

# Mapeamento da geodiversidade dos geossítios de Itaetê (Brasil), inseridos em uma região potencial para a implantação de um geoparque

## *Geodiversity mapping of Itaetê geosites (Brazil), inserted in a potential region for the implementation of a geopark*

Ericka Medeiros da Silva, Departamento de Ciências Humanas e Filosofia, Universidade Estadual de Feira de Santana, Brasil, [medeirosericka05@gmail.com](mailto:medeirosericka05@gmail.com)

<https://orcid.org/0000-0002-6924-4252>

Deorgia Tayane Mendes de Souza, Departamento de Ciências Exatas, Universidade Estadual de Feira de Santana, Brasil, [deorgiasouza.geo@gmail.com](mailto:deorgiasouza.geo@gmail.com)

<https://orcid.org/0000-0001-6791-3611>

Washington de Jesus Sant'anna Franca Rocha, Departamento de Ciências Exatas, Universidade Estadual de Feira de Santana, Brasil, [wrocha@uefs.br](mailto:wrocha@uefs.br)

<https://orcid.org/0000-0002-2175-2792>

**Resumo:** Os elementos da geodiversidade são peças-chave para entender a evolução da terra e da vida. Quando inventariados e dotados de valores científico e/ou turístico e/ou educativo, e bem delimitados geograficamente, são consagrados como geossítios. Estes, quando apresentam estratégias de geoconservação, desenvolvimento sustentável e multidisciplinar da região, dialogando com as comunidades locais e boa estrutura de gestão, viabilizam a implantação de um Geoparque. Este trabalho tem o objetivo de georreferenciar e fazer a caracterização geoambiental de três geossítios do município de Itaetê - Bahia: a Caverna do Poço Encantado, a Caverna da Lapa do Bode e a Cachoeira Encantada, que em 2010 esteve em um perímetro em avaliação para o Geoparque Chapada Diamantina, pela CPRM, e também proposta por Pereira (2010). Os procedimentos metodológicos consistiram em revisões bibliográficas, trabalho de campo, uso das técnicas de Sensoriamento Remoto e Sistema de Informação Geográfica (SIG). Geraram-se mapas representativos dos elementos da geodiversidade, demonstrando que as duas cavernas estão inseridas em um planalto carbonático de paisagem cárstica, da Formação Salitre, e a Cachoeira Encantada em um contexto entre serras e degraus estruturais da Formação Tombador, ambos abrangidos por Latossolos. A área de estudo mostrou-se atraente para o desenvolvimento do geoturismo, para promover o conhecimento das geociências e para o desenvolvimento das comunidades locais, ou seja, apresentando potencial para se incorporar a um geoparque.

**Palavras-chave:** Geossítio; Geotecnologia; Mapeamento.

**Abstract:** The elements of geodiversity are keys to understanding the evolution of the earth and life. When inventoried and endowed with scientific and/or tourist and/or educational values, and geographically well delimited, they are consecrated as geosites. When they present geoconservation strategies, sustainable and multidisciplinary development of the region, dialoguing with local communities and a good management structure, enable the implementation of a geopark. This work aims to georeference and make the geoenvironmental characterization of three geosites in the municipality of Itaetê - Bahia: the Caverna do Poço Encantado, the Caverna da Lapa do Bode and the Cachoeira Encantada, which in 2010 was in a perimeter under evaluation for the Chapada Diamantina Geopark by CPRM and also proposed by Pereira (2010). The methodological procedures consisted of literature reviews, fieldwork, use of Remote Sensing and Geographic Information System (GIS) techniques. Representative maps of geodiversity elements were generated, showing that the two caves are located on a carbonate plateau with a karst landscape, of the Salitre Formation, and the Enchanted Waterfall in a context between mountain ranges and structural steps of the Tombador Formation, both

covered by Latosols. The study area proved to be attractive for geotourism, promoting knowledge of geosciences and for the development of local communities, that is, with the potential to be incorporated into a geopark.

**Keywords:** Geosite; Geotechnology; Mapping.

## Introdução

A geodiversidade é definida por Gray (2004) como a “*diversidade natural de elementos geológicos (rochas, minerais, fósseis), geomorfológicos (formas de relevo, topografia), dos solos e hidrológicos. Isso inclui seus conjuntos, estruturas, sistemas e contribuições para as paisagens*”. O estudo e conservação de seus elementos são justificados por apresentarem diversos valores associados, como elenca o referido autor, atribuindo valores intrínseco, cultural, estético, funcional, científico e didático.

O conjunto de elementos da geodiversidade quando bem delimitados geograficamente e dotados de valores singulares do ponto de vista científico e/ou educativo e/ou cultural e/ou turístico são denominados de geossítios, locais-chave para entender a evolução da Terra e da vida, que devem ser preservados pelas gerações futuras (Brilha, 2013).

A realização de inventários tem sido a etapa inicial para o plano de geoconservação, com o levantamento, avaliação e catalogação, seguida de descrição minuciosa dos locais (Pereira, 2010). Em sequência, é feita a quantificação, proteção legal, conservação, valorização/divulgação e monitoramento. Para isso, é necessário o apoio e contribuição de diversos agentes, como pesquisadores, sociedade, comunidade local, monitores ambientais, guarda-parques, órgãos públicos, ministérios, entre outros.

Com o objetivo de criar uma série global de geossítios, de limites definidos, onde se conjuga a geoconservação com o desenvolvimento econômico sustentável da região, tendo em vista a melhoria das condições de vida das populações que o habitam, gerenciados com um conceito holístico de proteção, educação e desenvolvimento sustentável, foram criados os geoparques (Brilha, 2013).

Apesar de ser um conceito recente, que surgiu no final do século XX, na Europa, em abril de 2019 já existiam 147 geoparques distribuídos por 41 países, sendo membros na América o Brasil (1), Canadá (3), Chile (1), Equador (1), Peru (1) e Uruguai (1) (CPRM, 2022).

Em 2022, a Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura (UNESCO) reconheceu no Brasil dois Geoparques Mundiais, o Geoparque Seridó (RN) e o Geoparque Caminhos dos Cânions do Sul (RS/SC). Além desses, o Brasil contava já com o Geoparque Araripe (CE), reconhecido pela Rede Global de Geoparques da UNESCO em 2006.

Para identificar, avaliar, descrever e publicar os sítios do Patrimônio Geológico (geossítios), o Brasil conta com a Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleológicos (SIGEP, 2022), em sintonia com o Patrimônio Mundial da UNESCO.

A SIGEP é representada por onze entidades, entre as quais está o Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2022), com o Projeto Geoparques, criado em 2006 para seleção de áreas passíveis a futuros geoparques no território nacional (Schobbenhaus e Silva, 2012). Entre as propostas em avaliação em 2010, estava o Geoparque Chapada Diamantina Oriental (BA), que também foi proposta por Pereira (2010), no qual estão inseridos os geossítios objeto de estudo desta pesquisa: Caverna do Poço Encantado, Caverna Lapa do Bode e Cachoeira Encantada (Pereira, 2010).

Esses geossítios encontram-se no município de Itaetê, o qual conta com uma extensão territorial de 1.331,822 km<sup>2</sup> e uma população estimada de 16.056 habitantes (IBGE, 2019). Desses geossítios, o Poço Encantado é um dos maiores atrativos turísticos da região fisiográfica da Chapada Diamantina, sendo reconhecido como patrimônio geológico pela SIGEP, e os outros dois foram inventariados por Pereira (2010).

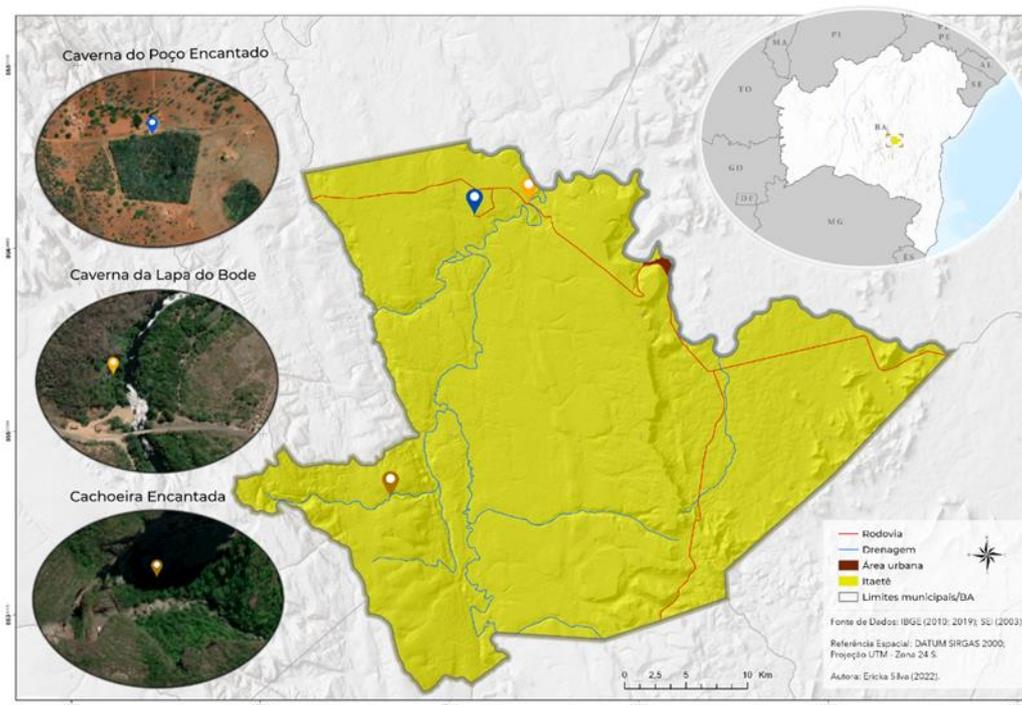
Para a análise e mapeamento da geodiversidade, as técnicas para aquisição e tratamento de dados espaciais por meio do Sensoriamento Remoto, Sistema de Informações Geográficas (SIG) e outras geotecnologias têm sido fundamentais, permitindo a obtenção e manipulação de informações de forma remota.

Este trabalho tem em vista o georreferenciamento e caracterização de elementos da geodiversidade, referentes a geologia, geomorfologia e pedologia dos geossítios inseridos no município de Itaetê, e, com isso, contribuir para o Inventário do Patrimônio Geológico do Brasil.

## **1. Área de estudo**

Os Geossítios Caverna do Poço Encantado e Caverna da Lapa do Bode estão inseridos a norte do município de Itaetê, e a Cachoeira Encantada a Oeste, na porção centro-sul do estado da Bahia. O município compreende, cartograficamente, as folhas topográficas de Itaetê (SD.24-V-A-III), Lençóis (SD.24-V-A-V), Mucugê (SD.24-V-CII) e Iramaia (SD.24-V-C-III), apresentando limites com os municípios de Andaraí, Nova Redenção, Iramaia, Marcionílio de Souza, Boa Vista do Tupim e Ibicoara (Figura 1).

O acesso ao local por via terrestre pode ser feito pela rodovia BR-324, a partir de Salvador até Feira de Santana, e de Feira de Santana seguindo a BR 116 até o entroncamento com a BA-046, em direção à laçu, seguindo pela BA-245 a BA-131, que leva ao centro urbano do município.



**Figura 1:** Mapa de localização dos geossítios inseridos em Itaetê, Bahia (BA).

## 2. Procedimentos metodológicos

O mapeamento de elementos da geodiversidade da área de estudo contemplou uma etapa inicial de levantamentos bibliográficos, seguidos do georreferenciamento dos geossítios, buscas de dados cartográficos, elaboração e interpretação dos mapas temáticos. O georreferenciamento da Caverna do Poço Encantado e da Caverna da Lapa do Bode foi realizado em campo, utilizando o recetor GPS Portátil *Garmim Gpsmap 64s*, no sistema de coordenadas Universal Transversa de Mercator (UTM), e a Cachoeira Encantada foi georreferenciada através do *Google Earth*, por inviabilidade pessoal dos autores em fazer a trilha de acesso à cachoeira.

A representação da diversidade geológica, geomorfológica e pedológica foi extraída na base de dados da Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia (SEI), em escala 1:1.000.000. Para o levantamento de informações topográficas e de declividade, utilizou-se um Modelo Digital de Elevação (MDE), oriundo da mosaicagem de três imagens de radar do satélite ALOS (*Advanced Land Observing Satellite*) sensor PALSAR, com resolução espacial de 12,5 metros, duas delas datadas de 17/10/2011 e outra de 31/10/2011 que cobre uma pequena porção leste do município, adquiridas gratuitamente no sistema *Alaska Satellite Facility*, operado e distribuído pelo Earth Data/National Aeronautics and Space Administration (NASA, acrônimos em inglês).

Os procedimentos de pré-processamento e processamento dos dados foram realizados recorrendo às técnicas disponibilizadas pelos Sistemas de Informação Geográfica (SIG), com emprego do software *ArcGIS Pro*. As imagens MDE foram

mosaicadas com o uso da ferramenta *Mosaic*, submetidas a uma correção de datum, de WGS-84 para SIRGAS 2000, e projetadas para o sistema de coordenadas UTM por meio da ferramenta *Project to raster*, a qual também foi aplicada aos dados vetoriais relativos à geologia, geomorfologia e pedologia.

As curvas de nível, extraídas do MDE a partir da ferramenta *Contour*, foram definidas com equidistância vertical de 13 metros, tendo em vista que precisa respeitar a resolução espacial do MDE. Para suavizar suas feições, usou-se a ferramenta *Smooth Line* e, em seguida, foram definidas as curvas de nível primárias e secundárias a partir da propriedade *Definition Query* existente no software.

Conforme recomenda Domingues (1979), a equidistância para escalas 1:25.000 é de 10m, com curvas de nível primárias em intervalos de 50m. Considerando que a equidistância definida neste trabalho é de 13m, foram proporcionalmente estabelecidas curvas mestras em intervalos de 65m.

Para extrair a declividade do MDE, usou-se a ferramenta *Slope*, a qual determinou as classes de inclinação em porcentagem. As classes foram reclassificadas em intervalos definidos pela Empresa Brasileira de Agropecuária - EMBRAPA (2006), em 0 – 3%, 3 - 8%, 8 - 20%, 20 – 45%, 45 – 75% e >75%, caracterizando o relevo plano, suave ondulado, ondulado, forte ondulado, montanhoso e escarpado, respectivamente.

### 3. Resultados e discussões

O Quadro I apresenta a localização dos geossítios Caverna do Poço Encantado, Lapa do Bode e a Cachoeira Encantada sobre a superfície da Terra nas coordenadas métricas do Sistema Universal Transversa de Mercator (UTM).

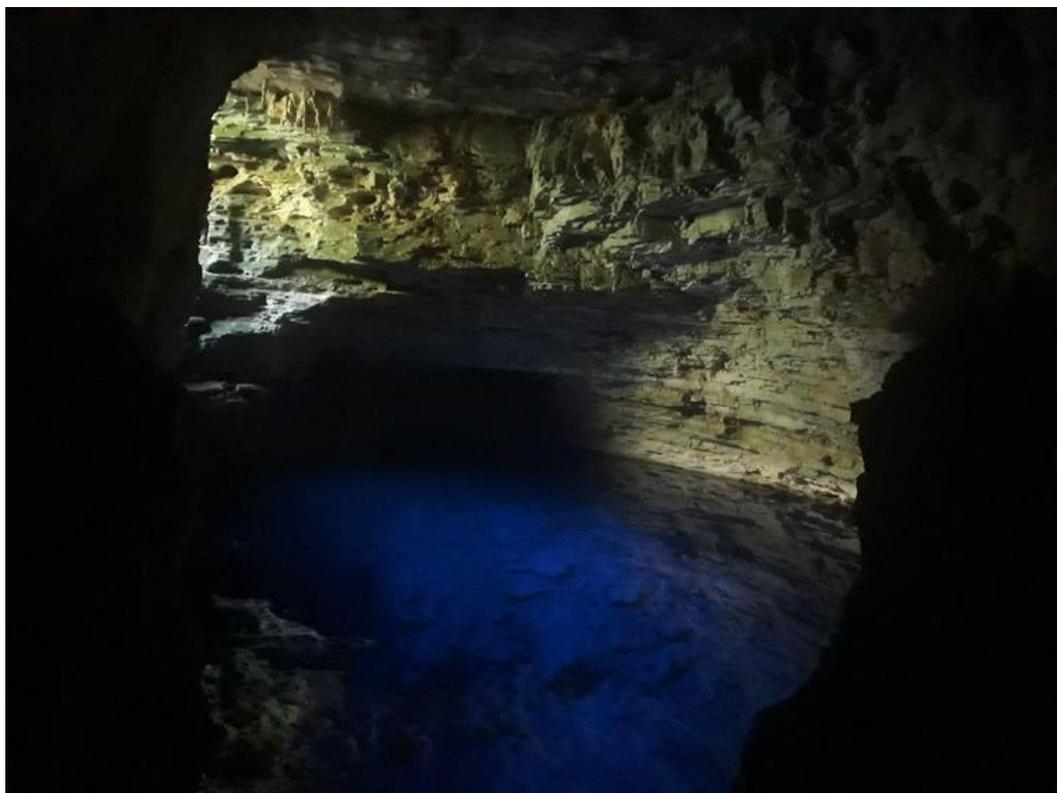
**Quadro I:** Geossítios e suas respectivas coordenadas.

<b>GEOSSÍTIOS</b>	<b>COORDENADAS</b> (Referencial Geodésico SIRGAS 2000/Zona UTM 24S)
Caverna do Poço Encantado	8568004mN/ 271627mE
Caverna Lapa do Bode	8569044mN/ 275923mE
Cachoeira Encantada	8544953mN/ 265317mE

A caverna do Poço Encantado está inserida em uma feição cárstica, desenvolvida em dolomitos da formação salitre, instalada no fundo de uma dolina, com um grande salão de abatimento subterrâneo onde se observa um lago de águas cristalinas do aquífero cárstico, apresentando eixo maior de 110m e até 60m de profundidade. Por esses aspectos a caverna é dotada de grande relevância científica. Além disso, serve de abrigo para uma espécie endêmica da Chapada Diamantina, uma espécie de bagre cego (Subfamília Heptapterinae) (Karman *et al.*, 2002).

Nesta caverna ocorre um fenômeno específico de iluminação, entre os meses de abril a setembro, quando um fecho de luz penetra no lago, o iluminando com uma coloração azulada, facto que deu o nome à caverna (Figura 2). Devido a isso, a caverna do poço

Encantado é um cartão postal da Chapada Diamantina, recebendo cerca de 12.000 visitantes por ano (Karman *et al.*, 2002; Pereira, 2010).



**Figura 2:** Caverna do Poço Encantado.

Conforme referido pelo guia que conduz os visitantes até à caverna, ela foi descoberta por um belga, Gustavo Snoeck, que veio à Bahia no início do século XX fugindo dos resultados da primeira guerra mundial. Ele vivia com a sua família em uma fazenda a 7km da caverna, com criações de animais que passaram a desaparecer, mortos por uma onça. Na caça à onça, com amigos, notou uma caverna de difícil acesso, que até então não era explorada. Três anos depois ele instala uma escada que dá acesso ao lago. Em 1980, um “segundo descobridor”, Miguel de Jesus Mota, junto com seu irmão, assumiu a administração do local, instalando um projeto turístico. A partir do ano de 1992, ganha notoriedade nacional (Karman *et al.*, 2002).

A caverna Lapa do Bode está situada na margem esquerda do Rio Una, inserida na formação Salitre, com um padrão planimétrico de desenvolvimento labiríntico, de direção predominantemente N60-70W, e N20-30E, sendo um exemplo de valor didático e representativo das formações de cavernas cársticas inseridas no contexto da Bacia Una-Utinga, com espeleotemas da precipitação de reduzida calcita secundária e notáveis cones derivados da injeção de coberturas superficiais cársticas para o interior da caverna, conforme pode ser observado na Figura 3 (Pereira, 1998; Pereira, 2010). Na Figura 3 pode-se observar também na caverna a ocorrência de sulfetos, tais como a pirita e calcopirita associados aos carbonatos do Grupo Una,

conforme já discutido por (Misi e Souto, 1975, apud Morita *et al.*, 2019). A caverna é gerida pelo proprietário do terreno, que cobra uma taxa de visitação e recebe em média 450 visitantes (Pereira, 2010).



**Figura 3:** Estrutura interna da Caverna Lapa do Bode: espeleotemas de carbonatos e sulfetos, e estratificações na parede da caverna.

A Cachoeira Encantada consiste na queda d'água no curso do rio Timbozinho, com um desnível de 100 metros. Está inserida dentro do Parque Nacional da Chapada Diamantina, próximo ao seu limite sudoeste. Segundo Pereira (2010), o acesso ao local percorre uma trilha de difícil acesso, situado no interior do canyon, onde se observa a exposição de formações rochosas. O autor relata que o canyon apresenta uma configuração com estratificações sub-horizontais a onduladas, localmente com dobras abertas, às vezes cortados por planos ou fraturas, com direção variando NS/subverticais a N10W/subverticais. Com isso, além de sua beleza cênica, com potencial turístico, apresenta também elevado interesse geomorfológico.

O Quadro II apresenta uma síntese da avaliação dos geossítios que são área de estudo nesta pesquisa, segundo Pereira (2010), que elaborou uma metodologia de quantificação para 40 geossítios inventariados na Chapada Diamantina, com 20

parâmetros a serem avaliados sobre os geossítios, dividido em quatro categorias (de valores intrínseco, científico, turístico, e de uso/gestão), baseada em metodologias pré-existentes e análises de campo.

**Quadro II:** Geossítios e suas respectivas coordenadas.

	<b>Caverna Lapa do Bode</b>	<b>Caverna do Poço Encantado</b>	<b>Cachoeira Encantada</b>
<b>Valor Intrínseco</b>			
<b>Vulnerabilidade associada a processos naturais</b>	Não apresenta qualquer vulnerabilidade decorrente de processos naturais		
<b>Abundância / Raridade</b>	Existência de até 3 exemplares com características similares na área, dentro do mesmo contexto geológico-geomorfológico		
<b>Integridade</b>	Geossítio com alguma deterioração, porém permite a visualização dos aspectos de interesse e com possibilidade de ser recuperado	Geossítio íntegro e sem qualquer deterioração, e sem necessidade de recuperação	
<b>Variedade de elementos da geodiversidade</b>	Associação de mais de três elementos da geodiversidade		
<b>Valor Científico</b>			
<b>Objeto de referências bibliográficas (grau de conhecimentos científicos)</b>	Citado em uma tese ou outro tipo de publicação técnico-científico	Citado em mais de uma tese acadêmica e capítulo de livro ou artigos de revistas acadêmicas	Inexistência de qualquer referência sobre o geossítio
<b>Representatividade de materiais e processos geológicos</b>	Abriga registros ilustrativos de elementos ou processos da geodiversidade, mas que não sejam utilizados como exemplo clássico		
<b>Associação com outros elementos do patrimônio natural/cultural (história, arqueologia, biologia)</b>	Até três tipos de interesse e/ou temática		Apenas um tipo de interesse ou temática
<b>Relevância didática</b>	Possível de ser utilizado para fins didáticos para um público de perfil especializado	Muito ilustrativo e possível de ser utilizado para fins didáticos por um público de qualquer nível, desde leigos a especialistas	Possível de ser utilizado para fins didáticos para um público de perfil especializado

<b>Valor Turístico</b>			
<b>Aspecto estético</b>	Geossítio inserido em local aprazível ou dotado de algum elemento com apelo estético	Geossítio dotado de espetacularidade estética e inserido em local aprazível, dotado de apelo cênico	
<b>Acessibilidade</b>	Acessível a partir de estradas asfaltadas e trilha com menos de 2 km de extensão		Acessível a partir de trilha com mais de 5 km de extensão
<b>Presença de Infraestrutura</b>	Ausência de qualquer infraestrutura	Dotado de infraestrutura plena que prestem todo o apoio ao visitante	Ausência de qualquer infraestrutura
<b>Existência de utilização em curso</b>	Geossítio com alguma taxa de visitação, porém ainda incipiente	Geossítio com elevada taxa de visitação e dotado de medidas de controle de visitantes	Geossítio com alguma taxa de visitação, porém ainda incipiente
<b>Presença de mecanismos de controle de visitantes</b>	Existência de um mecanismo não sistemático de controle, de caráter ainda incipiente	Existência de controle sistemático e eficiente de visitantes	Ausência de qualquer tipo de controle
<b>Valor de Uso/Gestão</b>			
<b>Relevância cultural</b>	Vínculo indireto com valores culturais (ruínas, toponímias, pinturas rupestres)		Vínculo
<b>Relevância econômica</b>	Ausência de qualquer potencial econômico (esta valoração refere-se a exploração do geossítio e utilização como um recurso natural, excluindo-se a exploração turística)		
<b>Nível Oficial de proteção (inserção em área protegida)</b>	Ausência de qualquer tipo de Unidade de Conservação		Inserida em Unidade de Conservação (UC) ainda não implementada
<b>Passível de utilização</b>	Geossítio sem qualquer restrição para utilização, já dotado de alguma infraestrutura e/ou com utilização em curso		Inserido em zona de UC ou em propriedade privada com possibilidade de uso mediante condições (plano de manejo, infraestrutura)
<b>Vulnerabilidade associada ao nível antrópico</b>	Sujeito à descaracterização pelo uso, podendo ser utilizado mediante a implementação de infraestrutura para minimizar os impactos		Pouco ou nada vulnerável, não deverá sofrer deterioração mediante uso ou visitação, podendo ser utilizado sem qualquer restrição

<b>População do núcleo urbano mais próximo</b>	10.000 a 15.000 habitantes em um raio de 25 km
<b>Condições socioeconômicas dos núcleos urbanos mais próximos</b>	IDH inferior ao IDH médio da área

Fonte: Elaborado a partir de Pereira, 2010.

### 3.1. Caracterização Geoambiental: geologia, geomorfologia e pedologia

A partir da definição de geodiversidade apresentada por Gray (2004), geraram-se mapas representativos dos seus diferentes componentes (geologia, geomorfologia e pedologia), no recorte do município de Itaetê, com ênfase nos geossítios nele inseridos.

A diversidade de características geológicas no município é ilustrada pela figura 4, onde se constata que os geossítios se encontram em bacias sedimentares carbonáticas, com as cavernas inseridas em litologias Neoproterozóicas, se tratando da Formação Salitre, associada ao Grupo Una, e o geossítio Cachoeira Encantada desenvolvido em litologias Mesoproterozóicas da Formação Tombador, do Grupo Chapada Diamantina.

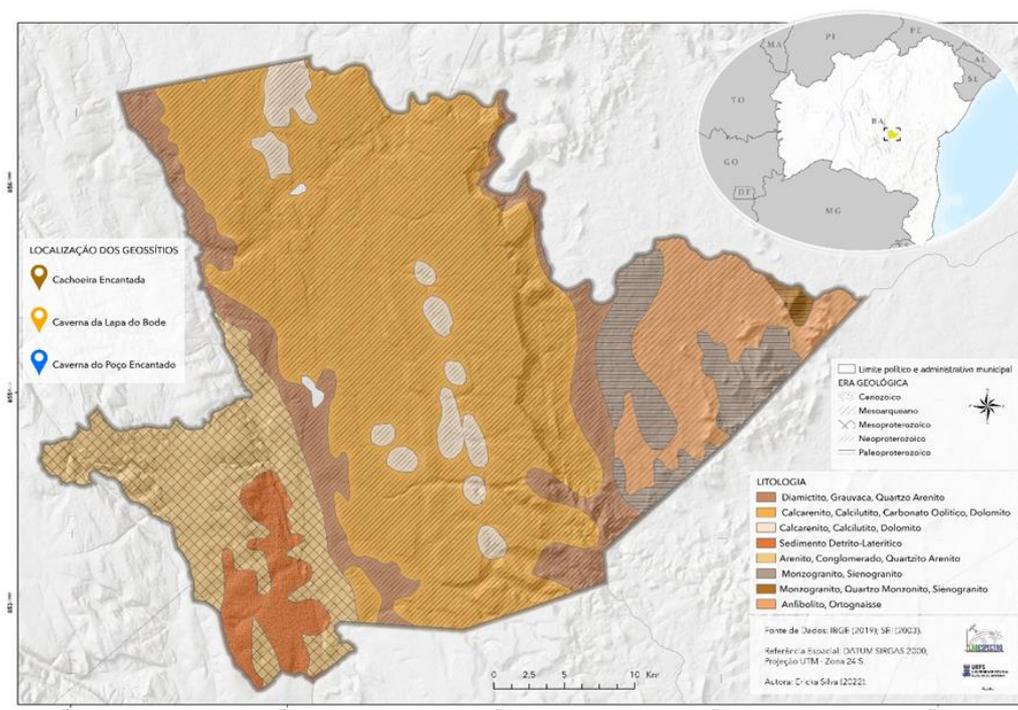


Figura 4: Mapa geológico/litológico dos geossítios inseridos em Itaetê – Bahia.

Segundo Misi e Silva (1996), essas Bacias Proterozóicas foram depositadas sobre o embasamento cristalino do Cráton de São Francisco (CSF) após o truncamento deste por um rift abortado, chamado de Aulocógeno, orientado no sentido N-S. Por volta de 1,7 Ga, foram depositadas as rochas siliciclásticas do Supergrupo Espinhaço, compartimentado em dois domínios fisiográficos: o Espinhaço Setentrional, a oeste, representado pelo Grupo Santo Onofre, e, separados pelo bloco do embasamento chamado Bloco do Paramirim, o domínio fisiográfico da Chapada Diamantina, a leste, representados pelos grupos Rio dos Remédios, Paraguaçu e Chapada Diamantina.

O Grupo Chapada Diamantina compreende, respectivamente, a Formação Tombador, constituída de Arenitos e Conglomerados, a Formação Caboclo, com os litotipos laminiticos algais, siltitos e arenitos conglomeráticos, e a Formação Morro do Chapéu com arenitos sigmoidais ou feldspáticos, às vezes intercalados com lamitos, arenitos conglomeráticos e conglomerados suportados pelos clastos (Misi e Silva, 1996).

De acordo com Barbosa *et al.* (2003), a Bacia Neoproterozóica foi depositada há 1.0 Ga, quando o cráton foi tomado por importante glaciação, a glaciação Bebedouro-Macaúbas, e posterior deglaciação, com uma subida generalizada do nível do mar que inundou a maior parte do cráton, inclusive o Aulácogeno onde se acumulou o Supergrupo Espinhaço, assim como o bloco continental que constitui o segmento ocidental do cráton, e implantou as plataformas carbonáticas das bacias do Supergrupo São Francisco, representados pelos Grupos Bambuí, Macaúbas e Una.

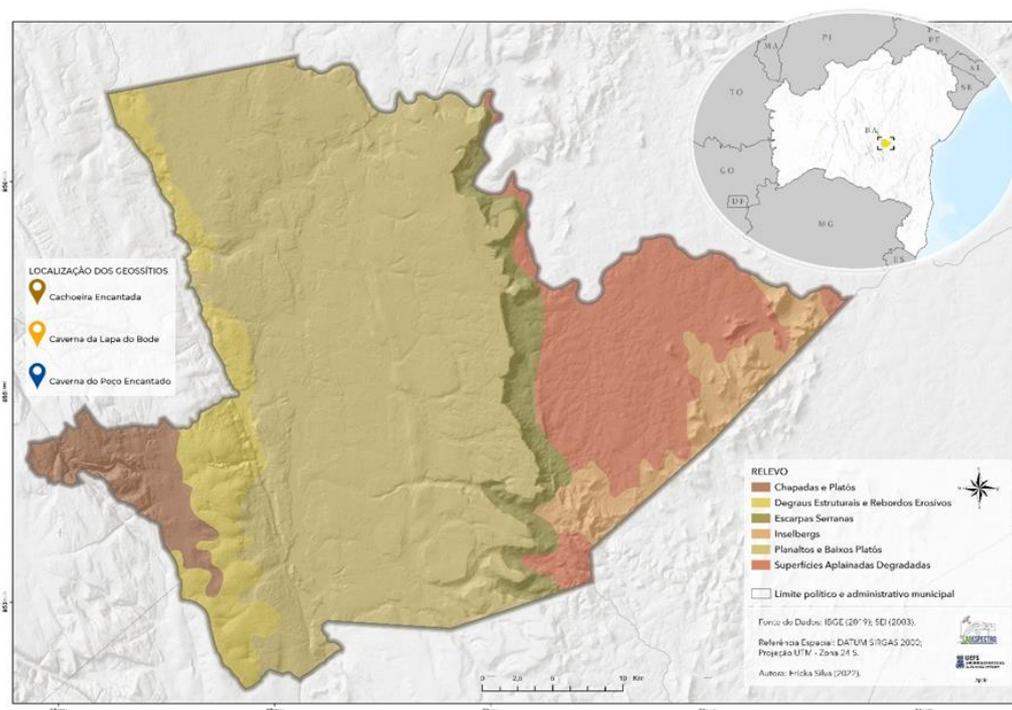
O Grupo Una, em discordância erosiva de caráter regional, assenta sobre as rochas do embasamento cristalino e do Grupo Chapada Diamantina, subdividido, da base para o topo, nas formações Bebedouro e Salitre. São constituídos essencialmente por diamictitos, arcóseos e lamitos (Fm. Bebedouro), e rochas carbonáticas com natureza diversificada: dolomitos, calcarenitos, laminitos algais, calcisiltitos, calcilitos e margas (Fm. Salitre) (Misi e Silva, 1996).

Além das bacias proterozóicas, no município também são identificadas rochas cristalinas plutônicas paleoproterozóicas, da unidade dos granitos calcialcalinos de alto K, metaluminosos, com as litologias monzogranito, quartzo monzonito e sienogranito, e os peraluminosos, de litologia monzogranítica e sienogranítica, que assentam sobre um embasamento cristalino arqueano, associado ao Complexo Mairi, representada pelas litologias anfíbolito e ortognaisse. Segundo Barbosa *et al.* (2003), a maioria das rochas desse complexo foi re-equilibrada na fácies anfíbolitos, durante a orogênese Riacho-Orosiana. No mais, é formado basicamente de ortognaisses migmatíticos, graníticos e tonalíticos, incluindo corpos básicos e ultrabásicos.

De acordo com a classificação de relevo adotada pelo RADAMBRASIL (anos 70 e 80, 1981) e pelo IBGE (2009), em escala regional de 1:250.000, o município encontra-se inserido no domínio morfoestrutural dos Crátons Neoproterozóicos, na região geomorfológica da Chapada Diamantina, com as unidades Patamar de Utinga (onde estão inseridas as cavernas do Poço Encantado e Lapa do Bode), Serra do Sincorá (onde se encontra inserida a Cachoeira Encantada) e os Pediplanos do Médio Paraguaçu e Alto-Médio Rio das Contas, a leste do planalto carbonático.

A partir da análise do mapa geológico (Figura 4) e da diversidade de formas de relevo representada pela figura 5, identifica-se que as rochas carbonáticas do Grupo Una sustentam um planalto, caracterizado por um relevo ondulado, de baixos platôs, cujas altitudes mais baixas são registradas ao longo do Rio Una. Nesse contexto está inserida a caverna do Poço Encantado e a caverna da Lapa do Bode.

Na borda leste do planalto, delineado por uma face escarpada, as altitudes decrescem, de 700m a 263m (Figura 6), registradas ao longo do Vale do Rio Paraguaçu, em superfícies aplainadas degradadas de natureza ígnea e metamórfica, com rochas residuais denominadas de inselbergs. A borda oeste do planalto é marcada pelo contraste de relevo sustentado pelo Grupo Chapada Diamantina, cujos topos variam entre 1470m e 400m, com escarpas, degraus estruturais e rebordos erosivos, onde está inserida a Cachoeira Encantada.

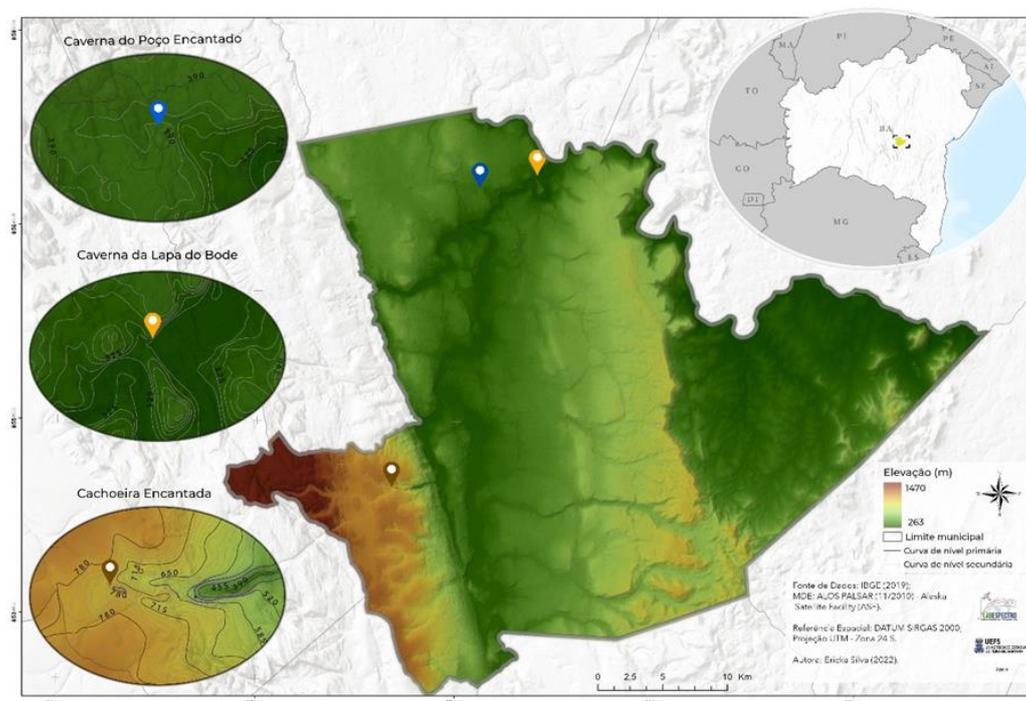


**Figura 5:** Mapa geomorfológico dos geossítios inseridos em Itaetê – Bahia.

As rochas carbonáticas tem em sua composição minerais carbonáticos, frequentemente a calcita (cálcio) e/ou dolomita (cálcio e magnésio), que se alteram muito rapidamente quando em regiões úmidas, em função da reação de hidrólise do mineral, promovidas por águas subterrâneas e superficiais, gerando escavações de cavernas e outras feições típicas, caracterizando relevos cársticos, como ocorre no planalto sustentado pelo Grupo Una, em Itaetê.

Segundo Pereira (1998), o desenvolvimento da caverna do Poço Encantado se deu a partir de fluxos freáticos lentos, que posteriormente, com o rebaixamento do nível da água, desenvolveram novos condutos em níveis inferiores, formando um sistema de

condutos tridimensional que colapsou mais tarde, dando origem a um salão de abatimento onde aflora o nível d'água.



**Figura 6:** Mapa hipsométrico dos geossítios inseridos em Itaetê – Bahia.

A caverna da Lapa do Bode desenvolveu-se da mistura das águas do aquífero cárstico com as águas oriundas da Chapada Diamantina, em iniciação freática no topo, seguida de rebaixamento do nível da água e entalhamento vadoso em direção à base (Pereira, 1998; Pereira, 2010).

A espacialização dos graus de declividade do relevo também se apresenta de fundamental importância na análise geomorfológica. A partir dele, pode-se orientar o uso adequado do relevo, possibilitando a identificação de áreas suscetíveis aos processos erosivos e à movimentação de massa (Nunes, 2009), sendo um fator limitante que irá determinar atividades implantadas na área, sem que haja riscos de degradação dos solos (Costa *et al.*, 2009).

O grau de declividade do terreno exerce influência direta sobre a quantidade de perda do solo por erosão, pois quanto maior o trecho em declive, maior a quantidade de escoamento da água pela superfície, sendo menor o seu tempo disponível para infiltração no solo (Oliveira *et al.*, 2007). E, especialmente em sistemas cársticos, o gradiente de declividade influencia na concentração da água e presença de drenagens verticais, que são fundamentais para a gênese e evolução das feições cársticas.

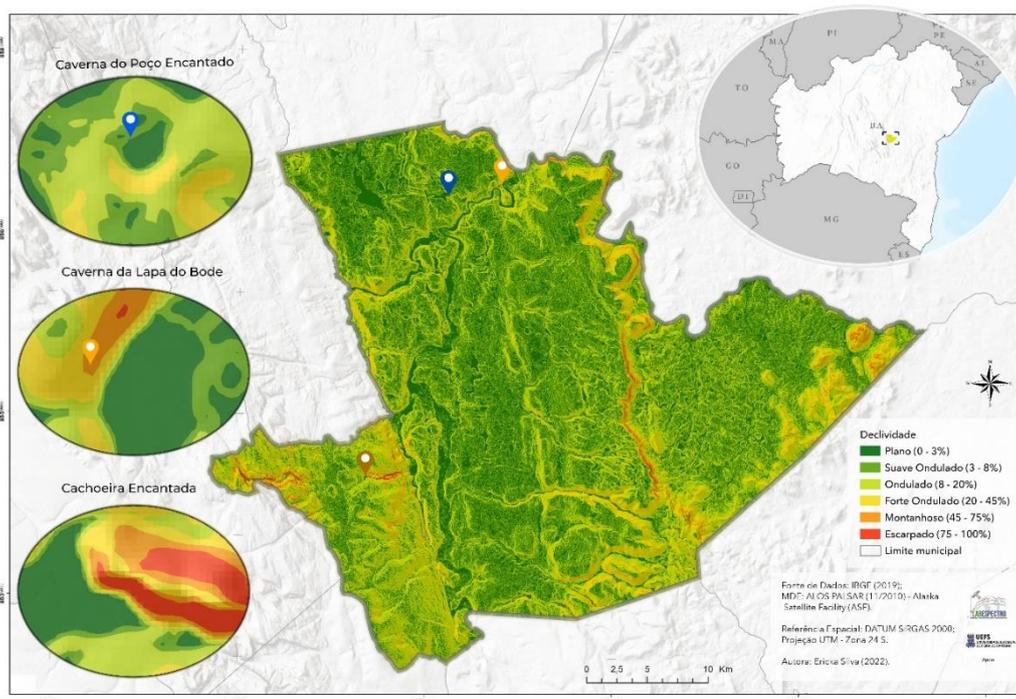
A Tabela I apresenta a distribuição das classes de declividade para o município de Itaetê. Observa-se que cerca de metade da área apresenta relevo suave ondulado, onde predominam processos de acumulação dos sedimentos resultantes de agentes

externos e o escoamento superficial para maior parte dos solos é médio ou rápido. Menos de 16% apresenta relevo plano, de topografia horizontalizada, não apresentando muita restrição ao uso. 28,9% corresponde a relevo ondulado, em que o escoamento superficial para a maior parte dos solos é médio ou rápido. 10% apresenta-se como forte ondulado, suscetíveis à erosão e cerca de 2,4% de montanhoso a escarpado, com alta suscetibilidade à erosão e não recomendada ao uso agrícola e ocupação, como espacializadas na figura 6 e onde pode ser observado o contexto no qual estão inseridos os geossítios.

A caverna do Poço Encantado está inserida em um contexto de relevo plano a forte-ondulado. A caverna Lapa do Bode é delimitada a leste por uma face íngreme até ao topo, que suaviza a um relevo ondulado para oeste, com ocorrência também de áreas planas nas proximidades. O rio Timbozinho tem o seu curso d'água em relevos de caráter montanhoso a plano, com a queda d'água de um relevo plano, em desnível acentuado de 100m, entre escarpas, que caracteriza a Cachoeira Encantada.

**Tabela I:** Classes de declividade do município de Itaetê.

Classe de relevo	Declividade (%)	Área (km <sup>2</sup> )	%
Plano	0 - 3	209,92	15,8
Suave ondulado	3 - 8	584,52	43,9
ondulado	8 - 20	385,46	28,9
Forte ondulado	20 - 45	133,79	10,0
Montanhoso	45 - 75	16,15	1,2
Escarpado	>75	2,47	0,2



**Figura 7:** Mapa de declividade dos geossítios inseridos em Itaetê – Bahia.

A diversidade pedológica no recorte do município de Itaetê é representado pela figura 8, onde são identificados predominantemente os Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos e Latossolos Vermelhos Eutróficos, com ocorrências também do Neossolos Litólicos Distróficos e Eutróficos, e do Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico.

Os Latossolos, classe predominante no município e que abrangem os geossítios, se caracterizam como solos bastante evoluídos, com pouca diferenciação entre os horizontes, constituídos por material mineral que evidencia o avançado estágio de intemperização. São profundos a muito profundos e porosos, apresentando condições adequadas para um bom desenvolvimento radicular em profundidade, principalmente os eutróficos (de fertilidade alta). Já os Latossolos Distróficos apresentam limitações de ordem química, devido à baixa saturação por base. Sua acentuada coloração vermelha, quando ocorrem, é devido aos teores mais altos e à natureza dos óxidos de ferro presentes no material de origem (Santos, 2017).

Em geral, os Latossolos apresentam boas condições físicas, como a boa drenagem, não expandem ou contraem em diferentes níveis de umidade e têm pouca suscetibilidade à erosão. Ocorrem predominantemente em áreas de relevo plano e pouco ondulado, sendo expressivos em Itaetê, na região do planalto carbonático, superfícies aplainadas e abrangendo também os degraus estruturais e rebordos erosivos a oeste do planalto.

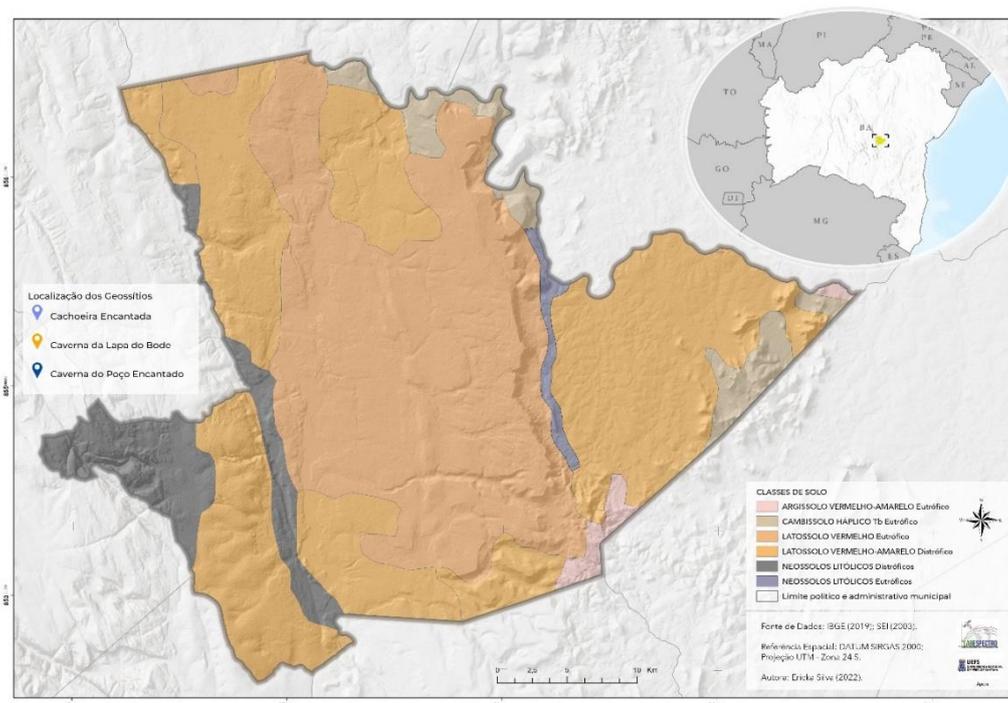


Figura 8: Mapa pedológico dos geossítios inseridos em Itaetê – Bahia.

Pereira (1998), na caracterização superficial da cobertura cárstica do planalto carbonático, inferiu que esta apresenta características distintas, de espessura e

natureza variável, com ocorrência de um manto com cor avermelhada, com aspecto de Latossolo. Concluiu, através de observações de campo e análise de laboratório, que o material de cobertura na margem direita do rio Una é proveniente do intemperismo dos calcários, exceto nas várzeas onde ocorrem aluviões. Já na margem esquerda, a cobertura é ora proveniente da erosão das serras siliciclásticas da Chapada Diamantina, ora da alteração dos calcários e das rochas da formação Bebedouro.

Para a formação e desenvolvimento dos solos, muitos aspectos são considerados, como os materiais geológicos que os originaram, as superfícies geomorfológicas e as suas morfocronologias, nas diversas condições paleoambientais. Em ambientes cársticos, de rochas carbonáticas, o grau de pureza da rocha, a exemplo das rochas calcárias, é um importante aspecto de influência na espessura do solo, uma vez que são constituídas de minerais solúveis, diluindo em soluções aquosas que são facilmente transportados para fora do sistema, implicando em perda de massa para formação dos solos (Hardt, 2004). Segundo Pereira (1998), de acordo com análises químicas de amostras de rochas calcárias do planalto carbonático de Itaetê, apresentaram um teor de Fe 3 vezes maior que em uma amostra de rocha padrão. No teste de dissolução das amostras, constatou-se que o teor de material siliciclástico varia de 10 a 30%.

### **Conclusões**

Em síntese, os Sistemas de Informação Geográfica integrados com o Sensoriamento Remoto e o GPS apresentaram-se como geotecnologias fundamentais para confecção e análise dos mapas temáticos, viabilizando a obtenção de informações sobre a área de estudo. A partir da elaboração dos mapas geoambientais, identificou-se a diversidade de elementos da geodiversidade onde estão inseridos os geossítios, também apontada por outros autores, ampliando os estudos sobre a temática e colaborando para a base de dados do inventário do Patrimônio Geológico.

Para além dos atributos da paisagem na constituição de geossítios, os solos do município de Itaetê apresentam potencial para o desenvolvimento de áreas agrícolas. Diante disso, é preciso planejar e racionalizar as atividades desenvolvidas no que tange à agricultura a fim de promover a produtividade e também a proteção ambiental.

A área de estudo mostrou-se significativamente atraente para o geoturismo, para promover o conhecimento das geociências, podendo colaborar para o desenvolvimento das comunidades locais, ou seja, apresentando potencial para incorporar-se a um geoparque, com tanto que, dentre outras demandas, se desenvolvam infraestruturas para receber os visitantes e estrutura de gestão com essa finalidade.

Ressalta-se a importância da responsabilidade ambiental na região, pois as cavernas estão inseridas em uma paisagem cárstica, tipo de geossistema altamente frágil e vulnerável às atividades antrópicas e riscos geológicos, portanto, sua ocupação precisa ser feita de forma orientada.

## Agradecimentos

Ao Programa de Pós-Graduação em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente (PPGM) e ao Laboratório de Espectrorradiometria (LABESPECTRO), da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS).

## Financiamento

Esta pesquisa foi realizada com o apoio financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB).

## Bibliografia

- Barbosa, J. S. F., Sabaté, P., & Marinho, M. M. (2003). O cráton do São Francisco na Bahia: uma síntese. *Revista Brasileira de Geociências*, 33(1), 3-6. Disponível em 30/11/2022 em: <https://repositorio.ufba.br/ri/bitstream/ri/2539/1/7596.pdf>
- Brilha, J. B. R. (2013). A Rede Global de Geoparques Nacionais: um instrumento para promoção Internacional da Geoconservação. In Schobbenhaus, C., & Silva, C. R, da (Orgs.), *Geoparques do Brasil: propostas*. Rio de Janeiro: CPRM, pp. 29-37. Disponível em 30/11/2022 em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/1209>
- Costa, C. D. O., Temóteo, A. S., & Zimback, C. R. L. (2009). Caracterização de uma bacia hidrográfica e suscetibilidade a erosão, utilizando técnico de geoprocessamento. In *Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*. Natal: INPE, pp. 3689-3695. Disponível em 30/11/2022 em: <http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.17.17.18/doc/3689-3695.pdf>
- CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. (2006). *Mapa Geodiversidade do Brasil*, escala 1:2.500.000 (p. 68). Brasília: CPRM/Serviço Geológico do Brasil. Disponível em 30/11/2022 em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/10169>
- CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. (2022). *Serviço Geológico do Brasil*. Disponível em 30/11/2022 em: <https://www.cprm.gov.br/>
- Domingues, F. A. A. (1979). *Topografia e astronomia de posição para engenheiros e arquitetos*. Editora McGraw-Hill do Brasil, São Paulo/SP, 403p.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA).(2006). *Sistema Brasileiro de Classificação de solos (2a ed.)*. Brasília: EMBRAPA.
- Gray, J. M. (2004). *Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature*. Londres: John Wiley & Sons, Ltda.
- Hardt, R. (2004). *Aspectos da morfologia cárstica da Serra do Calcário - Cocalinho-MT*. Universidade Estadual Paulista (UNESP). Disponível em 30/11/2022 em: <http://hdl.handle.net/11449/95589>
- Karmann, I., Pereira, R. G. F. de A., & Mendes, L. de F. (2002). Poço Encantado, Chapada Diamantina (Itaetê), BA: Caverna com lago subterrâneo de rara beleza e importância científica. In Schobbenhaus, C. *et al.* (Eds.), *Sítios Geológicos e paleontológicos do Brasil*. Brasília: Departamento Nacional de Produção Mineral, pp 491-501. Disponível em 30/11/2022 em: <http://sigep.cprm.gov.br/sitio091/sitio091.pdf>

- Misi, A., & Silva, M. da G. (1996). Chapada Diamantina Oriental, Bahia: Geologia e depósitos minerais. Superintendência de Geologia e Recursos Minerais.
- Morita, T. D. M., Karman, I., Romano, R. G., Pelizzare, V. H., Valle, M. A., & Godinho, L. P. S. (2019). Ácido Sulfúrico como agente corrosivo no sistema cárstico de Iraquara (Grupo Una, BA). In Zampaulo, R. A. (Org.), *Anais do 35º Congresso Brasileiro de Espeleologia*. Campinas: SBE, pp. 45-51. Disponível em 30/11/2022 em: <https://repositorio.usp.br/directbitstream/4ec41b66-9ebd-4ebf-ac4a-8323d9d433f1/2973592.pdf>
- Nunes, B. d. A. (2009). Manual técnico de geomorfologia. 2ª ed.. IBGE. Disponível em 30/11/2022 em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv66620.pdf>
- Oliveira, A. M. M., Pinto, S. A. F., Lombardi Neto, F. (2007). Caracterização de indicadores da erosão do solo em bacias hidrográficas com o suporte de geotecnologias e modelo preditivo. *Estudos Geográficos*, Rio Claro, 5(1), 63-86. Disponível em 30/11/2022 em: <http://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/estgeo/article/view/680>
- Pereira, R. G. F. A. (1998). Caracterização geomorfológica e geoespaciológica do carste da Bacia do Rio Una, borda Leste da Chapada Diamantina (município de Itaetê, estado da Bahia). Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo. Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertação. <https://doi.org/10.11606/D.44.1998.tde-21102015-155053>
- Pereira, R. G. F. A. (2010). Geoconservação e desenvolvimento sustentável na Chapada Diamantina. Tese de Doutorado, Universidade do Minho (Portugal). Biblioteca da Universidade do Minho. Disponível em 30/11/2022 em: <https://hdl.handle.net/1822/10879>
- RADAMBRASIL (1981). Folha SD 24 (Salvador). Min. das Minas e Energia. Secretaria Geral. Rio de Janeiro.
- Santos, M. C. (2017). *Cadernos do Semiárido: Riquezas e Oportunidades, Solos do Semiárido do Brasil*. Vol. 10(10), 2ª ed.. Disponível em 30/11/2022 em: <http://www.ipa.br/novo/pdf/cadernos-do-semiarido/10---solos-do-semiarido-do-brasil.pdf>
- Schobbenhaus, C., & Silva, C. R. (2012). O papel do Serviço Geológico do Brasil na Criação de Geoparques e na Conservação do Patrimônio Geológico. In Schobbenhaus, C., & Silva, C. R. (Orgs.), *Geoparques do Brasil: propostas*. Rio de Janeiro: CPRM, pp. 11-28. Disponível em 30/11/2022 em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/1209>
- SIGEP (2022). Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos. Disponível em 30/11/2022 em: <http://sigep.cprm.gov.br/>

---

Artigo recebido em / *Received on*: 20/10/2021

Artigo aceite para publicação em / *Accepted for publication on*: 22/12/2022