído na análise de perigo em toda a área de estudo, com o objetivo de levar em consideração essas variações do nível d'água, tornando a análise mais conservadora, situação que deverá ser novamente avaliada em um período de nível mais baixo.

A delimitação do perigo e estimativa de altura dos blocos de rocha e do talude, foram feitas com base no Modelo Digital de Superfície (MDS) gerado a partir dos dados do levantamento com drone. A folha topográfica disponível para o cânion (Folha Furnas – 1:50,000) não possui resolução suficiente para uma descrição accurada do talude, desta forma é adotado o MDS obtido por meio da investigação aérea feita por nessa equipe.

O compartimento C1 corresponde ao paredão com direção N40W e a Figura 3.6.1-3 mostra a delimitação da área crítica, em vermelho, e da área de dispersão do material, em amarelo. A altura máxima do paredão no compartimento C1 chega a 30 m de altura, segundo o MDS. Com o buffer de 10 m, a altura de trabalho aqui adotada é de 40 m. Desta forma, a partir da base do talude, considerando que o talude apresenta uma inclinação superior a 70°, a distância da área crítica é de 13 m, enquanto a área de dispersão possui 40 m (Figura 3.6.1-3). O compartimento C2 corresponde ao paredão com direção N80E, que apresenta altura máxima de 30 m, de acordo com o MDS, que com o buffer de 10 m, vai a 40 m de altura. A área crítica, portanto, é de 13 m, enquanto a área de

dispersão é de 30 m (Figura 3.6.1-3). O compartimento C3 apresenta inclinação superior a 70° e sua altura máxima é de 30 m. Considerando o buffer de 10 m devido a variações no nível da represa, a altura vai a 40 m, o que faz com que a área crítica apresente 13 m e a área de dispersão 40 m (Figura 3.6.1-3).

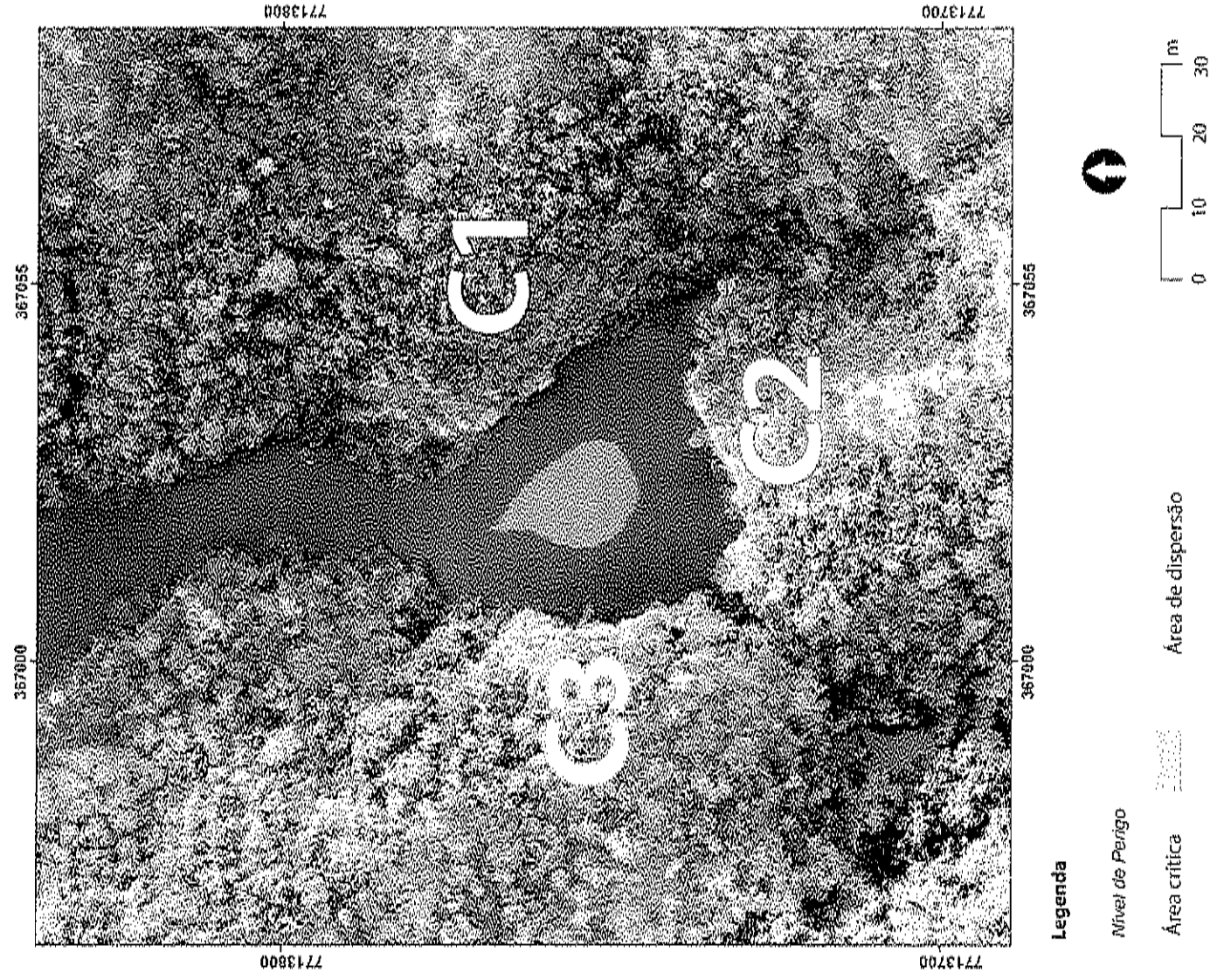


Figura 3.6.1-3. Zonamento do perigo em área crítica e de dispersão nos compartimentos C1, C2 e C3.

O compartimento C4 apresenta 40 m de altura média, com inclinação média superior a 70°. Considerando o buffer de 10 m, a área crítica apresenta 17 m e a área de dispersão 50 m (Figura 3.6.1-4). Similarmente, o compartimento C6 apresenta altura média do paredão rochoso de 40 m, com inclinação superior a 70°, que faz com que a área crítica apresente 17 m e a área de dispersão 50 m, considerando o buffer de 10 m (Figura 3.6.1-4).

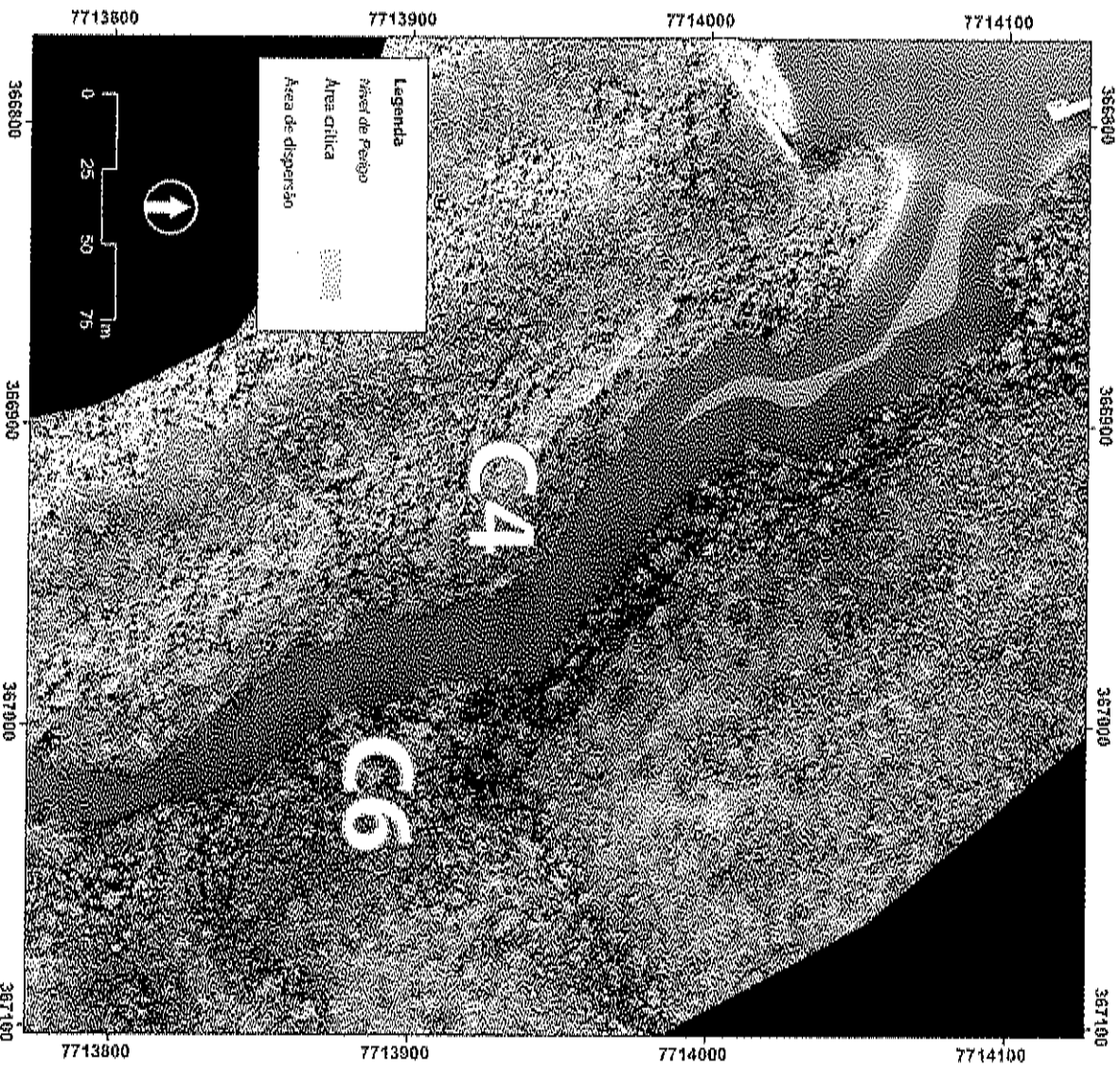
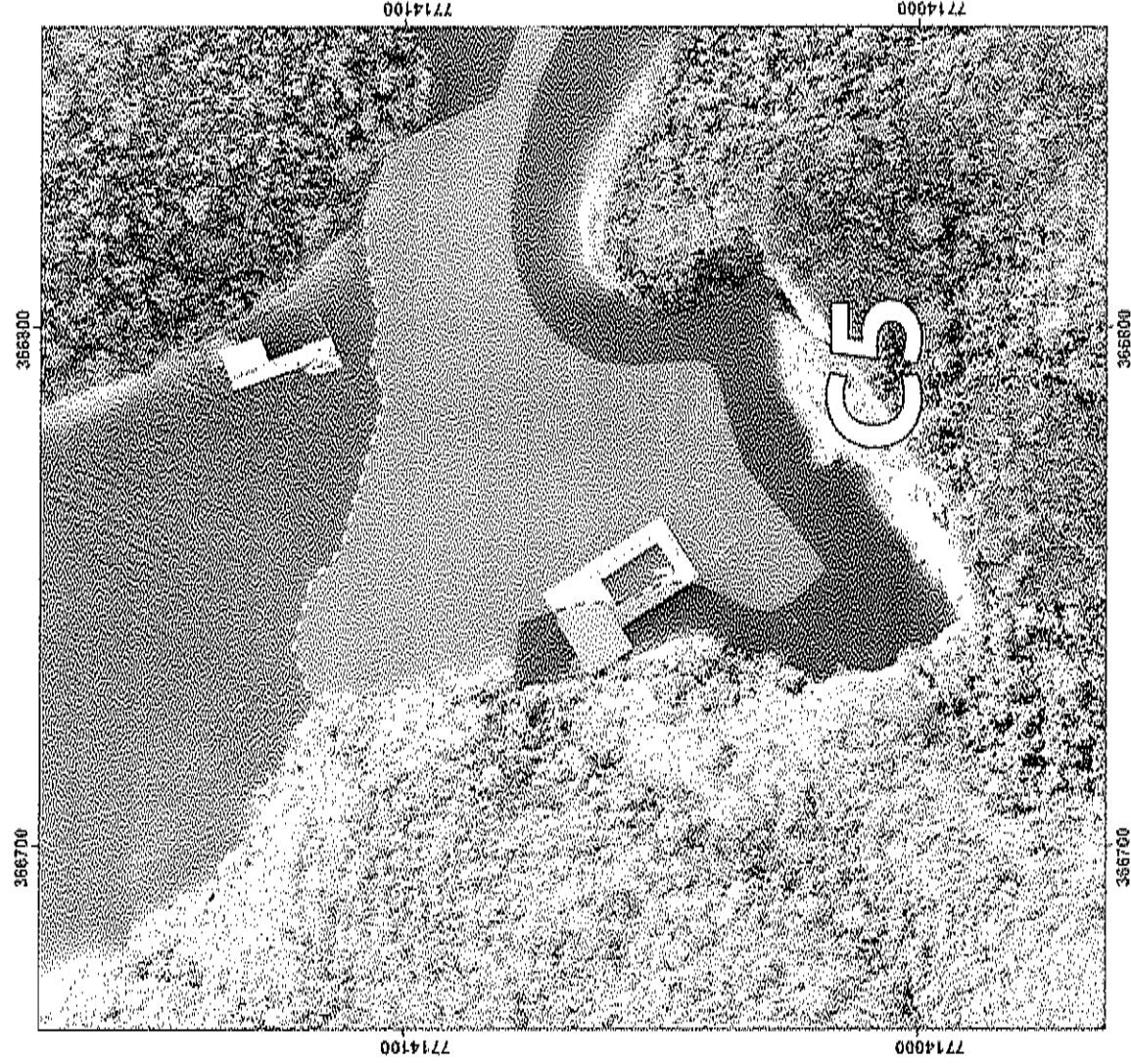


Figura 3.6.1-4. Zonamento do perigo em área crítica e de dispersão nos compartimentos C4 e C6.

O Compartimento C5 tem altura máxima de 45 m, com inclinação superior a 70°. A área crítica, portanto, apresenta 19 m e a área de dispersão 55 m, considerando o buffer de 10 m (Figura 3.6.1-5).



Legenda

Nível de Perigo

Área crítica

Área de dispersão



Figura 3.6.1-5. Zonamento do perigo, em área crítica e de dispersão no compartimento C5.

A Figura 3.6.1-6 mostra o zonamento do perigo considerando o cânion Vale dos Tucanos inteiro, onde nota-se que o perigo de atingimento direto por material proveniente de quedas ou tombamentos de blocos de rocha ocorre ao longo de todo o percurso do cânion até sua parte final, e quando se considera o perigo de atingimento secundário, todo o cânion apresenta perigo potencial.

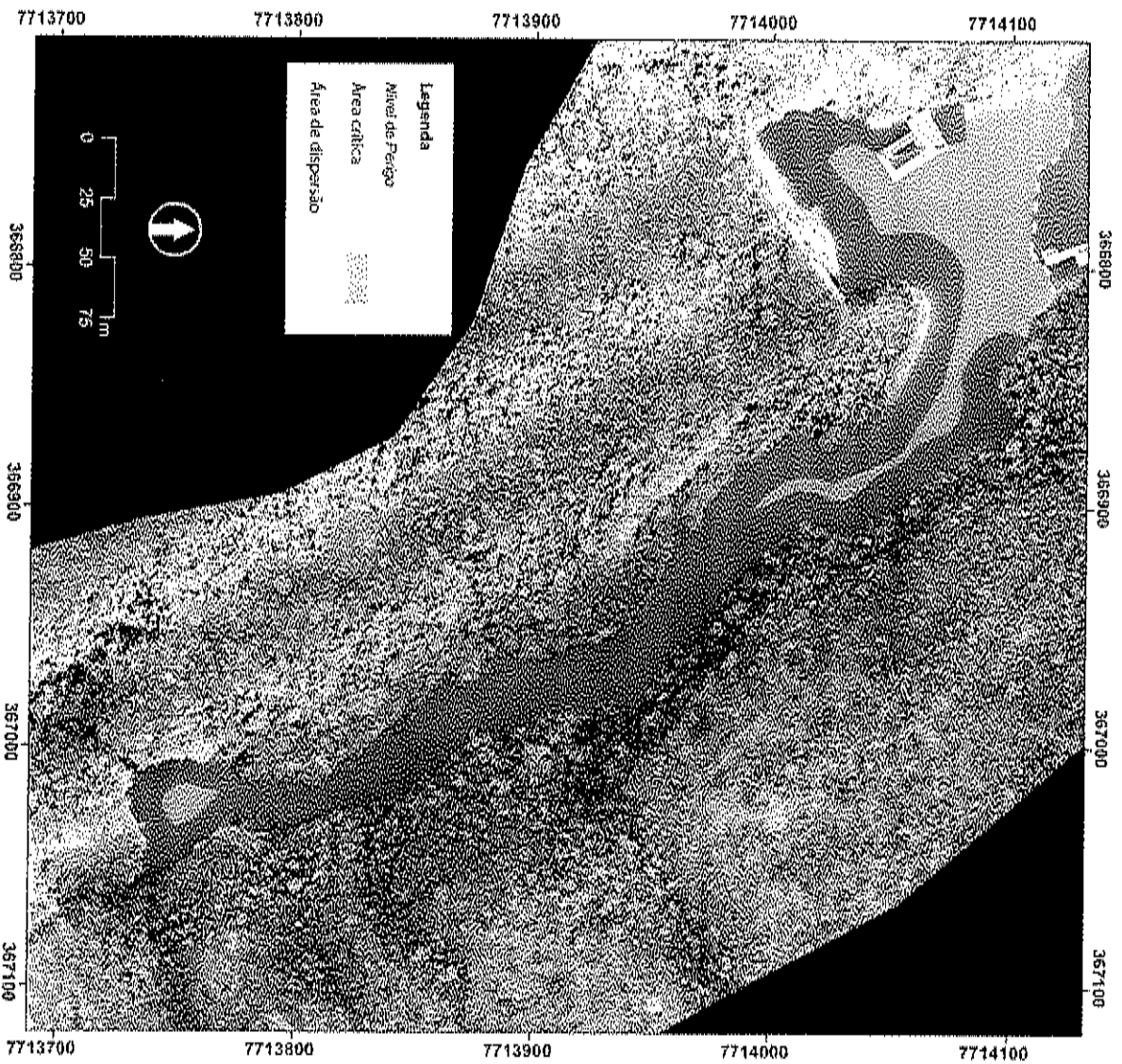


Figura 3.6.1-6. Zonamento do perigo do Cânion Vale dos Tucanos. O limite da área de dispersão no início do cânion indica que em caso de queda ou tombamento de bloco, todo o cânion apresenta perigo potencial.

A análise de perigo aos movimentos gravitacionais de massa indicou que toda a área do cânion Vale dos Tucanos tem possibilidade de ocorrência destes processos, levando a necessidade de realização de avaliação de risco considerando as atividades de visitação turística que são realizadas na área por meio de embarcações.

Neste contexto, considerando que o cânion Vale dos Tucanos é uma área turística bastante visitada e importante no contexto da rota de visitação dos cânions da represa de Fumas, atividade que movimentava todo o turismo regional e apresenta uma relevância significativa em termos sociais

e econômicos. E que medidas podem ser tomadas para redução, mitigação e controle dos riscos, tais como: a) delimitação de áreas de restrição de navegação dentro do cânion; b) implantação de obras de contenção e/ou remoção de blocos em pontos mais críticos; c) redução da exposição de tempo dos visitantes aos perigos geológico-geotécnicos existentes; d) redução do quantitativo de embarcações que acessam a área ao mesmo tempo; e) definição de velocidade e dos locais de navegação e proibição de som dentro do cânion; f) definição de planos de monitoramento, manutenção e de contingência; g) redução da vulnerabilidade dos visitantes, por meio o uso de equipamentos de proteção individual e informações; h) orientações e treinamentos dos marinheiros e empresários da região com o intuito de aumentar a percepção dos perigos e riscos existentes em toda a região; e, i) orientações aos visitantes sobre os perigos e riscos existentes no passeio.

Considerando, ainda, que se trata de uma situação específica diferente a encontrada em avaliações de risco em áreas urbanas, já que a área não possui infraestrutura fixa, residências, edifícios ou construções (com exceção do bar flutuante existente próximo a cachoeira que deve ser retirado do local), nas áreas de atingimento aos processos de movimentos gravitacionais de massa, mas são áreas visitadas por embarcações em um determinado período do dia e em determinadas condições, situação que reduz a exposição das pessoas aos perigos existentes quando há um plano de uso específico em execução associado a um sistema de gestão de risco.

Desta forma, considerando os aspectos elencados, foi elaborado um zoneamento de risco geológico-geotécnico, qualificando os perigos, vulnerabilidades e danos associados para o cânion Vale dos Tucanos, conforme apresenta o **Quadro 3.6.1-1** e a **Figura 3.6.1-7**, onde as classes de risco estão delimitadas em imagem aérea da área, da seguinte forma:

- **Zona de Risco Muito Alto (linha vermelha escura):** área no entorno da cachoeira referente ao compartimento C5 que já apresenta cicatriz de escorregamento e deslocamentos recentes de blocos, onde parte do paredão sofreu abatimento e está sobre o depósito de tálus, incluindo trecho que a cachoeira está escavando por baixo o paredão podendo potencializar a queda e tombamento de blocos. Um escorregamento envolvendo toda a massa deste paredão poderia gerar uma onda que afetaria outras regiões da represa. O bar flutuante que está localizado atualmente nessa zona, deve ser retirado deste local e transferido para um local seguro fora dos limites de risco indicados neste relatório. Os paredões nesta zona apresentam forte influência da dinâmica da cachoeira em períodos chuvosos, condicionando a erosão na base dos paredões em alguns pontos e carreamento de material. A frequência dos processos não pode ser avaliada, mas a presença de depósitos de tálus e a cicatriz de escorregamento

de deslocamentos de blocos demonstram que é uma área com muito alto potencial de ocorrência dos processos analisados. É recomendável realizar estudo de simulação da propagação de uma onda no caso de ocorrência de um escorregamento de toda a massa do paredão.

- Zona de Risco Alto (linha vermelha clara): região de afinamento no final do cânion, associado aos compartimento C1, C2 e C3, onde ocorre maciço bastante fraturado com trechos menos fraturados, mas formando blocos localizados que podem sofrer instabilidades, especialmente, em eventos pluviométricos mais intensos. Recomenda-se a implantação de obras de contenção e/ou remoção de blocos em locais específicos indicados neste relatório.

- Zona de Risco Médio (linha laranja): área da entrada do cânion até início do afinamento, onde ocorre trechos de maciço bastante fraturado com domínio de vegetação com camada superficial de solo e fragmentos rochosos predominantemente, associado aos compartimentos C4 e C6.

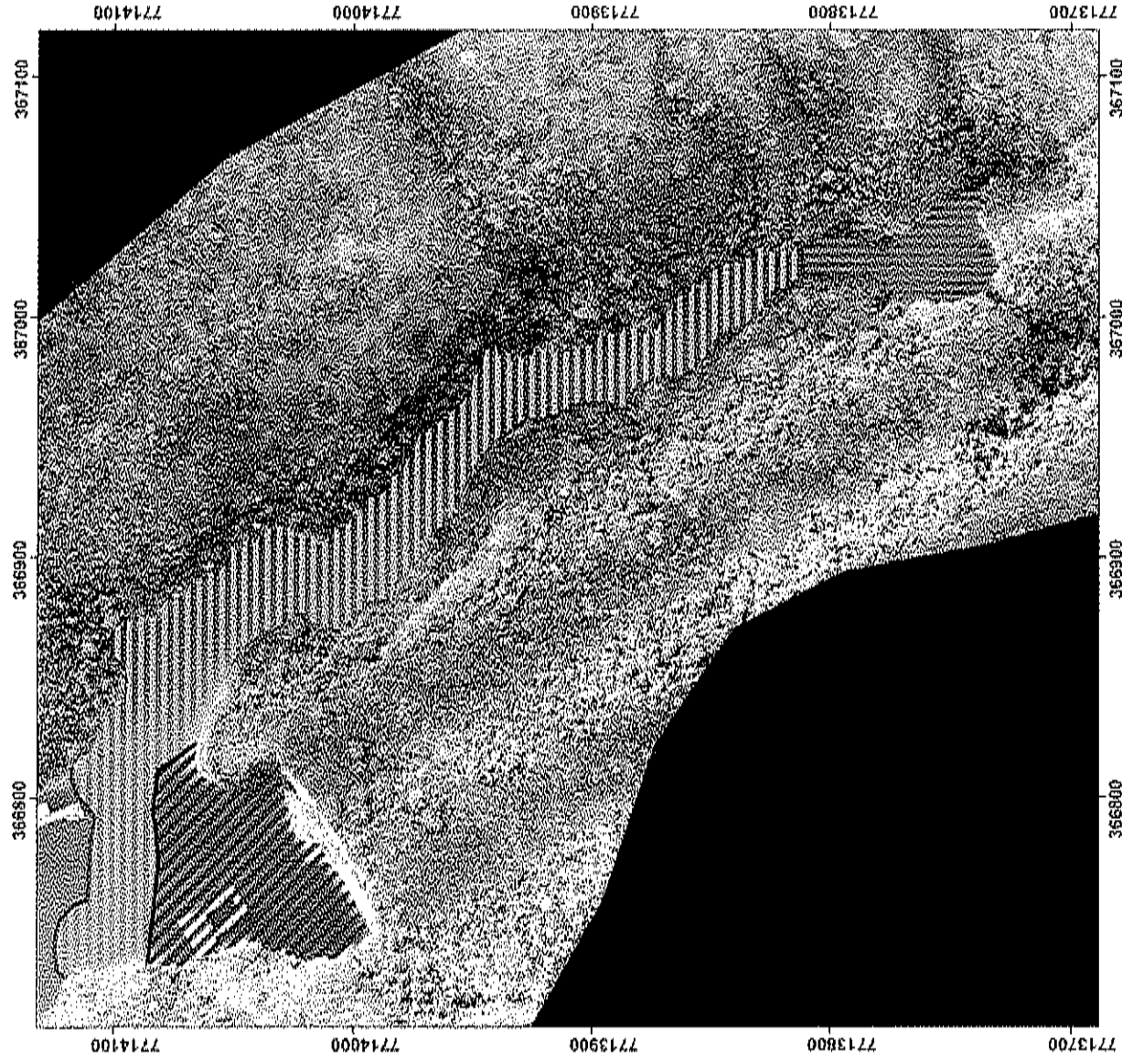
Em relação a possíveis interferências de outras atividades desenvolvidas no entorno do cânion no risco de ocorrência de movimentos gravitacionais destaca-se que é necessário avaliar o histórico de sismicidade no reservatório da represa de Furnas por meio do fornecimento das informações por parte da empresa Furnas, pois, potenciais sismos podem condicionar a ocorrência de movimentos gravitacionais de massa no cânion.

Quadro 3.6.1-1. Descrição e qualificação dos riscos existentes no cânion Vale dos Tucanos, considerando atributos referentes ao perigo, vulnerabilidade, dano potencial e recomendações gerais.

Classes de Risco	Perigo	Vulnerabilidade	Dano Potencial	Síntese de Recomendação
<p>Muito Alto</p>	<p>Zona com suscetibilidade muito alta a ocorrência de movimentos gravitacionais de massa, com blocos em iminência a sofrer o processo, que necessitam de obras de contenção e/ou remogão, associado ao compartilhamento C5. Área que apresenta cicatriz de escorregamento e deslocamentos recentes de blocos, onde parte do paredão sofreu abatimento e está sobre o depósito de talus, incluindo trecho que a cachoeira está escavando por baixo o paredão podendo potencializar a queda e tombamento de blocos. Os paredões apresentam forte influência da dinâmica da cachoeira em períodos chuvosos, condicionando a erosão na base dos paredões em alguns pontos e carregamento de material. A frequência dos processos não pode ser avaliada, mas a presença de depósitos de talus e a cicatriz de escorregamento de uma área com muito alto potencial de ocorrência dos processos analisados</p>	<p>Vulnerabilidade muito alta para as embarcações e para o bar flutuante atualmente existente no local, que ficam expostas a ocorrência do processo em um raio de 180°, podendo ser atingidas diretamente por blocos de grandes dimensões (5 a 30 metros de altura) e, em casos extremos, de massa de escorregamento. Dificuldade para monitoramento e/ou observação de deslocamentos de blocos e tomada de decisão rápida para evacuação do local. Um escorregamento envolvendo toda a massa deste paredão poderia gerar uma onda que afetaria outras regiões da represa</p>	<p>Dano potencial muito alto. Zona abrangida pelas áreas críticas de atingimento onde blocos de grandes dimensões e massa de escorregamento podem destruir totalmente as embarcações e o bar flutuante, danificá-los e/ou afundá-los no processo, com alto potencial de impacto fatal ou grave nas pessoas.</p>	<p>Área que deve ser proibida a visitação turística por embarcações e isolada com bóias. Implantação de obras de contenção e/ou remogão de blocos em pontos específicos para redução dos riscos. O bar flutuante deve ser retirado deste local e grandes dimensões e massa de escorregamento podem destruir totalmente as embarcações e o bar flutuante, danificá-los e/ou afundá-los no processo, com alto potencial de impacto fatal. Plano de monitoramento, manutenção e realização de estudo de simulação da propagação de uma onda no caso de ocorrência de um escorregamento de toda a massa do paredão.</p>

Quadro 3.6.1-1. Descrição e qualificação dos riscos existentes no cânion Vale dos Tucanos, considerando atributos referentes ao perigo, vulnerabilidade, dano potencial e recomendações gerais (continuação).

Classes de Risco	Perigo	Vulnerabilidade	Dano Potencial	Síntese de Recomendação
Alto	Zona com suscetibilidade alta a ocorrência de movimentos gravitacionais de massa, região de afinilamento no final do cânion, associado aos compartimento C1, C2 e C3, onde ocorre maciço bastante fraturado com trechos menos fraturados, mas formando blocos localizados que podem sofrer instabilidades, especialmente, em eventos pluviométricos mais intensos. A frequência dos processos não pode ser avaliada, mas a presença de depósitos de talus em determinados pontos demonstram que é uma área com alto potencial de ocorrência dos processos analisados	Vulnerabilidade alta para as embarcações, que ficam expostas a ocorrência do processo em quase 360 graus, podendo ser atingidas diretamente por blocos de grandes dimensões (5 a 20 metros de altura) e de blocos menores que podem sofrer tombamento ou rolamento/saltação. Possibilita o monitoramento e/ou observação de deslocamentos de blocos, contudo, o afinilamento na entrada deste trecho pode dificultar a evacuação rápida. As pessoas ficarão expostas, somente no período de visitação (cerca de 9 horas no dia)	Dano potencial muito alto. Zona abrangida pelas áreas críticas de atingimento onde blocos de grandes dimensões podem destruir totalmente as embarcações, danificá-las e/ou afundá-las no processo, com alto potencial de impacto fatal ou grave nas pessoas.	Área que pode ser liberada a visitação em situação específica, de forma bastante controlada, com limitações de tempo de exposição e quantidade de embarcações, incluindo a implantação de obras de contenção e/ou remoção de blocos em pontos específicos para redução dos riscos, de plano de monitoramento, manutenção e de contingência.
Médio	Zona com suscetibilidade alta a média a ocorrência de movimentos gravitacionais de massa, que vai da entrada do cânion até início do afinilamento, onde ocorre trechos de maciço bastante fraturado com domínio de vegetação com camada superficial de solo e fragmentos rochosos predominantemente, associado aos compartimentos C4 e C6, podendo haver deslocamento de blocos de pequeno e médio porte.	Vulnerabilidade média para as embarcações, que ficam expostas a ocorrência do processo nos dois lados do cânion, podendo ser atingidas na área crítica e de dispersão. Facilidade maior para monitoramento e/ou observação de deslocamentos de blocos e tomada de decisão rápida para evacuação do local, correspondendo ao trecho da rota de fuga. As pessoas ficarão expostas, somente no período de visitação (cerca de 9 horas no dia)	Dano potencial alto a médio. Pode-se definir um trecho de navegação na porção central. Os danos podem ocorrer na área crítica e de dispersão, podendo as embarcações e pessoas serem atingidas por fragmentos centimétricos a métricos após o impacto do bloco na base do talude ou no reservatório. No caso do deslocamento de blocos de grandes dimensões podem ser geradas ondas que danifiquem as embarcações. Trecho de rota de fuga	Área que pode ser liberada a visitação de forma bastante controlada, com limitações de tempo de exposição e quantidade de embarcações, incluindo a implantação de obras de contenção e/ou remoção de blocos em pontos específicos para redução dos riscos, de plano de monitoramento, manutenção e de contingência.



Legenda

Classes de risco a movimentos gravitacionais de massa



Figura 3.6.1-7. Classes riscos a movimentos gravitacionais de massa do cânion Vale dos Tucanos

3.6.2. Análise no Morro dos Cabritos

Para análise de perigo geológico-geotécnico foram elaborados mapas de inclinação e de elevação para avaliação da declividade do terreno no entorno dos cânions do Morro dos Cabritos (Figuras 3.6.2-1 e 3.6.2-2), onde foi possível verificar que os compartimentos de C1 e C2 apresentam taludes com inclinações eu variam de 70° a 90°, com locais específicos com inclinações ainda maiores de 90°, formando taludes negativos com alturas maiores que 90 metros, com alto grau de fraturamento considerando 3 principais famílias de descontinuidades e muito alta a alta suscetibilidade a ocorrência de tombamento, queda livre e rolamento/saltação de blocos e escorregamentos superficiais.

A presença de depósitos de tálus na base desses paredes é evidente mesmo com a elevação rápida do nível do reservatório que ocorreu de dezembro de 2021 a março de 2022, demonstrando que a área apresenta recorrência de eventos de movimentos gravitacionais de massa. Contudo, pelas entrevistas feitas com moradores e marinheiros durante os levantamentos de campo, nenhum relatou ter evidenciado a ocorrência de processos de tombamento, rolamento/saltação e queda livre de blocos e/ou escorregamentos na área antes do acidente de janeiro de 2022, pessoas que frequentam quase que diariamente o local, algumas há mais de 30 anos. Portanto, não foi possível determinar uma frequência de ocorrência de processos na área até o momento.

Neste sentido, foi realizado o mapeamento de perigos a movimentos gravitacionais de massa para cada compartimento geomecânico, focando os tipos de processos que condicionam uma maior área de atingimento e dispersão dentro da área de reservatório do cânion, neste caso, o tombamento e rolamento/saltação de blocos, já que na ocorrência de escorregamentos superficiais nas porções superiores da encostas, estes condicionariam tombamentos e rolamento/saltação de blocos até a área do reservatório.

Os estudos de perigo e riscos foram realizados nas condições com o nível de reservatório alto. Durante os meses de abril e junho de 2022, a cota do nível de água do reservatório ficou entre 763 e 766 m. Em setembro de 2021, a cota do reservatório estava em 754 m, seu nível mais baixo nos últimos 20 anos. Ou seja, em apenas 5 meses houve uma elevação brusca do nível em 12 m, situação que potencializa de maneira drástica a instabilização em descontinuidades pelo aumento da pressão de água.

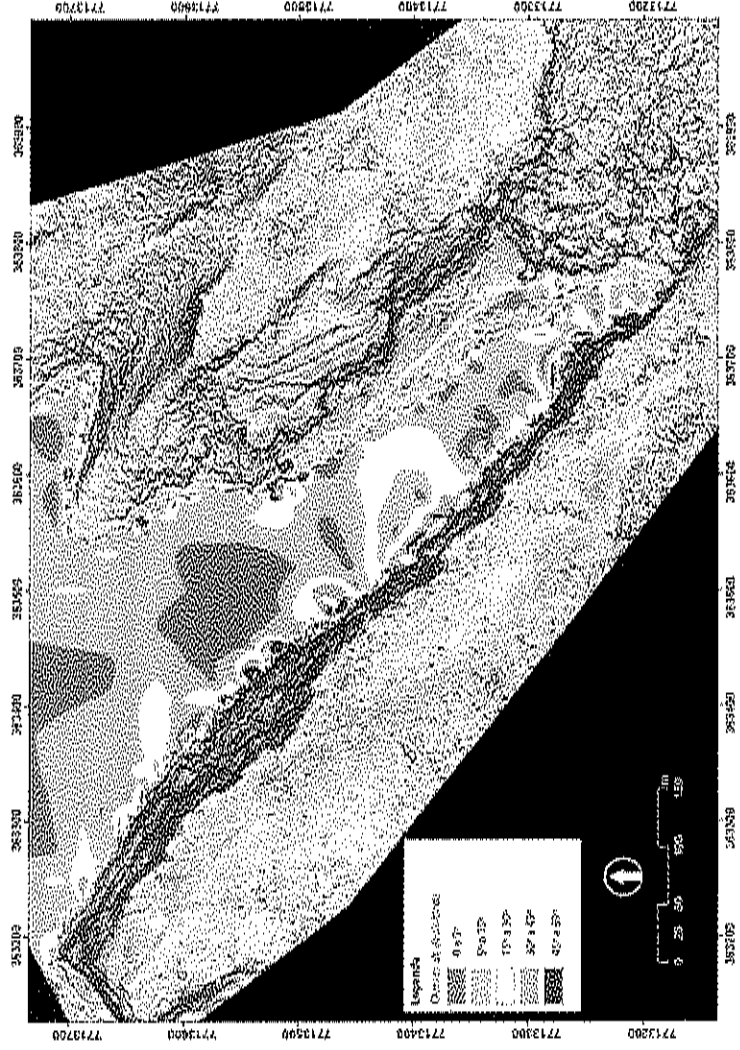


Figura 3.6.2-1. Mapa de inclinação do cânion do Morro dos Cabritos, demonstrando a presença de declividades elevadas que condicionam alta suscetibilidade a ocorrência de movimentos gravitacionais de massa.

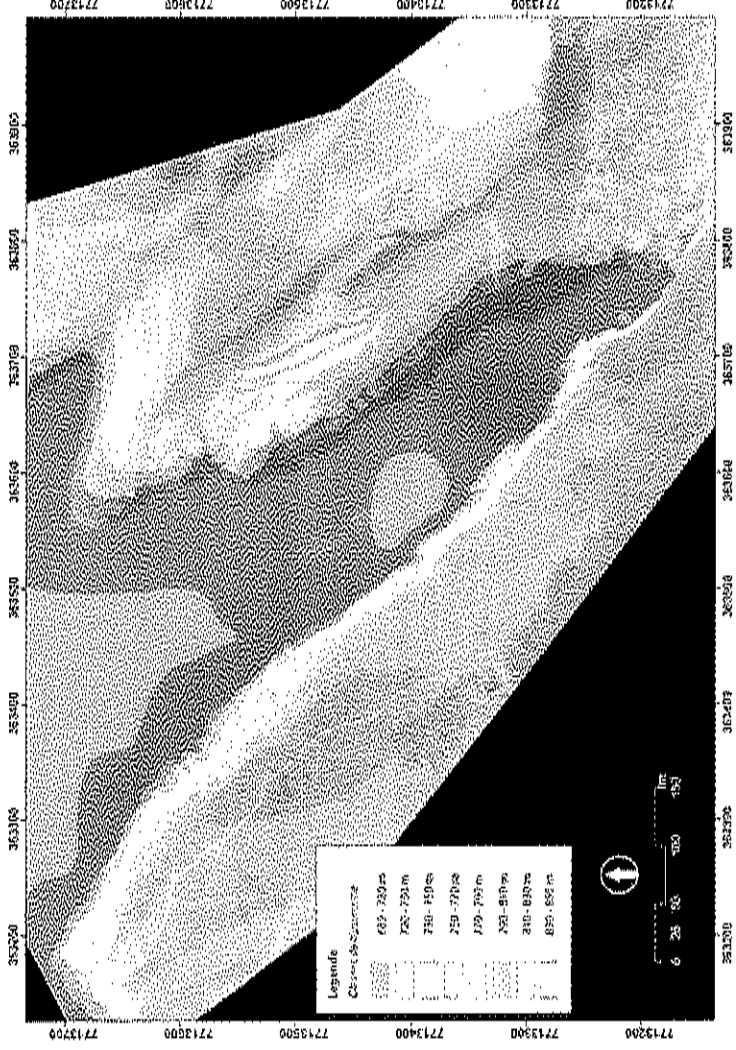


Figura 3.6.2-2. Mapa de elevação do terreno do cânion do Morro dos Cabritos, com base no Modelo Digital de Superfície (MDS) obtido em levantamento de campo.

Nova avaliação geológico-geotécnica e atualização do estudo deve ser feita durante o período de seca com nível mais baixo do reservatório, o que possibilitará identificar condições geomecânicas diferentes da base dos paredões e as condições e geometria dos depósitos de látils. A chuva e a variação do nível de água do reservatório são as principais condições potenciais de delatragação de movimentos gravitacionais de massa nos taludes do reservatório de Furnas.

Desta forma, uma adição de 10 m na altura do talude foi realizada em toda a área de estudo, com o objetivo de levar em consideração essas variações do nível d'água e de ser o mais conservador possível. A delimitação do perigo e estimativa de altura dos blocos de rocha e do talude, foram feitas com base no Modelo Digital de Superfície (MDS). A folha topográfica disponível para o cânion (Folha Furnas – 1:50,000) não possui resolução suficiente para uma descrição acurada do talude, desta forma é adotado o MDS obtido por meio da investigação aérea feita por nossa equipe.

O compartimento C1 corresponde ao paredão com direção N45W, cuja altura máxima é de 90 m de altura, segundo o MDS. Com o buffer de 10 m, a altura de trabalho aqui adotada é de 100 m. Desta forma, a partir da base do talude, considerando que o talude apresenta uma inclinação superior a 70°, a distância da área crítica é de 33 m, enquanto a área de dispersão possui 100 m (Figura 3.6.2-3).

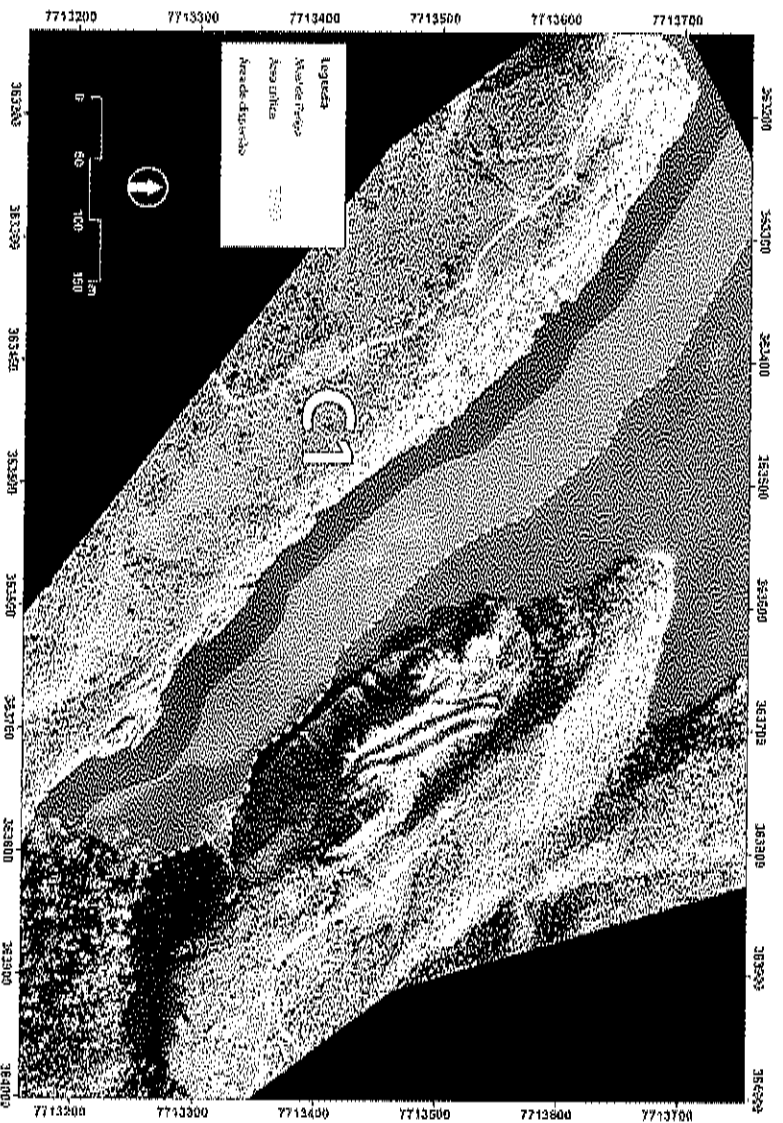


Figura 3.6.2-3. Zonamento do perigo em área crítica e de dispersão no compartimento C1.

Embora o compartimento C2 apresente uma área de “rampa” localizada na base do talude, o uso do limite da área crítica sugerida pelo método GIDES (CPRM, 2018) para talude com rampa potencialmente (inclinação $<50^\circ$ em média) não se adequa a esse compartimento, devido à brusca mudança de inclinação do talude com relação a sua base, não havendo uma transição suave como é esperada pelo método e sim numa forma de degrau. Desta forma, é adotado o mesmo método para taludes com inclinação superior a 70° , conforme adotado no compartimento C1. A altura máxima deste talude de acordo com o MDS é de aproximadamente 100 m em média, que com o buffer de 10 m vai a 110 m de altura. A área crítica, portanto, é de 36 m, enquanto a área de dispersão é de 110 m (Figura 3.6.2-4).

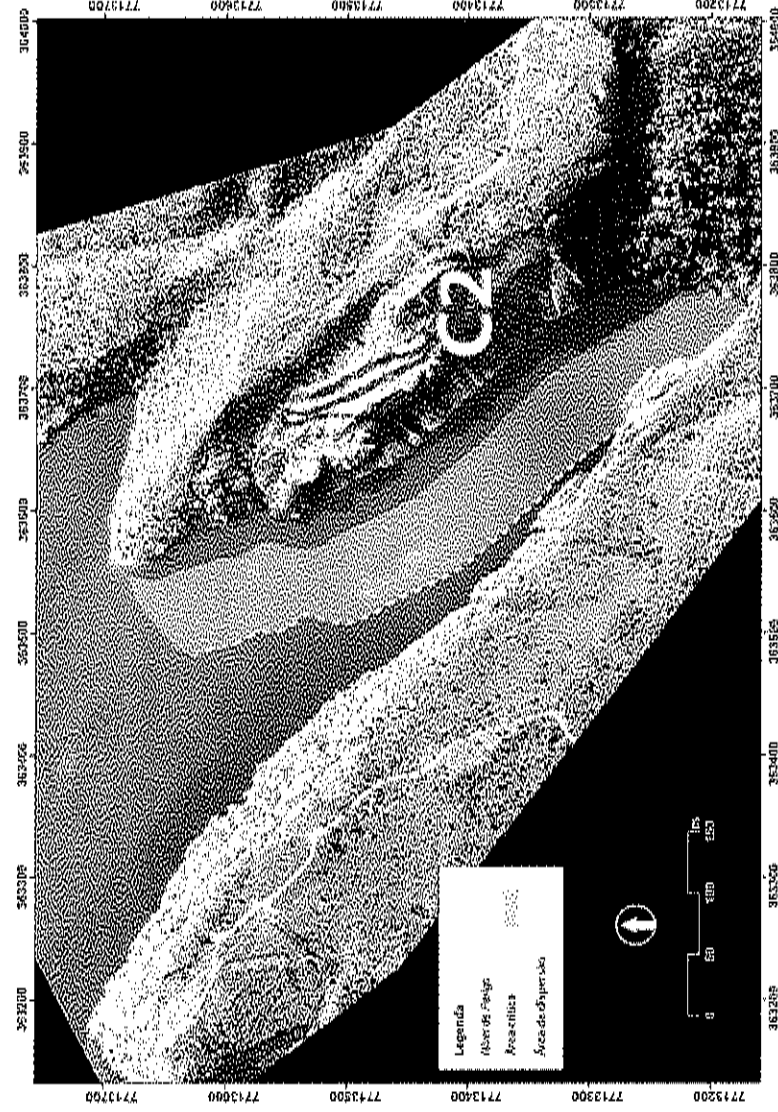


Figura 3.6.2-4. Zoneamento do perigo em área crítica e de dispersão no compartimento C2.

A Figura 3.6.2-5 mostra o zoneamento do perigo considerando o cânion do Morro dos Cabritos inteiro, onde nota-se que o perigo de atingimento secundário representa todo o cânion, em caso de queda ou tombamento de blocos de rocha.



Figura 3.6.2-5. Zoneamento do perigo do Cânion do Morro dos Cabritos. O limite da área de dispersão no início do cânion indica que em caso de queda ou tombamento de bloco, todo o cânion apresenta perigo potencial.

A análise de perigo aos movimentos gravitacionais de massa indicou que toda a área do cânion do Morro dos Cabritos tem possibilidade de ocorrência destes processos, levando a necessidade de realização de avaliação de risco considerando as atividades de visitação turística que são realizadas na área por meio de embarcações.

Neste contexto, considerando que o cânion do Morro dos Cabritos é uma área turística importante no contexto da rota de visitação dos cânions da represa de Furnas, atividade que movimentam todo o turismo regional e apresenta uma relevância significativa em termos sociais e econômicos. E que medidas podem ser tomadas para redução, mitigação e controle dos riscos, tais como: a) delimitação de áreas de restrição de navegação dentro do cânion; b) implantação de obras de contenção e/ou remoção de blocos em pontos mais críticos; c) redução da exposição de tempo dos visitantes aos perigos geológico-geotécnicos existentes; d) redução do quantitativo de embarcações que acessam a área ao mesmo tempo; e) definição de velocidade e dos locais de navegação e proibição de som dentro do cânion; f) definição de planos de monitoramento, manutenção e de contingência; g) redução da vulnerabilidade dos visitantes, por meio o uso de equipamentos de proteção individual e informações; h) orientações e treinamentos dos marinheiros

e empresários da região com o intuito de aumentar a percepção dos perigos e riscos existentes em toda a região; e, i) orientações aos visitantes sobre os perigos e riscos existentes no passeio.

Considerando, ainda, que se trata de uma situação específica diferente a encontrada em avaliações de risco em áreas urbanas, já que a área não possui infraestrutura fixa, residências, edifícios ou construções nas áreas de atingimento aos processos de movimentos gravitacionais de massa, mas são áreas visitadas por embarcações em um determinado período do dia e em determinadas condições, situação que reduz a exposição das pessoas aos perigos existentes quando há um plano de uso específico em execução associado a um sistema de gestão de risco.

Desta forma, considerando os aspectos elencados, foi elaborado um zoneamento de risco geológico-geotécnico, qualificando os perigos, vulnerabilidades e danos associados para o cânion do Morro dos Cabritos, conforme apresenta o **Quadro 3.6.2-1** e a **Figura 3.6.2-6**, onde as classes de risco estão delimitadas em imagem aérea da área, da seguinte forma:

- Zona de Risco Muito Alto (linha vermelha escura): faixa de 40 metros de distância das margens dos dois lados do cânion, referente aos compartimentos C1 e C2, dentro da área crítica de blocos de grandes dimensões, de aproximadamente 50 metros de altura, separados por fraturas muito abertas (> 50 cm de largura) com muito alta suscetibilidade a instabilidades. Grande parte destes blocos já se mostram inclinados em direção à represa, ressaltando a necessidade de medidas de contenção e/ou remoção destes blocos. Na margem do compartimento C2, podem ocorrer escorregamentos e deslocamentos de blocos com grande quantidade de massa que ao atingir o reservatório podem gerar ondas de dimensões que deveriam ser avaliadas por modelagem matemática. A frequência dos processos não pode ser avaliada, mas a presença de depósitos de tálus e a cicatriz de escorregamento de deslocamentos de blocos demonstram que é uma área com muito alto potencial de ocorrência dos processos analisados.
- Zona de Risco Alto (linha vermelha clara): região de afunilamento no final do cânion, associado a área crítica dos compartimentos C1 e C2, onde ocorre maciço bastante fraturado e blocos instáveis de grandes dimensões em ambas as margens, que podem sofrer instabilidades, especialmente, em eventos pluviométricos mais intensos. Recomenda-se a implantação de obras de contenção e/ou remoção de blocos em locais específicos indicados neste relatório.

- Zona de Risco Médio (linha laranja): área da entrada do cânion até início do afinilamento na área de dispersão dos compartimentos C1 e C2, que apresenta uma distância maior de 40 metros de ambas as margens, referente a rota de fuga do cânion.

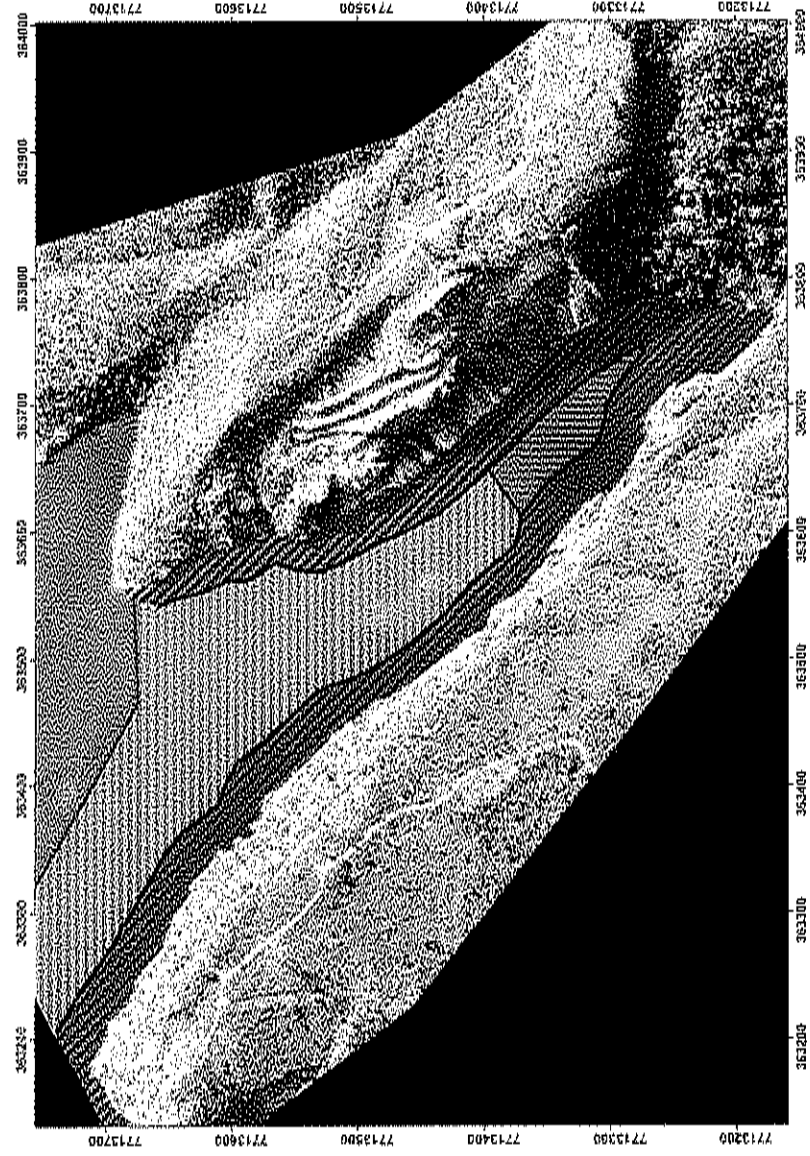
Em relação a possíveis interferências de outras atividades desenvolvidas no entorno do cânion no risco de ocorrência de movimentos gravitacionais destaca-se que é necessário avaliar o histórico de sismicidade no reservatório da represa de Furnas por meio do fornecimento das informações por parte da empresa Furnas, pois, potenciais sismos podem condicionar a ocorrência de movimentos gravitacionais de massa no cânion.

Quadro 3.6.2-1. Descrição e qualificação dos riscos existentes no cânion do Morro dos Cabritos, considerando atributos referentes ao perigo, vulnerabilidade, dano potencial e recomendações gerais.

Classes de Risco	Perigo	Vulnerabilidade	Dano Potencial	Síntese de Recomendação
<p>Muito Alto</p>	<p>Zona com suscetibilidade muito alta a ocorrência de movimentos gravitacionais de massa, dentro da área crítica (faixa de 40 metros de distância das margens), referente aos compartimentos C1 e C2, com possibilidade de deslocamentos de blocos de grandes dimensões, de aproximadamente 50 metros de altura, separados por tratadas muito abertas (> 50 cm de largura). Grande parte destes blocos já se mostram inclinados em direção à represa, ressaltando a necessidade de medidas de contenção e/ou remoção destes blocos. Na margem do compartimento C2, podem ocorrer escorregamentos e deslocamentos de blocos com grande quantidade de massa que ao atingir o reservatório podem gerar ondas de dimensões que deveriam ser avaliadas por modelagem matemática. A frequência dos processos não pode ser avaliada, mas a presença de depósitos de talus e a cicatriz de escorregamento de deslocamentos de blocos demonstram que é uma área com muito alto potencial de ocorrência dos processos analisados.</p>	<p>Vulnerabilidade muito alta para as embarracões que ficam expostas a ocorrência do processo em ambas as margens do cânion, podendo ser atingidas diretamente por blocos de grandes dimensões (5 a 50 metros de altura) e, em casos extremos, de massa de escorregamento. Dificuldade para monitoramento e/ou observação de deslocamentos de blocos e tomada de decisão rápida para evacuação local. Um escorregamento envolvendo toda a massa deste paredão poderia gerar uma onda que afetaria outras regiões da represa</p>	<p>Claro potencial muito alto. Zona abrangida pelas áreas críticas de atingimento onde blocos de grandes dimensões e massa de escorregamento podem destruir totalmente as embarracões e o bar flutuante, danificá-los e/ou afundá-los no processo, com alto potencial de impacto fatal ou grave nas pessoas.</p>	<p>Área que deve ser proibida a visitação turística por embarracões e isolada com botas. Implantação de obras de contenção e/ou remoção de blocos em pontos específicos para redução dos riscos. Implantação de plano de monitoramento, manutenção e contingência. Realizar estudo de simulação da propagação de uma onda no caso de ocorrência de um escorregamento de toda a massa do paredão.</p>

Quadro 3.6.2-1. Descrição e qualificação dos riscos existentes no cânion do Morro dos Cabritos, considerando atributos referentes ao perigo, vulnerabilidade, dano potencial e recomendações gerais (continuação).

Classes de Risco	Perigo	Vulnerabilidade	Dano Potencial	Síntese de Recomendação
Alto	Zona de afunilamento no final do cânion, associado a área crítica dos compartimento C1 e C2, onde ocorre maciço bastante fraturado e blocos instáveis de grandes dimensões em ambas as margens, que podem sofrer instabilidades, especialmente, em eventos pluviométricos mais intensos. A frequência dos processos não pode ser avaliada, mas a presença de depósitos de talus em determinados pontos demonstram que é uma área com alto potencial de ocorrência dos processos analisados	Vulnerabilidade alta para as embarcações, que ficam expostas a ocorrência do processo em ambas as margens do cânion, podendo ser atingidas pela dispersão de fragmentos de blocos que porventura atingirem o reservatório. Possibilita o monitoramento e/ou observação de deslocamentos de blocos, contudo, o afunilamento pode dificultar a evacuação rápida.	Dano potencial muito alto. Zona abrangida pelas áreas de dispersão de blocos de grandes dimensões que podem destruir totalmente as embarcações, danificá-las e/ou afundá-las no processo, com alto potencial de impacto fatal ou grave nas pessoas.	Área que deve ser proibida a visitação turística por embarcações e isolada com boias. Implantação de obras de contenção e/ou remoção de blocos em pontos específicos para redução dos riscos. Implantação de plano de monitoramento, manutenção e contingência.
Médio	Zona com suscetibilidade média de ser atingida pela ocorrência de movimentos gravitacionais de massa na entrada do cânion até início do afunilamento na área de dispersão dos compartimentos C1 e C2, que apresenta uma distância maior de 40 metros de ambas as margens, referente a rota de fuga do cânion.	Vulnerabilidade média para as embarcações, que ficam expostas a ocorrência do processo nos dois lados do cânion, podendo ser atingidas na área de dispersão. Facilidade maior para monitoramento e/ou observação de deslocamentos de blocos e tomada de decisão rápida para evacuação do local, correspondendo ao trecho da rota de fuga. As pessoas ficarão expostas, somente no período de visitação (cerca de 9 horas no dia)	Dano potencial médio. Pode-se definir um trecho de navegação na porção central. Os danos podem ocorrer na área de dispersão, podendo as embarcações e pessoas serem atingidas por fragmentos centimétricos após o impacto do bloco na base do talude ou no reservatório. No caso do deslocamento de blocos de grandes dimensões podem ser geradas ondas que danifiquem as embarcações. Trecho de rota de fuga	Área que pode ser liberada a visitação de forma bastante controlada, com limitações de tempo de exposição e quantidade de embarcações, incluindo a implantação de obras de contenção e/ou remoção de blocos em pontos específicos para redução dos riscos, de plano de monitoramento, manutenção e de contingência.



Legenda

Classes de risco a movimentos gravitacionais de massa

-  Muito alto
-  Alto
-  Médio

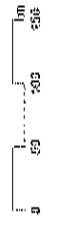


Figura 3.6.2-6. Classes risco a movimentos gravitacionais de massa do cânion do Morro dos Cabritos.

3.7. Propostas de Medidas de Redução e/ou Controle dos Riscos Indicados

A partir dos resultados de caracterização geomecânica de detalhe e da definição das classes de suscetibilidade, do mapeamento de perigo e das zonas de risco geológico-geotécnicos, verifica-se que serão necessárias medidas de contenção do maciço em determinados locais e/ou de remoção de blocos. Em complemento, a Prefeitura Municipal deverá implantar um plano de monitoramento e manutenção geológico-geotécnico de longo prazo no âmbito de um sistema de gestão de riscos, verificando a possibilidade de implantar sistemas e instrumentos automatizados, tanto para monitoramento da precipitação e alerta como de deslocamentos de blocos instáveis.

Como essas ações demandam, no mínimo, um prazo de 6 meses para seu planejamento e implantação de forma efetiva na área e considerando a demanda da Prefeitura para minimizar as consequências sociais advindas do fechamento dos cânions, são recomendadas as seguintes medidas para minimização dos riscos envolvidos na visitação do local, no caso de uma possível abertura provisória da área a ser definida pela Prefeitura:

- Contratação de profissional legalmente habilitado (recomenda-se geólogo ou engenheiro geólogo com treinamento ou especialização em geologia de engenharia e/ou geotecnia ligado a processos e riscos geológicos) para avaliação geológica-geotécnica diária no local, no âmbito de um plano de monitoramento provisório. O plano de monitoramento provisório envolverá, no mínimo, avaliações diárias anteriormente ao início da visitação no local verificando, entre um dia e outro, possíveis indícios de processos erosivos e/ou movimentos de massa que possam ter ocorrido, presença de vegetação derrubada, presença de novo fluxo de água paredão, comunicações reportadas por marinheiros, fiscais e/ou turistas, ocorrência de chuva durante o período noturno e documentação fotográfica. Todas as informações serão devidamente registradas em ficha de campo, conforme modelo no **Anexo 1**.
- Elaboração, pelo profissional contratado, de relatório de monitoramento mensal descrevendo todas as avaliações realizadas no período, comunicações reportadas, ocorrência de incidentes e acidentes se houver, pluviosidade diária, todas as fichas de campo preenchidas com a documentação fotográfica, recomendações de possíveis adequações no plano de monitoramento, entre outras informações pertinentes;
- Delimitação de circuito das embarcações para que a visitação ocorra de forma rotativa, proposta que será construída conjuntamente com a Prefeitura Municipal. Todos os limites e faixas de segurança serão sinalizados no local pela Prefeitura para auxiliar e

orientar a navegação. Na entrada dos cânions haverá controle de acesso por fiscais da Prefeitura com chegada do: termo de anuência e aceite assinado por todas as pessoas presentes na embarcação, se receberam as orientações do responsável pela embarcação e o uso dos equipamentos de segurança. No cânion do Vale dos Tucanos será permitida a entrada de no máximo 1 embarcação por vez, não sendo permitida a parada das embarcações em nenhum momento dentro do cânion. A embarcação deverá navegar no centro do cânion dentro dos limites estabelecidos, conforme mostra a **Figura 3.7-**

1. Já no cânion do Morro dos Cabritos serão permitidas até 4 embarcações no trecho liberado para navegação, conforme pode ser observado na **Figura 3.7-2**, não sendo permitida a parada das embarcações em nenhum momento dentro do cânion;

- Implantação de medidas de contenção e/ou remoção em pontos prioritários de cada cânion indicados nas **Figuras 3.7-3** e **3.7-4**. A Prefeitura deverá contratar projeto executivo no caso das medidas de contenção e a execução do projeto e/ou da remoção de blocos deverá ser realizada por empresas especializadas, acompanhada por engenheiro e geólogo especializados em geotecnia e engenharia de segurança do trabalho. Também será necessária a elaboração de inventário florestal e autorização do IEF para remoção de árvores que porventura precisem ser removidas para implantação das medidas;
- Implantação de sistema de gestão de riscos incluindo plano de monitoramento, manutenção e contingência;
- Disponibilização de fiscais do Município com o apoio da Marinha do Brasil para controle do fluxo e fiscalização das áreas demarcadas com sinalização própria;
- Orientação e treinamento aos empresários, marinheiros, funcionários das empresas e servidores públicos que atuarão no local sobre os processos geológicos que ocorrem e riscos envolvidos, dos procedimentos que deverão ser tomados em caso de incidentes ou acidentes dentro dos cânions, e das sanções que poderão ser aplicadas em caso de descumprimento das orientações e limites definidos e faixas de segurança;
- Assinatura de termo de aceite e ciência pelos turistas com a descrição dos procedimentos obrigatórios de segurança e informações dos riscos geológicos existentes;
- Uso de capacete de proteção e coletes salva vidas por todos os turistas e marinheiros, conforme especificações definidas pela Prefeitura, em todo o circuito dos cânions;

- Proibição de som mecânico de qualquer natureza e em qualquer volume dentro e na entrada do atrativo;
- Definição, pela Prefeitura com anuência da Marinha, da velocidade de navegação e tamanho das embarcações que poderão entrar no cânion;
- Interrupção dos passeios em qualquer ponto dentro do cânion em caso de chuvas e da verificação de algum tipo de deslocamento ou movimentação de blocos rochosos ou de solo;
- Em caso de incidentes ou acidentes, deverá ser fechado o atrativo para avaliação.
- O compartimento C2 do Morro dos Cabritos teve intervenções da empresa Furnas em 1985 para diminuir os riscos de movimentos de massa de grandes massas de rochas e solo, contudo, essa área apresenta uma série de erosões lineares que podem condicionar outros processos, sendo, portanto, um passivo ambiental que a Prefeitura Municipal e o Ministério Público devem definir as responsabilidades pela recuperação ambiental do local e cobrar os responsáveis pela elaboração e execução de um projeto para estabilização dos processos geológicos, pois, há grande probabilidade de blocos e massas rochosas sofrerem deslocamentos significativos.
- Em complemento, é fundamental que seja feita modelagem matemática para simular possíveis cenários de movimentos de massa atingindo o reservatório e a propagação de ondas geradas para delimitar as áreas de atingimento e suas consequências no Morro dos Cabritos e no Vale dos Tucanos.

As medidas propostas para o uso provisório são de caráter temporário e transitório para que seja avaliada a possível a liberação liminar do uso do atrativo até que seja feita uma nova avaliação após a análise das condições em período de estagem com nível do reservatório mais baixo, a implantação das obras de contenção e/ou remoção de blocos, dos resultados do monitoramento geológico-geotécnico realizado no período e de possíveis instrumentos de monitoramento da área. Com essas informações, nova avaliação dos perigos e riscos geológico-geotécnicos deve ser realizada, avaliando a eficácia das medidas propostas e definindo um plano de gestão de riscos e uso definitivo dos cânions.

Todos os procedimentos do plano de uso provisório devem ser descritos em Decreto Municipal específico. Essas medidas provisórias possibilitam a minimização considerável dos riscos, permitindo, desta forma, que haja o gerenciamento responsável da área pela Prefeitura Municipal e pelos demais órgãos responsáveis, enquanto outras medidas de médio e longo prazo possam ser adotadas e avaliadas.

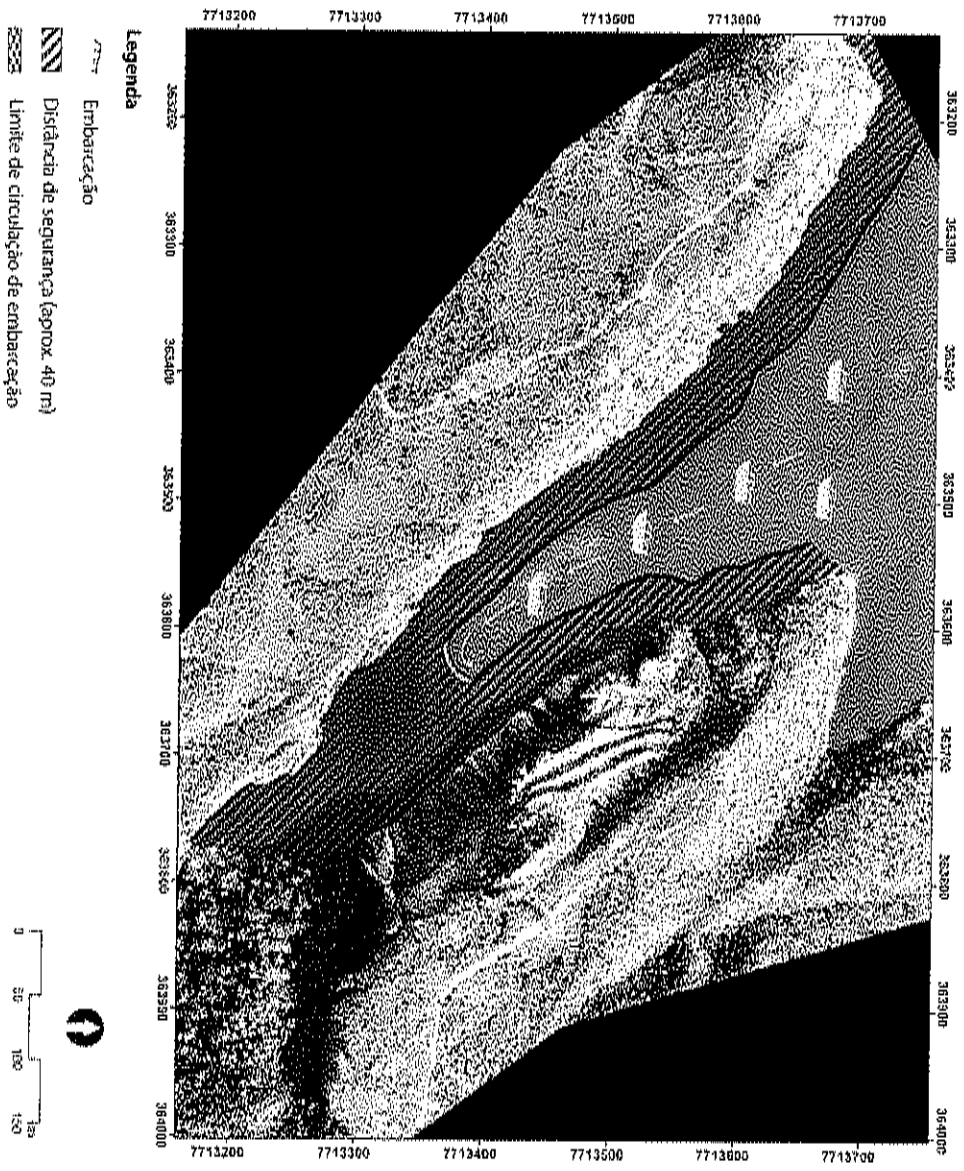


Figura 3.7-2. Proposta de rota de navegação para o plano de uso provisório do cânion do Morro dos Cabritos.

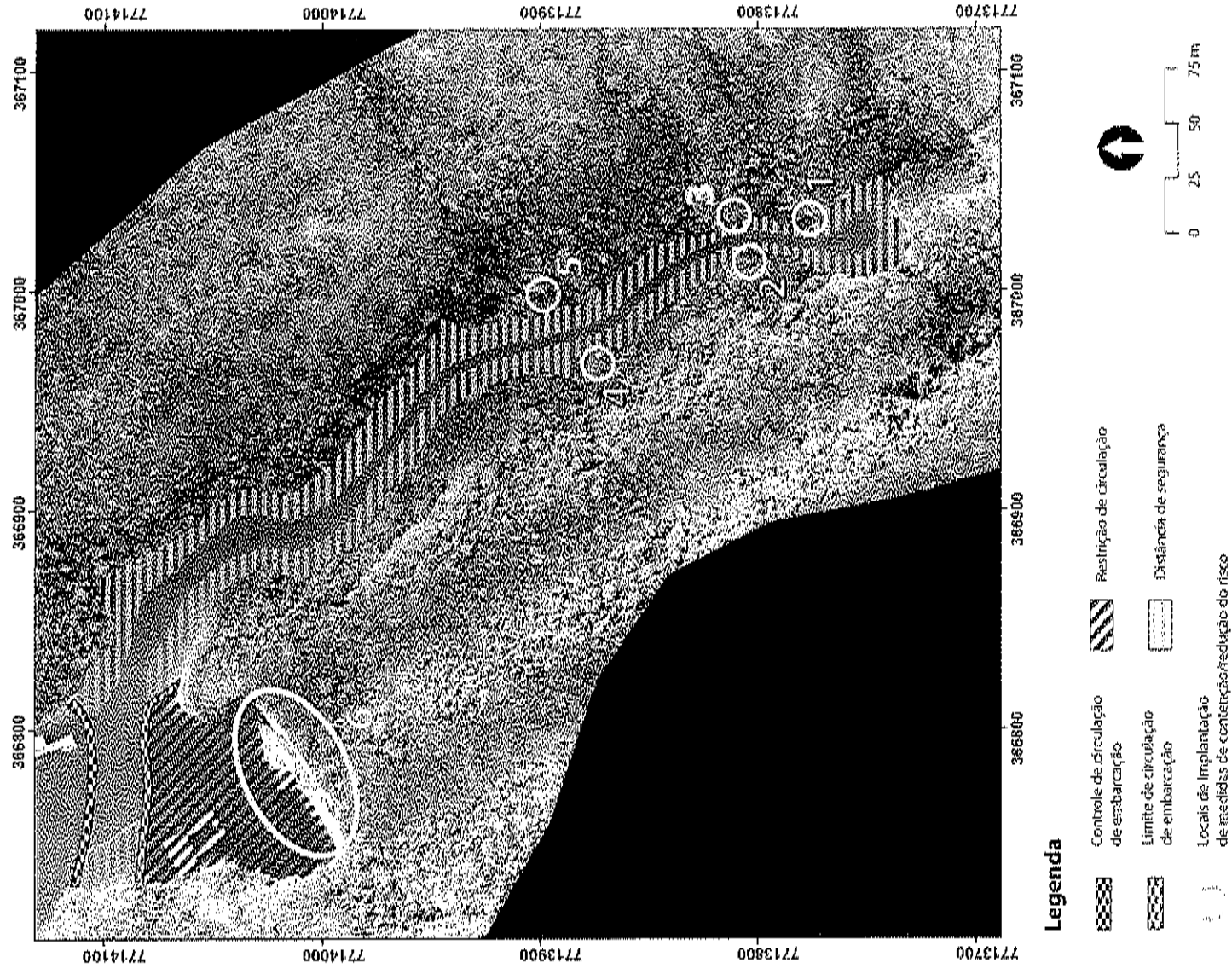


Figura 3.7-3. Localização dos blocos que precisam de medidas prioritárias de contenção e/ou remoção no cânion Vale dos Tucanos.

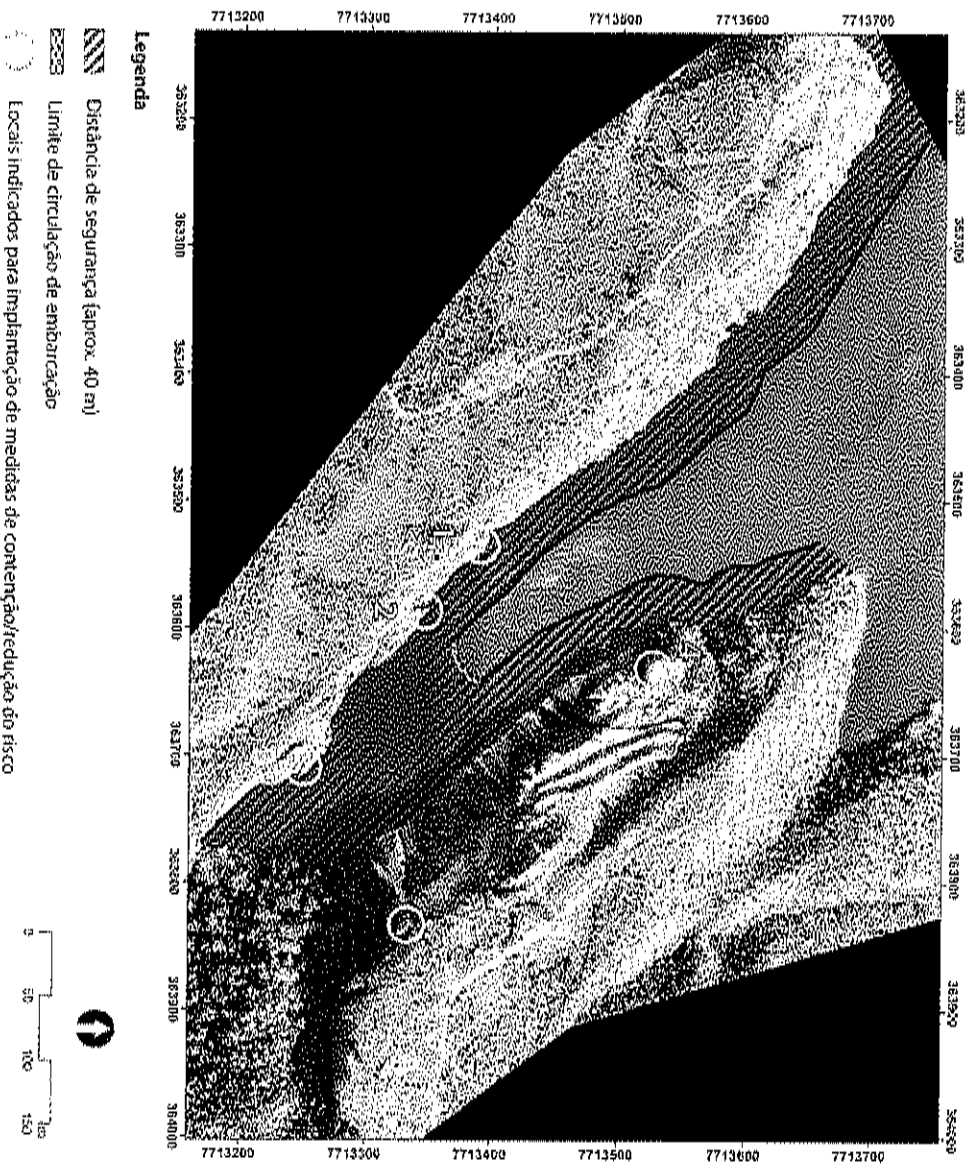


Figura 3.7-4. Localização dos blocos que previram de medidas prioritárias de contenção e/ou remoção no cânion do Morro dos Cabritos.

4. CONCLUSÕES

O presente Relatório apresenta os resultados obtidos nos estudos de avaliação dos riscos geológico-geotécnicos nos cânions avaliados, os quais permitem as seguintes conclusões:

- os cânions apresentam áreas de susceptibilidades muito alta a média a ocorrência de movimentos gravitacionais de massa, especialmente, tombamento, queda livre e rolamento/saltação de blocos e escorregamentos superficiais, devido as características geológicas e estruturais do maciço rochoso;
- os compartimentos geomecânicos definidos apresentam qualidades, conforme a metodologia RMR2014, de maciço rochoso razoável a muito fraco;
- o mapeamento de perigo geológico-geotécnico definiu áreas de atingimento críticas e de dispersão que abrangem praticamente toda a área navegável dos cânions Vale dos Tucanos e Morro dos Cabritos, considerando critérios da metodologia GIDES, sendo necessária a realização de uma avaliação de risco considerando as especificidades da área;
- no zoneamento de risco foram identificadas três classes dentro dos cânions, classes de Muito Alto, Alto e Médio Risco, considerando uma análise qualitativa e descritiva do perigo, da vulnerabilidade e do dano potencial;
- em relação ao Morro dos Cabritos, ainda, existem grandes blocos rochosos com volumes significativos no Morro dos Cabritos, inclinados em direção ao reservatório da represa de Furnas e totalmente instáveis. O local atualmente apresenta-se como um passivo ambiental que precisa ser revisto totalmente em termos de segurança, sendo que a Prefeitura Municipal e o Ministério Público devem definir as responsabilidades pelas intervenções executadas na área, cobrando os responsáveis a elaboração e execução de um projeto de recuperação para estabilização dos processos geológicos no local, que apresentam grande probabilidade de sofrerem deslocamentos significativos;
- tanto no Vale dos Tucanos e Morro dos Cabritos é fundamental que seja feita modelagem matemática para simular possíveis cenários de movimentos de massa atingindo o reservatório e a propagação de ondas geradas para delimitar as áreas de atingimento e suas consequências; e,
- a partir desses resultados e análises, considerando a importância social, econômica e da geodiversidade dos cânions da represa de Furnas para a região, foi feita uma série de propostas para redução, mitigação e controle dos riscos identificados, possibilitando que a Prefeitura Municipal e a sociedade regional avaliem a melhor forma do uso turístico da área, especialmente, relacionado à visitação por meio de embarcações, pois, claramente

não há como eliminar os perigos existentes na área, mas é possível gerenciar, minimizar e conviver com os riscos de forma responsável e sustentável.

É importante ressaltar que toda a região apresenta em diferentes locais, perigos e riscos geológico-geotécnicos maiores que os encontrados nas áreas dos cânions da represa de Furnas e, caso seja tomada uma decisão drástica de proibir a visitação por embarcações destes cânions, centenas de outras áreas turísticas e inclusive rodovias da região deveriam ter a mesma decisão, de interdição ou proibição de uso, situação que não é recomendada, em geral, pelo meio técnico mundial.

Este fato é extremamente relevante para uma sociedade e gestores públicos ao avaliar a forma de uso e gestão de seus patrimônios naturais turísticos, possibilitando que haja a compreensão por parte de todos os envolvidos de um plano de gestão de riscos efetivo, contínuo, com equipe técnica competente e recursos adequados, é a melhor forma gerir estes patrimônios no longo prazo, considerando a importância destes locais em termos sociais, econômicas, educacionais e para sua própria conservação.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- ABGE – Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental. **Geologia de Engenharia e Mecânica das Rochas no Brasil: a contribuição de Murillo Dondici Ruiz**. São Paulo: ABGE, 2017. 459p.
- ANDERSON, M. G. AND FERREE, C. E. **Conserving the stage: Climate change and the geophysical underpinnings of species diversity**. PLoS ONE 5:e11554. 2010. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0011554>
- AUGUSTO FILHO, O. Caracterização geológico-geotécnica voltada à estabilização de encostas: uma proposta metodológica. **In: Conferência Brasileira sobre Estabilidade de Encostas-COBRAE**. [S.l.: s.n.], 1992. v. 1, p. 721 – 733.
- AUGUSTO FILHO, O. Escorregamentos em encostas naturais e ocupadas: análise e controle. **Curso de geologia aplicada ao meio ambiente**. São Paulo: ABGE-Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, p. 77–100, 1995.
- AUGUSTO FILHO, O.; VIRGILI, J. C. Estabilidade de taludes. **In: OLIVEIRA, A. M. D. S.; BRITO, S. N. A. D.** (Eds.). *Geologia de Engenharia*. 2ª ed. São Paulo: ABGE, 2004. p. 243-269.
- AUGUSTO FILHO, O.; VIRGILI, J. C.; DILÁSCIO, M. V. Estabilização de Taludes. **In: OLIVEIRA, A.M. dos S.; MONTICELLI, J.J.** *Geologia de Engenharia e Ambiental*. São Paulo: ABGE – Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental. Volume 2. Capítulo 19. 2018. 399-420p.
- AUSTRALIAN GEOMECHANICS SOCIETY - AGS. *Guideline for Landslide Susceptibility, Hazard and Risk Zoning for Land Use Planning*. Australian Geomechanics, v. 42, n. 1, 2007
- BARTON, N.R., LIEN, R., LUNDE, J. *Engineering classification of rock masses for the design of tunnel support*. **Rock Mechanics**, v. 6, n. 4, p.189-239, 1974.
- BIENIAWSKI, Z. T. *Engineering Classification of Jointed Rock Masses*. **Transaction of the South African Institution of Civil Engineers**, v. 15, p. 335-344, 1973.
- BIENIAWSKI, Z. T. **Engineering Rock Mass Classification**. New York: John Wiley & Sons, 1989. 251 p.
- BRASIL. Lei Federal nº 12.608, de 10 de abril de 2012. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC; dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil - SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil - CONPDEC; autoriza a criação de sistema de informações e monitoramento de desastres; altera as Leis nºs 12.340, de 1º de dezembro de 2010, 10.257, de 10 de julho de 2001, 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.239, de 4 de outubro de 1991, e 9.394, de 20 de dezembro de 1996; e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112608.html. Acesso em: 21/01/2022.
- BRIDEAU, M. A.; STEAD, D.; KINAKIN, D.; FECOVA, K. Influence of tectonic structures on the Hopc Slide, British Columbia, Canada. **Engineering geology**, Elsevier, v. 80, n. 3, p. 242–259, 2005.
- BRIDEAU, M. A.; YAN, M.; STEAD, D. The role of tectonic damage and brittle rock fracture in the development of large rock slope failures. **Geomorphology**, Elsevier, v. 103, n. 1, p. 30–49, 2009.
- BRELHA, J.B.R. A importância dos Geoparques no ensino e divulgação das Geociências. **Geologia USP**, v. 5, p. 27-33, 2009.

- BUDETTA, P. Rockfall-induced impact force causing a debris flow on a volcanoclastic soil slope: a case study in southern Italy. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, European Geophysical Society, Max-Planck-Str. 13 Katlenburg-Lindau Germany, v. 10, n. 9, p. 1995–2006, 2010.
- BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES - BRGM. Assessment of the hazard of falling boulders on the eastern flank of the Calanque de Port-Afou in Cassis (Bouches-du-Rhône). Disponível em: <<https://www.brgm.fr/en/reference-completed-project/assessment-hazard-falling-boulders-eastern-flank-calanque-port-afou>>. Acesso em: 4 mar. 2022.
- CARNEIRO, C.D.R.; MACHADO, F.B.; REIS, F.A.G.V.; ESTRELLA, G. de O.; DANTAS, A.S.L. Trajetória do conhecimento geológico no Brasil In: *A Geologia na construção e desenvolvimento sustentável do Brasil*. São Paulo: FEBRAGEO, 2019. 180p.
- CLAGUE, J. J.; STEAD, D. Landslides: types, mechanisms and modeling. [S.l.]: Cambridge University Press, 2012
- COWLAND, J. W.; CARBRAY, A. M. Three cut slope failures on relict discontinuities in saprofitic soils. In: International Conference on Geomechanics in Tropical Soils, 2nd, 1988, Singapore. [S.l.: s.n.], 1988. v. 1, p. 253–258.
- CPRM/SGB. Serviço Geológico do Brasil. *Manual de Mapeamento de Perigo e Risco a Movimentos Gravacionais de Massa* – Projeto de Fortalecimento da Estratégia Nacional de Gestão Integrada de Desastres Naturais – Projeto GIDES. (livro eletrônico). CPRM (2018) - Coordenação: Jorge Panenel e Thiago Dutra dos Santos. – Rio de Janeiro: CPRM/SGB – Serviço Geológico do Brasil, 2018.
- CPRM/SGB. Serviço Geológico do Brasil. *Projetos Geoparques*. Site oficial. 2016-2022. Disponível em: <https://www.cprm.gov.br/publique/Gestao-Territorial/Gestao-Territorial/Projeto-Geoparques-5416.html#:~:text=Seguindo%20conceitos%20do%20Geoparques%20Globais,%20%20levantamento%20%20descrit%3%A%70%30%20invent%3%A1no%20C.> Acesso em 21/01/2022.
- CROFTS, R., GORDON, J.E, BRILHA, J., GRAY, M., GUNN, J., LARWOOD, J., SANTUCCI, V.L., TORMEY, D., E WORBOYS, G.L. 2022. Diretrizes para a geoconservação em áreas protegidas. 144pg. Edin.UICN. DOI: <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2020.PAG.31.pdf>
- DEARMAN, W. R. Weathering classification in the characterisation of rock: a revision. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, Springer, v. 14, n. 1, p. 123–127, 1976.
- DEBERE, D.U. Technical Description of Rock Cores for Engineering Purposes. *Rock Mechanics and Engineering Geology*, v. 1, p. 17-22, 1964.
- DEPARTMENT OF PLANNING, INDUSTRIE AND ENVIRONMENT – DPIE. (2019). Landslides and Rockfalls Procedures. Disponível em: <<https://www.environment.nsw.gov.au/topics/parks-reserves-and-protected-areas/park-policies/landslides-and-rockfalls>>. Acesso em: 4 mar. 2022.
- FABRÍCIO, J.F.; ABICHEQUER, L.A.; SOUZA, L.E.; NETO, R.O.; GONÇALVES, I.G. Análise e interpretação de parâmetros de qualidade de maciço para proposição de modelo geomecânico. *Revista Monografias Ambientais*, v. 14, p. 62 – 79, 2015.
- FLORI, A.P. e CARMIGNANI, L. *Fundamentos de mecânica dos solos e das rochas: aplicações na estabilidade de taludes*, Editora da UFPR, Curitiba, 2001. 550p.
- FORNASARIA FILHO, N.; FARIA, M.S.C. Relevô e Dinâmica Superficial. In: OLIVEIRA, A.M. dos S.; MONTICELLI, J.J. *Geologia de Engenharia e Ambiental*. São Paulo: ABGE – Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental. Volume 2. Capítulo 11. 2018. 203-228p.

- GABELINI, B.M. **Susceptibilidade a escorregamentos na região entre Caraguatuba e São Sebastião (SP): análise fisiográfica e quantitativa.** Rio Claro, Instituto de Geociências e Ciências Exatas – IGCE/UNESP. 2017. 119p.
- GARCIA, M.da G.M. **Patrimônio geológico paulista: uma viagem no tempo geológico em 50 geossítios.** Belo Horizonte: FEBRAGEO – Federação Brasileira de Geólogos. FUNEP – Fundação de Apoio à Pesquisa, Ensino e Extensão, 2021. 159p.
- GERSCOVICH, D. M. S. **Estabilidade de Taludes.** [S.l.]: Oficina de Textos, 2012
- GOODMAN, R.E. **Introduction to rock mechanics.** J. Wiley & Sons, N. York. 1980.
- GROSS, J. E., WOODLEY, S., WELLING, L.A., AND WATSON, J.E.M. (EDS.). (2016). **Adapting to Climate Change: Guidance for Protected Area Managers and Planners.** Best Practice Protected Areas Guidelines Series No. 24. Gland, Switzerland: IUCN. <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2017.PAG.24.en>
- GUZZETTI, F.; CARDINALI, M.; REICHENBACH, P. **The influence of structural setting and lithology on landslide type and pattern.** *Environmental & Engineering Geoscience, Assoc Eng Geologists*, v. 2, n. 4, p. 531–555, 1996.
- GUZZETTI, F.; REICHENBACH, P.; WIECZOREK, G. F. **Rockfall hazard and risk assessment in the Yosemite Valley, California, USA.** *Natural Hazards and Earth System Sciences*, v. 3, n. 6, p. 491-503, 2003.
- HEILBRON, M., VALERIANO, C. D. M., PEREIRA, R. M., ALMEIDA, J. C. H. D., DUARTE, B. P., TURBAY, C., ... & SILVA, V. G. M. D. R. **Geologia da folha Alpinópolis SF. 23-VBV, 2007.**
- HUNT, R. E. **Landslides and other slope failures.** *Geotechnical Engineering Investigation Manual.* USA: McGraw-Hill, 1984. p.665-784.
- HUTCHINSON, J. N. **General report: Morphological and geotechnical parameters of landslide in relation to geology and hydrogeology.** In: *International Symposium on Landslides*, 5th, Lausanne, 1998. Anais... Lausanne, 1998, v. 1. p. 3-35.
- INTERNATIONAL FEDERATION OF THE RED CROSS - IFRC; UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME - UNDP. **Effective law and regulation for disaster risk reduction: a multi country report.** New York, 2014.
- MAIA, P.C.A. **Avaliação do comportamento geomecânico e de alterabilidade de enrocamentos.** Tese de Doutorado. PUC. Rio de Janeiro, 2001. 45p.
- NASCIMENTO, M.A.L. do; SILVA, M.L.N. da; REIS, F.A.G.V. **Geoparque Seridó: geodiversidade e patrimônio geológico no interior potiguar.** São Paulo: FUNUNESP – Fundação para o Desenvolvimento da UNESP. FEBRAGEO – Federação Brasileira de Geólogos. 2020. 108p.
- NATIONAL PARK SERVICES – NPS. (2006) **Management Policies 2006: A guide to managing the National Park System.** U.S. Department of the Interior, 2006, 168 p. Disponível em: <<https://www.nps.gov/orgs/1548/upload/ManagementPolicies2006.pdf>>. Acesso em: 4 mar. 2022.
- OJIMA, L.M.; SERRA JUNIOR, E. **Caracterização e Classificação de Maciços Rochosos.** In: OLIVEIRA, A.M. dos S.; MONTICELLI, J.J. *Geologia de Engenharia e Ambiental.* São Paulo: ABCG – Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental. Volume 2. Capítulo 16. 2018. 335-356p.
- PIRES, B.H; VIANA, C.D.; CAMPANHA, G.A. **Classificação Geomecânica e análise de estabilidade de taludes da Mina Vau Novo (SP) com ênfase na análise de descontinuidades.** *Revistas Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental*, v. 6, n. 1-2, p. 56 - 74, 2016.

- PRIEST, S.D.; HUDSON, J.A. Discontinuity Spacings in Rock. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, v. 13, p. 135 – 148, 1976.
- RIDEAU, M. A.; STEAD, D.; COULTURE, R. Structural and engineering geology of the east gate landslide, Parcels Mountains, British Columbia, Canada. *Engineering geology*, Elsevier, v. 84, n. 3, p. 183–206, 2006.
- RIEDEL, P. S. *Condições Estruturais na Estabilidade de taludes: uma abordagem regional, com aporte de técnicas de sensoriamento remoto*. Tese (Doutorado) — Tese de doutorado. 1994 205p São Carlos, Escola de Engenharia de São Carlos, 1994
- ROCHA, M. *Mecânica das Rochas*. Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa. 1971.
- ROMANA, M.R. A Geomechanical Classification for Slopes: Slope Mass Rating. In: *Rock Testing and Site Characterization*, Elsevier, p. 575–600, 1993, doi:10.1016/B978-0-08-042966-0_50029-X
- SASSA, K. Geotechnical classification of landslides. *Landslides News*, v. 3, p.21–24. 1989.
- SEGURET, S.A.; GUJARDO, C. Geostatistical Evaluation of Rock-Quality Designation and its link with Linear Fracture Frequency. In: 17th Annu. Conf. Int. Assoc. Math. Geosci. 2015.
- SHARPE, C. F. S. *Landslides and related phenomena*. Nova York: Columbia University Press, 1938.
- SHARPLES, C. 2002. Concepts and Principles of Geocconservation. Hobart, Tasmania, Australia: Tasmanian Parks & Wildlife Service. www.dpw.tas.gov.au/inter.nsf/Attachments/SION-57W3YMM/FILE/geocconservation.pdf
- SIMÕES, L.S.A. *Evolução Tectonoconformática da Nappe de Passos, Sudeste de MG*. São Paulo, USP, 1995. 149p. (Tese Dout.)
- THERZAGUI, K. Mechanism of landslide. Berkeley: Geological Society of America. *Engineering Geology*. V. 1, p. 83-123. 1956.
- TOMINAGA, L.K. Escorregamentos. In: TOMINAGA, L.K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. do (Org.). *Desastres naturais: conhecer para prevenir*. 2. ed. São Paulo: Instituto Geológico, 2012. cap. 2, p. 25-38.
- TOURISM COUNCIL OF BHUTAN. (2021). Disaster Management and Contingency Plan for the Tourism Sector. Disponível em: https://www.tourism.gov.bt/uploads/attachment_data/file/316209/2021-2026.pdf. Acesso em: 4 mar. 2022.
- UNITED NATIONS DISASTERS RISK REDUCTION - UNDRR. Developing a resilience plan for the tourism industry in Okinawa, Japan. Disponível em: <https://www.undrr.org/publication/developing-resilience-plan-tourism-industry-okinawa-japan/>. Acesso em: 4 mar. 2022.
- VANACÔR, R. N. Sensoriamento remoto e Geoprocessamento aplicados ao mapeamento das áreas suscetíveis a movimentos de massa na região Nordeste do Estado do Rio Grande do Sul. Dissertação de mestrado em Sensoriamento Remoto da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS, setembro de 2006.
- VARNES, D. J. Slope movements types and processes. In: SCHUSTER, R. L.; KRIZEK, R. J. (Eds.). *Landslides analyses and control*. Washington: National Academy of Science, 1978. P. 11-33.
- WESTERN AUSTRALIA DEPARTMENT OF CONSERVATION AND LAND MANAGEMENT (2018). Visitor Risk Management and Public Liability. Disponível em: <https://www.awa.gov.au/parks-heritage/national-parks/parks-australia/publications/visitor-risk-management-and-public-liability-wa-department-conservation-and-land-management>. Acesso em: 4 mar. 2022.

- WICKHAM, G.E., TIEDEMANN, H.R., SKINENR, E.H. Support determination based on geologic predictions. *Proceeding North American rapid excavation and tunneling conference*, p. 43-64, 1972.
- WILKS, J; MOORE, S. Tourism risk management for the Asia-Pacific region: an authoritative guide for managing crises and disasters. APEC International Centre for Sustainable Tourism (AICST), Griffith University, Gold Coast, 2004, 111 p.

RESPONSÁVEL TÉCNICO

Assina o presente documento como responsável técnico.

Rio Claro, 15 de agosto de 2022.



Fábio Augusto Gomes Vieira Reis
Geólogo e Eng. Civil - Coordenador
CREA 5.061.028.240

ANEXO I

MODELO DE FICHA DE AVALIAÇÃO GEOLÓGICO- GEOTÉCNICA DIÁRIA - PLANO DE MONITORAMENTO PROVISÓRIO

MODELO DE FICHA DE AVALIAÇÃO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICA		DIÁRIA - PLANO DE MONITORAMENTO PROVISÓRIO	Ficha nº.
Nome Responsável			
Técnico:			
Local:			
Coordenada		Coordenada	
Início:		fim:	
Horas Paralisação das atividades no Cânion no dia Anterior?			
<input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Sim. Qual Motivo e horário da paralisação?			

Precipitação no dia anterior
Localização e/ou identificação do Pluviômetro usado:
Valor da Precipitação Diária (Dia Anterior). Se há medição horária da precipitação, inserir o valor da precipitação horária nos diferentes períodos de precipitação:
Observações Complementares, se houver):

Indícios de Erosão, Movimentos de Massa ou Perturbação na Vegetação:
<input type="checkbox"/> Presença de solo exposto na encosta <input type="checkbox"/> Presença de movimento de bloco no paredão ou encosta (ombreamento, queda, rolamento ou escorregamento) <input type="checkbox"/> Presença de vegetação perturbada ou destruída <input type="checkbox"/> Outro tipo de indício (novas fraturas, presença de novo fluxo de água no paredão, entre outros) <input type="checkbox"/> Não foi verificado nenhum indício de movimentação visual no paredão ou encostas do cânion
No caso de identificação, de um dia para outro, de algum indício de movimentação indicado acima, na fazer uma descrição detalhada da observação visual: forma e tamanho aproximado, coordenada do local, tipo de processo (erosão, movimento gravitacional de massa do tipo tombamento, queda ou rolamento de blocos, ou escorregamento), perturbação na vegetação, novas fraturamentos visíveis, novo fluxo de água ou outro tipo de indício, numeração das fotos

Comunicações reportadas por marinheiros, fiscais e/ou turistas: descrever a comunicação reportada, horário, nome da pessoa, local indicado onde se observou algum tipo de movimentação ou indício e incluir do local tirado pela pessoa, se houver. Abrir ficha adicional da avaliação geológico-geotécnica feita no local.

Anotações no verso

ANEXO 2

ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA - ART



CREA-MG

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais
CNPJ: 17.254.509/0001-63

Avenida Alvares Cabral 1600, Santo Agostinho, 30.170-917 - Belo Horizonte/MG
CEP: 30170-917
Tel: 080000312732

COBRANÇA DE A.R.T.

Pagador
FABIO AUGUSTO GOMES VIEIRA REIS
CPF/CNPJ
283.832.888-32

Registro CREA
CREA-MG 2602773441

Endereço
RUA 11, 285, COM CAMPOS DO CONDE
JARDIM DO HORTO - RIO CLARO - SP - 13506898

Representação numérica: 00190.00009 02832.133850 99214.601173 4 906880000023394

Agência / Código Beneficiário
3384-4 / 5780-0

Data Emissão
26/07/2022

Data Vencimento
05/08/2022

Parcela
1/1

Valor do Documento
R\$ 233,94

Detalhes da Cobrança

ART

MG20221330503

RS 233,94

RECIBO DO PAGADOR

Autenticação Mecânica



Banco
001-9

00190.00009 02832.133850 99214.601173 4 906880000023394

Local de Pagamento

PAGÁVEL EM QUALQUER BANCO ATÉ O VENCIMENTO.

Vencimento

05/08/2022

Beneficiário

CREA-MG - Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

Agência / Código Beneficiário
3384-4 / 5780-0

Data Documento

26/07/2022

Espécie Doc.

DM

Acerto

N

Data Processamento

26/07/2022

Usos do Banco

17

Carteira

Espécie Moeda

R\$

Quantidade Moeda

Valor Moeda

X

(=) Valor do Documento
233,94

Instruções (Taxa de responsabilidade do beneficiário)

PAGÁVEL EM QUALQUER BANCO ATÉ O VENCIMENTO. NÃO SERÁ ACEITO PAGAMENTO APÓS O VENCIMENTO REFERENTE À COBRANÇA DE A.R.T.

(-) Desconto

(-) Outras Despesas / Atualização

(=) Moeda / Nota(s) Juros

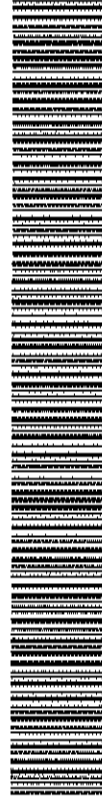
(+) Outros Acréscimos

(-) Valor Cobrado

qrCode PIX

Pagador
FABIO AUGUSTO GOMES VIEIRA REIS / Contratante: Prefeitura Municipal de São José da Barra
283.832.888-32

Unidade Beneficiária
CREA-MG - Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais
17.254.509/0001-63
Avenida Alvares Cabral 1600, Santo Agostinho, 30.170-917 - Belo Horizonte/MG



Código de Barra

Autenticação Mecânica

26/07/2022 - BANCO DO BRASIL - 10:45:21
708707087 0001

COMPROVANTE DE PAGAMENTO DE TITULOS

CLIENTE: FABIO AUGUSTO G V REIS
AGENCIA: 7987-4 COXEA: 504.985-7

BANCO DO BRASIL

0019000099028321338509821460117349068000023394

BENEFICIARIO:

CONSELHO R E A MINAS GERAIS

NOME FANTASIA:

CONSELHO REGIONAL DE ENGENHARIA E A

CNPJ: 17.254.509/0001-53

PAGADOR:

FABIO AUGUSTO GOMES VIEIRA REIS

CPF: 283.832.888-32

NR. DOCUMENTO 72.601
MOSSO NUMERO 28321338599214601
CORRENTO 02832133
DATA DE VENCIMENTO 05/08/2022
DATA DO PAGAMENTO 26/07/2022
VALOR DO DOCUMENTO 233,94
VALOR COBRADO 233,94

NR. APROVEITACAO 9.DA4.D81.0F3.346.31D

Central de Atendimento BB

4094 0001 Capitais e regioes metropolitanas

0890 729 0901 Demais localidades.

Consultas, informacoes e servicos transacionais.

SAC BB

0800 729 0722

Informacoes, reclamacoes, cancelamento de
produtos e servicos.

Ouvidoria

0890 729 5678

Reclamacoes nao solucionadas nos canais
habituais agencia, SAC e demais canais de
atendimento.

Atendimento a Deficientes Auditivos ou de Fala
0890 729 0033

Informacoes, reclamacoes, cancelamento de cartao,
outros produtos e servicos de Ouvidoria.

invista em LCA e impulsiona o Agro,
um dos principais setores da nossa economia!
Saiba mais: bb.com.br/lca



TERMO DE REFERÊNCIA

PARA ELABORAÇÃO DE AVALIAÇÃO DE RISCO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO

1. APRESENTAÇÃO E JUSTIFICATIVA

1.1 Este Termo de Referência foi desenvolvido devido a necessidade de reavaliação da segurança do turismo da Região do Lago de Furnas.

2. OBJEIVO

O objetivo da contratação é a prestação de serviços para realização do estudo de Avaliação de Risco Geológico-Geotécnico nos: a) Cânions de Capitólio – município de Capitólio, b) Cânions da Cascatinha – municípios de Capitólio e São João Batista do Glória, c) Cânions do Morro dos Cabritos – município de São José da Barra, d) Cânions do Vale dos Tucanos – município de São José da Barra.

A presente descrição integra o conjunto de informações técnicas destinadas à elaboração de:

- 2.1. Mapeamento de riscos geológicos-geotécnico na região dos Cânions.
- 2.2. Levantamento dos principais pontos de interesse turístico na área dos cânions da Represa de Furnas.
 - 2.3. Realização de uma caracterização dos principais condicionantes geológicos-geotécnicos existentes na área.
 - 2.4. Realização de um inventário do patrimônio geológico e diagnóstico de sua relevância social, econômica turística, educacional e geológica.
 - 2.5. Propor medidas de intervenção com a finalidade de reduzir os riscos geológicos-geotécnicos na realização de passeios náuticos locais (onde os pontos a terem medidas de redução e/ou controle de riscos deverão ser indicados em mapas de risco e/ou imagens, com descrição sucinta da intervenção proposta.
 - 2.6. Propor medidas de uso e ocupação do local, considerando o patrimônio geológico levantando as áreas de riscos delimitadas.

O projeto deverá ser elaborado por profissional técnico, legalmente habilitado,

segundo as suas normas, bem como este Termo de Referência.

3. DOS REQUISITOS PARA HABILITAÇÃO TÉCNICA DO RESPONSÁVEL

- 3.1 Atestado de capacidade Técnica
- 3.2 Registro no CREA (Conselho Regional de Engenharia) e ou no CAU (Conselho de Arquitetura e Urbanismo).
- 3.3 Diploma de Formação universitária em Geologia ou Engenharia Geológica.

4. PRAZO DE EXECUÇÃO E ENTREGA FINAIS

- 4.1 O prazo de execução dos serviços será de 60 dias após a contratação.
- 4.2 O resultado Final do Estudo, com as propostas e mapeamento, deverão ser entregues ao final dos 60 dias de execução.

5. RESULTADO FINAL A SER ENTREGUE

- 5.1 O resultado Final do Estudo, com as propostas e mapeamento, deverão ser entregues ao final dos 60 dias de execução.
 - 5.1.1 Mapeamento de riscos geológicos-geotécnico na região dos Cânions.
 - 5.1.1.2 Levantamento dos principais pontos de interesse turístico na área dos cânions da Represa de Furnas.
 - 5.1.1.3 Realização de uma caracterização dos principais condicionantes geológicos-geotécnicos existentes na área.
 - 5.1.1.4 Realização de um inventário do patrimônio geológico e diagnóstico de sua relevância social, econômica turística, educacional e geológica.
 - 5.1.1.5 Propor medidas de intervenção com a finalidade de reduzir os riscos geológicos-geotécnicos na realização de passeios náuticos locais (onde os pontos a terem medidas de redução e/ou controle de riscos deverão ser indicados em mapas de



risco e/ou imagens, com descrição sucinta da intervenção proposta.

5.1.6 Propor medidas de uso e ocupação do local, considerando o patrimônio geológico levantando as áreas de riscos delimitadas.

6. DOS LOCAIS PARA EXECUÇÃO DOS SERVIÇOS

6.1 Os serviços deverão ser executados na região do Lago de Furnas.

6.1.1 a) Cânions de Capitólio – município de Capitólio, b) Cânions da Cascatinha – municípios de Capitólio e São João Batista do Glória, c) Cânions do Morro dos Cabritos – município de São José da Barra, d) Cânions do Vale dos Tucanos – município de São José da Barra.

7. DOS RECURSOS ORÇAMENTÁRIOS

7.1 Os recursos orçamentários serão na seguinte dotação: 20.20201.04-122.0001-2001.33903900000.1501000000

8. O PAGAMENTO

8.1 O pagamento será efetuado em parcela única em até 10 dias após a entrega dos acordos com resultados finais, bem como a emissão de nota fiscal pelos serviços prestados.

Passos, 18 de julho de 2023.

Henrique Rodarte Fernandes Silva
Secretário Executivo da AMEG.

Cristiano Geraldo Silva
Prefeito Municipal de Capitólio

Alexandra Aparecida Faria Ferreira
Secretária de Planejamento de S.J.B. do Glória.

Lyven Kelly de Avelar Lára
Secretária de Turismo de São José da Barra

ESTUDO TÉCNICO PRELIMINAR

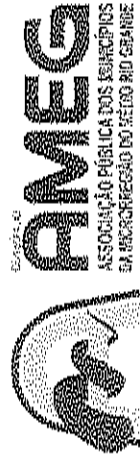
O presente estudo técnico tem por objetivo apontar os fundamentos para contratação de empresa ou Fundação para prestação de serviços para realização do estudo de Avaliação de Risco Geológico-Geotécnico nos: a) Cânions de Capitólio – município de Capitólio, b) Cânions da Cascatinha – municípios de Capitólio e São João Batista do Glória, c) Cânions do Morro dos Cabritos – município de São José da Barra, d) Cânions do Vale dos Tucanos – município de São José da Barra.

1- JUSTIFICATIVA DA AQUISIÇÃO

Justifica-se a necessidade de reavaliação da segurança do turismo da Região do Lago de Furnas, on de a presente descrição integra o conjunto de informações técnicas destinadas á elaboração de:

- a) Mapeamento de riscos geológicos-geotécnico na região dos Cânions.
- b) Levantamento dos principais pontos de interesse turístico na área dos cânions da Represa de Furnas.
- c) Realização de uma caracterização dos principais condicionantes geológicos-geotécnicos existentes na área.
- d) . Realização de um inventário do patrimônio geológico e diagnóstico de sua relevância social, econômica turística, educacional e geológica.
- e). Propor medidas de intervenção com a finalidade de reduzir os riscos geológicos-geotécnicos na realização de passeios náuticos locais (onde os pontos a terem medidas de redução e/ou controle de riscos deverão ser indicados em mapas de risco e/ou imagens, com descrição sucinta da intervenção proposta.
- f). Propor medidas de uso e ocupação do local, considerando o patrimônio geológico levantando as áreas de riscos delimitadas.

O projeto deverá ser elaborado por profissional técnico, legalmente habilitado, seguindo as suas normas, bem como este Termo de Referência.



2- DEFINIÇÃO DO OBJETO

2.1 A definição do objeto se deu a partir da Ata da sessão do dia 16/06/2023 em anexo.

3. DAS QUANTIDADES

3.1 A quantidade será única sendo subdividido em partes:

Município	Porcentagem	Valor
Capitólio	50%	R\$ 14.500,00
São João Batista do Glória	12,5%	R\$ 3.625,00
São José da Barra	37,5%	R\$ 10.875,00

Passos, 18 de julho de 2023.

Henrique Rodarte Fernandes Silva
Secretário Exceutivo da AMEG.

Cristiano Geraldo Silva
Prefeito Municipal de Capitólio

Alexandra Aparecida Faria Ferreira
Secretária de Planejamento de S.J.B. do Glória.

Lyven Kelly de Avelar Lára
Secretária de Turismo de São José da Barra