

ESTUDO DE TÉCNICAS GEOFÍSICAS PARA AUXILIAR NA ANÁLISE DE AMBIENTES CÁRSTICOS: RECONHECIMENTO DE RISCOS

Samara Lorena Almeida de Souza ¹
Claudemir Florisvaldo de Jesus Filho ²
José Diógenes Pereira Torres ³
Balduino Dias Neto ⁴

INTRODUÇÃO

No Brasil, as rochas carbonáticas ocupam aproximadamente 5-7% do território nacional (KARMANN, 1994). De forma geral, os grupos Bambuí e Una, do neoproterozóico, possuem a maior área de rochas carbonáticas, sendo a formação Una um dos principais locais de ambientes cársticos na região semi-árida do Brasil, localizado no centro do cráton do São Francisco, nas bacias de Utinga e Irecê, na Chapada Diamantina.

A ocorrência de feições cársticas está ligada a um conjunto de reações químicas que ocorrem em rochas carbonáticas, processo resultante da percolação de água em regiões onde existem tais rochas gerando espaços vazios subterrâneos (INFANTE, 2019). Uma das principais características dos ambientes cársticos são as feições topográficas, como dolinas (depressões circulares), cavernas, rios subterrâneos, sumidouros, entre outras.

Nas cidades, onde a ocupação humana é intensa, a presença de cavidades subterrâneas podem apresentar desafios e riscos nas áreas urbanas, causando instabilidades de terreno, desabamentos e subsidências, afetando infraestruturas e comunidades. Além disso, a contaminação de aquíferos cársticos é uma preocupação constante, pois a água pode se deslocar rapidamente pelos vazios subterrâneos, facilitando a propagação de poluentes.

Devido à natureza complexa dessas formações, a aplicação de técnicas geofísicas se torna essencial para a identificação e mapeamento de cavidades subterrâneas, fraturas e outras características geológicas presentes nos ambientes cársticos, uma vez que seria impossível a visualização direta do subsolo.

¹ Discente do Curso Técnico em Mineração do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia - IFBA, alorena126@gmail.com;

² Discente do Curso Técnico em Mineração do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia - IFBA, claudemirfilho924@gmail.com;

³ Mestre em Geologia pela Universidade Federal da Bahia - UFBA, jose.torres@ifba.edu.br;

⁴ Especialista em Gestão de Recursos Hídricos pela Universidade Federal da Bahia - UFBA, baldoindias@ifba.edu.br.

Dentre as técnicas geofísicas utilizadas, destaca-se o método de resistividade elétrica (eletrorresistividade) que baseia-se na aplicação de uma corrente elétrica que se propaga no solo e é coletada por eletrodos específicos no cálculo resultante da diferença de potencial. Através dessas medidas, é possível determinar a resistividade elétrica do subsolo em diferentes profundidades. A eletrorresistividade varia de acordo com o tipo de material presente na subsuperfície e das rochas atravessadas pela corrente primária (TELFORD ET AL., 1990). Por exemplo, rochas e solo compacto, como rochas ígneas e granitos, tendem a ter resistividade mais alta, enquanto materiais como água e argila têm resistividade mais baixa.

Isto posto, têm-se como objetivo deste trabalho evidenciar o recurso da geofísica como ferramenta de análise e reconhecimentos de riscos em regiões cársticas, tendo em vista os acidentes causados nesses ambientes em áreas urbanas, considerando os fatores geradores de riscos como a susceptibilidade natural e os aspectos relacionados às formas de usos e ocupação urbana onde os impactos da atividade antrópica no carste podem ser diretos ou indiretos (WILLIAMS, 1993). Em suma, o uso da geofísica é essencial para a identificação e mitigação desses riscos e desempenha um papel fundamental na prevenção de acidentes e na promoção da segurança e sustentabilidade em ambientes cársticos.

METODOLOGIA

O instrumento de coleta de dados do presente trabalho foi realizado por meio de pesquisas e revisões bibliográficas, baseando-se na CARTA GEOTÉCNICA DE APTIDÃO À URBANIZAÇÃO EM AMBIENTE CÁRSTICO - LAPÃO - BA (FILHO, 2015), dentre outros trabalhos desenvolvidos na região. Ademais, foram feitos estudos dos mapas de resistividade elétrica (eletrorresistividade) e métodos gravimétricos encontrados no arquivo supracitado.

Realizou-se uma pesquisa na base de dados da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil (SEDEC), sendo selecionados e utilizados elementos acerca da criação de sistema de informações e monitoramento de desastres, abrangendo a identificação e análise de riscos, podendo assim ser desenvolvidos comparativos de técnicas geofísicas que auxiliem e se adequem na análise de ambientes cársticos e sua susceptibilidade a riscos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da análise das informações supracitadas, conclui-se que a geofísica desempenha um papel fundamental na análise de ambientes cársticos e no estudo de risco associado a eles.

Os ambientes cársticos são caracterizados por apresentarem feições geológicas e hidrológicas específicas, no entanto, muitas dessas formações são subterrâneas, não aflorantes, o que torna os métodos geofísicos imprescindíveis para mapeá-las e compreendê-las. Dessa forma, tais técnicas são essenciais para a análise de ambientes cársticos e estudos dos riscos, porque permitem obter informações de forma não invasiva e de grande abrangência, o que é fundamental para o entendimento da dinâmica e propriedades geotécnicas dessas regiões.

Outra característica a ser destacada é a relativa rapidez com que são executados os ensaios de campo, garantindo cobertura abrangente de grandes áreas resultando uma excelente relação custo-benefício (GANDOLFO E SOUZA, 2012).

Em adição, outra vantagem dos métodos geofísicos é a amplitude da cobertura dos levantamentos, o que dá maior representatividade de dados. Perfis ou linhas geofísicas cobrem grandes áreas e geram informações que ampliam conhecimento da área do projeto, tendo como consequência a minimização dos riscos inerentes e das ambiguidades dos modelos interpretativos gerados (GANDOLFO E SOUZA, 2012).

Além disso, os métodos geofísicos também fornecem informações sobre as características hidrogeológicas, como a localização de aquíferos, fluxo da água subterrânea percolante em cavidades conexas oriundas do escoamento de base. Essas informações são cruciais para o gerenciamento dos recursos hídricos em áreas cársticas, auxiliam na prevenção e mitigação de riscos relacionados ao movimento da água, contaminação de aquíferos e surgências não previstas.

Para que a expansão urbana ocorra de maneira ordenada e segura é necessário que se tenha o conhecimento das características do meio físico a ser ocupado (OLIVEIRA FILHO, 2015). Sendo possível por meio da técnica geofísica incluindo a tomografia de resistividade elétrica (TRE), que permite a identificação de camadas de solo ou rocha com diferentes propriedades elétricas. Essa informação é fundamental para localizar áreas onde a infiltração de água poderia gerar expansão de cavidades subterrâneas e consequentemente aumentar o risco de desabamentos. Utilizando técnicas de levantamento por sísmica de reflexão e levantamento gravimétrico revelam-se presenças de anomalias magnéticas em determinadas áreas cársticas. Essas anomalias podem estar associadas à presença de minerais magnéticos, que podem indicar a formação de cavidades subterrâneas, representando um possível risco de colapsos.

Tais técnicas permitem fazer levantamentos e obter informações sobre a estrutura, geológica, distribuição de rochas solúveis, porosidade e permeabilidade do meio, e, presença

de cavidades subterrâneas que não eram visíveis na superfície, indicando potenciais riscos de colapso ou desmoronamento.

Um exemplo disso foi o município de Lapão, inteiramente inserido nos terrenos carbonáticos da Formação Salitre, região central do estado da Bahia, uma cidade localizada em área cárstica afetada por problemas relacionados à instabilidade de seus terrenos. Através de investigações geofísicas foi possível realizar zoneamento das áreas que possuem alta suscetibilidade a afundamentos e/ou acomodação do substrato rochoso (dolinas), sendo assim, de acordo com as informações obtidas com a coleta de dados da CARTA GEOTÉCNICA DE APTIDÃO À URBANIZAÇÃO EM AMBIENTE CÁRSTICO - LAPÃO - BA (OLIVEIRA FILHO, 2015), às ocorrências de feições cársticas, como dolinas, colapsos e sumidouros, correspondem a aproximadamente 15% da superfície de toda área estudada, na qual, têm sido mapeadas 27 feições de afundamentos, equivalendo a 2,4 km².

Dando importância à susceptibilidade natural e a antrópica acerca das práticas de uso inadequado do solo em áreas cársticas incluem a mineração de calcário, a agricultura irrigada intensiva, a construção de estradas e a urbanização desordenada. Cada um desses modos de uso do solo podem causar diferentes riscos à segurança das pessoas e dos ecossistemas locais.

Essas informações só foram possíveis por meio do auxílio de técnicas geofísicas, pois permitem uma abordagem não invasiva, abrangente e precisa das características geológicas, hidrológicas e hidrogeológicas dessas áreas, assim, possibilitaram a detecção de feições cársticas e delimitação das áreas de risco, susceptíveis a desmoronamentos, colapsos, inundações e contaminação das águas subterrâneas, podendo ocasionar danos materiais e risco de vida. Assim, são fundamentais para o entendimento, tomada de decisões no planejamento urbano, construção de infraestruturas e, na gestão adequada desses ambientes complexos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em virtude dos fatos mencionados, é perceptível que o auxílio da geofísica em ambientes cársticos é de suma importância para a compreensão dos processos geológicos geotécnicos e hidrogeológicos envolvidos, bem como para a tomada de decisões embasadas com consequente implementação de medidas de mitigação e conservação. Além disso, a geofísica contribui para a identificação dessas áreas afetadas por agentes intempéricos provocantes da dissolução das rochas cársticas, e responsáveis de forma total ou parcial pelas subsidências, colapsos, desmoronamentos e formação de dolinas. Esses eventos podem gerar ameaças à segurança das comunidades locais e aos recursos naturais, e, a geofísica permite mapear e monitorar essas áreas de forma mais eficiente e precisa. É fundamental investir em

pesquisas científicas e no uso dessas técnicas no monitoramento contínuo desses ambientes, visando à preservação de sua integridade e à segurança das comunidades que vivem próximas a eles. Portanto, as técnicas geofísicas oferecem uma abordagem não invasiva e eficiente para a identificação de potenciais riscos.

A integração de diferentes técnicas geofísicas, como a gravimetria, eletrorresistividade e magnetometria, proporcionam uma visão abrangente e mais precisa dos ambientes cársticos. Cada técnica fornece informações complementares, permitindo análise mais completa do ambiente e melhor compreensão dos riscos envolvidos.

Os resultados obtidos com as técnicas geofísicas fornecem subsídios importantes para a adoção de medidas e programas preventivos e corretivos em áreas cársticas. Com base nas informações obtidas, é possível propor ações programáticas como campanhas mais presentes de monitoramento e mapeamento geológico estrutural orientativo para medidas técnicas necessárias à proteção do ambiente natural e da comunidade, medidas de controle na regularização e gestão do uso dos recursos hídricos que podem ocasionar circulação de água de forma insustentável, e restrições de atividades humanas em determinadas áreas de risco.

É importante ainda ressaltar que, embora as técnicas geofísicas sejam valiosas para o reconhecimento de riscos em ambientes cársticos, elas não substituem outras abordagens, como estudos geológicos e hidrológicos. A combinação de diferentes métodos é essencial para uma avaliação completa e precisa dos ambientes cársticos e dos riscos associados.

Palavras-chave: Geofísica, Ambientes Cársticos, Riscos, Educação Ambiental.

REFERÊNCIAS

INFANTE, A.P.M. et al. **Aplicação do método da eletrorresistividade para estudo do fluxo subterrâneo de uma surgência cárstica no distrito de Coqueiral**, Nobres- MT. Congresso Brasileiro de Espeleologia, 35, 2019.

KARMANN, I., SANCHEZ, L. E. 1979. **Distribuição das rochas carbonáticas e províncias espeleológicas do Brasil**. Espeleo-Tema, v. 13, p. 105-167.

OLIVEIRA FILHO, Ivan Bispo de. **Carta geotécnica de aptidão à urbanização em ambiente cárstico - Lapão - BA**. 2015. 118 f. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) – Universidade Federal de Ouro Preto, 2015.



SEDEC. Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil. **Jacobina**. 2023. Disponível em: <<https://www.gov.br/mdr/pt-br/composicao/secretarias-nacionais/protecao-e-defesa-civil>>. Acesso em: 21 set. 2023.

SOUZA, L. A. P.; GANDOLFO, O. C. B.. **Métodos Geofísicos em Geotecnia e Geologia Ambiental**, p. 08-10. Disponível em: <<https://www.abge.org.br/downloads/revistas/metodos.pdf>>. Acesso em: 28 set. 2023.

TELFORD W.M., GELDART L.P., SHERIFF, R.E. & KEYS D.A. 1990. **Applied Geophysics**. 2nd edition, Cambridge, Cambridge University Press, 770 p.

WILLIAMS, P. W. (Editor) **Karst Terrains: Environmental changes and human impact**. Cremlingen-Destedt: Catena-Verlag, 1993. p. 251-268. (Catena Supplement 25).