

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (SGB-CPRM)

PROGRAMA GESTÃO DE RISCOS E DESASTRES

MAPEAMENTOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS VOLTADOS PARA A PREVENÇÃO DE DESASTRES

AVALIAÇÃO TÉCNICA PÓS-DESASTRE

Andaraí, BA

REALIZAÇÃO

DEPARTAMENTO DE GESTÃO TERRITORIAL

DIVISÃO DE GEOLOGIA APLICADA

2024

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

Ministro de Estado

Alexandre Silveira

Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral

Vitor Eduardo de Almeida Saback

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

DIRETORIA EXECUTIVA

Diretor Presidente

Inácio Melo

Diretora de Hidrologia e Gestão Territorial

Alice Silva de Castilho

Diretor de Geologia e Recursos Minerais

Francisco Valdir Silveira

Diretor de Infraestrutura Geocientífica

Paulo Afonso Romano

Diretor de Administração e Finanças

Cassiano de Souza Alves

DEPARTAMENTO DE GESTÃO TERRITORIAL

Chefe do Departamento de Gestão Territorial

Diogo Rodrigues Andrade da Silva

Chefe da Divisão de Geologia Aplicada

Tiago Antonelli

Chefe da Divisão de Gestão Territorial

Maria Adelaide Mansini Maia

EQUIPE TÉCNICA

Coordenação

Julio Cesar Lana

Execução

João Luiz Matta de Souza

Fernando Lúcio Borges Cunha

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM
DIRETORIA DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL
I PROGRAMA GESTÃO DE RISCOS E DESASTRES I

MAPEAMENTOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS
VOLTADOS PARA A PREVENÇÃO DE DESASTRES

AVALIAÇÃO TÉCNICA

PÓS-DESASTRE

Andaraí, BA

AUTORES

João Luiz Matta de Souza
Fernando Lúcio Borges Cunha



Salvador, 2024

APRESENTAÇÃO

As ações promovidas pelo Serviço Geológico do Brasil (SGB-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, dentre 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 Melo
Diretor-Presidente

Alice Silva de Castilho
Diretora de Hidrologia e Gestão Territorial

RESUMO

Este trabalho apresenta os resultados de uma avaliação técnica realizada no município de Andaraí-BA, entre os dias 21 e 22/03/2024, em decorrência de processos de dolinamento por calapso ocorridos em dezembro de 2023, na localidade conhecida como Santa Luzia das Gamelas. Outro evento de dolinamento ocorrido em dezembro de 2022 já havia motivado a atualização do mapeamento de áreas de risco geológico no município de Andaraí, o qual foi realizado em fevereiro de 2023. Na comunidade Santa Luzia das Gamelas já foram registradas outras ocorrências de dolinas. Impedir que os vazios de superfície ocorram é impossível, mas mitigar seus danos e prevenir acidentes graves é essencial. Para tanto, é desejável que sejam desenvolvidos estudos complementares, que possam indicar a presença de cavidades em subsolo.

Palavras-chave: Dolina, risco geológico; prevenção de desastres; ordenamento territorial.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	1
3. APLICABILIDADES E LIMITAÇÕES DE USO	2
4. RESULTADOS	2
5. CONCLUSÕES	5
6. REFERÊNCIAS	5

1. INTRODUÇÃO

Em atendimento à solicitação feita pela Secretaria de Turismo e Meio Ambiente de Andaraí/BA (Ofício SETURMA N° 012/2024 - Processo SEI N° 48097.0002.49/2024-03), o Serviço Geológico do Brasil (SGB) apresenta neste relatório os resultados da vistoria técnica realizada na comunidade rural de Santa Luzia das Gamelas, município de Andaraí, Bahia, entre os dias 21 e 22 de março de 2024.

O presente estudo foi motivado pela ocorrência de dolinas na região, as quais têm causado preocupação aos moradores locais, bem como à administração municipal, em função do risco de colapso das residências e demais estruturas presentes na superfície.

Cabe ressaltar que, no ano de 2023, o SGB atualizou o mapeamento de áreas de risco geológico de Andaraí/BA¹, tendo na ocasião cartografado a comunidade de Santa Luzia das Gamelas como uma área de risco muito alto ao processo de subsidência (setor BA_ANDARAI_SR_005_CPRM).

Os levantamentos de campo foram realizados pelos profissionais listados no quadro 1.

Quadro 1 - Profissionais que participaram dos levantamentos de campo.

Nome	Cargo ou função	Instituição
João Luiz Matta de Souza	Pesquisador em Geociências	Serviço Geológico do Brasil
Fernando Lúcio Borges Cunha	Pesquisador em Geociências	Serviço Geológico do Brasil
Marivaldo de Oliveira Tanan	Secretário de Infraestrutura e Urbanismo	Prefeitura Municipal de Andaraí
Antônio Miguel de Figueiredo Sobrinho	Engenheiro da Sec. de Infraestrutura e Urbanismo	Prefeitura Municipal de Andaraí
Murilo Leite Santana	Chefe de Criação da Sec. de Comunicação	Prefeitura Municipal de Andaraí

2. OBJETIVOS

Este estudo objetiva:

- Registrar e caracterizar as áreas habitadas indicadas pela Defesa Civil Municipal que foram recentemente afetadas por processos geológicos adversos, como deslizamentos, inundações, enxurradas, dentre outros;
- Subsidiar os administradores e órgãos públicos na tomada de decisões voltadas à prevenção, mitigação e resposta a desastres provocados por fenômenos geológicos;
- Contribuir com a definição de critérios para disponibilização de recursos públicos destinados ao financiamento de intervenções nas áreas afetadas por eventos geológicos adversos.

¹ Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/24072>

3. APLICABILIDADES E LIMITAÇÕES DE USO

Este trabalho pode ser utilizado para:

- Subsidiar o poder público na seleção das áreas prioritárias a serem contempladas por ações destinadas à prevenção dos desastres;
- Contribuir para a elaboração de projetos de intervenção estrutural em áreas de risco;
- Embasar a elaboração de planos de contingência;
- Auxiliar a construção de sistemas de monitoramento e alerta de desastres;
- Direcionar as ações da Defesa Civil;
- Fomentar ações de fiscalização com objetivo de inibir o avanço da ocupação nas áreas de risco mapeadas e em terrenos com condições topográficas e geológicas similares.

Este trabalho **não** deve ser aplicado para:

- Substituir a Setorização de Áreas de Risco Geológico;
- Qualquer aplicação incompatível com a escala cartográfica de elaboração (1:1.000-1:2.000);
- Substituir análises de estabilidade de taludes e encostas;
- Substituir projetos de engenharia destinados à correta seleção, dimensionamento e implantação de obras estruturais em áreas de risco;
- Avaliar a pertinência e eficácia de obras de engenharia de qualquer natureza;
- Substituir estudos censitários específicos para indicar o número e a característica socioeconômica dos habitantes das áreas de risco;
- Indicar quando ocorrerão eventos adversos nas áreas de risco;
- Determinar a energia, alcance e trajetória de movimentos de massa, enxurradas e inundações.

É importante ressaltar que os resultados expostos no presente relatório representam as condições observadas no momento da visita de campo, as quais podem se alterar ao longo do tempo. Além disso, cabe enfatizar que este estudo não constitui um mapeamento das áreas de risco geológico existentes no município, mas sim uma caracterização das áreas recentemente afetadas por dolinamentos, conforme indicações feitas pela Defesa Civil Municipal.

4. RESULTADOS

As dolinas ou *sinkholes* são depressões ou cavidades (buracos) causadas pela dissolução das rochas em subsuperfície. Tais feições podem ser geradas lentamente pela ação intempérica contínua das águas - quando são denominadas dolinas de subsidência ou dissolução - ou pelo abatimento episódico do teto de cavernas, formando as dolinas de colapso (Figura 1).

Para que ocorra uma dolina em uma determinada área, as rochas dessa região devem ser solúveis em água e possuírem alta permeabilidade, fatores que favorecem a entrada e o movimento da água pelo maciço rochoso. Em ambientes cársticos, as rochas são dissolvidas pela água ácida resultante da combinação da água da chuva com o gás carbônico (CO₂) da atmosfera ou do solo. Ao passar por frestas da rocha, a água dissolve e transporta os minerais, originando assim cavidades de dimensões variadas como, por exemplo, as cavernas.

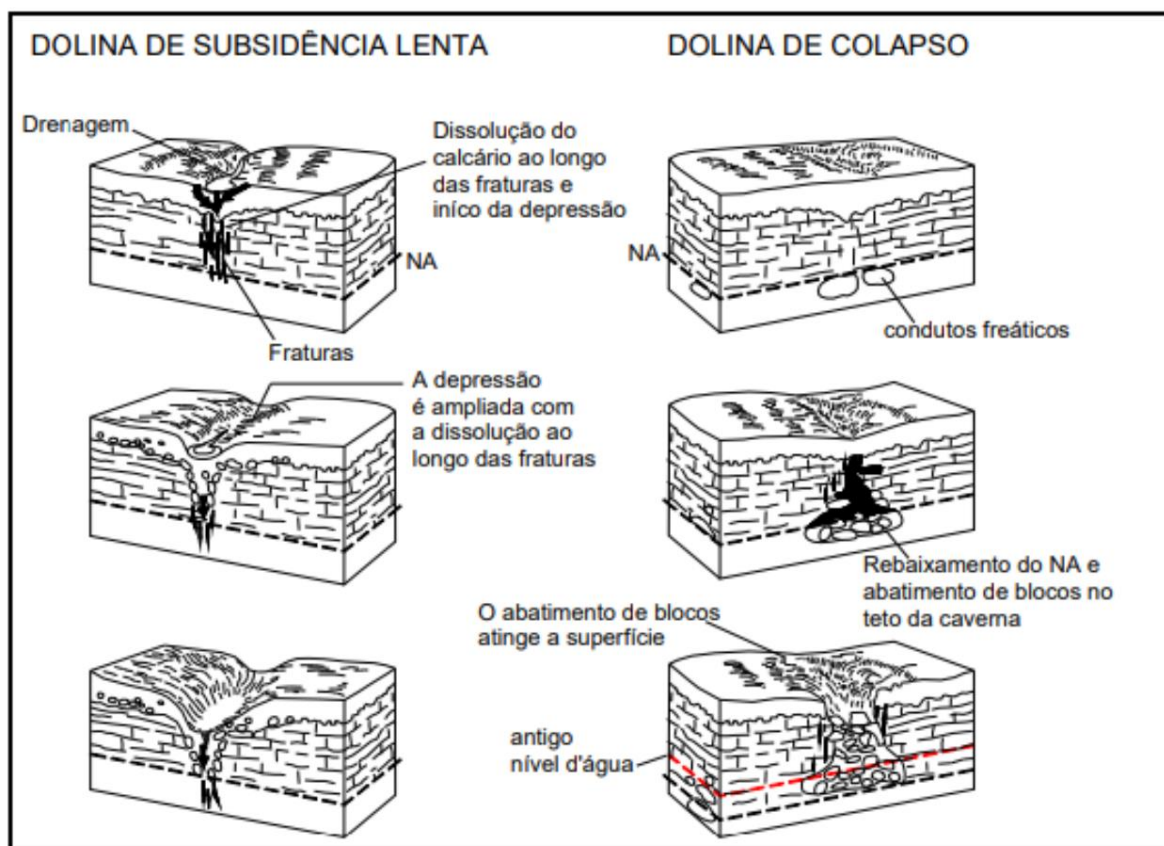


Figura 1: Esquema que representa a formação de dolinas de subsidência e dolinas de colapso (Karmann, 2000).

A região onde está assentada a comunidade Santa Luzia das Gamelas é dominada por rochas calcárias, fato que torna esta localidade altamente suscetível ao processo de dolinamento. Neste local, já foram registradas 10 ocorrências de dolinas, sendo que as duas primeiras surgiram em 2014, quando também duas áreas estavam em subsidência. Em 2022, o processo de dolinamento voltou a acontecer e outras 4 dolinas apareceram. Por fim, as duas dolinas mais recentes surgiram em 2023, estando uma delas localizada às margens da rodovia BA-142 (Figuras 2 e 3).

É de suma importância esclarecer que a busca por cavidades subterrâneas deve envolver métodos de investigação indireta, os quais geralmente empregam técnicas geofísicas, a exemplo do trabalho realizado por Oliveira *et al.* (2013) no município de Lapão/BA. Neste contexto, é altamente recomendável que avaliações de superfície, como a apresentada neste relatório e em Souza (2023) sejam sempre complementadas por estudos de subsuperfície, por meio dos quais pode se inferir a posição de cavidades e condutos que eventualmente ainda não tenham aflorado à superfície.

Embora sejam mais caros do que os levantamentos geofísicos, métodos interferométricos e de posicionamento geodésico espacial também têm logrado êxito na investigação de zonas em subsidência (e.g. TANAJURA, 2017; SGB, 2019; ALVES, 2023).

Por fim, deve ser mencionado que ações como aterramento das cavidades, conforme já realizado na região de estudo, demonstram baixa eficácia na contenção do dolinamento. Assim, dada a complexidade do fenômeno, acredita-se que a medida mais viável para prevenção de desastres seja realocar os moradores que residem nas áreas de influência do dolinamento. Para tanto, é imprescindível a realização de investigações de subsuperfície, visando obter com a máxima precisão possível a localização das cavidades e condutos.



Figura 2: Processos de dolinamento na comunidade Santa Luzia das Gamelas.

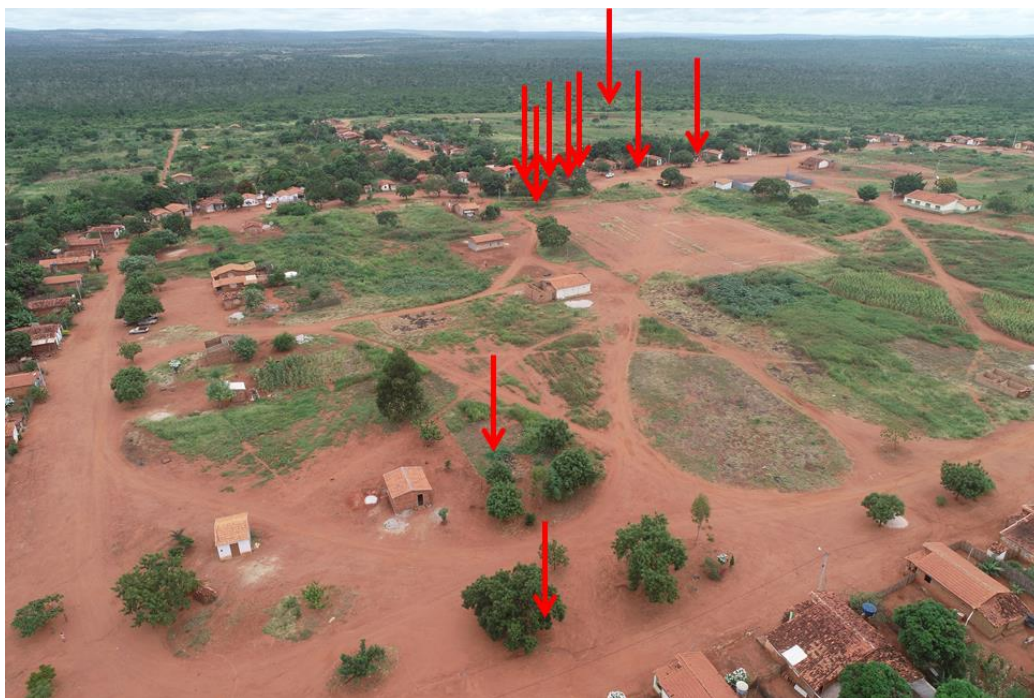


Figura 3: Locais onde já ocorreram processos de dolinamento na comunidade Santa Luzia das Gamelas.

5. CONCLUSÕES

O aparecimento de dolinas em regiões cársticas é natural e evitar que elas aconteçam por completo é impossível. Deste modo, acredita-se que a gestão territorial e as práticas de prevenção de desastres na região da comunidade Santa Luzia das Gamelas, assim como em outras áreas cársticas, devem se embasar em estudos de subsuperfície, a exemplo dos levantamentos geofísicos. Dados disponíveis na literatura mostram que o emprego destas técnicas é altamente eficaz na identificação das cavidades e condutos cársticos existentes na subsuperfície, além de serem promissores na produção de conhecimento acerca da espessura e posição das camadas que constituem o subsolo da região, bem como da presença e do nível de água subsuperficial.

Por fim, cabe ressaltar que tamponar as cavidades com solo, entulho e similares é um tratamento paleativo que pode induzir à falsa sensação de segurança. Além disso, frequentemente, as dolinas são áreas de recarga de aquíferos, de forma que o lançamento de resíduos nestas feições pode causar a contaminação das águas subsuperficiais.

6. REFERÊNCIAS

- ALVES, S. C. Análise de subsidência em áreas urbanas: um estudo envolvendo a interferometria diferencial de imagens SAR em uma abordagem multitemporal. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2023. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/xmlui/handle/1884/85404>. Acesso em: 02/05/2024.
- KARMANN, I. Ciclo das água, água subterrânea e sua ação geológica. In: Decifrando a Terra Organizadores: Wilson Teixeira et al. Editora Oficina de Texto. USP, 2000.
- OLIVEIRA, C. E. S.; BRITO, A. A. de.; OLIVEIRA, R. G. de; SANTIAGO, R. C. Levantamento Geofísico de Eletrorresistividade para Investigação do Substrato Calcário de Áreas Colapsadas e de Novas Áreas para Expansão Urbana da Cidade de Lapão-BA. Serviço Geológico do Brasil, Salvador, 2013. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/15491>. Acesso em: 02/05/2024.
- SGB - Serviço Geológico do Brasil. Estudos sobre a instabilidade do terreno nos bairros Pinheiro, Mutange e Bebedouro, Maceió (AL): volume II, relatórios técnicos. Rio de Janeiro: CPRM, 2019. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/21134>. Acesso em: 02/05/2024.
- SOUZA, J. L. M. de. Cartografia de risco geológico: Andaraí, Bahia. Salvador: SGB-CPRM, 2023. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/24072>. Acesso em: 02/05/2024.
- TANAJURA, E. L. X. Análise geoespacial dos processos de subsidência na planície deltaica do Rio São Francisco. Tese de doutoramento. Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/25597>. Acesso em: 02/05/2024.

