

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (SGB-CPRM)

PROGRAMA GESTÃO DE RISCOS E DESASTRES

MAPEAMENTOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS VOLTADOS PARA A PREVENÇÃO DE DESASTRES

AVALIAÇÕES GEOTÉCNICAS EM ATRATIVOS GEOTURÍSTICOS

Cachoeira do Ferro Doido - BA

REALIZAÇÃO

DEPARTAMENTO DE GESTÃO TERRITORIAL

DIVISÃO DE GEOLOGIA APLICADA

2025

MAPEAMENTOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS
VOLTADOS PARA A PREVENÇÃO DE DESASTRES

AVALIAÇÕES GEOTÉCNICAS EM ATRATIVOS GEOTURÍSTICOS

Cachoeira do Ferro Doido - BA

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

Ministro de Estado

Alexandre Silveira de Oliveira

Secretária Nacional de Geologia, Mineração e Transformação Mineral

Ana Paula Lima Vieira Bitencourt

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (SGB-CPRM)

DIRETORIA EXECUTIVA

Diretor-Presidente

Inácio Cavalcante Melo Neto

Diretora de Hidrologia e Gestão Territorial

Alice Silva de Castilho

Diretor de Geologia e Recursos Minerais

Francisco Valdir Silveira

Diretora de Infraestrutura Geocientífica

Sabrina Soares de Araújo Góis

Diretor de Administração e Finanças

Rodrigo de Melo Teixeira

DEPARTAMENTO DE GESTÃO TERRITORIAL

Chefe do Departamento de Gestão Territorial

Diogo Rodrigues A. da Silva

Chefe da Divisão de Geologia Aplicada

Tiago Antonelli

Chefe da Divisão de Gestão Territorial

Maria Adelaide Mansini Maia

SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE SALVADOR

Superintendente Regional de Salvador

Erison Soares Lima

Gerente de Hidrologia e Gestão Territorial

Davi Nascimento Souza

Supervisor

Patrícia Mara Lage Simões

Rubens Pereira Dias

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA NACIONAL DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO
E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (SGB-CPRM)
DIRETORIA DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL
I PROGRAMA GESTÃO DE RISCO E DESASTRES I

MAPEAMENTOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS
VOLTADOS PARA A PREVENÇÃO DE DESASTRES

AVALIAÇÕES GEOTÉCNICAS EM ATRATIVOS GEOTURÍSTICOS

Cachoeira do Ferro Doido - BA

AUTORES

Patrícia Mara Lage Simões
Rubens Pereira Dias



Salvador
2025

**AVALIAÇÃO GEOTÉCNICA EM ATRATIVO GEOTURÍSTICO
– MONUMENTO NATURAL CACHOEIRA DO FERRO
DOIDO, BA**

REALIZAÇÃO

Departamento de Gestão Territorial – DEGET

Diogo Rodrigues Andrade da Silva

Divisão de Geologia Aplicada – DIGEAP

Tiago Antonelli

COORDENAÇÃO TÉCNICA

Tiago Antonelli

EXECUÇÃO

Patrícia Mara Lage Simões

Rubens Pereira Dias

APOIO TÉCNICO

Revisão do texto

Irinéa Barbosa da Silva

Normalização Bibliográfica

Maria Gasparina de Lima

Projeto Gráfico / Editoração

Divisão de Editoração Geral – DIEDIG

Andréia Continentino

Agmar Alves Lopes

Diagramação

Pedro da Silva

AGRADECIMENTOS

Bárbara Valois Coutinho Dias, bióloga do Inema, pela contribuição;

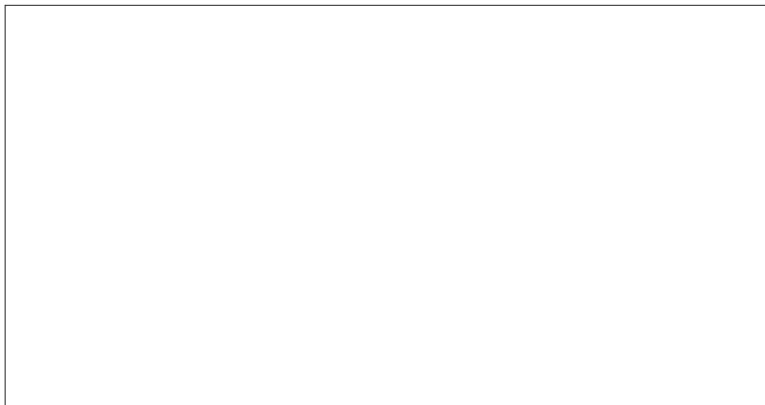
Guardas do Parque Estadual Morro do Chapéu e da UC Monumento Natural Cachoeira Ferro Doido, pelo apoio às atividades;

Antônio José Dourado Rocha, pesquisador aposentado do SGB-CPRM, pelas inestimáveis informações geológicas e históricas sobre o Morro do Chapéu.

Serviço Geológico do Brasil (SGB-CPRM)

www.sgb.gov.br

seus@sgb.gov.br



Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

Direitos desta edição: Serviço Geológico do Brasil (SGB-CPRM)

Permitida a reprodução desta publicação desde que mencionada a fonte.

APRESENTAÇÃO

As ações promovidas pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM), no âmbito do Departamento de Gestão Territorial (DEGET), envolvem a coordenação, supervisão e execução de estudos do meio físico voltados à conservação ambiental, ordenamento territorial e prevenção de desastres.

Neste contexto, a Divisão de Geologia Aplicada (DIGEAP) tem papel fundamental na condução de estudos, projetos e programas, cujo foco principal é produzir instrumentos técnicos capazes de subsidiar os gestores públicos na formulação, aprimoramento e execução de políticas direcionadas à mitigação dos danos causados por eventos adversos de natureza geológica, como deslizamentos, quedas de blocos de rocha, erosões, inundações, entre outros.

As atividades desenvolvidas pelo DEGET e pela DIGEAP incluem, ainda, ações de fomento à disseminação do conhecimento geocientífico, por meio da promoção de cursos de capacitação voltados aos agentes públicos e à sociedade em geral.

Assim, com esse espírito de inovação e com a responsabilidade de fomentar a ocupação segura e sustentável do território, o SGB-CPRM espera que as informações contidas no presente relatório possam ser empregadas em prol do bem-estar da sociedade brasileira.

Inácio Cavalcante Melo Neto

Diretor-Presidente

Alice Silva de Castilho

Diretora de Hidrologia e Gestão Territorial

RESUMO

Este trabalho apresenta de forma objetiva os resultados da avaliação qualitativa dos perigos geológicos da Cachoeira do Ferro Doido, localizada na Chapada Diamantina - BA, inserida no contexto do Parque Estadual Morro do Chapéu, na cidade homônima. As análises foram realizadas por meio de observações das particularidades geológicas, geomorfológicas, hidrológicas e estruturais da região, bem como da avaliação, em escala de detalhe, dos maciços rochosos que constituem o atrativo turístico, objeto deste trabalho. Esses estudos, realizados por técnicos do SGB-CPRM, servem de subsídio para orientar e auxiliar a administração pública municipal e o Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (Inema) quanto ao gerenciamento do Monumento Natural da Cachoeira do Ferro Doido, também inserido no Parque Estadual Morro do Chapéu, com a implementação e proposição de medidas de conservação, segurança e sustentabilidade das atividades de lazer e de geoturismo desenvolvidas na localidade.

Palavras-chave: geologia; geotecnia; hidrologia; geoturismo; prevenção de desastres.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. OBJETIVOS	10
2.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	11
3. JUSTIFICATIVAS	12
4. APLICABILIDADE E LIMITAÇÕES DE USO.....	12
5. OBJETO DE ESTUDO	13
6. LOCALIZAÇÃO E ACESSOS	14
7. METODOLOGIA	14
7.1. PROCESSOS	15
8. GEOLOGIA E HIDROLOGIA	17
9. CONCLUSÕES	23
10. SUGESTÕES	23
REFERÊNCIAS	24

1. INTRODUÇÃO

Em janeiro de 2022, dez pessoas morreram em função da queda de um bloco rochoso sobre uma embarcação turística no Lago de Furnas, município de Capitólio - MG. Além de ter causado grande comoção popular, esse evento serviu de paradigma, ao demonstrar que os desastres provocados por perigos naturais não se restringem aos centros urbanos, onde historicamente se registram os impactos econômicos mais significativos e o maior número de perdas de vidas humanas (Banco Mundial, 2020). Como consequência, desde a tragédia ocorrida em Minas Gerais, o Serviço Geológico do Brasil (CPRM) tem realizado avaliações geológico-geotécnicas em áreas onde são desenvolvidas atividades de ecoturismo, com vistas a contribuir para o aprimoramento das práticas de gestão ambiental e das condições de segurança dos turistas e demais profissionais que frequentam tais regiões (Barros, 2023; Oliveira *et al.*, 2022; Pedrazzi *et al.*, 2022; Silva; Kuhlmann; Ribeiro, 2022).

Nesse contexto, o Serviço Geológico do Brasil (CPRM), com intuito de atender à solicitação da Sudec/ Casa Civil em ofício nº 049/2023, de 25 de setembro de 2023, respondeu à demanda efetuada pelo Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (Inema), por meio de carta-comunicado enviada a algumas entidades relacionadas ao Monumento Natural Cachoeira do Ferro Doido, posteriormente reiterada pelo órgão em e-mail enviado à Superintendência Regional do SGB-CPRM de Salvador, com data de 28 de março de 2024. Com o auxílio do Inema foram realizadas visitas técnicas entre os dias 8 e 9 de maio de 2025, com a finalidade de avaliar os potenciais perigos que possam colocar em risco a vida e o bem-estar dos visitantes, por meio da identificação e caracterização dos perigos geológicos e hidrológicos localizados na Cachoeira do Ferro Doido, inserida no Parque Estadual Morro do Chapéu - BA.

Os levantamentos de campo foram realizados pelos profissionais do SGB-CPRM listados no Quadro 1, com acompanhamento da bióloga Bárbara Valois (Inema).

Quadro 1 - Profissionais do SGB-CPRM que participaram dos levantamentos de campo.

Nome completo	Cargo ou função	Instituição
Patrícia Mara Lages Simões	Geógrafa /Analista em Geociências	Serviço Geológico do Brasil (CPRM)
Rubens Pereira Dias	GeólogoPesquisador em Geociências	Serviço Geológico do Brasil (CPRM)

Fonte: Elaborado pelos autores

2. OBJETIVOS

O objetivo central deste trabalho foi avaliar os riscos e os perigos geológicos existentes no atrativo turístico Monumento Natural da Cachoeira do Ferro Doido, conforme solicitação feita pelo Inema. A avaliação geológico-geotécnica realizada neste trabalho contempla o conceito de perigo

geológico, definido como a condição ou fenômeno com potencial para causar uma consequência desagradável dentro de um determinado período de tempo (Pimentel *et al.*, 2018). Nesse contexto, a atuação da equipe técnica teve foco na observação dos locais mais frequentados por turistas. Este trabalho contribuirá para o aprimoramento da gestão turístico-ambiental e, consequentemente, para a implementação de práticas de prevenção de desastres, estando em consonância com os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável e com o marco pós-2015 para a redução do risco de desastres, também conhecido como Marco de Sendai¹.

Os resultados expostos neste relatório refletem as condições observadas no período da visita de campo, as quais estão sujeitas a alterações ao longo do tempo. Este estudo está em consonância com os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável² (Figura 1) e com o marco pós-2015 para a redução de riscos de desastres, também conhecido como Marco de Sendai².



Figura 1 - Objetivos de desenvolvimento sustentável.

Fonte: Elaborado pelos autores

2.1. Objetivos Específicos:

- Realizar o levantamento de dados geológicos-geotécnicos, na localidade a fim de compreender os processos geológicos-geotécnicos existentes e verificar se esses processos podem ou não expor turistas a algum tipo de risco geológico;
- Reconhecer, identificar e classificar os graus de perigo geológico nos pontos de circulação e acesso ao atrativo turístico;
- Elaborar produtos visuais derivados do levantamento fotográfico convencional e com o uso de drone (imagens e vídeos) dos pontos de maior relevância do estudo;
- Subsidiar, com informações técnicas, os administradores e órgãos públicos na tomada de decisões voltadas à prevenção, mitigação e resposta a desastres naturais ou induzidos.

¹Em setembro de 2015, líderes mundiais reuniram-se na sede da ONU, em Nova York, e decidiram um plano de ação para erradicar a pobreza, proteger o planeta e garantir que as pessoas alcancem a paz e a prosperidade: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, a qual contém o conjunto de 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável – ODS. Saiba mais em: <https://odsbrasil.gov.br/>

²Marco adotado por diversos países na Terceira Conferência Mundial sobre a Redução do Risco de Desastres, realizada de 14 a 18 março de 2015, em Sendai, Miyagi, no Japão. Saiba mais em: <https://www.undrr.org/publication/sendai-framework-disaster-risk-reduction-2015-2030>

3. JUSTIFICATIVAS

O Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil (SINPDEC) foi criado pela Lei nº 12.608/2012 (Brasil, 2012), que estabelece o Plano Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC), posteriormente regulamentado pelo Decreto nº 10.593/2020 (Brasil, 2020). Os dispositivos definem o escopo da atuação federal nas ações de proteção e defesa civil, fornecendo o embasamento legal para atuação do Serviço Geológico do Brasil (CPRM), enquanto instituição de ciência e tecnologia, nas ações desse escopo, no que se refere a estudos e suporte técnico científico.

O desenvolvimento de atividades de ecoturismo de forma não ordenada pode intensificar a depredação do patrimônio natural e, principalmente, potencializar a exposição dos turistas aos perigos naturais. Esse cenário pode acarretar acidentes e desastres provocados por fenômenos geológicos, como aqueles registrados nos últimos anos na Praia de Pipa - RN, em Capitólio - MG e em Paulo Afonso - BA.

Em razão de sua configuração de grande significado geológico-geomorfológico e paisagístico, e tendo sido a Cachoeira do Ferro Doido uma das localidades incluídas na Proposta de Geoparque Morro do Chapéu (Rocha; Pedreira, 2013), faz-se necessário a realização de estudos, especialmente no que diz respeito às políticas de acesso, segurança e conservação do patrimônio natural.

Deste modo, este trabalho se justifica à medida que pretende contribuir com dados e informações geotécnicas, possibilitando auxiliar os gestores locais na proposição de medidas que aprimorem as condições de segurança e a sustentabilidade desse atrativo turístico-paisagístico da região.

4. APLICABILIDADE E LIMITAÇÕES DE USO

Este trabalho pode ser utilizado para:

- Subsidiar o poder público na seleção de ações prioritárias de prevenção, em pontos específicos cujos componentes geológicos e paisagísticos induzem os visitantes a se aproximarem de áreas de risco de acidentes;
- Contribuir para a elaboração de projetos de intervenção em acessos a áreas suscetíveis à ocorrência de processos geológicos associadas a desastres;
- Auxiliar na elaboração de sistemas de monitoramento e fiscalização em locais propensos à ocorrências de desastres;
- Contribuir para a elaboração de planos de manejo ambientais;
- Orientar as ações de guias turísticos, do efetivo de guarda-parques e das autoridades competentes.

Este trabalho não deve ser aplicado para:

- Qualquer aplicação incompatível com a escala cartográfica adotada nesta elaboração;
- Substituir análises específicas de estabilidade de taludes e encostas;

- Avaliar a pertinência e eficácia de obras de engenharia de qualquer natureza;
- Prever quando eventos adversos ocorrerão na localidade.

5. OBJETO DE ESTUDO

Para compreender o conceito de perigo geológico em uma cachoeira é necessário, antes de tudo, observar sua configuração espacial atual e os elementos fisiográficos presentes, considerando a água como o agente moldador da paisagem. À medida que ela percorre seu caminho, cria trilhas preferenciais, os cursos d'água. O rio será denominado jovem quando estiver forte e vigoroso, causando erosão e transporte de detritos; e será senil quando suas águas não forem turbulentas, ocorrendo deposição marginal dos sedimentos.

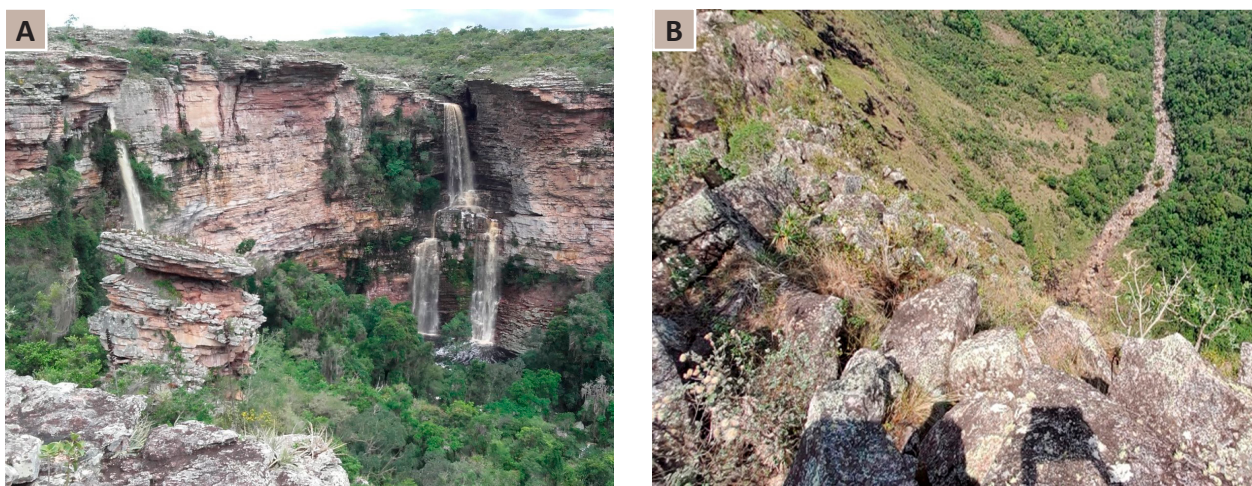


Figura 2 - A) Cachoeira do Ferro Doido, Morro do Chapéu – BA, ambiente de alta energia - Objeto deste trabalho. Fonte: Guia Chapada Diamantina / Agência Pedra Lascada. B) Borda da Cachoeira Casca D'anta, Serra da Canastra – MG. Fonte: Imagens dos autores.

Por esse motivo, cachoeiras são, por conceito, extremamente jovens e possuem grande poder erosivo. Ao longo de centenas ou mesmo milhares de anos, a cachoeira ou queda d'água migra a montante. A jusante, surgem corredeiras e rios cascalhados de menor jovialidade, muitas vezes em vales encaixados e cânions. A seguir, apresentam-se exemplos de cursos d'água em localidades e períodos geológicos distintos, com relativa semelhança em suas evoluções:

A região sob estudo foi palco do garimpo de diamantes no período compreendido aproximadamente entre 1840 e 1930, tendo passado por um acelerado desenvolvimento, principalmente na extração de carbonado (variedade escura e opaca de diamante, utilizada mundialmente na indústria de perfuração), uma vez que, localmente, diamantes translúcidos eram escassos.

Antes denominada Cachoeira Grotão, o local foi utilizado como área de garimpo, não se sabendo ao certo o tempo de atividade nem seu grau de sucesso. O pouco conhecimento que se tinha à época era de que o diamante estava associado aos níveis da rocha conglomerado. A cachoeira foi escavada com o uso de ferramentas rudimentares.

Naquele período, havia a figura do financiador, e conta-se que certo garimpeiro afirmou a este: “... *se gasta um ferro doido*”. Com o passar dos anos, a cachoeira e o rio passaram a ser chamados de Ferro Doido.

6. LOCALIZAÇÃO E ACESSOS

A Cachoeira do Ferro Doido está localizada a 18 km a leste da sede municipal de Morro do Chapéu, próxima ao km 256 da BA-052, cerca de 500 metros da ponte sobre o Rio Ferro Doido e da portaria da unidade de conservação (UC) Monumento Natural da Cachoeira do Ferro Doido (Bahia, 1998), inserido no Parque Estadual do Morro do Chapéu. A UC foi criada por iniciativa do governo estadual por meio do Decreto nº 7.412 de 17 de agosto de 1998, e abrange 400 ha.

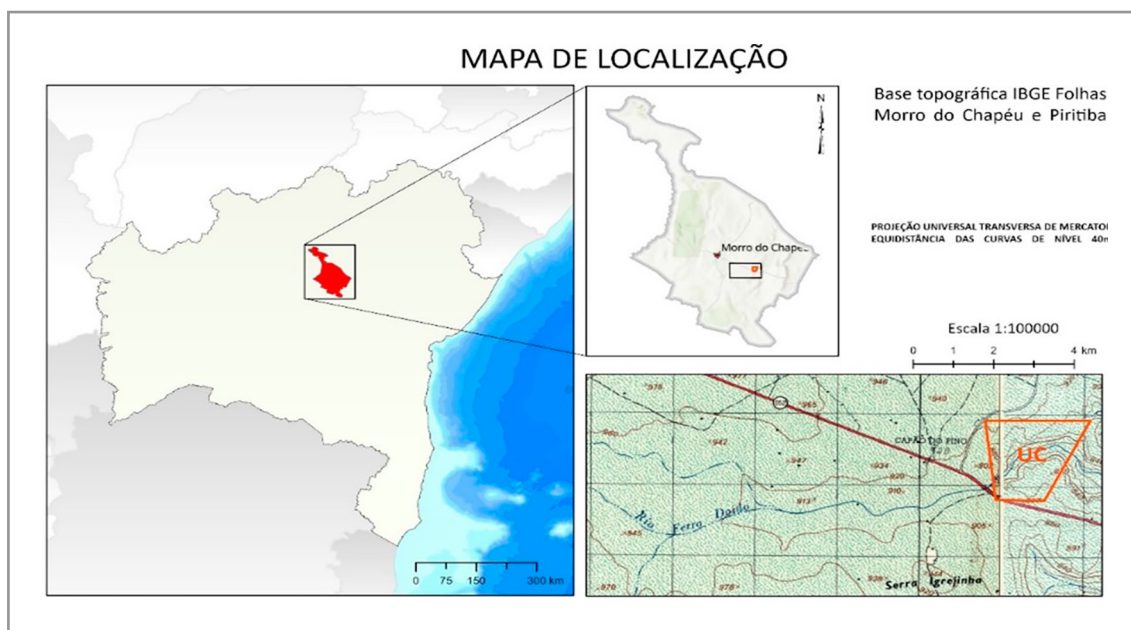


Figura 3 - Mapa de localização. Fonte: Elaborado pelos autores.

7. METODOLOGIA

A execução deste estudo englobou três etapas principais:

- levantamentos bibliográficos e cartográficos da localidade;
- execução das vistorias em campo;
- elaboração dos produtos finais.

O planejamento dos trabalhos ocorreu por meio de uma primeira reunião, realizada por videoconferência no dia 3 de dezembro de 2024, entre integrantes do SGB-CPRM e do Inema, e de uma segunda reunião de alinhamento, também em videoconferência, no dia 14 de janeiro de 2025.

Nessa fase do trabalho executou-se a compilação de estudos prévios realizados na região, com o acréscimo de levantamentos bibliográficos específicos, os quais foram analisados com o objetivo de identificar e caracterizar pontos com eventuais fragilidades que possam configurar riscos potenciais. Esses levantamentos serviram de base para a realização das etapas subsequentes.

Os levantamentos de campo ocorreram nos dias 8 e 9 de abril de 2025, conduzidos pelo pesquisador do SGB-CPRM, geólogo Rubens Pereira Dias, pela analista em geociências, geógrafa/geomorfóloga

Patrícia Mara Lage Simões, pela bióloga Bárbara Valois Coutinho Dias dos Santos (Inema), com a colaboração dos guardas do Parque Estadual Morro do Chapéu.

Durante a fase de desenvolvimento do trabalho, foram executadas ações de mapeamento e avaliação geológico-geotécnica no atrativo turístico Cachoeira do Ferro Doido, com a caracterização tectônica e estrutural e as implicações ambientais, com o objetivo de subsidiar a identificação de feições indicativas de instabilidade no terreno e perigos relacionados a movimentos gravitacionais de massa, os quais possam vir a oferecer risco aos turistas.

Objetivou-se a avaliação dos perigos geológicos e hidrológicos para compor os produtos finais. Para tanto, além das avaliações visuais, utilizaram-se aparelhos de localização GPS, bússolas para a medição de parâmetros estruturais, câmeras fotográficas com range de ampliação, tablets e veículo aéreo não tripulado (VANT), ou drone, modelo Mavic 3 Pro, marca DJI, com o propósito de obter imagens aéreas de boa qualidade e registrar localidades inacessíveis da área visitada.

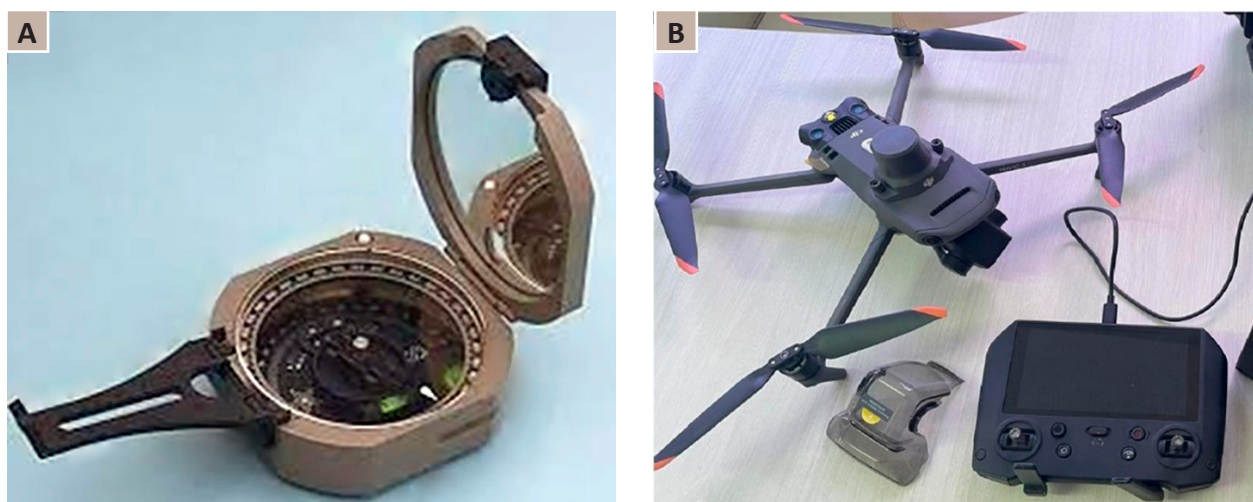


Figura 4 - A) Bússola de levantamento geológico - BRUNTON; B) VANT, Drone MAVIC Modelo DJI – Pro.

Fonte: Imagens dos autores.

7.1. PROCESSOS

Os processos com potencial para causar acidentes na área de estudo são os relacionados aos movimentos gravitacionais de massa. Subordinado a esse processo, há também o perigo hidrológico de possíveis ocorrências de enxurradas, causadas por chuvas nas áreas adjacentes e de cabeceira – as chamadas cabeças d'água.

Os movimentos gravitacionais de massa são processos integrantes da evolução das vertentes ou encostas. A dinâmica responsável pela alteração do relevo envolve uma série de processos que ocorrem na superfície terrestre, como intemperismo, erosão e os movimentos de massa. Tais processos modificam o formato das vertentes promovendo, ao longo do tempo, a evolução da paisagem geomorfológica.

Os movimentos gravitacionais de massa configuram-se como transportes superficiais de materiais – como solos, rochas e sedimentos – desencadeados pela força da gravidade. Na área de estudo, observou-se potencial para a ocorrência dos movimentos do tipo “queda de blocos” e também lascamentos, em função de deslocamentos plano-paralelos. (Figura 5).

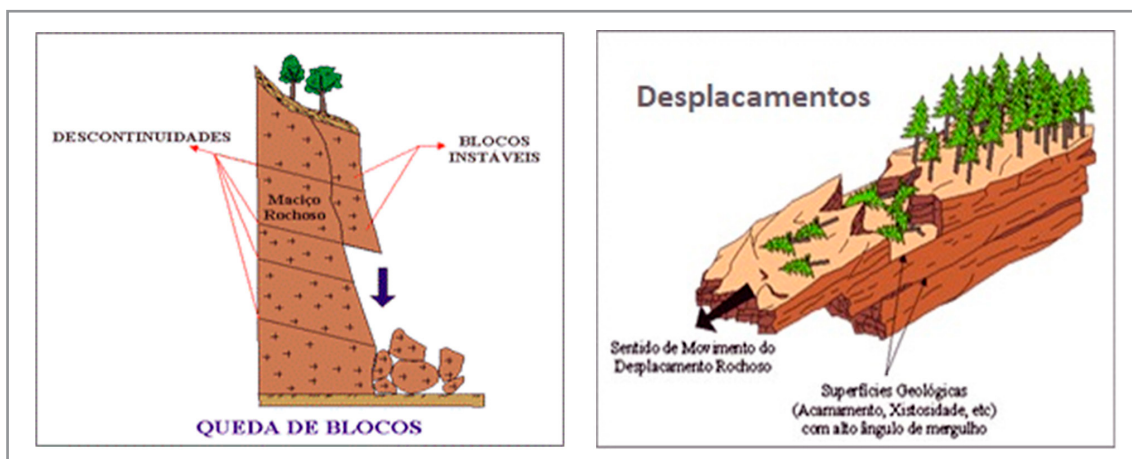


Figura 5 - Queda de blocos deslocamentos.

Fonte: Fornasari Filho; Faria, 2018 e Carvalho; Macedo; Ogura, 2007.

Brunsdén e Prior (1984), definem queda de blocos rochosos como todo movimento de material que ocorre em encostas íngremes e precipícios, no qual o material é desprendido sob a forma de blocos. Trata-se de um dos movimentos gravitacionais de massa menos estudados e o de mais difícil previsão, tanto no que se refere ao início do processo quanto à trajetória e ao alcance dos blocos (Dias; Barroso, 2006).

Conforme o estudo de Ribeiro (2013), na queda de blocos podem ocorrer as seguintes formas de movimentação dos fragmentos: saltação, rolamento, deslizamento e queda livre. A previsão do instante exato em que o evento ocorrerá representa um grande desafio (Yilmas *et al.*, 2008), uma vez que raramente há sinais premonitórios (Carnevale, 1991). É um dos movimentos gravitacionais de massa mais rápidos da natureza (Abellán *et al.*, 2006), em que fragmentos de variados tamanhos geralmente se partem ao longo do percurso.

Quedas de blocos são originadas por causas que envolvem diferentes escalas de tempo, ou seja, podem ter origem de curto, médio e longo prazo. Para Gunzburger *et al.* (2005), os fatores que levam ao fenômeno estão associados com as características do maciço rochoso (fatores de predisposição) ou às causas de curto prazo (fatores desencadeantes) ou às causas de médio e longo prazo (fatores de preparação). Os principais fatores associados à queda de blocos estão agrupados, conforme sua natureza, no Quadro 2.

Quadro 2 - Classes de perigo definidas para o mapeamento na Cachoeira do Ferro Doido.

PERIGO	DESCRIÇÃO
P1 baixo	Mantidas as condições existentes, é baixa a possibilidade de ocorrência de movimentos gravitacionais de massa no terreno. A área não apresenta ou são raras as feições de instabilidades e/ou regiões suscetíveis à geração e atingimento por movimentos gravitacionais de massa.
P2 Médio	Mantidas as condições existentes, é moderada a possibilidade de ocorrência de movimentos gravitacionais de massa no terreno. A área apresenta poucas feições de instabilidades e/ou áreas suscetíveis à geração e atingimento por movimentos gravitacionais de massa.
P3 Alto	Mantidas as condições existentes, é alta a possibilidade de ocorrência de movimentos gravitacionais de massa no terreno. A área apresenta instabilidades e/ou áreas suscetíveis à geração e atingimento por movimentos gravitacionais de massa.
P4 Muito alto	Mantidas as condições existentes, é muito alta a possibilidade de ocorrência de movimentos gravitacionais de massa no terreno. Há marcantes áreas instáveis e/ou suscetíveis à geração e atingimento por movimentos gravitacionais de massa.

Fonte: Guias Orientativos - Diretrizes Técnicas do Departamento de Gestão Territorial

Menos comum que queda de blocos, o tombamento é o movimento gravitacional de massa onde há rotação do material do maciço rochoso para frente, a partir de um ponto ou eixo (Highland; Bobrowsky, 2008). É condicionado por estruturas geológicas com grande ângulo de mergulho (Fornasari Filho; Faria, 2018). Pode ser desencadeado pelos mesmos fatores que provocam quedas de blocos e, geralmente, manifesta-se sob a forma de colunas.

8. GEOLOGIA E HIDROLOGIA

Caracterizado como intermitente, o Rio Ferro Doido está sujeito à sazonalidade das estações e aos diferentes volumes de precipitação ao longo do ano. Seu período seco ocorre entre os meses de maio e outubro, enquanto o maior volume de água é registrado no verão.

Inserido na bacia hidrográfica do Rio Jacuípe, a microbacia do Rio Ferro Doido se caracteriza por vales encaixados. Próximo à cachoeira, o rio assume a forma aplainada típica dos chapadões da região, superfície sustentada por um substrato de arenito vermelho com estratificação horizontal à sub-horizontal.

A rocha arenítica aflorante, relativamente plano paralela e de baixa permeabilidade, satura-se muito facilmente. Com níveis mínimos de cobertura de solo – em geral pedregoso –, o rio forma um fluxo laminar de alta intensidade e utiliza de falhas e fraturas existentes para escoar seu volume.

Durante a realização dos trabalhos, a região enfrentava por uma severa estiagem, e a cachoeira estava completamente seca. Isso permitiu a observação direta de estruturas geológicas, como fraturas, estratificações, entre outras, pelas quais a água normalmente percorre, promovendo maior intemperismo (ver foto do perfil).

Foram identificadas cavidades resultantes de intervenções antrópicas de garimpo na base da cachoeira. Também foi registrado a extração de sedimentos pedregosos das fraturas, na busca por diamantes, utilizando ferramentas e hastes metálicas.

Essas intervenções, no entanto, não exerceram relevância significativa nesta avaliação geotécnica, visto que o local já apresenta um grau de perigo muito alto.

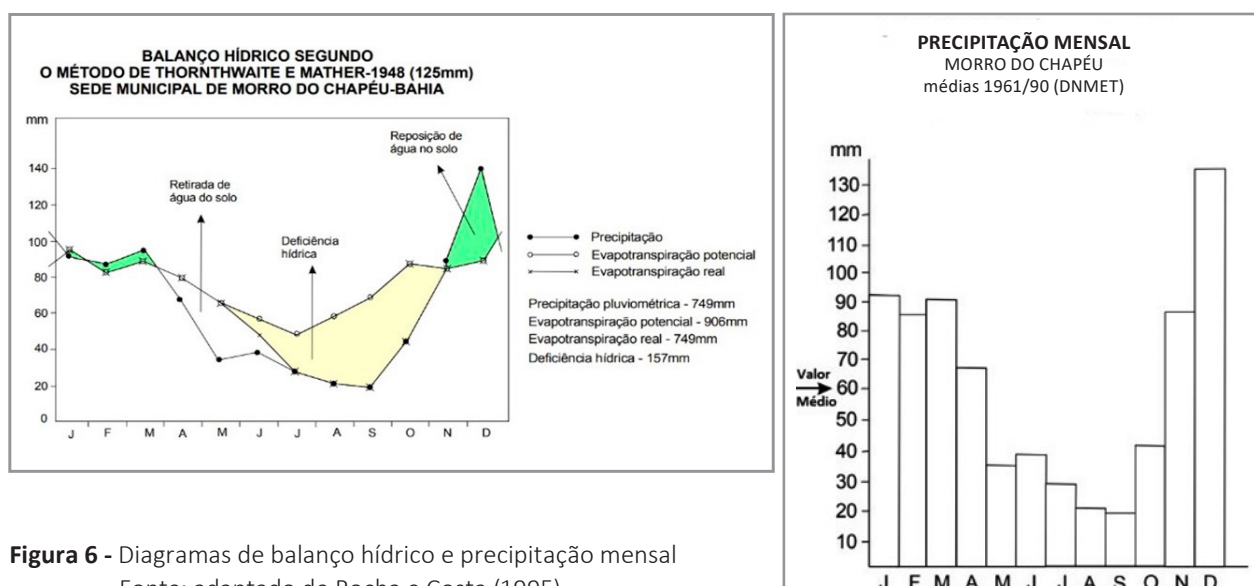


Figura 6 - Diagramas de balanço hídrico e precipitação mensal
Fonte: adaptado de Rocha e Costa (1995).

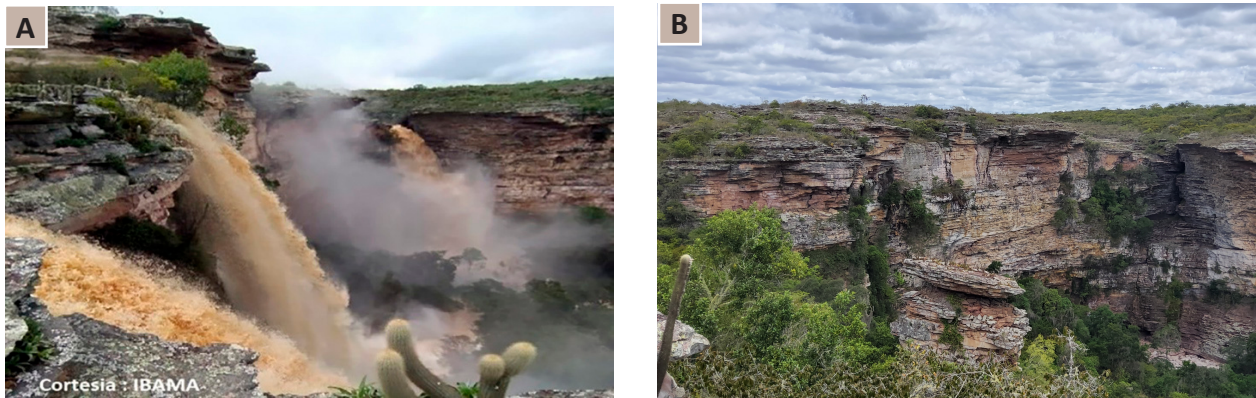


Figura 7 - Cachoeira do Ferro Doido: A) Período de cheias. Fonte: Inema; B) Situação encontrada em estiagem. Fonte: Imagens dos autores.

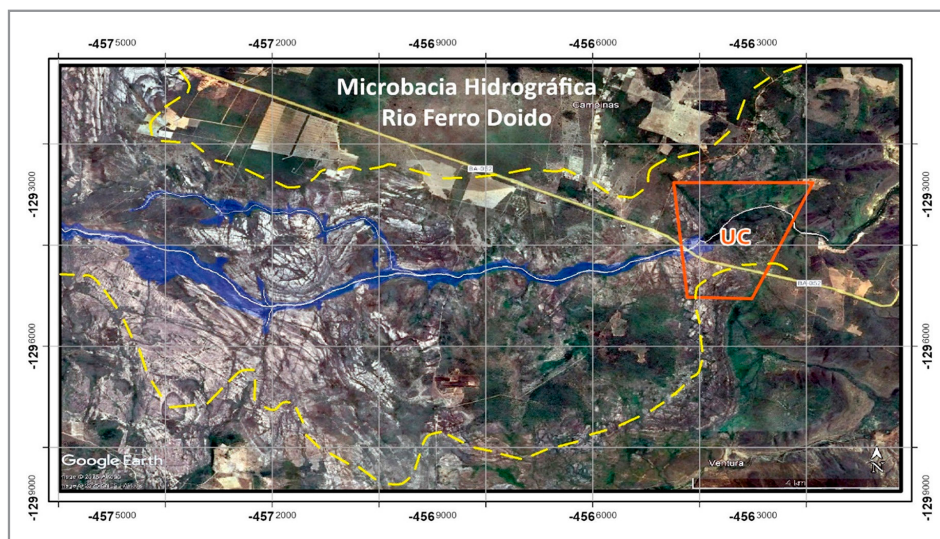


Figura 8 - Mapa da microbacia do Rio Ferro Doido. Em amarelo, os divisores que limitam a contribuição hídrica da bacia; em azul, área de influência de possíveis inundações e enxurradas. Fonte: Imagem elaborada pelos autores.

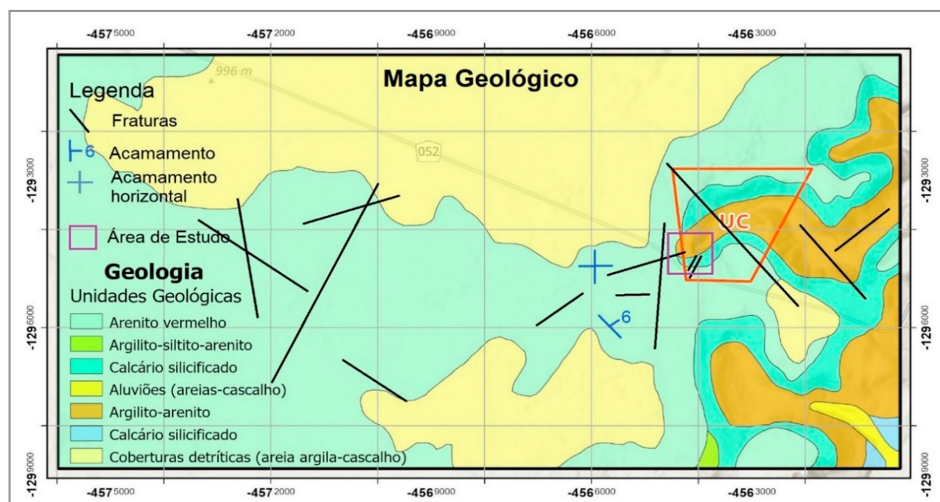


Figura 9 - Mapa geológico. Fonte: Mapa elaborado pelos autores.

PERFIL ESQUEMÁTICO E COLUNA ESTRATIGRÁFICA

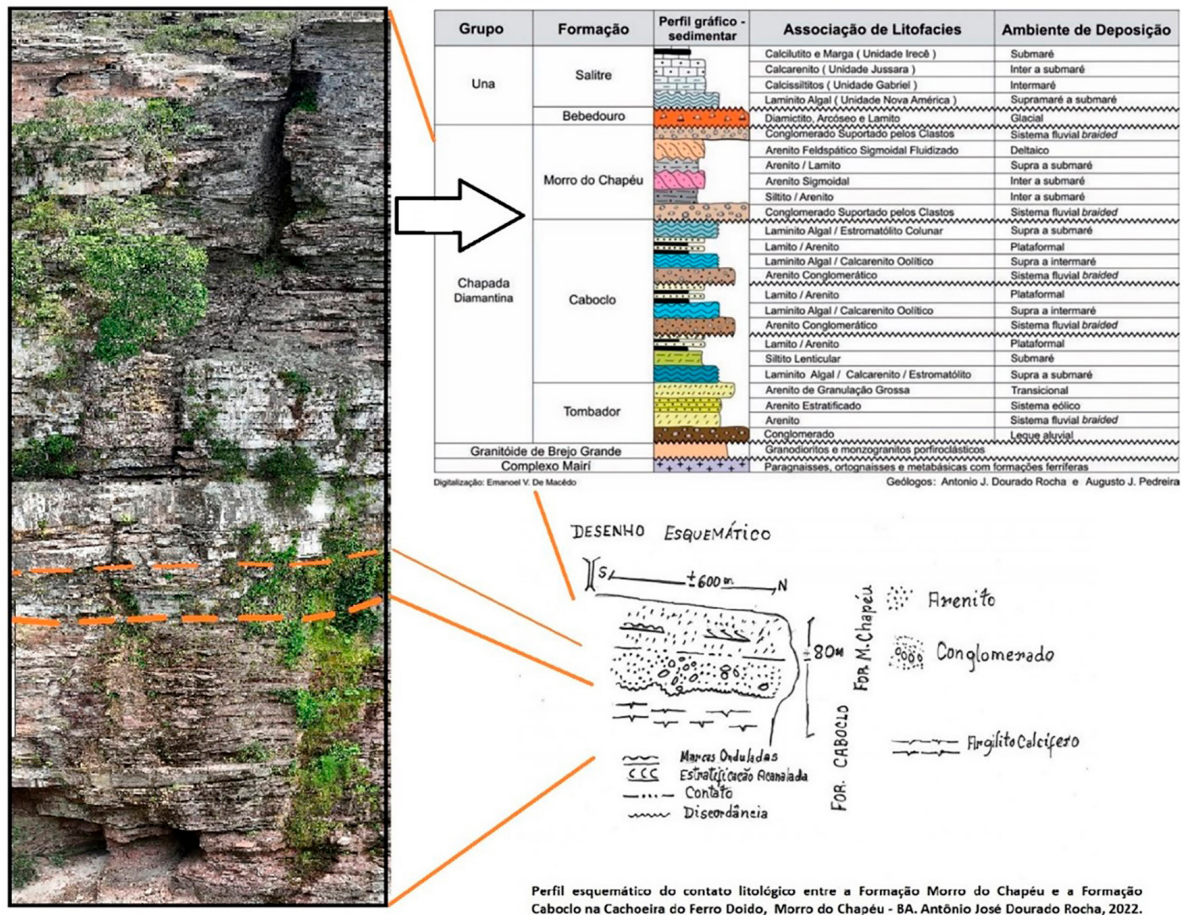


Figura 10 - Coluna estratigráfica. Fonte: Imagem dos autores.

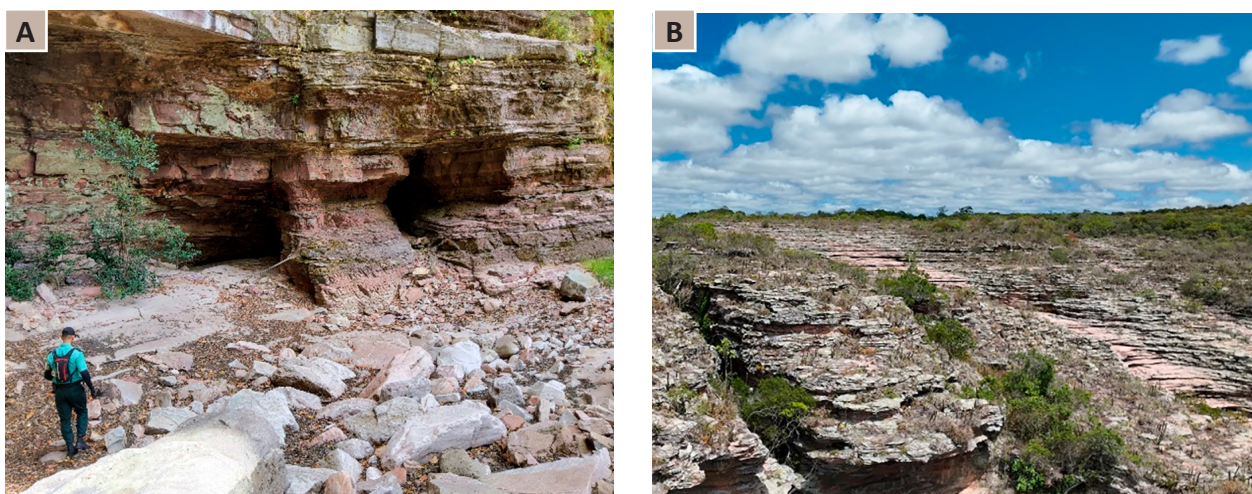


Figura 11 - A) Escavação na base da cachoeira pela atividade garimpeira, Formações Caboclo e Morro do Chapéu; B) Fraturas por onde vertem as águas, escavadas na busca de diamantes em aluviões. Fonte: Imagens dos autores.

O fraturamento possui direções predominantes: a oeste – 310N; 330N; 340N; 355N – e a leste – 20N; 45N; 55N; 70N e 80N, com orientação vertical a subvertical. O fraturamento é o principal agente causador das quedas de blocos, embora estas também ocorram em combinação com as estratificações.

A estratificação possui inclinações voltadas para o nordeste, variando de horizontais até no máximo 6°. Nas áreas planas, o rio acompanha essa vergência.

A lixiviação de níveis sedimentares mais argilosos e de fácil intemperismo gera espaços vazios entre as camadas. Como consequência, ocorrem posteriormente deslocamentos e o material rochoso é deslocado pela ação conjunta da água e da gravidade.

Observam-se blocos soltos e instáveis, com alto potencial de movimentação. É difícil prever quando ocorrerão as quedas.

No topo da cachoeira há saliências rochosas que se projetam ao precipício em ângulos negativos, dando a falsa impressão de segurança e com livre circulação. Essa singularidade é motivo do interesse de praticantes de rapel.

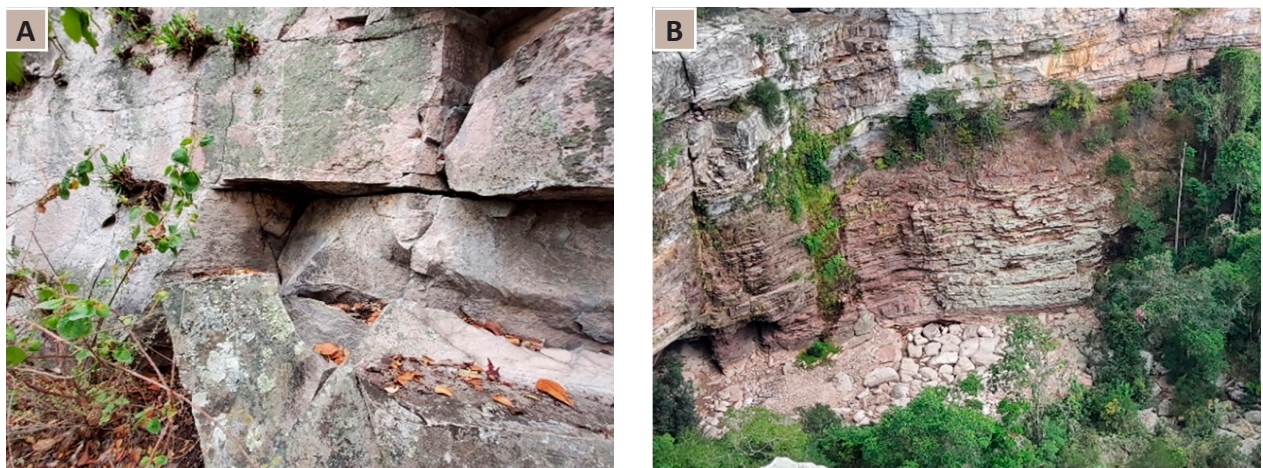


Figura 12 - A) Conjunto de fraturas que se interceptam; B) Estratificações plano-paralelas.
Fonte: Imagens dos autores.

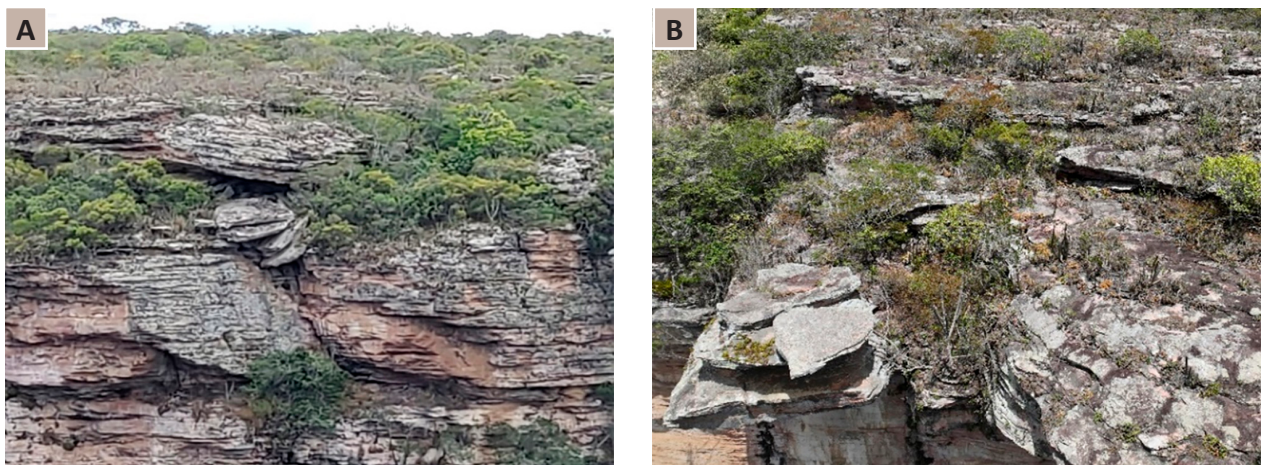


Figura 13 - A) Pedras soltas em meio às fraturas; B) Lascas soltas no topo da cachoeira.
Fonte: Imagens dos autores.

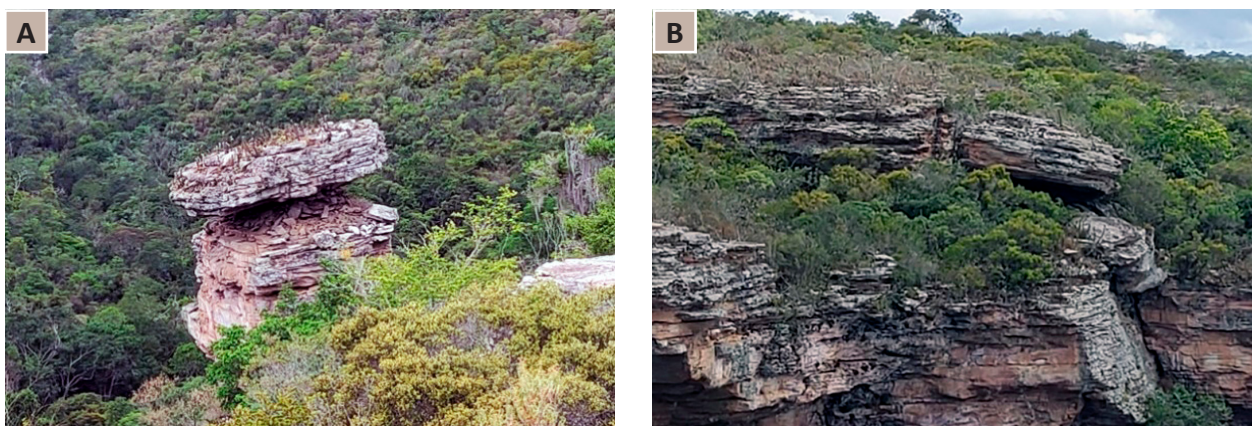


Figura 14 - A) Pedras suspensas; B) Blocos inclinados. Fonte: Imagens dos autores.

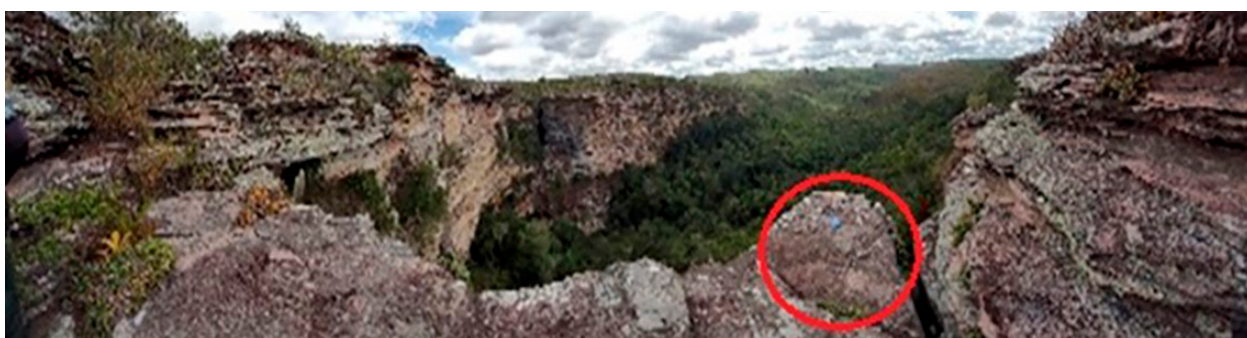


Figura 15 - Imagem panorâmica do alto da Cachoeira do Ferro Doido. A borda apresenta diversos pontos de perigo com grau muito alto. Observar o círculo vermelho que indica a localização da agenda de campo, também visível na imagem seguinte. Fonte: Imagens dos autores.

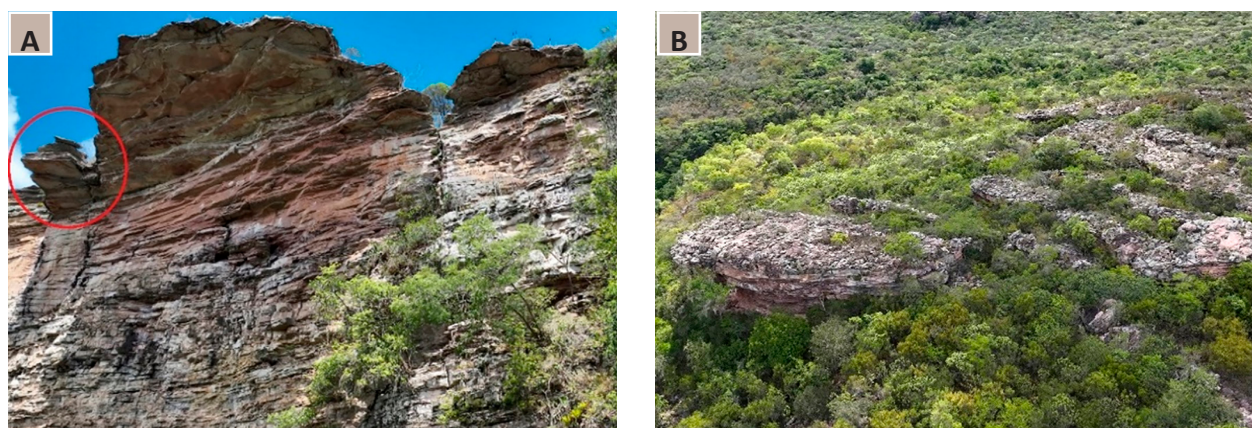


Figura 16 - A) Diversos pontos com rocha suspensa no paredão (ponto circular referente à imagem anterior); B) Localidade denominada Escolinha, referindo-se aos treinamentos de rapel em “negativo”. Fonte: Imagens dos autores.

Os acessos possuem deficiências. Na parte superior da cachoeira, os trajetos são pouco definidos, mal sinalizados e atravessam fendas. No caminho para a parte inferior, a trilha passa por pedras soltas situadas à beira do paredão rochoso.

As placas de sinalização estão presentes na área, mas sofrem com atos de vandalismo. Recomenda-se a ampliação do número de placas, com inclusão de alertas e informações educativas.



Figura 17 - A) Trajetos sobre valas das fraturas; B) Trecho íngreme e pedregoso ao lado de paredão. Imagens dos autores.

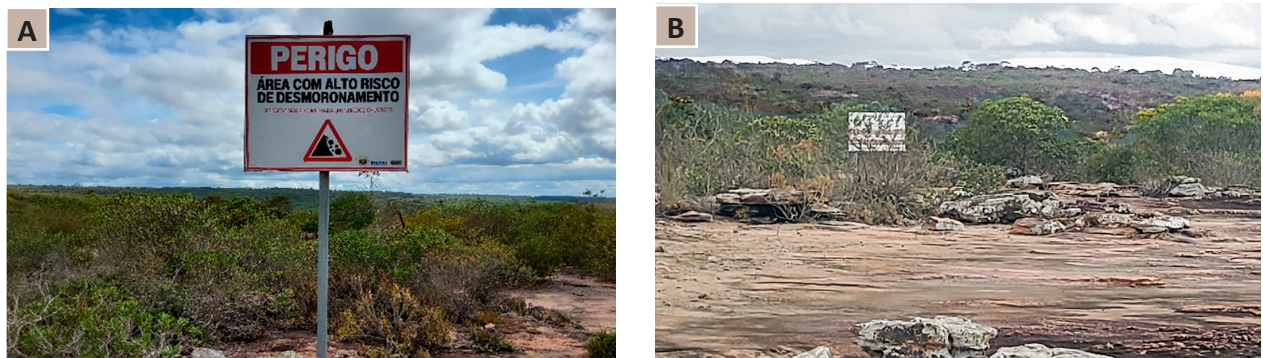


Figura 18 - A) Placas sinalizando o perigo; B) Ação de vândalos em patrimônio público.
 Fonte: Imagem dos autores.

Avaliação das áreas de perigo:



Figura 19 - Áreas da Cachoeira do Ferro Doido delimitadas como perigo alto e muito alto. Fonte: Imagem dos autores.

9. CONCLUSÕES

Os principais elementos de perigo de natureza geológica observados nesta avaliação geotécnica estão relacionados às quedas de grandes blocos de paredões rochosos verticais e de ângulo negativo, deslocamentos de corpos rochosos estratificados e à combinação entre esses processos, com Perigo Muito Alto – R4.

Também foram observados deslizamentos em depósitos inconsolidados – tálus, localizados na trilha de acesso à parte inferior e na base da cachoeira, caracterizados como Perigo Alto – R3. A queda de material rochoso de aproximadamente 80 metros pode gerar estilhaços projetados a longas distâncias, por esse motivo, a área da base da cachoeira, situada a certa distância da parede vertical, foi delimitada como Perigo Alto – R3. Ainda no alto da cachoeira, foram identificadas pedras e lascas soltas, que podem ser movimentadas por turistas ou arrastadas por fluxos de enxurradas, também caracterizadas como Perigo Alto – R3.

Quanto às características hidrológicas, a área analisada convive com repentinos e expressivos aumentos no volume das águas, decorrentes de chuvas torrenciais de verão e eventos esporádicos. Com isso, a ocorrência de enxurradas representa um elemento de perigo aos frequentadores da cachoeira. Considerando a extensão restrita da microbacia, o perigo pode ser quantificado como médio ou moderado - R2, no que se refere a fluxos de enxurradas.

Com objetivo de reduzir os perigos geológicos observados, foram feitas algumas recomendações, entre as quais se destacam: a ampliação da sinalização, com placas de alerta e indicativos de perigo, a melhoria dos acessos, bem como a sinalização clara dos limites permitidos nas proximidades das bordas e quebras abruptas de relevo.

Cabe esclarecer que, de modo geral, os perigos geológicos estão diretamente relacionados à prática de atividades de turismo ecológico, sendo, na maioria das vezes, impossível erradicá-los completamente.

A prática do esporte de aventura rapel em saliências negativas (*overhangs*) foi suspensa em dezembro de 2023 em duas localidades. Caso essa atividade continue sendo considerada como atrativo turístico, sua execução deverá ser disciplinada com base na norma NBR 15501 da ABNT (ABNT, 2011), além de consultas a regulamentações internacionais que tratam do tema.

Nesse sentido, como já destacado, este estudo não tem como objetivo criar obstáculos ao desenvolvimento do turismo, mas sim subsidiar e fomentar a atividade, garantindo que o turista desfrute dos atrativos geoturísticos com segurança.

10. SUGESTÕES

A seguir, apresentam-se recomendações para mitigar os perigos observados na Cachoeira do Ferro Doido:

- Instalar placas de advertência quanto aos riscos geológicos existentes, indicando os locais com perigo alto e muito alto para queda de blocos rochosos;
- Criar grupos de contingência para atuação em ações de prevenção de acidentes, alertas meteorológicos, salvamentos e resgates;

- Retirar banhistas e turistas em caso de ocorrência de chuvas fortes e/ou de cabeceira;
- Realizar melhorias nos acessos com delimitações, sinalização adequada e instalação de pontilhões suspensos sobre fendas e valas;
- Projetar e construir uma plataforma suspensa em madeira (belvedere) para a acomodação de visitantes, a fim de evitar a aproximação nas beiradas do precipício;
- Capacitar guias turísticos, guardas-parques e equipe administrativa a orientar os visitantes sobre os perigos da permanência nas bordas dos paredões e em suas proximidades;
- Instalar cancelas com cordas e esteios fixados em bases móveis de cimento, nos pontos críticos com saliências negativas;
- Evitar a circulação de visitantes muito próximos ao paredão rochoso, especialmente nas trilhas de acesso à parte inferior da cachoeira e nas áreas de maior risco de queda de blocos;
- Realizar vistorias periódicas nas bordas do precipício e nos paredões rochosos das trilhas de acesso, visando à identificação de rochas com potencial de deslocamento;
- Elaborar folders educativos abordando temas como educação ambiental, segurança, prevenção de desastres, além de informativos sobre a beleza cênica e a história geológica da localidade;
- Disciplinar a prática do rapel, recomendando o mínimo possível de visitantes – especialmente nas bordas com ângulos negativos.

REFERÊNCIAS

ABELLÁN, A. *et al.* Application of a long-range Terrestrial Laser Scanner to a detailed rockfall study at Vall de Núria (Eastern Pyrenees, Spain). **Engineering Geology**, v. 88, p. 136-148, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15501**: Turismo de aventura - Técnicas verticais - Requisitos para produto. São Paulo: ABNT, 2011.

BAHIA. Decreto n. 7.412, de 17 de agosto de 1998. Cria o Monumento Natural da Cachoeira do Ferro Doido. **Diário Oficial do Estado**, Salvador, 18 agosto 1998.

BANCO MUNDIAL. **Relatório de danos materiais e prejuízos decorrentes de desastres naturais no Brasil**: 1995-2019. 2 ed. Florianópolis: FAPEU, 2020. 156 p.

BARROS, J. S. **Avaliações geotécnicas em atrativos geoturísticos**: Parque Nacional Serra da Capivara, PI. Teresina: CPRM, 2023. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/23924>. Acesso em: 14 mar. 2024.

BRASIL. Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012. Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC; Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil – SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil - CONPDEC. **Diário Oficial da União**, Brasília, 11 abr. 2012.

BRASIL. Decreto n. 10.593, de 24 de dezembro de 2020. Dispõe sobre a organização e o funcionamento do Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil e do Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil e sobre o Plano Nacional de Proteção e Defesa Civil e o Sistema Nacional de Informações sobre Desastres. **Diário Oficial da União**, Brasília, 28 dezembro 2020.

BRUNSDEN, D.; PRIOR, C. B. **Slope instability**. Wiltshire: John Wiley & Sons, 1984. 619p.

- CARNEVALE, G. Simulações Teóricas de Casos de Desmoronamento de Taludes Rochosos de Taludes Rochosos. **Solos e Rochas**, v. 14, n. 1, p. 21-40, 1991.
- CARVALHO, C. S.; MACEDO, E. S.; OGURA, A. T. (Org.) **Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios**. Brasília: IPT; Ministério das Cidades, 2007 176 p.
- DIAS, G. P.; BARROSO, E. V. Determinação experimental do coeficiente de restituição normal de rochas: aplicação na previsão do alcance de blocos em encostas. **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**, v. 29, n. 2, p. 149-167, 2006.
- FORNASARI FILHO, N.; FARIA, M. S. C. Relevô e Dinâmica Superficial. *In*: OLIVEIRA, A. M. S.; MONTICELI, J. J. (Ed.). **Geologia de Engenharia e Ambiental**. São Paulo: ABGE, 2018. v. 2, p. 203-228.
- GUNZBURGER, Y. *et al.* Influence of daily surface temperature fluctuations on rock slope stability: case study of the Rochers de Valabres slope (France). **International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences**, v. 42, p. 331-349, 2005.
- HIGHLAND, L. M.; BOBROWSKY, P. **The landslide handbook**: guide to understanding landslides: Reston, Virginia, U.S.G.S., 2008. 129p. (Circular 1325).
- OLIVEIRA, M. A. de; ANDRETTA, E. R.; OLIVEIRA FILHO, I. B. de; MARMOS, J. L.; SOUSA, A. G. H. de. Avaliação geotécnica nos atrativos geoturísticos de Presidente Figueiredo, AM. 2022.
- PEDRAZZI, A. C.; CUNHA, F. L. B.; DIAS, R. (Org.). **Avaliação Geotécnica da Região dos Cânions do Xingó**. [Brasília]: CPRM, 2022. 96 p. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/22706>. Acesso em: 13 mar. 2024.
- PIMENTEL, J.; SANTOS, T.D.; PEIXOTO, D.D.; SILVA, D.R.; LANA, J. C.; MENEZES, I. P.; SILVA, L. F. M.; LOPES, N. D.; PFALTZGRAFF, P. A. S.; ARAÚJO, R. S.; RIBEIRO, R. S. **Manual de mapeamento de perigo e risco a movimentos gravitacionais de massa**. Rio de Janeiro: CPRM, 2018. 200p.
- RIBEIRO, R. S. **Simulação do processo de queda de blocos em encostas com aplicação da mecânica do contato e do método dos elementos discretos**. 2013. 265f. Tese (Doutorado em Geologia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/1168>. Acesso em: 20 ago. 2025.
- ROCHA, A. J. D.; COSTA, I. V. G. **Projeto Mapas Municipais, Morro do Chapéu (BA)**: informações para o planejamento e administração do meio físico. Salvador: CPRM, 1995. 3v. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/4870>. Acesso em: 22 maio 2025.
- ROCHA, A.; PEDREIRA, A. J. **Geoparque Morro do Chapéu**, Bahia: proposta. CBPM: Salvador: CBPM, 2013. 64 p. (Publicações Especiais, 14).
- SILVA, L. F. M.; KUHLMANN, L. G.; RIBEIRO, L. M. A. L.; Avaliação geotécnica nos atrativos turísticos no Parque Nacional da Serra da Canastra: São Roque de Minas e Delfinópolis, MG. Serviço Geológico do Brasil, 2022.
- YILMAS, I. *et al.* A method for mapping the spatial distribution of RockFall computer program analyses results using ArcGIS software. **Bulletin of Engineering Geology and the Environment**, v.67, p. 547-554, 2008.

O SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - SGB E OS OBJETIVOS PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL - ODS

Em setembro de 2015 líderes mundiais reuniram-se na sede da ONU, em Nova York, e formularam um conjunto de objetivos e metas universais com intuito de garantir o desenvolvimento sustentável nas dimensões econômica, social e ambiental. Esta ação resultou na *Agenda 2030*, a qual contém um conjunto de *17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável - ODS*.

A Agenda 2030 é um plano de ação para as pessoas, para o planeta e para a prosperidade. Busca fortalecer a paz universal, e considera que a erradicação da pobreza em todas as suas formas e dimensões é o maior desafio global, e um requisito indispensável para o desenvolvimento sustentável.

Os 17 ODS incluem uma ambiciosa lista 169 metas para todos os países e todas as partes interessadas, atuando em parceria colaborativa, a serem cumpridas até 2030.



O **Serviço Geológico do Brasil – SGB** atua em diversas áreas intrínsecas às Geociências, que podem ser agrupadas em quatro grandes linhas de atuação:

- Geologia
- Recursos Minerais;
- Hidrologia; e
- Gestão Territorial.

Todas as áreas de atuação do SGB, sejam nas áreas das Geociências ou nos serviços compartilhados, ou ainda em seus programas internos, devem ter conexão com os ODS, evidenciando o comprometimento de nossa instituição com a sustentabilidade, com a humanidade e com o futuro do planeta.

A tabela a seguir relaciona as áreas de atuação do SGB com os ODS.

Áreas de atuação do Serviço Geológico do Brasil – SGB e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável – ODS

ÁREA DE ATUAÇÃO GEOCIÊNCIAS

LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS



LEVANTAMENTOS AEROGEOFÍSICOS



AValiação DOS RECURSOS MINERAIS DO BRASIL



LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS MARINHOS



LEVANTAMENTOS GEOQUÍMICOS



LEVANTAMENTOS BÁSICOS DE RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS



ÁREA DE ATUAÇÃO PROGRAMAS INTERNOS

SUSTENTABILIDADE



PRÓ-EQUIDADE



COMITÊ DE ÉTICA



ÁREA DE ATUAÇÃO SERVIÇOS COMPARTILHADOS

PATRIMÔNIO GEOLÓGICO E GEOPARQUES



ZONEAMENTO ECOLÓGICO-ECONÔMICO



GEOLOGIA MÉDICA



RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS PELA MINERAÇÃO



GEOPROCESSAMENTO E SENSORIAMENTO REMOTO



TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO



LABORATÓRIO DE ANÁLISE MINERAIS



MUSEU DE CIÊNCIAS DA TERRA



PALEONTOLOGIA



PARCERIAS NACIONAIS E INTERNACIONAIS



REDE DE BIBLIOTECAS



REDE DE LITOTECAS



GOVERNANÇA



