

# MODELAGEM DA GEODIVERSIDADE NA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL SUL DA REGIÃO METROPOLITANA DE BELO HORIZONTE – MG

Eric Oliveira Pereira<sup>1</sup>, Úrsula Ruchkys de Azevedo<sup>1</sup>, Ramón Pellitero Ondicol<sup>2</sup>

1 – Universidade Federal de Minas Gerais – Caixa postal: 253 31270-901, Cep: 31270-901 Avenida Antônio Carlos, 6627 – Belo Horizonte – Minas Gerais. [ericpereiraufmg@gmail.com](mailto:ericpereiraufmg@gmail.com); [tularuchkys@yahoo.com.br](mailto:tularuchkys@yahoo.com.br)

2 - University of Aberdeen, Department of Geography & Environment. St Mary's Buiding, AB24 3UF Elphinstone Road. Aberdeen, Scotland, UK, [manchopo2001@yahoo.es](mailto:manchopo2001@yahoo.es)

**RESUMO:** O termo geodiversidade vem sendo utilizado de forma análoga ao uso do termo biodiversidade para designar a diversidade natural da componente abiótica da natureza, composta pelos solos, pelas rochas, pelas formas de relevo, entre outros elementos. A Área de Proteção Ambiental Sul – APA Sul, localizada no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, possui um rico patrimônio natural, principalmente no que se refere aos elementos geológicos. Sua geodiversidade inclui afloramentos, solos, cachoeiras e diversas feições de relevo. Este trabalho objetiva modelar a geodiversidade da APA Sul a partir da quantificação de índices adaptando métodos já aplicados para outros estudos. A avaliação quantitativa da geodiversidade, cujos métodos ainda estão em evolução, confirmou a riqueza da área em termos de diversidade abiótica e contribuiu para indicação de áreas prioritárias para geconservação.

**Palavras-chave:** geoconservação, sistema de informação geográfica, análise ambiental, cartografia, patrimônio geológico.

**ABSTRACT:** GEODIVERSITY ON ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL SUL – APA SUL OF RMBH. The geodiversity term has been used similarly to use of the biodiversity term to designate the natural diversity of the abiotic component including the soils, rocks, landsforms, among others. The Área de Proteção Ambiental Sul – APA Sul, located in the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, has a rich natural heritage, especially with regard to geological elements. This geodiversity includes outcrops, soils, waterfalls and several features typical of the relief. This paper aims to model the geodiversity of APA Sul from quantifying indices adapting methods already applied to other studies. The quantitative assessments of geodiversity, whose methods are still evolving, confirmed the richness of the area in terms of geodiversity and for identify priority areas for geonconservation.

**Keywords:** geonconservation, geographic information systems, environmental analysis, cartography, geological heritage.

## 1. INTRODUÇÃO

Os estudos relativos à geodiversidade são relativamente novos quando comparados aos de biodiversidade. De acordo com Gray (2004), o primeiro uso do termo geodiversidade foi feito em um encontro entre geólogos e geomorfólogos na década de 1990 com o intuito de proteger os elementos da natureza não bióticos.

A partir deste encontro, o termo foi definido por diferentes autores (Johansson, 2000; Xavier-da-Silva, 2001; Stanley, 2001; Gray, 2004; Kozłowski, 2004; Pereira, 2010). Para Sharples (1995) ela pode ser entendida como:

[...] a diversidade geológica (formações rochosas), geomorfológica (formas da terra) e de feições do solo, bem como suas formações, sistemas e processos.

Várias áreas do conhecimento podem ser beneficiadas pelos estudos envolvendo geodiversidade. Dentre elas estão à orientação na implementação de políticas públicas; o planejamento, gestão e ordenamento territorial; a prevenção de desastres naturais e o auxílio a obras de engenharia (obras de infraestrutura). Além disso, cabe destacar a importância relativa à geoconservação (com a conservação da natureza) e ao geoturismo. As pesquisas envolvendo geodiversidade podem ter um foco qualitativo, quantitativo ou envolverem, de forma integrada, as duas perspectivas.

Aplicada a geoconservação, a geodiversidade vem sendo abordada de forma a auxiliar na identificação e caracterização de geossítios (ou lugares de interesse geológico) que apresentam valores especiais do ponto de vista educativo, científico, estético, turístico, etc., e que precisam ser conservados por constituírem o patrimônio geológico. Neste contexto merecem destaque os trabalhos de Sharples (2002); Ruchkys (2007); Manosso & Pellitero (2012); Ostanello (2012), dentre outros.

Considerando as pesquisas brasileiras, Ruchkys (2007) trabalhou a geodiversidade associada à seleção e descrição de geossítios que caracterizam o patrimônio geológico do Quadrilátero Ferrífero mostrando seu potencial para criação de um geoparque conforme preconizado pela UNESCO. Ostanello (2012) em uma escala maior inventariou lugares de interesse geológico e propôs trilhas geoturísticas no Parque Estadual do Itacolomi, localizado nos municípios de Ouro Preto e Mariana. Manosso (2012) identificou e quantificou a geodiversidade da Serra do Cadeado, Paraná, a partir das variações verticais e horizontais da estrutura geocológica que caracterizam diferentes unidades. Com a identificação e quantificação da geodiversidade, em cada uma das unidades, o pesquisador apresentou uma avaliação das potencialidades da paisagem para aproveitamento geoturístico considerando diferentes valores que alguns geossítios ou conjunto desses apresentam.

No que diz respeito à quantificação da geodiversidade destacam-se os trabalhos de Xavier-da-Silva et al., 2001; Benito-Calvo et al., 2009; Mulligan & Parks, 2010; Serrano & Ruiz-Flaño, 2007; Zhang et al., 2003; Hjort & Luoto, 2010; Pellitero, 2012.

Minas Gerais é um Estado que se destaca por sua rica geodiversidade, muitas vezes associada a importantes recursos minerais, como é o caso da região do Quadrilátero Ferrífero onde se localiza a Área de Proteção Ambiental Sul da Região Metropolitana de Belo Horizonte (APA SUL – Figura 1). A APA Sul foi criada pelo Decreto Estadual número 35.624 de 1994 para disciplinar o processo de uso e ocupação assegurando a conservação de mananciais e da biodiversidade. Além disso, a região abriga importante patrimônio natural associado a remanescentes de Floresta de Mata Atlântica, sítios arqueológicos, paleontológicos e geológicos.

Neste contexto, o objetivo geral deste trabalho foi quantificar a geodiversidade da APA SUL por meio do cálculo de índices. Os objetivos específicos foram o de contribuir para gestão territorial baseada nos índices calculados, bem como analisar, descrever e classificar a geodiversidade da área de estudo.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

As bases cartográficas utilizadas para a aplicação do método escolhido foram extraídas do material do Projeto APA SUL do Serviço Geológico do Brasil (CPRM), publicado no ano de 2005. Os dados utilizados foram: litologia, idade geológica, unidades do solo, unidades de relevo, unidades morfológicas, unidades hidrológicas e ocorrências minerais.

A utilização das variáveis citadas acima foi baseada na disponibilidade de dados e na sua relevância em relação à área de estudo. Todos os dados, segundo os documentos da CPRM (2005), estão em escala não menor que 1: 50.000, o que possibilitou a geração de dados com uma boa precisão. Todas as etapas de manipulação e cruzamento de dados foram executadas no *software* ArcGis 10.1.

O método utilizado foi àquela desenvolvida inicialmente por Serrano & Ruiz-Flaño (2007) e adaptada por Hjort & Luoto (2010) e Pellitero (2012). A equação 1 representa a fórmula utilizada por Serrano & Ruiz-Flaño (2007).

$$Gd = Eg R / \ln S$$

Equação 1: Índice de geodiversidade. Fonte: Serrano & Ruiz-Flaño (2007).

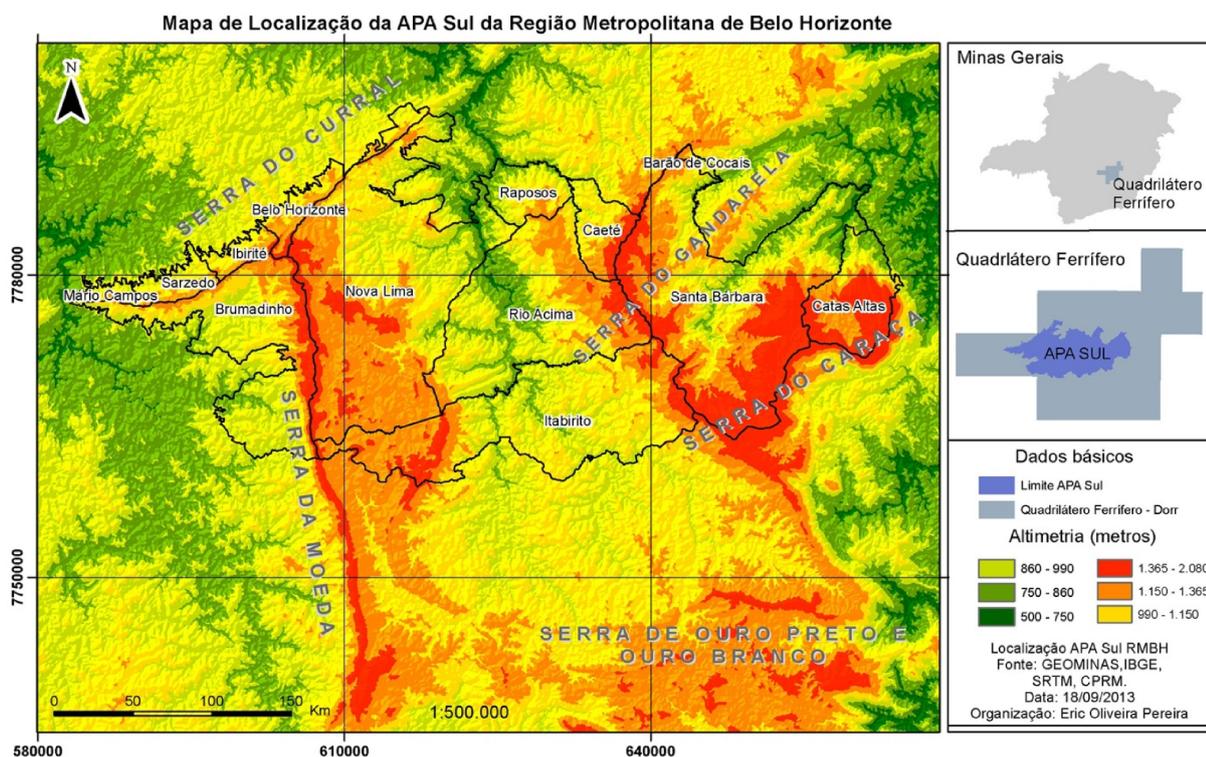


Figura 1 - Mapa de localização da APA SUL RMBH. Fonte: organizado pelo autor.

Onde: Gd = índice de geodiversidade; Eg = número de elementos diferentes (geológicos, geomorfológicos, hidrológicos e pedológicos); R = Coeficiente de rugosidade; Ln = Logaritmo Neperiano; S = área da superfície.

Contudo, neste trabalho, não foram utilizadas os termos R e Ln S. A variável rugosidade (R) é utilizada para sugerir a existências de microclimas devido a variação do relevo, dada pela relação entre declividade e orientação. Esta variável já foi testada estatisticamente por outros pesquisadores que demonstraram a não existência de correlação entre a rugosidade e a geodiversidade, assim como uma baixíssima correlação entre R, declividade e orientação.

A variável Ln S, é utilizada para reduzir o peso da área da superfície no cruzamento dos dados, quando as áreas são de tamanhos diferentes. Todavia, este trabalho utiliza dados *raster*, o que torna todas as áreas comparadas iguais, sendo assim, não é necessário utilizar o coeficiente Ln S.

O método envolveu diferentes etapas que estão discriminadas na Figura 2. Inicialmente foi feita à revisão bibliográfica, a seleção da área e seu recorte espacial e a definição da escala de trabalho.



Figura 2 - Fluxograma das etapas do método. Fonte: elaborado pelo autor.

A etapa seguinte constou da seleção das variáveis associadas à geodiversidade (litologia, idade geológica, unidades de relevo, unidades morfológicas, unidades hidrogeológicas, ocorrências minerais) e a individualização das classes de feições presentes nas sete variáveis.

Para a execução do passo seguinte foi necessário atribuir um valor para cada uma das classes de feições. Para isso foi criada a coluna valor na tabela de atributos do dado vetorial. Cada classe de feição recebeu um valor aleatório distinto e a área de estudo recebeu o valor zero (0). A tabela 1 mostra o número de arquivos vetoriais para cada uma das sete variáveis utilizadas no processamento.

Tabela 1 - Variáveis por número de classes. Fonte: elaborado pelo autor.

Variáveis	Número de Classes
Unidades Morfológicas	12
Unidades de Relevo	16
Unidades do Solo	22
Ocorrências Minerais	12
Unidades Hidrológicas	9
Idade Geológica	4
Litologia	44
<b>TOTAL</b>	<b>119</b>

A atribuição de valores foi necessária para que a etapa de conversão para o formato *raster* fosse possível. Isso porque este formato não possui uma tabela de atributos relacionada a cada elemento. Nesse caso, cada uma das 119 informações se distingue entre si através dos valores distintos atribuídos a cada classe de feição.

Com a conclusão da etapa anterior a conversão para o formato *raster* pode ser realizada, para isso a ferramenta *Polygon to raster* foi utilizada. O valor de 250 x 250 metros foi definido para o tamanho do *pixel*, considerando-se a escala de origem dos dados originais.

Após a realização das etapas descritas anteriormente os dados foram organizados e inseridos na ferramenta *Cell Statistics* do pacote de ferramentas *Spatial Analyst*. O resultado é um arquivo, também no formato *raster*, que corresponde ao valor de sobreposição de elementos distintos em uma mesma área.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação do método propiciou a elaboração do mapa de geodiversidade da APA Sul apresentado na figura 3. Os valores de geodiversidade variam de 1 a 10, sendo que o valor 1 corresponde a menor diversidade e o valor 10 a maior.

Existem alguns pontos destacáveis no resultado que são, a alta frequência do valor 7, que pode ser considerada, relativo a APA SUL RMBH, uma geodiversidade entre média e alta. Outro ponto que se destaca é a ocorrência de círculos com valores mais altos de geodiversidade, que variam de 8 a 10, isso devido à presença de informações pontuais referentes a ocorrências minerais.

Áreas com baixos valores de geodiversidade são bastante raras dentro da APA Sul, porém existem algumas pequenas ocorrências. O valor 6, correspondente a uma geodiversidade média e coincide com afloramentos rochosos como os da Serra do Caraça, na porção leste da APA Sul.



**5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Benito-Calvo, A., Pérez-González, A., Magri, O. & Mezza, P. 2009. Assessing regional geodiversity: the Iberian Peninsula. *Earth Surface Processes and Landforms*, 34:1433 – 1445.
- Gray, M. (Eds.) 2004. *Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature*. John Wiley & Sons, Chichester, England, 448 pp.
- Hjort & Luoto. 2010. Geodiversity of high-latitude landscapes in northern Finland. *Elsevier Geomorphology*, 115:109-116.
- Johansson, C. (Eds.) 2000. *Geodiversitet i Nordisk Naturvard*. Nordisk Ministerraad, Suíça, 151 pp.
- Kozłowski, S. 2004. The concept and scope of Geodiversity. *Przeład Geologiczny*, 52:833-837.
- Manosso, F. C. 2012. Potencialidades da paisagem na Região da Serra do Cadeado-PR: abordagem metodológica das relações entre a estrutura geocológica, a geodiversidade e o geoturismo. Tese de Doutorado, Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes, Universidade Estadual de Maringá, 183 p.
- Manosso, F. C. & Pellitero, R. O.. 2012. Geodiversidade: Considerações Sobre Quantificação e Avaliação da Distribuição Espacial. *Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ*, 35-1:90-100.
- Mulligan, M. & Parks, K. E.. 2010. On the relationship between a resource based measure of geodiversity and broad scale biodiversity patterns. *Springer Science + Business Media B.V.* 19:2751-2766.
- Ostanello, M. C. 2012. O patrimônio geológico do Parque Estadual do Itacolomi (Quadrilátero Ferrífero, MG): inventariação e análise de lugares de interesse geológicos e trilhas geoturísticas. Dissertação de Mestrado, Departamento de Geologia, Universidade Federal de Ouro Preto, 204 p.
- Pellitero, R. O.. 2012. Geomorfología, paleoambiente cuaternario y geodiversidad en el Macizo de Fuentes Carrionas-Montaña Palentina. Tese de Doutorado, Departamento de Geografía, Universidade de Valladolid, 1085 p.
- Pereira, R. G. 2010. Geoconservação e desenvolvimento sustentável na Chapada Diamantina (Bahia-Brasil). Tese de Doutorado – Escola de Ciências, Universidade do Minho. 318 p.
- Ruchkys, U. de A. 2007. Patrimônio Geológico e Geoconservação no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais: Potencial para a Criação de um Geoparque da UNESCO. Tese de Doutorado, Departamentneo de Geologia, Universidade Federal de Minas Gerais, 211 p.
- Serrano, E. & Ruiz-Flaño, E. C. 2007. Geodiversidad: concepto, evaluación y aplicación territorial. El caso de Tiernes Caracena (Soria). *Boletín de la A.G.E.* 45:79-98.
- Sharples, C. 1995. Geoconservation in forest management: principles and procedures. *Tasforests*, 7:37 – 50.
- Sharples, C. 2002. Concepts and Principles of Geoconservation. Pdf document. Tasmanian Parks & Wildlife Service website. Disponível em: [http://www.dpiw.tas.gov.au/inter,nsf/Attachments/SJON-57W3YM/\\$FILE/geoconservation.pdf](http://www.dpiw.tas.gov.au/inter,nsf/Attachments/SJON-57W3YM/$FILE/geoconservation.pdf). Acessado em: 20 mar 2013.
- Stanley, M. 2001. Editorial. *Geodiversity Update*, 1:1.
- Xavier-da-Silva, J. (Eds.) 2001. *Geoprocessamento para análise ambiental*. Jorge Xavier da Silva, Rio de Janeiro, 228 pp.
- Zhang, C. J. X. 2003. Pedodiversity analysis in Hainan Island. *Journal of Geographical Sciences*, 13:181-186.

Contribuição ao II Simpósio Brasileiro de Patrimônio Geológico

I Workshop Brasileiro de Patrimônio Geológico Construído

24 a 28 de setembro de 2013, Ouro Preto, MG.