



## Quantificação da geodiversidade e suas implicações para a geoconservação da Estrada Real – porção centro-norte do Caminho dos Diamantes

### *Quantification of geodiversity and its implications for the geoconservation of the Estrada Real – north-central portion of the Caminho dos Diamantes*

Fernanda Mara Coelho Pizani\*✉ , Ursula Ruchkys✉ 

Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais Brasil

E-mail: tularuchkys@yahoo.com.br

\*E-mail para correspondência: fm.coelho@yahoo.com.br

Recebido (Received): 06/02/2020

Aceito (Accepted): 30/10/2020

**Resumo:** O Caminho dos Diamantes está localizado no Estado de Minas Gerais e pertence à Estrada Real, importante rota turística do país. Especificamente a porção centro-norte do Caminho dos Diamantes, com área de 20.977,23 km<sup>2</sup>, possui relevantes valores culturais e naturais com grande potencial para uso turístico. Neste trabalho apresenta-se um mapeamento quantitativo da geodiversidade desta porção da Estrada Real por meio da análise de dados espaciais digitais processados em sistemas de informação geográfica. Para o cálculo do índice de geodiversidade utilizou-se as seguintes variáveis: geologia, relevo, solo, cavidades naturais e hidrografia. O resultado final é um mapa síntese com os índices classificados em cinco categorias: muito baixo (0,8%), baixo (35,8%), médio (31,6%), alto (30,9%) e muito alto (0,9%). Cerca de 1/3 da área de estudo é composta por áreas de alta e muito alta geodiversidade. Apesar das áreas de muito alta geodiversidade se apresentarem com baixo valor relativo, estas estão situadas, sobretudo, no entorno da rota principal da Estrada Real e apenas uma mínima parte desta está amparada e protegida por uma Unidade de Conservação – Área de Proteção Ambiental Morro da Pedreira. Os resultados podem auxiliar o poder público na identificação de áreas (alta e muito alta geodiversidade) que devem ser prioritárias para ações de conservação e aproveitamento turístico.

**Palavras-chave:** Índice Geodiversidade; Conservação Ambiental; Mapeamento Quantitativo.

**Abstract:** *The Caminho dos Diamantes (the Diamonds Trail) is located in the state of Minas Gerais and belongs to the Estrada Real (the Royal Road), considered the largest tourism route in the country. Specifically, the north-central portion of the Caminho dos Diamantes, which measures 20977.23 km<sup>2</sup> in total area, has an area of significant value, both touristic and environmental. A quantitative mapping of the geodiversity for this portion of the Estrada Real is presented based on the analysis of digital spatial data with geographical information systems. Variables representing geology, relief, soil, natural cavities and hydrography were used to calculate the geodiversity index for this area through map algebra procedures. The final result consists of a synthesis map with indexes classified into five categories: very low (0.8%), low (35.8%), medium (31.6%), high (30.9%) and very high (0.9%). About 1/3 of the study area is composed by areas of high and very high geodiversity. Although areas of very high geodiversity are of low relative value, these are mainly located around the main road of the Estrada Real and only a small part of it is protected by a Conservation Unit – Morro da Pedreira Environmental Protection Area. The results can assist the government in identified areas (high and very high geodiversity) that should be a priority for conservation actions and tourism use.*

**Key-words:** *Geodiversity Index; Environmental Conservation; Quantitative Mapping.*

## 1. Introdução

O termo “geodiversidades” foi utilizado pela primeira vez na década de 1940 pelo geógrafo argentino Federico Alberto Daus no contexto da geografia cultural para se referir ao mosaico de paisagens e diversidades culturais do espaço geográfico e as complexidades territoriais em diferentes escalas (locais, distritos e regiões) relacionadas aos habitats humanos (SERRANO; RUIZ-FLAÑO, 2007). Além de considerar os aspectos naturais da paisagem para definição da geodiversidade, Daus ainda associa a este conceito as representações socioculturais que a constituem (MEIRA e MORAIS, 2016).

A concepção mais moderna de geodiversidade vem sendo adotada desde a década de 1990 e é definida como a variabilidade dos materiais da superfície da terra, formas e processos físicos (GRAY, 2013).

Da mesma forma que a biodiversidade corresponde à diversidade da natureza viva, a geodiversidade corresponde à variedade de estruturas de caráter sedimentar, tectônico, geomorfológico e petrológico e materiais geológicos, como minerais, rochas, fósseis e solos. Esta variedade de constituintes formam o substrato físico natural de uma região que suporta a biodiversidade. A geodiversidade é o suporte físico dos ecossistemas e da sua biodiversidade, sendo um dos seus principais promotores (RUCHKYS *et al.*, 2012). Os estudos envolvendo geodiversidade muitas vezes são desenvolvidos juntamente às pesquisas em geopatrímônio, geoconservação e geoturismo (SERRANO; RUIZ-FLAÑO, 2007).

A geoconservação tem como objetivo proteger a parcela significativa da geodiversidade reconhecendo que os componentes abióticos da natureza têm também valor patrimonial. Medidas e ações de geoconservação buscam promover a gestão da geodiversidade minimizando ou prevenindo a degradação de seus elementos importantes que tenham valor além dos econômicos (SHARPLES, 2002).

O mapeamento da geodiversidade é relevante, não só para a comunidade científica mas para toda sociedade, já que fornece uma base para seus estudos, e permite indicar áreas prioritárias para geoconservação que podem ser usadas para recreação e turismo. Tanto a abordagem qualitativa como quantitativa são importantes, embora os métodos de análise sejam diferenciados bem como suas aplicações mais diretas: gestão territorial, geoconservação, uso geoturístico ou educativo. O estudo da geodiversidade não se limita a essas aplicações, sendo que alguns pesquisadores sustentam sua inclusão na gestão de ecossistemas e na prestação de serviços ecossistêmicos (GORDON *et al.*, 2012).

A avaliação quantitativa e qualitativa da geodiversidade tornou-se primordial em muitos países e serve a diferentes finalidades (NECHES, 2016). A possibilidade de medir e quantificar a geodiversidade foi discutida desde as primeiras referências (XAVIER-DA-SILVA *et al.*, 2001; CARCAVILLA *et al.*, 2007; BENITO-CALVO *et al.*, 2009; HJORT; LUOTO, 2010) e desde então vários métodos foram desenvolvidos, dentre os mais populares está aquele proposto por Serrano e Ruiz-Flaño (2007).

A avaliação quantitativa é realizada por meio de sistemas de informação geográfica (SIG). O mapeamento da distribuição espacial da geodiversidade pode auxiliar na indicação de áreas prioritárias para conservação devendo ser usada em todos os níveis de governança (RUBAN, 2010; ONDICOL *et al.*, 2011). No Brasil, tais índices têm sido aplicados durante a última década (MANOSSO; ONDICOL, 2012; GOULART, 2013; PEREIRA; RUCHKYS, 2016; SANTOS *et al.*, 2017; GONÇALVES *et al.*, 2020).

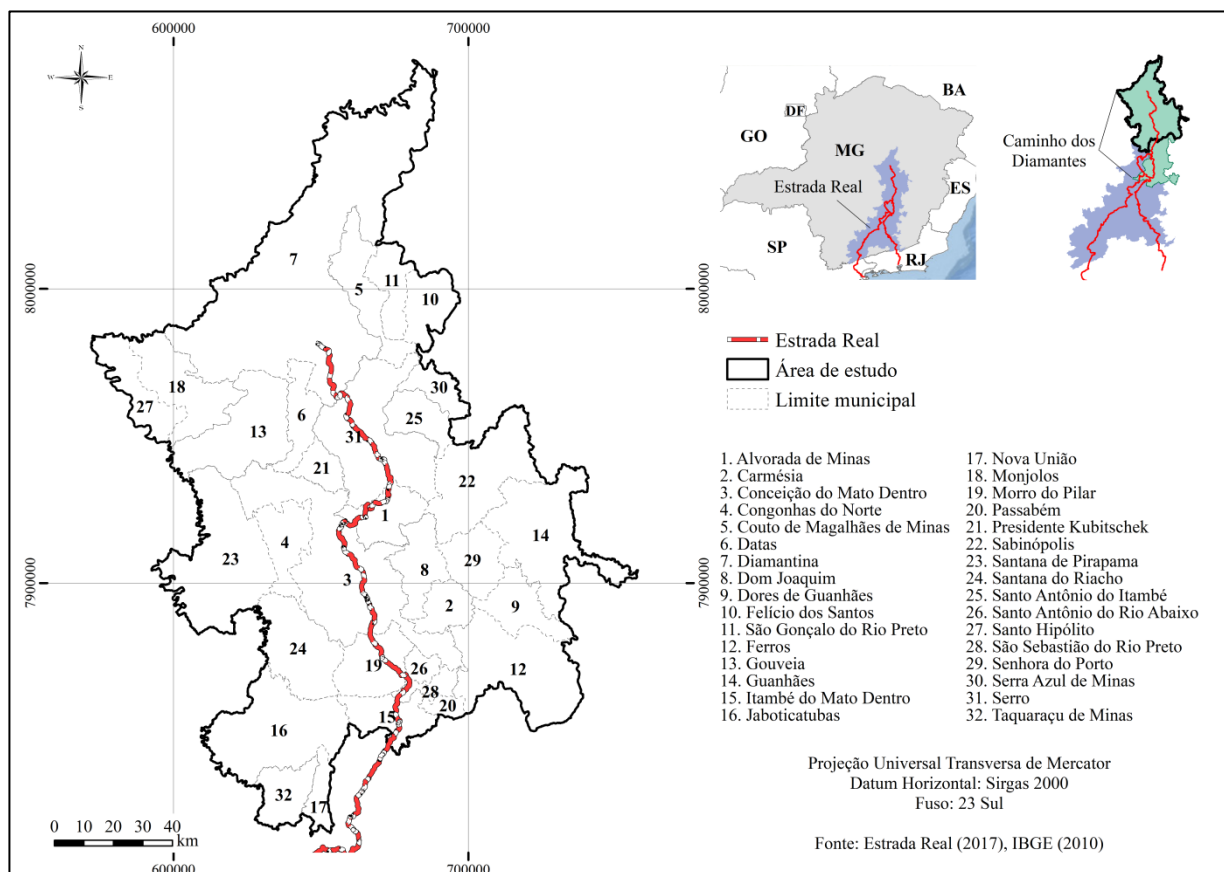
Nesse contexto, o artigo tem como objetivo apresentar o mapeamento quantitativo da geodiversidade da porção centro-norte do Caminho dos Diamantes – Estrada Real, buscando indicar as implicações desse mapeamento para a geoconservação desta que é uma das mais importantes rotas turísticas do país.

## 2. Materiais e métodos

### 2.1 Área de estudo

A área de estudo, com 20.977,84 km<sup>2</sup>, corresponde à porção centro-norte do Caminho dos Diamantes (**Figura 1**) e está inserida no contexto da Estrada Real – um conjunto de quatro vias abertas entre os séculos XVII e XVIII para ligar o litoral ao interior de Minas Gerais.

O Caminho dos Diamantes decorreu da descoberta de veios auríferos na região do Serro Frio, que cresceu, até 1714, exclusivamente pela mineração do ouro. Da Vila do Príncipe (Serro), criada um ano antes, partiam expedições que pesquisavam os cursos d’água em busca de novos depósitos que levaram ao surgimento de novos povoados (SANTOS, 2001).



**Figura 1:** Localização da área de estudo: porção centro-norte do Caminho dos Diamantes.

A extração de diamantes na região teve início com lavras descobertas em fontes secundárias, sendo os primeiros registros de data incerta. As descobertas tornaram o Caminho muito concorrido e de destaque no cenário regional, a Estrada Real passa a ter então seu prolongamento até Diamantina a partir de Vila Rica (atual Município de Ouro Preto). O itinerário passava por Vila do Ribeirão do Carmo, Camargo, Inficionado, Catas Altas, Santa Bárbara, Cocais, Itambé do Mato Dentro, Conceição, Córregos, Itaponhoacanga, Vila do Príncipe, São Gonçalo, Milho Verde e Tijuco (SANTOS, 2001). O caminho correspondia, em tempos passados, às entradas na face meridional da Serra do Espinhaço mineiro e do alto curso do Rio Jequitinhonha.

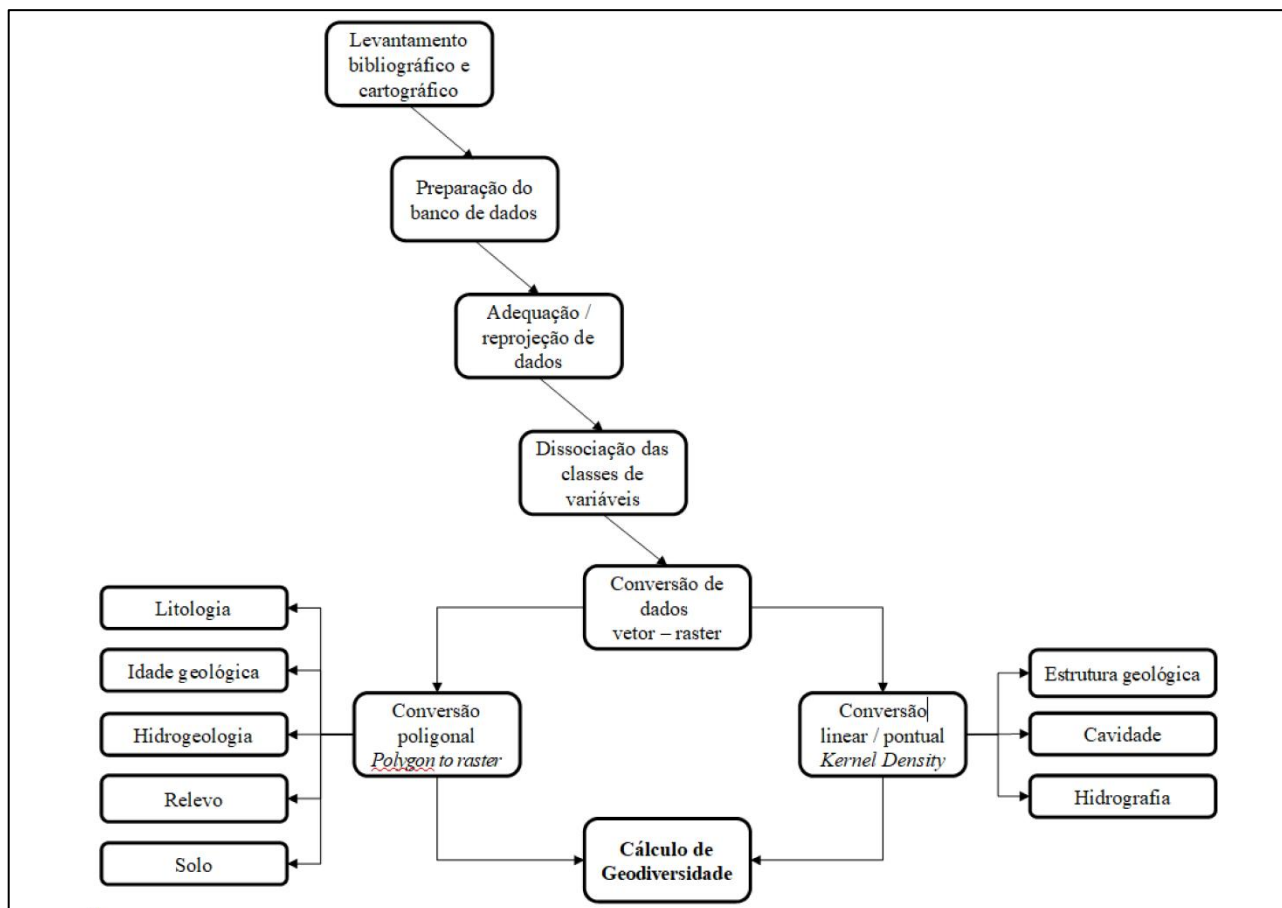
O contexto geológico da área engloba o embasamento, representado pelos Complexos Guanhanes, Gouveia e Mantiqueira com gnaisses, migmatitos e ortognaisses bandados (NOCE *et al.*, 2007) e por rochas sedimentares e metamórficas do Supergrupo Espinhaço composto pelos Grupos Diamantina e Conselheiro Mata.

O Caminho dos Diamantes margeia a Serra do Espinhaço com relevo montanhoso onde afloramentos quartzíticos sustentam os domínios serranos cobertos por campos rupestres. Essa serra tem grande importância do ponto de vista hídrico abarcando as nascentes do rio Jequitinhonha, dos rios Guanhanes e Peixe, onde encontra o rio Santo Antônio, afluente do Rio Doce.

A Estrada Real constitui hoje um grande atrativo turístico valorizado pelos relatos de viajantes naturalistas que a percorreram no século XIX, bem como as marcas toponímicas deixadas por eles, que mostram claramente seu valor patrimonial histórico, cultural e natural. Paula e Castro (2017) salientam que em virtude de sua geodiversidade e história, grande parte do patrimônio ao longo da Estrada foi construído lado-a-lado com as áreas de mineração e deixaram marcas na paisagem e na estrutura histórico-social dessas localidades. Travassos *et al.* (2008) também destacam o valor patrimonial da Estrada Real identificando e caracterizando cavidades naturais subterrâneas desenvolvidas, sobretudo em calcários e quartzitos.

## 2.1 Processamento dos dados

A **Figura 2** sintetiza a estrutura geral do método utilizado para atingir os objetivos desta pesquisa, que serão detalhados na sequência. O procedimento de avaliação é predominantemente baseado na análise de dados espaciais digitais em SIG.



**Figura 2:** Fluxograma das etapas metodológicas.

Para a efetivação deste trabalho foram utilizadas bases cartográficas disponibilizadas por órgãos públicos do Estado de Minas Gerais e do território brasileiro. Este modelo utilizou as seguintes variáveis:

- a) Litologia, idade geológica e geologia estrutural (CODEMIG, 2012; CPRM, 2013);
- b) Hidrogeologia (CPRM, 2013);
- c) Relevo (CPRM, 2013);
- d) Solo (FEAM, 2011);
- e) Cavidade (CECAV, 2017);
- f) Hidrografia (IGAM, 2012).

O processo exigiu tratamento e adequação/conversão de todos os dados para um único sistema de projeção (Universal Transversa de Mercator – UTM) e Datum (Sirgas 2000), a fim de garantir a integridade espacial das informações, por meio de técnicas de geoprocessamento em ambiente de SIG. Para o tratamento e modelagem de dados utilizou-se o software ArcGIS versão 10.3, nos quais os dados foram processados para análise.

A modelagem do índice de geodiversidade baseou-se no método empregado inicialmente por Serrano e Ruiz-Flaño (2007) e, mais tarde, adaptado por Pereira (2013) e por Sena *et al.* (2017). Este método sugere um modelo espacial para quantificar os elementos abióticos por meio de uma equação para definir índices da geodiversidade local. A equação utilizada é apresentada na sequência do artigo.

Este trabalho utilizou oito diferentes variáveis (somando 160 classes de feição) descritas na **Tabela 1**:

**Tabela 1:** Descrição das variáveis escolhidas para o estudo.

Variável	Definição da Variável	Forma	Número de Classes
Litologia	Tipo de litologia	Poligonal	61
Idade geológica	Idade geológica	Poligonal	7
Estrutura geológica	Proximidade de estruturas geológicas	Linear	1
Hidrogeologia	Unidade hidrogeológica	Poligonal	67
Relevo	Tipo de relevo	Poligonal	12
Solo	Unidade de solo	Poligonal	10
Cavidade	Proximidade de cavidades	Pontual	1
Hidrografia	Proximidade dos principais cursos d'água	Linear	1

O tratamento das bases cartográficas envolveu a adequação/conversão de todos os dados para o Sistema UTM e *Datum* Sirgas 2000. Após esse processo, foi necessário executar a dissociação das classes das variáveis, uma vez que se quantifica o índice de geodiversidade de acordo com a presença das variáveis na área. Para tanto, cada classe foi selecionada por meio de seus atributos (descritos na **Tabela 1**) e exportada individualmente para um novo arquivo.

Os dados utilizados neste trabalho foram empregados sob a configuração de mapas temáticos em formato matricial. As classes de feição foram trabalhadas em separado e convertidas para o formato matricial de forma a se estabelecer um valor aleatório individual. As imagens matriciais utilizadas foram geradas com pixels na dimensão de 250 x 250 m que, de acordo com a extensão espacial da área de estudo, possibilitou uma boa precisão visual e o cálculo do índice de geodiversidade. A dimensão das células foi definida com base no manual do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Este documento determina que, em decorrência da escala utilizada, o valor padrão da unidade mínima de mapeamento seja de 0,2 mm (IBGE, 1999).

Quanto aos dados vetoriais de formato poligonal (litologia, idade geológica, hidrogeologia, relevo e solo), para a álgebra de mapas, bastou a conversão dos dados de vetor para matriz, conforme Pereira (2013). Entretanto, optou-se por utilizar outras variáveis presentes no meio físico para o enriquecimento da informação e refinamento dos resultados. Desta forma, para os dados de formato linear (estrutura geológica e hidrografia) e pontual (cavidades naturais), optou-se por utilizar o método aplicado por Sena *et al.* (2017). Este método consiste na aplicação de uma ferramenta estatística para estimar a função de densidade do elemento em questão.

A ferramenta utilizada neste estudo foi a *Kernel Density* presente no pacote *Spatial Analyst Tools*, parte do software ArcGIS versão 10.3. A **Figura 3** ilustra as variáveis utilizadas no cálculo de geodiversidade com a aplicação da função de densidade.

O cálculo de geodiversidade foi feito utilizando a Equação 1 (PEREIRA, 2013). Esse autor baseia-se na equação desenvolvida por Serrano e Ruiz Flaño (2007), no entanto não considera a rugosidade.

$$Gd = \frac{N}{(\ln(S))} \quad (\text{eq.1})$$

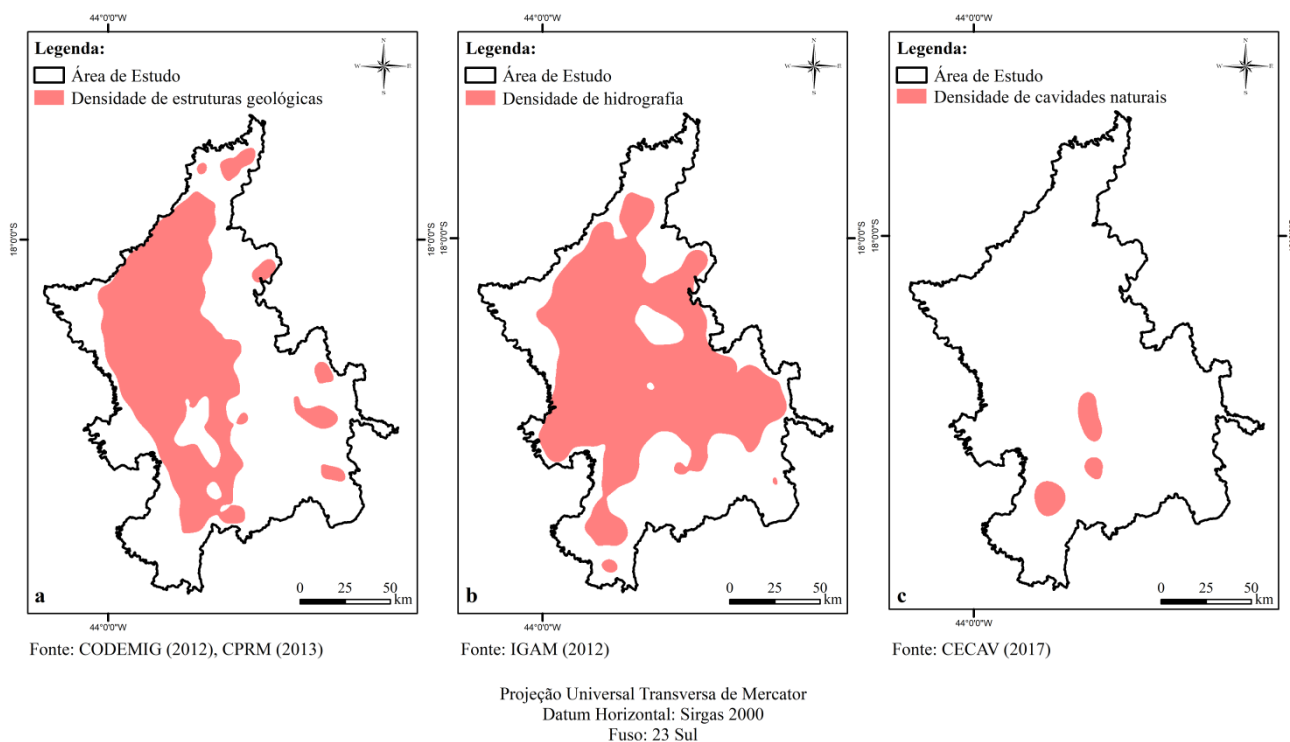
Em que:

Gd = índice de geodiversidade;

N = número de elementos físicos presentes na área;

S = superfície real da área estudada.

Tendo os dados organizados e aptos para aplicação torna-se viável a mensuração da geodiversidade local por meio da contagem das células das matrizes sobrepostas. Desta forma, será possível elencar diferentes valores com relação ao meio físico e indicar áreas prioritárias para a conservação ambiental apoiada nos conceitos de geodiversidade.



**Figura 3:** Variáveis utilizadas no cálculo de geodiversidade da área em estudo com a aplicação da função de densidade: a) Densidade de estruturas geológicas; b) Densidade de hidrografia; c) Densidade de cavidades naturais.

### 3. Resultados e discussão

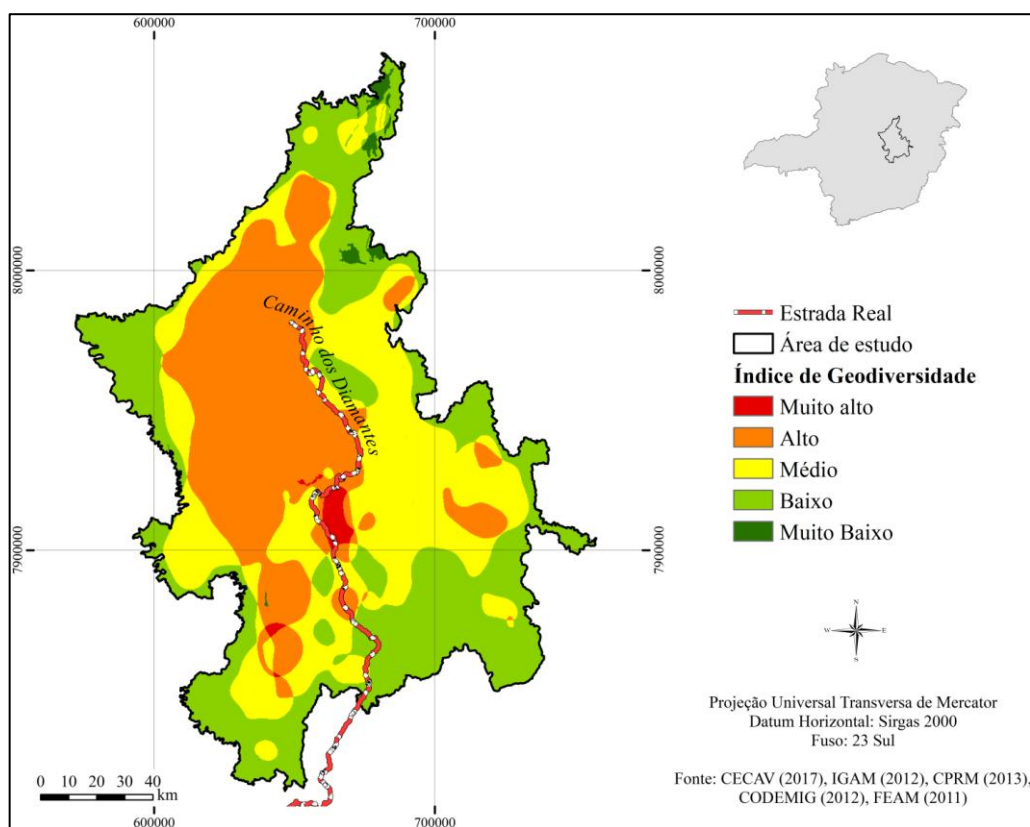
Após efetivar a metodologia descrita foi possível quantificar a geodiversidade da porção centro-norte do Caminho dos Diamantes indicando áreas para a conservação ambiental. O resultado final da álgebra de mapas gerou um índice contendo valores que variaram entre 5 e 9. Estes valores foram tematizados e classificados em ordem crescente da seguinte maneira: muito baixo, baixo, médio, alto e muito alto (**Figura 4**).

Cabe destacar que a classificação dos índices de geodiversidade aqui apresentados são válidos para a área da pesquisa. A questão da classificação é tema de constante debate entre pesquisadores da área, uma vez que, como destacam Gonçalves *et al.* (2020), a adoção de diferentes abordagens metodológicas para a classificação pode gerar resultados significativamente diferentes.

Os valores que indicam geodiversidade muito baixa estão presentes em apenas 0,8% da área e estão inseridos no extremo norte e nordeste que corresponde a uma pequena parte do município de Diamantina e de São Gonçalo do Rio Preto. A geodiversidade é baixa na maior parte do território e corresponde a 35,8%. É possível verificar que esta classe se define pelos municípios que estão no entorno da área de menor elevação e declividade. A porção definida com índice de média geodiversidade representa 31,6% da área e encontra-se em diferentes partes do território em zonas de transição entre a alta e baixa geodiversidade.

Os índices de alta geodiversidade correspondem à 30,9% do território. Estas áreas estão inseridas na Serra do Espinhaço e parte delas abriga importantes unidades de conservação como o Parque Estadual do Biribiri (Unidade de Proteção Integral), a Área de Proteção Ambiental (APA) Barão e Capivara (Unidade de Uso Sustentável), o Parque Nacional da Serra do Cipó (Unidade de Proteção Integral), além de outras áreas protegidas por lei, tais como a APA Serra Talhada, a APA Serra do Intendente, a Reserva Particular do Patrimônio Natural Alto do Palácio e Monumento Natural Serra da Ferragem.

As regiões classificadas como de muito alta geodiversidade representam 0,9% da área e estão inseridas nos municípios de Santana do Riacho, Conceição do Mato Dentro e Alvorada de Minas. Uma pequena parte que contempla o município de Santana do Riacho encontra-se dentro da Área de Proteção Ambiental Morro da Pedreira (Unidade de Uso Sustentável). A maior parte da área coincide com o percurso exato do Caminho dos Diamantes, na divisa entre os municípios de Conceição do Mato Dentro e Alvorada de Minas. Essa região apresenta importantes patrimônios como a caverna Lapa do Fogão e o Sítio Arqueológico Abrigo do Itaporoco.

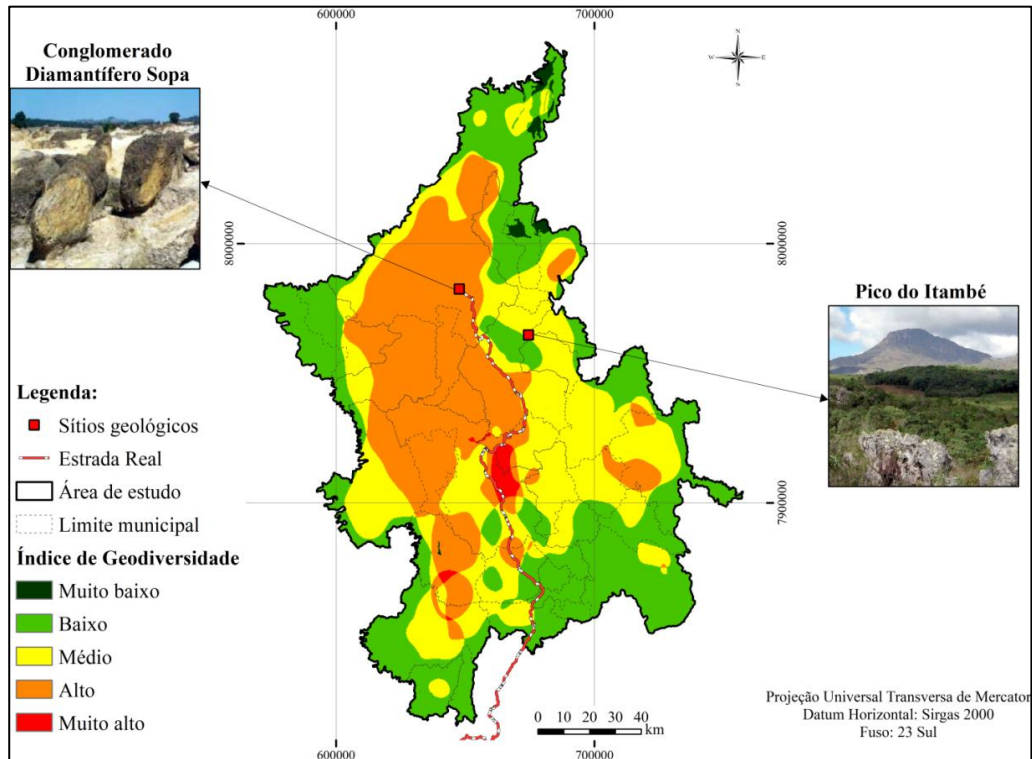


**Figura 4:** Geodiversidade da porção centro-norte do Caminho dos Diamantes.

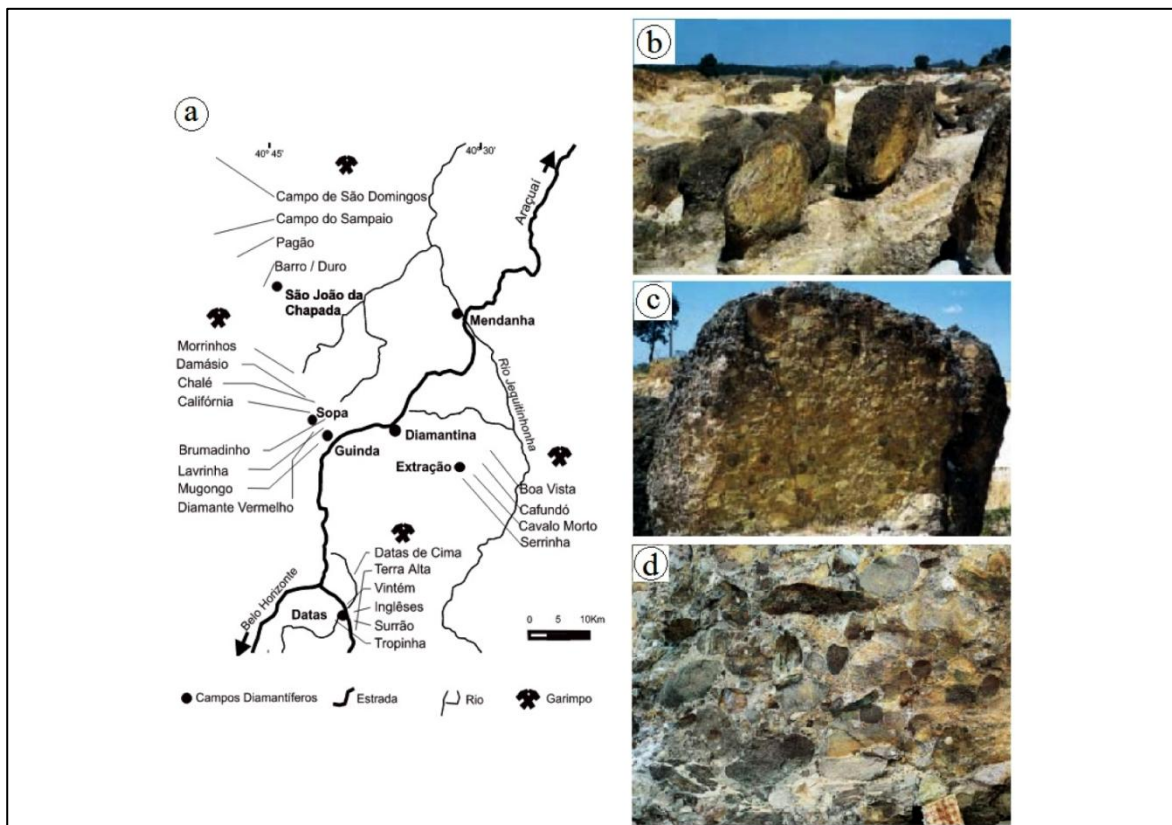
Apesar de compor uma pequena parcela da porção centro-norte do Caminho dos Diamantes, os municípios onde estão indicadas as áreas de alta e muito alta geodiversidade apresentam alto potencial turístico e paisagístico, estando inseridos na região da Serra do Cipó, vetor sul da Serra do Espinhaço. Além destes municípios estarem posicionados em um local estratégico aos visitantes da capital, distando cerca de 100 km de Belo Horizonte, a paisagem composta por elevadas bio e geodiversidade tornam estes lugares intensamente visitados de acordo com os dados recentes (2017) da Secretaria de Turismo de Minas Gerais (SETUR) (FONSECA FILHO *et al.*, 2018).

A região de estudo abriga dois importantes sítios da geodiversidade cadastrados que se caracterizam por serem sítios que possuem valores para além do científico, como valores didáticos e turísticos (BRILHA, 2005). Observa-se que a ocorrência destes geossítios não está relacionada com os valores mais elevados de geodiversidade. Desta forma, é importante considerar a possível existência de outros geossítios nas áreas de elevados índices de geodiversidade a serem descobertos e valorizados. Os geossítios atualmente cadastrados pela Comissão de Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil (SIGEP) foram espacializados e selecionados aqueles que se encontram na área de estudo. São eles: Conglomerado Diamantífero Sopa e Pico do Itambé (**Figura 5**).

O Conglomerado Diamantífero Sopa está localizado no sudeste do Município de Diamantina. Do ponto de vista geológico, este geossítio está localizado em uma região denominada província diamantífera da Serra do Espinhaço, que compreende os Estados de Minas Gerais e da Bahia, e está inserido em uma área que apresenta classificação de alta geodiversidade. Nesta região, afloram rochas do Supergrupo Espinhaço em sequências de quartzitos intercalando filitos e o Conglomerado Sopa. O Ribeirão Datas cruza grande parte da região diamantífera e é tido como um dos mais ricos do distrito. A área de abrangência deste geossítio apresenta rochas metassedimentares de natureza conglomerática preservadas devido à importância histórica, seu fácil acesso e proximidade da cidade de Diamantina (**Figura 6**). Apesar do número elevado de diamantes extraídos, verifica-se na região uma população muito empobrecida, o que gera uma disparidade com relação à riqueza mineral presente. Do ponto de vista histórico-econômico, caracterizado por um extrativismo intenso, é possível afirmar que o Conglomerado Diamantífero Sopa sofreu impactos ambientais significativos, originados nos séculos XVIII e XIX, e hoje se caracteriza pelas profundas marcas em sua paisagem de origem antrópica. A população presente nos arredores da região age no sentido de atenuar os impactos presentes (CHAVES e MENEGHETTI FILHO, 2002).



**Figura 5:** Localização dos geossítios da SIGEP na área de estudo.

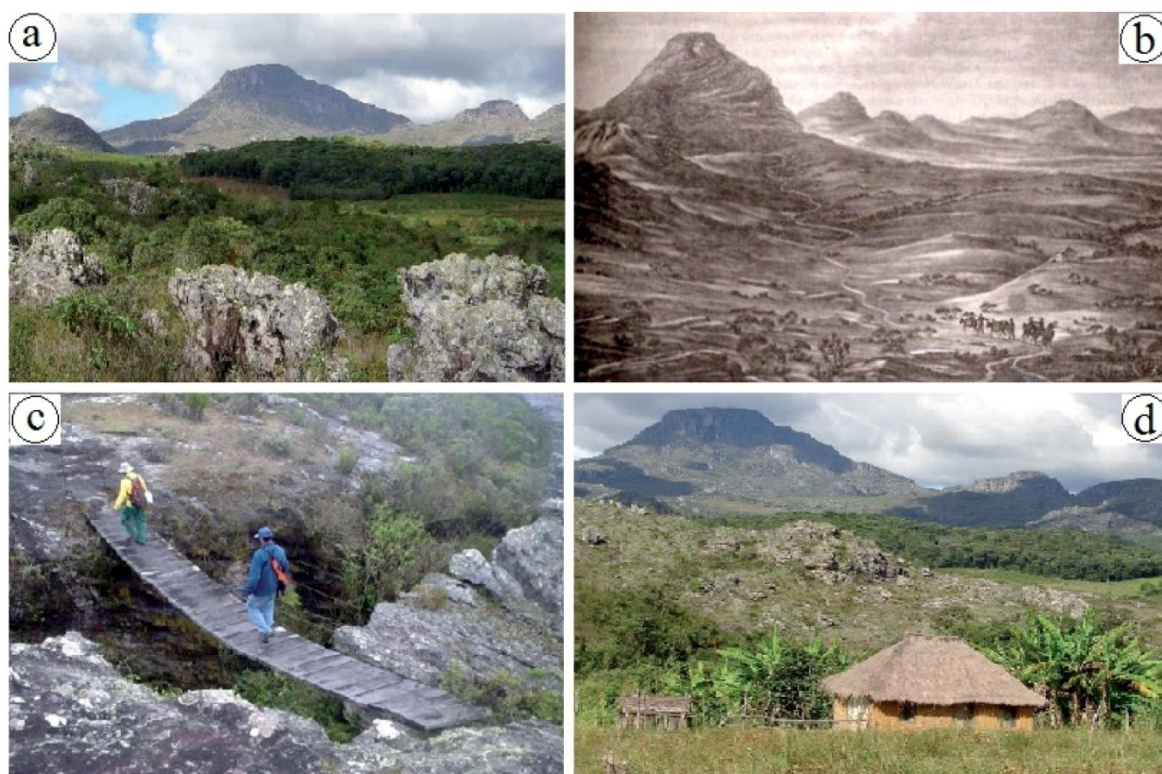


**Figura 6:** a) Principais sítios onde ocorre o Conglomerado Sopa no Distrito Diamantífero de Diamantina; b) Lavra abandonada de diamantes no Conglomerado Sopa; c,d) Detalhamento do Conglomerado Sopa. Fonte: Chaves e Meneghetti Filho (2002).

O geossítio Pico do Itambé está localizado ao norte do Município de Serro e integra parte do Complexo do Espinhaço, com aproximadamente 2.060m de altitude. O Pico do Itambé representa a maior altitude da



área de estudo (sendo ele o cume da Serra do Espinhaço) e está inserido em uma região classificada como média geodiversidade. Toda região de entorno do Pico é protegida pela esfera estadual por meio da Unidade de Conservação Parque Estadual do Pico do Itambé, implantado em janeiro de 2018. Seu acesso é custoso devido ao contorno de aproximadamente 100 km que deve ser feito para acessar a área. No local, há presença de rochas pré-cambrianas do Complexo Basal, do Grupo Serra da Serpentina e do Supergrupo Espinhaço. O local apresenta uma imponente paisagem natural com beleza cênica; grande reconhecimento histórico-cultural; bem como cavidades naturais que eram utilizadas como abrigos por grupos pré-históricos configurando importantes sítios arqueológicos de Minas Gerais, além de numerosas cachoeiras. Carrega um significativo legado histórico como ponto de referência para historiadores, viajantes e garimpeiros que atuavam na região de Diamantina por meio da extração de diamantes. Atualmente, o Parque que abriga o Pico do Itambé é cuidado por funcionários, habitantes do entorno, que trabalham de forma a preservar a integridade do local, bem como antigos garimpeiros que abandonaram as atividades de garimpo em prol da conservação ambiental nas proximidades do Pico (**Figura 7**) (CHAVES *et al.*, 2013).



**Figura 7:** a) Vista de oeste para leste do maciço quartzítico com o Pico do Itambé; b) Em destaque, o Pico do Itambé retratado na visão de naturalistas europeus em 1828; c) Trilha de acesso ao Pico do Itambé; d) Pequeno sítio encontrado na área do Parque. Fonte: Chaves *et al.* (2013)

Embora a metodologia empregada seja embasada no uso de geotecnologias, que se inovam e se atualizam continuamente, é necessário ressaltar que o Brasil ainda é um país que sofre de uma carência bastante significativa com relação à inexistência de algumas bases cartográficas ou mapeamentos sistemáticos em escala de detalhes. O detalhamento implica nos resultados obtidos (potencializando ou limitando os produtos) e é um fator que deve ser considerado na aplicação de qualquer metodologia que envolva a distribuição e análise espacial em ambiente SIG. Desta forma, trabalhos em campo podem ser uma etapa adicional de maneira a suprir esta necessidade em casos onde a escala da base cartográfica local não seja detalhada o suficiente.

#### 4. Considerações finais

A porção centro-norte é o trecho final do Caminho dos Diamantes, parte da maior rota turística do país. Os municípios por onde passam suas rotas atraem turistas do mundo inteiro devido a sua beleza cênica

entre outros atributos. A necessidade de implementação de práticas para a conservação deste território, tendo em vista os recursos da geodiversidade ali presente, é indispensável.

É possível observar que mais de 30% deste território é composto por áreas de alta e muito alta geodiversidade, principalmente no entorno da rota principal. A maior parte conservada da porção em questão encontra-se fora dos limites que indicam áreas de muito alta geodiversidade. Apenas uma mínima parte presente no município de Santana do Riacho é protegida pela Área de Proteção Ambiental Morro da Pedreira. As demais não são protegidas por nenhuma ação dos órgãos governamentais.

Este trabalho foi apoiado no uso de geotecnologias para a quantificação da geodiversidade local por meio de um índice calculado. Para a área em questão, o método utilizado foi eficaz permitindo a indicação de áreas para a conservação ambiental tendo em vista a variação quantitativa dos elementos abióticos locais por meio de uma análise espacial. Entretanto, sugere-se que trabalhos de campo sejam realizados a fim de refinar os resultados obtidos e realizar possíveis ajustes do modelo.

Recomenda-se que órgãos públicos e privados referentes aos municípios que apresentam maiores índices de geodiversidade invistam em práticas conservacionistas para estes territórios, uma vez que dispositivos de gestão ambiental e territorial estão atrelados à manutenção da geodiversidade. Cabe salientar que medidas de valorização e fruição do patrimônio devem ter investimento contínuo. Em se tratando de patrimônio geológico que tem um significado próprio para o entendimento da evolução da Terra, essas medidas permitem ao público compreender esse significado e contribuir para sua conservação. Tal prática possibilita o atendimento das necessidades das autoridades públicas e privadas com vistas a geoconservação, bem como das necessidades do turista que poderá desfrutar das belezas cênicas de maneira consciente.

### Agradecimentos

Esta pesquisa é parte da dissertação de Mestrado da primeira autora. Agradecimentos à Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo financiamento da pesquisa por meio de bolsa de Mestrado.

### Referências

BENITO-CALVO, A.; PÉREZ-GONZÁLEZ, A.; MAGRI, O.; MEZA, P. Assessing regional geodiversity: the Iberian Peninsula. **Earth Surf Process Landforms**. v.34, 1433-1445, 2009. DOI: 10.1002/esp.1840.

BRILHA, J. Patrimônio geológico e geoconservação: a conservação da natureza na sua vertente geológica. Braga: Palimage Editores; 2005.

CARCAVILLA, L.; LÓPEZ, J.; DURÁN, J. **Patrimonio geológico y geodiversidad: investigación, conservación, gestión y relación con los espacios naturales protegidos**. Madrid: Instituto Geológico y Minero de España; 2007

CECAV – CENTRO NACIONAL DE PESQUISA E CONSERVAÇÃO DE CAVERNAS. **Mapeamento espeleológico**, 2017. Disponível em: <<https://www.icmbio.gov.br/cecav/canie.html>>.

CHAVES, M. L. S. C.; ANDRADE, K. W.; BENITEZ, L. **Pico do Itambé, Serra do Espinhaço, MG – Imponente relevo residual na superfície de erosão Gondwana**, 2013. Disponível em: <<http://sigep.cprm.gov.br/sitio057/sitio057.pdf>>.

CHAVES, M. L. S. C.; MENEGHETTI FILHO, I. **Conglomerado Diamantífero Sopa, Região de Diamantina, MG – Marco histórico da mineração do diamante no Brasil**, 2002. Disponível em: <<http://sigep.cprm.gov.br/sitio036/sitio036.pdf>>.

CODMIG – COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Mapeamento geológico**, escala: 1:100.000, 2012. Disponível em: <<http://www.portalgeologia.com.br/index.php/mapa/>>.

CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Mapeamento geológico**, escala: 1:100.000, 2013. Disponível em: <<http://geowebapp.cprm.gov.br/ViewerWEB/>>.

- CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Mapeamento hidrogeológico e de relevo**, escala: 1:1.000.000, 2013. Disponível em: <<http://geowebapp.cprm.gov.br/ViewerWEB/>>.
- FEAM – FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. **Mapeamento pedológico**, escala: 1:650.000, 2011. Disponível em: <<http://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/>>.
- FONSECA FILHO, R. E.; CASTRO, P. T. A.; VARAJÃO, A. F. D. C.; FIGUEIREDO, M. A. Percepção dos visitantes do Parque Nacional da Serra do Cipó (MG) para o geoturismo. **Anuário do Instituto de Geociências**. v.41, 520-537, 2018. DOI: 10.11137/2018\_2\_520\_537.
- GONÇALVES, J.; MANSUR, K.; SANTOS, D.; HENRIQUES, R.; PEREIRA, P. A. Discussion on the Quantification and Classification of Geodiversity Indices Based on GIS Methodological Tests. **Geoheritage**. v.12, 1-20, 2020. DOI: 10.1007/s12371-020-00458-3.
- GORDON, J. E.; BARRON, H. F.; HANSOM, J. D.; THOMAS, M. F. Engaging with geodiversity – why it matters. **Proceedings of the Geologists' Association**. v.123, 1-6, 2012. DOI: 10.1016/j.pgeola.2011.08.002.
- GOULART, P. P. Quantificação da geodiversidade e avaliação da distribuição espacial na Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Silva. **Cadernos do Leste**. v.13, 116-133, 2013.
- GRAY, M. **Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature**. Chichester: Wiley Blackwell; 2013.
- HJORT, J.; LUOTO, M. Geodiversity of high-latitude landscapes in northern Finland. **Geomorphology**. v.115, 109-116, 2010. DOI: 10.1016/j.geomorph.2009.09.039.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Noções Básicas de Cartografia**, 1999. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/monografias/GEBIS%20-%20RJ/ManuaisdeGeociencias/Nocoas%20basicas%20de%20cartografia.pdf>>.
- IGAM – INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. **Mapeamento hidrográfico**, escala: 1:50.000, 2012. Disponível em: <<http://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/>>.
- MANOSSO, F. C.; ONDICOL, R. P. Geodiversidade: considerações sobre quantificação e avaliação da distribuição espacial. **Anuário do Instituto de Geociências**. v.35, 90-100, 2012. DOI: 10.11137/2012\_1\_90\_100.
- MEIRA, S. A.; MORAIS, J. O. Os conceitos de geodiversidade, patrimônio geológico e geoconservação: abordagens sobre o papel da geografia no estudo da temática. **Boletim de Geografia**. v.34, 129-147, 2016. DOI: 10.4025/bolgeogr.v34i3.29481.
- NECHES, I. M. Geodiversity beyond material evidence: a Geosite Type based interpretation of geological heritage. **Proceedings of the Geologists' Association**. v.127, 78-89, 2016. DOI: 10.1016/j.pgeola.2015.12.009
- NOCE, C. M.; PEDROSA-SOARES, A. C.; SILVA, L. C.; ALKMIM, F. F. O embasamento arqueano e paleoproterozóico do Orógeno Araçuaí. **Geonomos**. v.15, 17-23, 2007. DOI: 10.18285/geonomos.v15i1.104.
- PAULA, S. F.; CASTRO, P. T. A. Toponímia das cidades pertencentes ao Caminho dos Diamantes: dois séculos de viagens motivadas pela geodiversidade. **Caderno de Geografia**. v.27, 257-270, 2017. DOI: 10.5752/p.2318-2962.2017v27nesp2p257.
- PELLITERO, R.; GONZÁLEZ-AMUCHASTEGUI, M. J.; RUIZ-FLAÑO, P.; SERRANO, E. Geodiversity and geomorphosite assessment applied to a natural protect area: the Ebro and Rudron Gorges Natural Park (Spain). **Geoheritage**. v.3, 163-174, 2011. DOI: 10.1007/s12371-010-0022-9.
- PEREIRA, E. O.; RUCHKYS, U. Quantificação e análise da geodiversidade aplicada ao geoturismo na Área de Proteção Ambiental Sul da Região Metropolitana de Belo Horizonte – Minas Gerais. **Ra'e Ga O Espaço Geográfico em Análise**. v.37, 207-226, 2016. DOI: 10.5380/raega.v37i0.41642.

PEREIRA, E. O.; RUCHKYS, U.; PELLITERO, R. Modelagem da geodiversidade na Área de Proteção Ambiental Sul da Região Metropolitana de Belo Horizonte – MG. **Geonomos**. v.21, 97-101, 2013. DOI: 10.18285/geonomos.v21i2.277.

RUBAN, D. A. Quantification of geodiversity and its loss. **Proceedings of the Geologists' Association**. v.121, 326–333, 2010. DOI: doi.org/10.1016/j.pgeola.2010.07.002.

RUCHKYS, U.; MACHADO, M. M. M.; CACHÃO, M. Programa Rocha Amiga, iniciativas para crianças do ensino fundamental no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais – Brasil. **Anuário do Instituto de Geociências**. v.35, 261-270, 2012. DOI: 10.11137/2012\_1\_261\_270.

SAADI, A. A geomorfologia da Serra do Espinhaço em Minas Gerais e de suas margens. **Geonomos**. v.3, 41-63, 1995. DOI: 10.18285/geonomos.v3i1.215.

SANTOS, M. **Estradas Reais: Introdução ao estudo dos Caminhos do Ouro e do Diamante no Brasil**. Belo Horizonte: Editora Estrada Real; 2001.

SANTOS, D.; MANSUR, K.; GONÇALVES, J.; ARRUDA JUNIOR, E.; MANOSSO, F. Quantitative assessment of geodiversity and urban growth impacts in Armação dos Búzios, Rio de Janeiro, Brazil. **Applied Geography**. v.85, 184-195, 2017. DOI: 10.1016/j.apgeog.2017.03.009.

SENA, I. S.; CASAGRANDE, P. B.; ROCHA, N. A.; FONSECA, B. M.; RUCHKYS, U. Crowdsourcing and geoprocessing as a support to the elaboration of geotouristic routes. **Revista Brasileira de Cartografia**. v.69, 1536-1548, 2017.

SERRANO, E.; RUIZ-FLAÑO, P. Geodiversity: A theoretical and applied concept. **Geographica Helvetica**. v.62, 140-147, 2007. DOI: 10.5194/gh-62-140-2007.

SHARPLES, C. **Concepts and principles of geoconservation**. Hobart: Tasmanian Parks & Wildlife Service; 2002.

TRAVASSOS, L. E. P.; GUIMARÃES, R. L.; VARELA, I. D. Áreas cársticas, cavernas e a Estrada Real. **Pesquisas em Turismo e Paisagens Cársticas**. v.1, 107-120, 2008.

XAVIER-DA-SILVA, J.; PERSSON, V.; LORINI, M.; BERGAMO, R.; RIBEIRO, M.; COSTA, A.; IERVOLINO, P.; ABDO, O. Índices de geodiversidade: aplicações de SGI em estudos de biodiversidade. In: GARAY, I.; DIAS, B. (Orgs.). **Conservação da biodiversidade em ecossistemas tropicais**. Rio de Janeiro: Vozes, 2001. p.299-316.



Este artigo é distribuído nos termos e condições do *Creative Commons Attributions/Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual* (CC BY-NC-SA).