

MAPEAMENTO DE RISCOS GEOLÓGICOS NO PARQUE ESTADUAL DA PEDRA AZUL

REINALDO B. RIBEIRO FILHO¹, ÉDER C. MOREIRA², HENRIQUE ARAÚJO DE SOUZA³, FELIPE DE SOUZA PIZETTA⁴, MYLLENA M. GONÇALVES⁵,

¹Assessor de Engenharia, CREA-ES, reinaldобрfilho@gmail.com.

²Dr. Prof. Adjunto, Pós-Doc Eng. Civil, UFES, edercmoreira67@gmail.com;

³Graduando em Geologia, UFES, Alegre-ES, henriqueas.geo@gmail.com;

⁴Graduando em Geologia, UFES, Alegre-ES, felipedesouzapizetta@gmail.com;

⁵Graduanda em Geologia, UFES, Alegre-ES, myllena.goncalves@edu.ufes.br;

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC
07 a 10 de outubro de 2024

RESUMO: O mapeamento de riscos desempenha um papel crucial na identificação de áreas vulneráveis e na implementação de medidas de prevenção, mitigação e resposta a desastres, considerando fatores como geologia local, clima, eventos passados e conscientização da população. A tragédia no Lago de Furnas destaca a importância do mapeamento de riscos em todas as regiões, independentemente da localização geográfica, para reduzir o impacto de desastres naturais. O estudo de riscos geológicos no Parque Estadual da Pedra Azul busca determinar áreas de risco, avaliar trilhas, propor medidas de manutenção e estabelecer um plano de monitoramento anual. O parque, com sua beleza natural e conjunto rochoso único, é uma área preservada que oferece trilhas autoguiadas para os visitantes explorarem. O trabalho de campo envolveu uma equipe multidisciplinar que explorou as trilhas do parque usando técnicas como coleta de amostras, uso de Aeronaves Remotamente Pilotadas (ARP) para mapeamento tridimensional e avaliação da resistência das rochas. A análise resultou na classificação do maciço rochoso em diferentes níveis de risco geológico, com destaque para a feição do Lagarto, que apresenta áreas de risco potencialmente altas. O estudo identificou a predominância de granitoides na área, com diferentes tipos litológicos e sistemas de fraturas. A Pedra Azul é uma formação rochosa única, protegida como área preservada, com cores variadas devido a fenômenos ópticos, influência da composição rochosa e ação dos líquens. O texto ressalta a importância do monitoramento contínuo dos riscos geológicos na região e a necessidade de medidas de prevenção e manutenção para garantir a segurança dos visitantes e a preservação do ambiente natural.

PALAVRAS-CHAVE: Risco Geológico, Áreas turísticas, Geoturismo.

TECHNICAL INSPECTION OF THE AROABA QUARRY - SERRA (ES)

ABSTRACT: Risk mapping plays a crucial role in identifying vulnerable areas and implementing prevention, mitigation, and disaster response measures, considering factors such as local geology, climate, past events, and population awareness. The tragedy at Furnas Lake highlights the importance of risk mapping in all regions, regardless of geographic location, to reduce the impact of natural disasters. The study of geological risks in the Pedra Azul State Park aims to determine high-risk areas, evaluate trails, propose maintenance measures, and establish an annual monitoring plan. The park, with its natural beauty and unique rock formations, is a preserved area that offers self-guided trails for visitors to explore. The fieldwork involved a multidisciplinary team exploring the park's trails using techniques such as sample collection, drones for three-dimensional mapping, and rock strength assessment. The analysis resulted in the classification of the rock mass into distinct levels of geological risk, with a focus on the Lizard feature, which exhibits potentially high-risk areas. The study identified the prevalence of granitoids in the area, with different lithological types and fracture systems. Pedra Azul is a unique rock formation protected as a preserved area, displaying varied colors due to optical phenomena and the influence of rock composition. The text emphasizes the importance of continuous monitoring of geological risks in the region and the need for prevention and maintenance measures to ensure visitor safety and the preservation of the natural environment.

KEYWORDS: Geological Risk, Tourist Areas, Geotourism.

INTRODUÇÃO

O mapeamento de riscos desempenha um papel fundamental na identificação de áreas vulneráveis e na implementação de medidas de prevenção, mitigação e resposta a desastres. Isso inclui a avaliação da geologia local, condições climáticas, histórico de eventos passados e a conscientização da população sobre os riscos envolvidos. Além disso, permite o desenvolvimento de estratégias de evacuação e ações emergenciais mais eficazes (OLIVEIRA FILHO; MODESTO, 2023).

Portanto, a tragédia no Lago de Furnas serve como um lembrete doloroso de que o mapeamento de riscos não deve ser negligenciado e deve ser uma prioridade em todas as regiões, independentemente de sua localização geográfica. Somente através de ações proativas e investimentos em prevenção e preparação pode-se reduzir o impacto devastador de desastres naturais e proteger a vida e o patrimônio das comunidades em todo o país. Este trabalho se justifica na medida em que busca contribuir com dados e informações geológicas e geotécnicas para auxiliar na proposição de medidas que melhorem as condições de segurança e sustentabilidade das atividades turísticas desenvolvidas na área. Trata-se da análise de riscos geológicos no Parque Estadual da Pedra Azul (PEPAZ) com o objetivo de determinar eventuais áreas de risco. Além disso, busca-se avaliar as trilhas instaladas no parque e apresentar os pontos de risco, possíveis manutenções na área e propor um plano de monitoramento anual para a região.

Os levantamentos de campo foram realizados por profissionais, com o acompanhamento dos funcionários do IEMA do PEPAZ.

Localizado no endereço Rota do Lagarto, s/n, Km 03, no Distrito de Pedra Azul, Domingos Martins-ES, CEP: 29278-000, o Parque Estadual da Pedra Azul é um verdadeiro tesouro natural. Este espaço de preservação ambiental funciona de terça-feira a domingo e apresenta algumas regras que visam manter a integridade deste ambiente excepcional. Com entrada gratuita, o parque recebe diariamente um limite de 150 visitantes e permite o acesso às trilhas somente até as 14 horas (IEMA, 2023). O parque oferece aos visitantes a oportunidade de explorar suas belezas por meio de um circuito de trilhas autoguiadas (Figura 1), sinalizadas para facilitar a orientação, que revelam atrativos como mirantes, piscinas naturais, formações rochosas, vegetação exuberante e animais silvestres. Os visitantes têm a liberdade de optar por realizar o circuito completo, que percorre aproximadamente 3,5 km e proporciona acesso a todos os mirantes e piscinas naturais, ou o circuito parcial, que abrange cerca de 1 km em trilha circular e leva à base da Pedra Azul e aos mirantes do Lagarto e do Forno Grande, com duração estimada de 40 a 60 minutos (IEMA, 2023).

As piscinas naturais, que são verdadeiras maravilhas esculpidas pela ação da água na rocha, são acessadas após uma íngreme subida de cerca de 90 metros, com o auxílio de um corrimão de corda, e o retorno se dá por outra trilha equipada com degraus de madeira fixos na rocha (IEMA, 2023).

A Pedra Azul, que se ergue a 1.822 metros de altitude, em conjunto com a Pedra das Flores, a 1.909 metros de altitude, e a Pedra do Lagarto, formam um conjunto rochoso granítico de rara beleza. Este conjunto, além de ser um ícone do estado, é um tesouro geológico brasileiro e integra o Parque Estadual da Pedra Azul. O nome "Pedra Azul" se origina dos líquens que conferem tons azulados à rocha quando vista ao longe. Contudo, a incidência solar e a estação do ano podem revelar cores variadas, que vão desde o laranja ao rosa (IEMA, 2023).

Este local, que abriga o conjunto rochoso de Pedra Azul, teve seu destino preservado devido à sua rica biodiversidade e beleza cênica. Em face da ameaça de exploração para a construção da BR-262, em 1960, foi declarada uma Reserva Florestal de Pedra Azul por meio do decreto nº 312, datado de 31 de outubro de 1960. Em 1991, ganhou a designação de Parque Estadual da Pedra Azul, tornando-se assim uma área protegida e um símbolo de preservação da natureza (IEMA, 2023).

Figura 1 - A) Parte da sede da PEPAZ em reforma; b) Atual sede para os visitantes; C e D) Placas de orientações aos visitantes; E) Entrada da trilha do Cedro Sentado; F) Trilha guiada por funcionários do parque; e G) Modelo Tridimensional da Pedra do Lagarto.



Fonte: Os autores (2023).

MATERIAL E MÉTODOS

A abordagem metodológica para o trabalho de campo envolveu uma visita técnica de um dia, durante a qual equipes compostas por profissionais e discentes, incluindo um geólogo ou geóloga, exploraram as trilhas do parque. A equipe estava composta por um professor da UFES, três estudantes do Curso de Geologia da UFES, quatro geólogos e geólogas da Associação Capixaba de Geólogos (ACGEO), além de dois profissionais do Corpo de Bombeiros Militar do Espírito Santo (CBMES) / Coordenadoria Estadual de Proteção e Defesa Civil (CEPDEC).

Baseados nas informações disponíveis no sítio digital, que apontavam a predominância de um maciço granítico, o objetivo era discernir entre as diversas rochas graníticas e intrusões, uma diferenciação que poderia revelar a história evolutiva do maciço. Isso, por sua vez, seria valioso para orientar a amostragem de campo. As amostras de mão foram coletadas usando martelos geológicos, e todos os pontos de coleta foram registrados com coordenadas de dados do GPS. Dados estruturais foram documentados utilizando bússolas e anotações minuciosas foram registradas em cadernetas de campo. A aplicação de Aeronaves Remotamente Pilotadas (modelos Mavic 3 e Mini 3 Pro), permitiu a obtenção de dados para o mapeamento aerofotogramétrico da feição da Pedra Azul, com destaque para o Lagarto.

Após a conclusão do trabalho de campo, parte da equipe se reuniu no Laboratório de Geologia de Engenharia da UFES/Alegre para análise e discussão do material coletado. Posteriormente, este Relatório de Trabalho de Campo foi elaborado, incluindo conclusões com a geologia da área e, se necessário, recomendações para a manutenção do maciço rochoso.

- Coleta de Espécimes/Espécies: foram coletadas amostras de rochas, em número muito pequeno (oito amostras), para análise em laboratório de geologia de engenharia para verificar sua composição mineralógica.
- Periodicidade das Campanhas: Após a realização desse trabalho foi identificada a necessidade de um acompanhamento anual para o monitoramento de riscos geológicos na área.

Foi desenvolvido um método de avaliação do maciço rochoso que incluiu o cálculo do RQD (Rock Quality Designation) como passo inicial, o qual posteriormente levou ao cálculo do RMR (Rock Mass

Rating). Nota-se que o tonalito demonstrou uma resistência à compressão estimada entre 210 e 320 MPa, enquanto, de maneira geral, os granitóides apresentam valores de resistência dentro da faixa de 100 a 250 MPa, no mínimo.

Prosseguindo com o processo, o cálculo do RMR foi efetuado, com a avaliação das descontinuidades baseada nos parâmetros. Em seguida, os pontos obtidos foram somados para determinar o valor do RMR e, conseqüentemente, a classificação do maciço rochoso. Uma vez obtida a classificação, tornou-se possível prever o comportamento do maciço rochoso, como detalhado. Finalmente, os valores de classificação dos maciços rochosos foram traduzidos em termos de riscos geológicos, conforme apresentado pelo Coordenador do projeto, Dr. Éder Carlos Moreira:

- Classe 1: baixo risco geológico, equivalente a R1;
- Classe 2 e 3: médio risco geológico, equivalente a R2;
- Classe 4: alto risco geológico, equivalente a R3; e
- Classe 5: muito alto risco geológico, equivalente a R4.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na área de estudo, os tipos litológicos predominantes são os granitóides, com destaque para o tonalito, em conformidade com a literatura (WIEDEMANN-LEONARDOS et al., 2000, apud REIS, 2019). O Complexo Intrusivo da Pedra Azul (CIPA) se configura como uma intrusão magmática com formato irregular, lembrando outras formações do tipo G5, as quais se assemelham a um "pão de açúcar" (WIEDEMANN, 1989).

Nas áreas periféricas e nos picos mais elevados, o monzogranito prevalece, enquanto no centro do pluton, encontram-se porções de composição tonalítica e granodiorítica (REIS et al., 2019). Observou-se um sistema de fraturas predominantes nas direções NW-SE e NE-SW. A Pedra Azul exibe diferentes graus de erosão e intrusão, resultando em uma vasta área de afloramentos rochosos, fruto de processos de mistura e assimilação magmática, se comparada com outros Complexos Intrusivos contemporâneos (CAMPOS et al., 2004, apud REIS et al., 2019).

As cores características da montanha são o reflexo de fenômenos ópticos, relacionados à difração e reflexão da luz, influenciados pela composição rochosa e pela presença de fitoplâncton nas rochas. Em relação ao solo, a área se destaca pelo neossolo litólico, caracterizado por sua baixa espessura, com horizontes geralmente não ultrapassando 50 cm, consequência de seu escasso desenvolvimento pedogenético, o que condiz com o terreno íngreme da região.

Utilizando o modelo tridimensional do maciço, produto da aerofotogrametria com drones, foi possível identificar 72 planos de fraturamentos no Lagarto, evidenciando o risco de rolamento de blocos. Existem evidências de esfoliação esferoidal na base e ao redor do Lagarto, especialmente na cabeça, onde a fragmentação de blocos é mais evidente. Os blocos que rolam apresentam tamanhos variados.

Os parâmetros calculados em campo resultaram nos seguintes valores: RQD = 99%, calculado na base do Lagarto; RMR = 78, classificando o maciço rochoso como "Bom," indicando uma área com risco geológico de médio grau.

No entanto, é crucial salientar que a feição Lagarto está fisicamente ligada à Pedra Azul, tornando impossível observar descontinuidades na base. Além disso, nas laterais do Lagarto, também não foram identificadas descontinuidades (como fissuras, fraturas, falhas ou diferenciações magmáticas). Porém, na cabeça do Lagarto, é evidente a presença de um conjunto de blocos prestes a se desprender, o que pode elevar essa área a um nível de alto risco geológico.

Embora a avaliação da base do Lagarto tenha inicialmente classificado o risco geológico como médio, a identificação de fissuras e fraturas na cabeça do Lagarto, assim como a individualização de blocos, indicam a possibilidade iminente de quedas. Portanto, sugere-se elevar a avaliação de risco para "alto risco geológico" nessa região, especialmente devido ao histórico de desprendimento de blocos, ao material movimentado recente, que foi identificado na base e à formação de depósitos de tálus. A instalação de uma tela de proteção (barreira dinâmica), é uma alternativa a ser considerada.

CONCLUSÃO

Para uma análise mais detalhada do Lagarto, a utilização de um drone equipado com sensores termais e gravimétricos podem revelar a presença de superfícies de ruptura interna. A esfoliação esferoidal também deve ser seriamente considerada nos estudos de risco geológico.

A variação de temperatura ao longo do dia e o fenômeno de "estalos" durante períodos secos podem indicar a propagação de fraturas, aumentando o risco de queda de blocos. Além disso, dias chuvosos contribuem para a penetração de água nas fraturas e descontinuidades por esfoliação esferoidal, levando à desagregação de superfícies e à queda de partículas.

Na trilha que leva às piscinas, observou-se a formação de um grande lajedo com potencial movimentação, destacando essa área como de "alto risco geológico". Recomenda-se a instalação de uma rede de proteção (barreira dinâmica), e atenção especial ao depósito de tálus, evidenciando quedas de blocos no local.

A erosão interna e a esfoliação esferoidal no caminho de acesso por corda também requerem consideração devido ao aumento esperado em extensão e profundidade, mesmo que o granito da região tenha alta resistência, em torno de 140 kPa.

Em resumo, as trilhas analisadas apresentam riscos geológicos variando de alto a médio. A Trilha do Lagarto é classificada como de alto risco geológico devido a evidências de quedas de blocos e lascas, principalmente na cabeça do Lagarto. A trilha de acesso às piscinas também revela a presença de um depósito de tálus, indicando a formação de um grande lajedo com risco potencial. Nessas áreas, considera-se a instalação das telas de proteção (barreiras dinâmicas), assim como, a possibilidade de realocação das trilhas. Na área das piscinas, alguns blocos soltos na parte superior apontam para uma possível movimentação, sugerindo a necessidade de ações corretivas. O fechamento temporário das trilhas em situações de altas variações de temperatura e intensa pluviometria é aconselhável.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Presidente do CREA-ES Jorge Silva por todo apoio na realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

IEMA. Disponível em: <<https://iema.es.gov.br/PEPAZ>> Acesso em 09/07/2023.

OLIVEIRA FILHO, Ivan Bispo de; MODESTO, Filipe de Brito Fratte. Avaliações geotécnicas em atrativos geoturísticos: Morro do Careca e adjacências, RN. Natal, Rio Grande do Norte, 2023. SGB-CPRM. REIS, Grazielle Arantes et al., **Geoturismo e roteiro geológico para o Parque Estadual Pedra Azul – ES.**

WIEDEMANN C. M. **Estado atual do conhecimento sobre a evolução do Cinturão Móvel Brasileiro no Estado do Espírito Santo.** In: SBG, Simp. Geol. Sudeste, 1, p. 95-96. Boletim de Resumos, 1989.

WIEDEMANN-LEONARDOS, C. M., LUDKA, I. P., MEDEIROS, S.R., MENDES, J. C.; MOURA, J. C. **Arquitetura de plútons zonados da Faixa Araçuaí-Ribeira.** Geonomos, v(8): (25-38), Belo Horizonte: UFMG, 2000.