

## A paleotoca da Serra do Gandarela e seu potencial como geossítio do Geoparque Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais

*The paleoburrow of the Gandarela Mountains and its potential as a geosite of the Quadrilátero Ferrífero Geopark, Minas Gerais*

*Úrsula de Azevedo Ruchkys*

Geóloga, Doutora em Geologia pela UFMG  
Professora do Programa de Pós-Graduação em Análise e Modelagem  
de Sistemas Ambientais da UFMG  
[tularuchkys@yahoo.com.br](mailto:tularuchkys@yahoo.com.br)

*Jonathas de Souza Bittencourt*

Biólogo, Doutor em Biologia Comparada  
Pesquisador do Centro de Pesquisa Manoel Teixeira da Costa da UFMG  
[sigmaorionis@yahoo.com.br](mailto:sigmaorionis@yahoo.com.br)

*Francisco Sekiguchi de Carvalho e Buchmann*

Oceanólogo, Doutor em Geologia pela UFRGS  
Professor do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Aquática da UNESP  
[paleonchico@yahoo.com.br](mailto:paleonchico@yahoo.com.br)

### RESUMO

A paleotoca registrada na Serra do Gandarela, Quadrilátero Ferrífero (MG), constitui um importante registro paleontológico da megafauna extinta de mamíferos, semelhante às ocorrências prévias em formações ferríferas no norte de Minas Gerais e em litologias diversas de outras regiões do país. Destaca-se pelas dimensões de 340m de comprimento, o que faz dela a maior paleotoca encontrada até o momento. Este trabalho, realizado sob os auspícios do Ministério Público de Minas Gerais, tem como objetivo avaliar o valor científico, pedagógico e educacional associado a esta ocorrência, visando sua inserção como geossítio do Geoparque Quadrilátero Ferrífero. Esta análise preliminar sugere que a paleotoca da Serra do Gandarela é um exemplo de patrimônio paleontológico com valores que legitimam plenamente sua proposição como sítio paleontológico/geológico do Geoparque Quadrilátero Ferrífero.

**Palavras-Chave:** Paleotoca, megafauna extinta, Serra do Gandarela, Geoparque Quadrilátero Ferrífero.

### ABSTRACT

The paleoburrow in the Gandarela Mountains, Quadrilátero Ferrífero (MG) is an important record of the extinct megafauna of mammals. This is similar to previous occurrences in iron formations in northern Minas Gerais and in several rocks in other regions of Brazil, but stands out for the dimensions of length 340m, making it the largest paleoburrow found so far. This work has been carried out under the sponsorship of the Minas Gerais Public Prosecutor's Office. The scientific and educational significance of this fossil occurrence is assessed, aiming at its inclusion as a geosite of the Quadrilátero Ferrífero Geopark. This preliminary analysis suggests that this paleoburrow is a valuable example of paleontological heritage, what fully legitimates its proposition as a paleontological/geological site of Quadrilátero Ferrífero Geopark.

**Keywords:** Paleoburrow, extinct megafauna, Gandarela Mountains, Quadrilátero Ferrífero Geopark.

## 1. INTRODUÇÃO

Paleotocas são escavações (i.e. icnofósseis) produzidas por vertebrados extintos para habitação, refúgio ou estivação, constituindo um registro indireto da presença de grupos taxonômicos onde fósseis corpóreos são inexistentes. Estruturas desta natureza têm sido registradas em diversas regiões do Brasil e Argentina, embora a maior parte das descobertas esteja restrita a estados do sul do Brasil (BERGQVIST; MACIEL, 1994; BUCHMANN et al., 2003; FRANK et al., 2012). As litologias onde paleotocas foram escavadas são diversas, incluindo matrizes sedimentares, basálticas, granito-gnáissicas e cangas originadas de depósitos ferríferos (BUCHMANN et al., 2003, 2009; CARMO et al. 2011a,b), como a registrada na Serra do Gandarela.

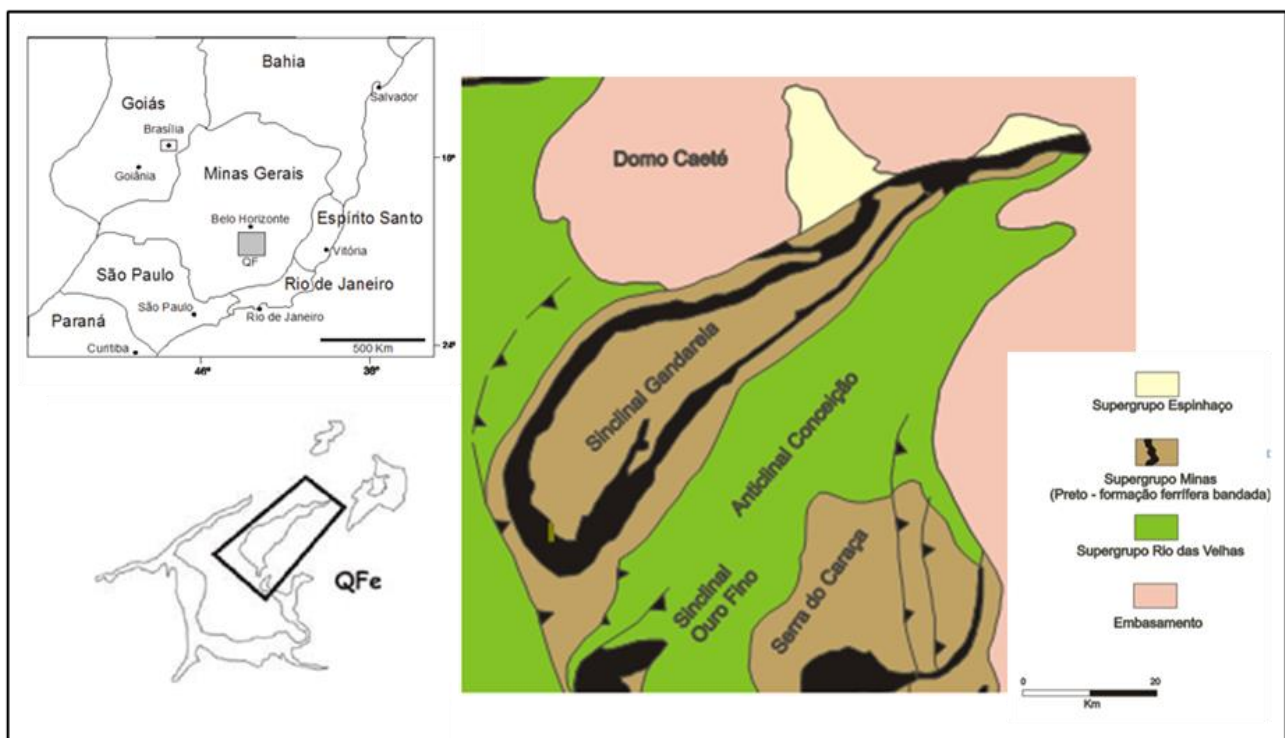
As primeiras descrições de paleotocas em sistemas ferruginosos foram feitas por Carmo et al. (2011a,b). As cavidades estão localizadas na região conhecida como Vale do Rio Peixe Bravo, norte de Minas Gerais. Buchmann et al. (2013a,b) descrevem na mesma região a ocorrência de 12 paleotocas escavadas no metadiamicrito (minério de ferro) e na canga. Segundo estes autores, nas paredes foram identificadas dezenas a centenas de marcas de garras por metro quadrado, muitas delas formando marcas duplas paralelas, às vezes marcas duplas entrelaçadas. Os autores concluíram que as grandes dimensões das paleotocas, o tamanho e morfologia das marcas e principalmente as marcas duplas permitem atribuir estas paleotocas a milodontídeos cavadores (preguiças-gigantes de dois dedos).

A paleotoca associada à cavidade AP-38, na Serra do Gandarela (FRANK et al., 2012; BITTENCOURT et al., no prelo), constitui um registro adicional deste tipo de estrutura em sistema ferruginoso, o primeiro para a região do Quadrilátero Ferrífero (QF). Devido à carência de restos esqueléticos, esta paleotoca é até então o único testemunho da megafauna extinta de mamíferos no QF, em contraste com o amplo registro de mamíferos pleistocênicos na Região Intertropical Brasileira, a partir de materiais encontrados principalmente em cavernas desenvolvidas em depósitos carbonáticos (CARTELLE, 2012).

Este trabalho tem como meta avaliar o valor científico, pedagógico e educacional associado à ocorrência desta paleotoca, visando sua inserção como geossítio do Geoparque Quadrilátero Ferrífero.

## 2. GEOLOGIA REGIONAL E PATRIMÔNIO GEOLÓGICO

A paleotoca está localizada na Serra do Gandarela, que engloba a porção nordeste do QF, Minas Gerais, na mega-estrutura denominada Sinclinal Gandarela. A Serra é sustentada por metassedimentos do Supergrupo Minas em especial pelas rochas das Formações Gandarela e Cauê (Grupo Itabira) que estão em contato com o Grupo Nova Lima – unidade metavulcânica do Supergrupo Rio das Velhas e com rochas do embasamento cristalino do Complexo Metamórfico Caeté (Figura 1).



**Figura 1**-Localização e contexto geológico do Sinclinal Gandarela, Quadrilátero Ferrífero. Fonte: Modificado de Alkmim e Marshak (1998), Oliveira et al. (2005) e Ruchkys (2007).

No contexto geológico regional do QF, além da sequência estratigráfica descrita anteriormente, destaca-se a presença de rochas básicas e metabásicas intrusivas que cortam as seqüências supracrustais e os terrenos granito-gnáissicos especialmente a oeste de Belo Horizonte e na Serra do Caraça (RUCHKYS et al., 2012).

O Fanerozóico encontra-se restrito a pequenas bacias intramontanas cenozóicas, como a Bacia do Gandarela, sendo representado essencialmente por rochas pelíticas, linhetos da Formação Fonseca (CASTRO et al., 2001) e conglomerados compostos por clastos de itabiritos da Formação Chapada de Canga (SANTANA et al., 1997).

Levando em conta todo seu acervo geológico, geomorfológico, paleontológico, pedológico, hidrológico, o QF é considerado uma região de rica geodiversidade, entendida por Kozlowski (2004) como:

[...] variedad natural en la superficie terrestre, referida a los aspectos geológicos, geomorfológicos, suelos, hidrología, así como otros sistemas generados como resultado de procesos naturales (endógenos y exógenos) y la actividad humana (KOZLOWSKI, 2004, p.56).

Conforme Brilha (2005), locais bem delimitados geograficamente onde ocorrem um ou mais elementos da geodiversidade com valor singular do ponto de vista científico, pedagógico, cultural e turístico são denominados geossítios e integram o patrimônio geológico de uma região.

Para Ruchkys (2007, p.10) o patrimônio geológico é um recurso documental de caráter científico, de conteúdo importante para o conhecimento e estudo da evolução dos processos geológicos, e que constitui o registro da totalidade de evolução do planeta.

Em termos mundiais, preocupações específicas com o reconhecimento do patrimônio geológico tiveram início com o Programa Geoparque, apresentado à comunidade científica em 1999 pela Divisão das Ciências da Terra da UNESCO. No entanto, como salienta Brilha (2012), por motivos financeiros o Programa nunca foi efetivamente aprovado e implantado pela UNESCO, embora esta instituição tenha decidido apoiar simbolicamente as iniciativas pontuais que se enquadrem na filosofia inicialmente delineada. Assim foi criada a Rede Mundial de Geoparques sob os auspícios da UNESCO, bem como redes de cooperação regionais, como é o caso da Rede Europeia de Geoparques, a primeira do gênero, criada em 2000.

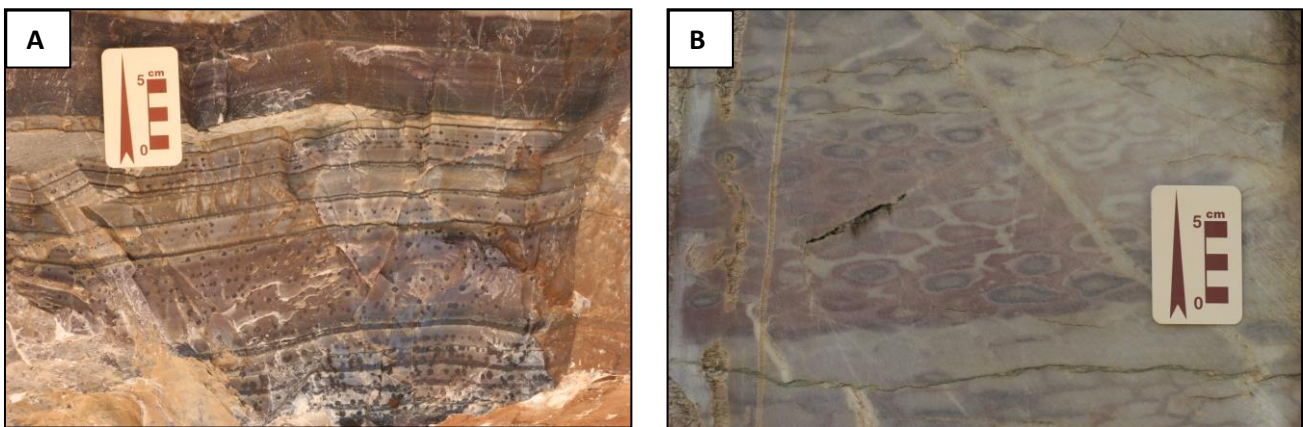
Na concepção da UNESCO (1999) um geoparque é um território com limites bem definidos e com a presença de significativo patrimônio geológico, além de valores ecológicos, arqueológicos, históricos, culturais. Este território deve constituir em um espaço fundamental para a geoconservação, o geoturismo, a educação e a popularização da ciência sem ferir os direitos legais de outros tipos de uso ou atividades econômicas.

### **3. GEOPARQUE QUADRILÁTERO FERRÍFERO E SEU PATRIMÔNIO PALEONTOLÓGICO**

Várias são as tipologias de patrimônio geológico, a Comissão Brasileira dos Sítios Geológicos e Paleobiológicos – SIGEP que tem realizado um inventário sistematizado dos geossítios do Brasil considera as seguintes: paleontológicos; paleoambientais; sedimentológicos; geomorfológicos; marinhos; ígneos; espeleológicos; história da geologia; história da mineração (patrimônio mineiro); astroblema; marinhos; tectônicos; hidrogeológicos (SCHOBENHAUS et al., 2002; WINGE et al., 2009).

Considerando o significativo patrimônio geológico do QF bem como os critérios da UNESCO, Ruchkys (2007) e Ruchkys et al. (2012) mostraram o potencial dessa região para criação de um geoparque. No QF várias são as tipologias de geossítios encontrados com destaque para os da história da mineração (minas da Passagem, de Morro Velho, ruínas da Fábrica Patriótica); geomorfológicos (Serras do Curral, da Moeda, de Ouro Preto); dentre outros.

Em relação ao acervo paleontológico, no QF os fósseis mais antigos têm idade entre 2.1 e 2.4 Ga encontrados nas rochas da Formação Gandarela e da Formação Fecho do Funil (BABINSKI et al., 1995; BEKKER et al., 2003). Na Formação Gandarela predomina a ocorrência de oncólitos, que são grãos não esqueléticos carbonáticos com laminação micrítica irregular ao redor de um núcleo, os quais derivam do crescimento de bactérias ou cianobactérias em associação com processos de mineralização inorgânica, localmente podem ser observados estromatólitos colunares preservados. Na Formação Fecho do Funil ocorrem estromatólitos, observados em mármore da Pedreira do Cumbi em Cachoeira do Campo (Figura 2A e 2B).



**Figura 2** - Registros fósseis do Quadrilátero Ferrífero: (A) oncólitos na Formação Gandarela e (B) estromatólitos na Formação Fecho do Funil.

Todas estas ocorrências foram estudadas por Babinski et al. (1995), Bekker et al. (2003) do ponto de vista cronoestratigráfico e geocronológico e por Ruchkys (2007) do ponto de vista patrimonial. Morato et al. (2006) descreveram estruturas sedimentares possivelmente biogênicas em rochas ricas em ferro do Paleoproterozoico da Formação Cercadinho. Neste caso, os supostos icnofósseis são semelhantes a escavações produzidas por algum animal que vivia enterrado no substrato. Há um problema cronológico nessa interpretação, já que os primeiros metazoários cavadores aparecem no registro fóssil apenas no Cambriano (DROSER; LI, 2001) – quase dois bilhões após a formação das rochas da Formação Cercadinho. A interpretação sobre a origem biológica do achado requer novas descobertas para confirmação.

Os registros paleontológicos mais recentes no QF correspondem à ocorrência de insetos e, principalmente, vegetais fósseis encontrados nas bacias “terciárias” do Gandarela e Fonseca (MELLO et al. 2002; MARTINS NETO, 2005). Levantamentos recentes mostram a ocorrência de pelo menos 19 famílias de angiospermas na Bacia de Fonseca e 10 famílias na Bacia do Gandarela (FANTON, 2013), além de inúmeras famílias botânicas registradas por meio de palinomorfos (MAIZATTO, 2001). A Bacia de Fonseca é reconhecida como importante sítio geológico e paleontológico brasileiro pela Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleontológicos – SIGEP (MELLO et al., 2002).

A partir do trabalho pioneiro de Simmons (1963), nos últimos anos têm sido descritas a ocorrência de cavidades desenvolvidas em canga, que guardam, conforme Carmo (2010) e Carmo et al. (2012) um relevante patrimônio geoambiental, arqueológico e biológico ainda pouco conhecido. Como mencionado, a paleotoca da Serra do Gandarela também associada a sistemas ferruginosos e pode ser considerada como um geossítio paleontológico desta região.

#### **4. CONSIDERAÇÕES SOBRE O PATRIMÔNIO FOSSILÍFERO**

Embora para muitos autores o patrimônio paleontológico seja considerado uma das tipologias de patrimônio geológico por permitir reconhecer, estudar e interpretar a evolução da história da Terra, para Cachão et al. (1998), Silva et al. (1998) e Pereira (2004) os fósseis integram um tipo de patrimônio que transcende esse conceito.

Segundo Souza-Miranda (2006) e Abaide (2009), no Brasil a primeira referência legal a este tipo de patrimônio é o Decreto-Lei n. 4146 de 1942, ainda vigente que dispõe:

Art. 1º Os depósitos fossilíferos são propriedade da nação, e, como tais, a extração de espécimes fósseis depende de autorização prévia e fiscalização do Departamento Nacional de Produção Mineral, do Ministério da Agricultura”.

Abaide (2012, p.4 ) destaca o Art. 216 da Constituição Federal de 1988, onde são incluídos os sítios paleontológicos no rol dos bens integrantes do patrimônio cultural brasileiro:

Art. 216 Constituem patrimônio cultural brasileiro, os bens de natureza material e imaterial, tomados individualmente ou em conjunto, portadores de referência à identidade, à ação, à memória dos diferentes grupos formadores da sociedade brasileira, nos quais se incluem: os conjuntos urbanos e sítios de valor histórico, paisagístico, artístico, arqueológico, paleontológico, ecológico e científico”.

A instrução normativa nº 2/2009 relacionada ao Decreto nº 99.556/1990 que trata do grau de relevância das cavidades naturais ressalta que a ocorrência de registro paleontológico contribui na

valoração das mesmas. Este atributo compreende os restos ou vestígios fósseis, como é o caso das paleotocas classificadas como icnofósseis.

O registro paleontológico é, para alguns autores, parte integrante da cultura brasileira. Abaide (2012, p. 6) coloca que desde a Declaração Internacional dos Direitos à Memória da Terra elaborado em Digne-les-Bains na França, é necessário repensar os valores deste registro ante a nova visão de cultura onde o passado da Terra é tão importante quanto à história do homem. Ainda segundo aquele autor, isso auxilia no ajustamento da definição de fósseis enquanto bem integrante do patrimônio histórico e artístico nacional, como um bem móvel ou imóvel passível de proteção – inclusive pelo tombamento.

Considerando o patrimônio paleontológico como integrante do patrimônio nacional, medidas de proteção devem ser adotadas em casos de risco à sua integridade, neste contexto, a mineração pode ser considerada uma atividade potencialmente degradadora do patrimônio e do meio ambiente. Para Gesicki e Santucci (2011), esta atividade ainda é bastante estigmatizada no Brasil devido a este potencial de degradação. Por este motivo, a princípio, a conservação do patrimônio paleontológico e a mineração poderiam ser consideradas como práticas mutuamente excludentes. Os autores explicam que em São Paulo a Diretoria de Fiscalização do Departamento Nacional de Política Mineral (DNPM) implantou um programa com o intuito de diagnosticar áreas de mineração em situação de conflito com a preservação de depósitos fossilíferos já conhecidos pela comunidade geocientífica. Os resultados deste trabalho indicam que a atividade mineral, mesmo para minas em plena atividade, pode se dar de forma conciliadora com a proteção do patrimônio paleontológico. Como estudo de caso apresentam medidas de geoconservação adotadas para um sítio fossilífero em uma área de mineração ativa de calcário em Santa Rosa de Viterbo, interior do Estado de São Paulo que incluem, dentre outras, a interdição parcial em área de concessão (RICARDI-BRANCO et al. 2009).

## 5. MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido em duas etapas, a primeira delas consistiu do estudo detalhado da paleotoca AP-38 (FRANK et al., 2012), incluindo avaliação dos grupos de mamíferos da megafauna extinta que potencialmente a produziram. Esta descrição, incluindo georreferenciamento, mapeamento, descrição das marcas de garras e estrutura das galerias é apresentado em detalhe por Bittencourt et al. (no prelo).

Na seção Resultados, serão fornecidas informações básicas sobre a paleotoca para a execução da segunda etapa deste trabalho que inclui a identificação dos valores associados ao

patrimônio paleontológico conforme proposto por Cachão et al. (1998) (Tabela 1), tendo em vista sua inclusão como geossítio do Geoparque Quadrilátero Ferrífero.

**Tabela 1** - Critérios e parâmetros associados aos valores do patrimônio paleontológico

Critérios	Parâmetros
Científicos	i) taxonômico ii) estratigráfico iii) tafonômico iv) paleoecológico v) arqueológico vi) geológico
Pedagógicos	i) potencial pedagógico ii) potencial didático iii) potencial turístico
Culturais	i) valor ambiental natural ii) situação sócio-geográfica iii) potencial turístico iv) valor espiritual

## 6. RESULTADOS

A paleotoca da Serra do Gandarela foi escavada em rochas alteradas (saprólitos) associadas aos depósitos de canga que recobrem, no topo da Serra, a sequência de litotipos ferríferos associados à Formação Cauê. Possui comprimento total de 340m, sendo a maior paleotoca conhecida, até o momento.

É formada por uma cavidade não biogênica interligada a galerias escavadas por algum mamífero de grande porte provavelmente para habitação. A estrutura está localizada na divisa dos municípios de Caeté e Santa Bárbara, microrregião de Belo Horizonte. O acesso é feito pelo município de Rio Acima, na saída para a Fazenda Palmital.

As evidências de escavação biogênica incluem as feições arredondadas das paredes e tetos dos condutos principais (Figura 3A-D) e a ocorrência abundante de marcas de garras (Figura 3E-F) compatíveis com os sulcos Tipo II de Buchmann et al. (2009).

A distribuição dos sulcos segue um padrão espelhado, no qual conjuntos individuais de marcas com comprimentos semelhantes, paralelas entre si, ocorrem em ângulos opostos de 30° a 70° em relação ao plano horizontal, indicando atividade cavadora ambidestra. As dimensões dos sulcos são variáveis ao longo da cavidade: há um comprimento predominante de 10–20 cm e largura de 1–3 cm. Algumas marcas, no entanto, são mais profundas e atingem c. 30 cm de comprimento e 5 cm de largura, o que indica terem sido produzidos provavelmente por milodontídeos cavadores (preguiças-gigantes de dois dedos) (ver BITTENCOURT et al., no prelo).





**Figura 3** - Aspectos da paleotoca. **A**- Galeria com coluna de sustentação. **B-D**- Galerias escavadas com feições arredondadas, incluindo superfícies de polimento em D (diâmetros c. 150 cm). **E-F**- sulcos (marcas de garras) na parede indicando atividade de animal cavador. Foto em B cortesia de Alice Okawara.

Considerando os critérios e parâmetros elencados por Cachão et al. (1998), do ponto de vista científico a paleotoca da Serra do Gandarela pode ser enquadrada nos parâmetros paleoecológico, estratigráfico e geológico. O QF está entre as regiões geológicas mais estudadas e conhecidas do Estado de Minas Gerais, tendo seu valor científico reconhecido em todo o mundo. Especificamente sobre sítios paleontológicos a ocorrência desse registro é rara sendo a única conhecida em Minas Gerais até o momento o que remete à necessidade de conservação. Propostas semelhantes estão em andamento nas paleotocas do município de Cristal no Rio Grande do Sul, reconhecida como importante sítio geológico e paleontológico brasileiro pela Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleontológicos – SIGEP (BUCHMANN et al., 2010), e nas paleotocas do município de São Joaquim, em Santa Catarina.

Em relação aos critérios pedagógicos o geossítio apresenta os parâmetros de potencial pedagógico e didático. Muito embora não possa ser estruturado para receber visitação devido a sua fragilidade, podem ser adotadas medidas de valorização e utilização pedagógica como, por exemplo, uma visita virtual. Visitas virtuais simulam a realidade e aproveitam o desenvolvimento comunicacional e tecnológico, já sendo amplamente realizadas em museus.

Considerando os critérios culturais pôde se verificar que a paleotoca tem os parâmetros valor ambiental natural e situação sócio-geográfica uma vez que está localizada na Serra do Gandarela um importante patrimônio geoambiental do QF de grande apelo estético. A paleotoca apresenta valores científicos e culturais integrando a memória bio/geológica do QF sendo necessária a preservação e integridade de seus valores garantindo a transmissão dos mesmos para as futuras gerações.

A criação de um geoparque no QF, conforme proposto por Ruchkys (2007) pode ajudar a garantir o uso sustentável do patrimônio paleontológico, geológico e espeleológico de uma forma multidisciplinar aliando educação, turismo e pesquisa científica.

## **7. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A paleotoca da Serra do Gandarela é um registro único da presença da megafauna extinta no QF, escavada por milodontídeos cavadores (preguiças-gigantes de dois dedos). Possui comprimento total de 340m, sendo a maior paleotoca conhecida até o momento e constitui um exemplo de patrimônio paleontológico com valores que legitimam plenamente sua proposição como sítio paleontológico/geológico do Geoparque Quadrilátero Ferrífero devendo ter garantida sua integridade num processo de geoconservação.

Para melhor indicação das medidas necessárias a geoconservação é necessário um estudo mais detalhado envolvendo a análise dos valores associados ao sítio bem como ao grau de susceptibilidade a que está sujeito.

A paleotoca da Serra do Gandarela está inserida na área proposta pela empresa Vale do Rio Doce para a Mina de Apolo, estando sujeita a várias ameaças associadas às fases da exploração mineral, inclusive a prospecção e pesquisa. Tais ameaças estão relacionadas à erosão e maquinaria pesada, que podem provocar danos consideráveis. É necessário avaliar a posição da paleotoca em relação à área de cava ou estruturas do projeto propostas para a mina, já que, neste caso, os impactos poderiam ser ainda maiores destacando-se: vibrações, ruídos, supressão da vegetação, movimentação de solo e rocha do entorno – que poderiam causar uma instabilidade levando ao abatimento da paleotoca.

Perante este cenário, pode-se atestar a incapacidade de proteger eficazmente este patrimônio no caso de não serem tomadas medidas efetivas. Como já salientado por Gesicki e Santucci (2011), a mineração pode coexistir com a proteção do patrimônio fossilífero, mas para tanto é necessário à adoção de medidas de gestão e intervenção, que podem incluir a interdição em área de concessão com um perímetro definido a partir da fragilidade do sítio em questão.

As medidas de gestão e de intervenção propostas para a paleotoca dependerão do grau de susceptibilidade do sítio aos possíveis impactos decorrentes da mineração sem perder de vista os objetivos da geoconservação de modo a garantir a preservação de exemplos representativos e/ou excepcionais de um determinado tipo de valor geológico/paleontológico.

Para gestão da geodiversidade, e consequentemente do patrimônio geológico/paleontológico a ela associados Sharples (2002) elenca cinco questões que devem ser levantadas buscando garantir a geoconservação e que podem ser aqui aplicadas:

(1) existência de instrumentos legais e administrativos: a legislação brasileira trata a questão dos fósseis tanto do ponto de vista paleontológico, como espeleológico e cultural. Assim, cabe uma análise jurídica para verificação de qual instrumento legal e administrativo mais adequado para garantir a geoconservação da paleotoca da Serra do Gandarela;

(2) sensibilização sobre os assuntos relacionados com a geoconservação: neste caso é preciso um movimento de sensibilização direcionado ao poder público, as comunidades e à própria iniciativa privada sobre a importância da paleotoca e sobre a necessidade de sua proteção;

(3) identificação e inventariação dos locais e processos de interesse geológicos relevantes em termos de conservação: é necessário um inventário detalhado da região da Serra do Gandarela direcionado a busca de outros registros de paleotocas além do levantamento já realizado direcionado para o patrimônio espeleológico;

(4) desenvolvimento e implementação de medidas de gestão efetivas: a partir da análise dos itens anteriores é possível propor um modelo de gestão adequado para o sítio onde provavelmente seria mais eficiente sua união com outras ocorrências em áreas próximas (tanto associadas ao patrimônio espeleológico como ao patrimônio paleontológico) formando um sítio único no contexto do Geoparque Quadrilátero Ferrífero.

(5) definição de indicadores associado ao estabelecimento de um programa de monitoramento: como salienta Pereira (2004) na geoconservação, tal como em qualquer outro processo de gestão ambiental, é necessário verificar se os efeitos resultantes da aplicação de medidas concretas de gestão foram os desejados ou não.

Caso não tenham sido bem sucedidas torna-se imperativo efetuar alterações. Assim, a definição de indicadores e a implementação de um programa de monitoramento que assegure o cumprimento dos objetivos da geoconservação é fundamental. Sugere-se ainda que seja feita uma

integração da paleotoca com outras cavidades de máxima relevância do entorno criando um sítio único garantindo sua integridade.

## REFERÊNCIAS

ABAIDE, J. P. **Fósseis: riqueza do subsolo ou bem ambiental?** Curitiba: Editora Juruá, 2º ed., 2009. 348p.

ABAIDE, J. P. Os fósseis na Constituição Federal brasileira. **Revista Direito em foco**, Amparo, v.5, p. 1-12, 2012. Disponível em: <[http://www.unifia.edu.br/projetorevista/artigos/direito/20121/fosseis\\_constituicao.pdf](http://www.unifia.edu.br/projetorevista/artigos/direito/20121/fosseis_constituicao.pdf)>. Acesso em: 30 de out. de 2014.

ALKMIM, F. F.; MARSHAK, S. Transamazonian orogeny in the southern São Francisco Craton region, Minas Gerais, Brazil: evidence for paleoproterozoic collision and collapse in the Quadrilátero Ferrífero. **Precambrian Research**, n.90, p.29-58, 1998.

BABINSKI, M.; CHEMALE, F. JR.; SCHUMUS, W. R. The Pb/Pb age of the Minas Supergroup carbonate rocks, Quadrilátero Ferrífero, Brazil. **Precambrian Research**, n.72, p.235-245, 1995.

BEKKER, A.; SIAL, A. N.; KARHU, J. A.; FERREIRA, V. P.; NOCE, C. M.; KAUFMAN, A. J.; ROMANO, A. W.; PIMENTEL, M. M.. Chemostratigraphy of carbonates from the Minas Supergroup, Quadrilátero Ferrífero (Iron Quadrangle), Brazil: stratigraphic record of early Proterozoic atmospheric, biogeochemical and climatic change. **American Journal of Science**, n.303, p.865-904, 2003.

BERGQVIST, L. P.; MACIEL, L. Icnofósseis de mamíferos (crotovinas) na Planície Costeira do Rio Grande do Sul, Brasil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 2, n. 66, p. 189-197, 1994.

BITTENCOURT, J. S.; VASCONCELOS, A. G.; CARMO, F. F. ; BUCHMANN, F. S. Registro paleontológico em caverna desenvolvida em formações ferríferas na Serra do Gandarela (MG). In: RUCHKYS, U.; TRAVASSOS, L. E. P.; RASTEIRO, M.; FARIA, L. (org). **Patrimônio espeleológico em formações ferríferas | Propostas para sua conservação no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais**. São Paulo: SBE, no prelo, cap. 11.

BRILHA, J. A rede global de geoparques nacionais. In: SCHOBENHAUS, C.; SILVA, C.R. (org). **Geoparks do Brasil: propostas**. Rio de Janeiro: CPRM, 2012. v.1, cap.1, p. 29-38.

BRILHA, J. **Patrimônio geológico e geoconservação: a conservação da natureza na sua vertente geológica**. 1ª Edição. Braga: Palimage, 2005. 183p.

BUCHMANN, F. S.; LOPES, R. P., CARON, F. Icnofósseis (paleotocas e crotovinas) atribuídos a mamíferos extintos no Sudeste e Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Paleontologia**, Porto Alegre, v.3, n.12, p. 247-256, 2009.

BUCHMANN, F. S.; LOPES, R. P.; CARON, F. 2010. **Paleotoca do Município de Cristal, RS - Registro da atividade fossorial de mamíferos gigantes extintos no sul do Brasil**. In: WINGE, M.; SCHOBENHAUS, C.; SOUZA, C. R. G.; FERNANDES, A. C. S.; BERBERT-BORN, M.; SALLUN FILHO, W.; QUEIROZ, E. T.; (Edit.) **Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil**.

Publicado na Internet em 12/05/2010 no endereço <http://www.unb.br/ig/sigep/sitio048/sitio048.pdf>  
[atualmente <http://sigep.cprm.gov.br/sitio048/sitio048.pdf>]

BUCHMANN, F. S. C.; CARON, F.; LOPES, R. P. Novas paleotocas de tatus gigantes extintos identificadas no Estado de São Paulo: Comparação com o Rio Grande do Sul e Argentina. In: REUNIÃO REGIONAL DE PALEONTOLOGIA – PALEO, 2005, Porto Alegre. **Resumos...** Porto Alegre, 2005. Sem paginação.

BUCHMANN, F. S. C.; CARON, F.; LOPES, R. P.; TOMAZELLI, L. J. Traços fósseis (paleotocas e crotovinas) da megafauna extinta no Rio Grande do Sul, Brasil. In: CONGRESSO DA ABEQUA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO, 9º, 2003, Recife- PE. **Anais...** Recife, 2003, CD-ROOM. Sem paginação.

BUCHMANN, F. S.; FRANK, H. T.; FERREIRA, V.; CARVALHO, M. T. N.; CRUZ, E. A.; LEMES, A. C. G. Evidência de Vida Gregária em Mylodontidae (Mammalia, Xenarthra). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 13, 2013a, Gramado. **Boletim de Resumos...** Gramado, 2013a. p. 298.

BUCHMANN, F. S.; FRANK, H. T.; FERREIRA, V.; CARVALHO, M. T. N.; CRUZ, E. A.; ROSARIO, G. V. Novas Paleotocas Escavadas em Metadiamictito (Minério de Ferro) em Minas Gerais, Brasil. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO, 14, 2013b, Natal. **Anais...** Natal: ABEQUA, 2013b.

CACHÃO, M.; SILVA, C. M.; SANTOS, A.; SANTOS, V. F.; GALOPIM DE CARVALHO, A. M. Patrimônio Paleontológico Português: critérios para a sua definição. **Com. do Inst. Geol. e Mineiro**, v.2, n. 84, p.22-25, 1998.

CARMO, F. F. CARMO, F. F. CAMPOS, I. C. JACOBI, C. M. Cangas ilhas de ferro estratégicas para a conservação. **Revista Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, agosto de 2012, p. 48-53.

CARMO, F. F. **Importância ambiental e estado de conservação dos ecossistemas de cangas no Quadrilátero Ferrífero e proposta de áreas-alvo para a investigação e proteção da biodiversidade em Minas Gerais**. 2010. 90 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

CARMO, F. F.; CARMO, F. F.; BUCHMANN, F. S. C.; FRANK, H. T.; JACOBI, C. M. Primeiros registros de paleotocas desenvolvidas em formações ferríferas, Minas Gerais, Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 31º, 2011b, Ponta Grossa-PR. **Anais...** Sociedade Brasileira de Espeleologia, julho de 2011. p. 531-540.

CARMO, F. F.; CARMO, F. F.; SALGADO, A. A. S.; JACOBI, C. M. Novo sítio espeleológico em sistemas ferruginosos, no vale do rio Peixe Bravo, norte de Minas Gerais, Brasil. **Espeleo-Tema**, Campinas, v.1, n. 22, p. 25-39, 2011a.

CARTELLE, C. **Das grutas à luz: Os mamíferos pleistocênicos de Minas Gerais**. Belo Horizonte: Bicho do Mato. 2012, 236p.

CASTRO, P. T. A.; ENDO, I; MAIZATTO, J. R.; SANTOS, M. C.; LIPSKI, M.. Depósitos Sedimentares Cenozóicos do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brasil. In: CONGRESSO LATINOAMERICANO DE GEOLOGIA, XI, 2001, Montevideu. **Anais do XI Congresso Latino Americano de Geologia...** Montevideu, 2001. Sem paginação.

DROSER, M. L.; LI, X. The Cambrian Radiation and the Diversification of Sedimentary Fabrics. In: ZHURAVLEV, A. Y.; RIDING, R. **The ecology of the Cambrian radiation**. Nova Iorque: Columbia University Press, 2001, p. 137-169.

FANTON, J. C. M. **Reconstruindo as florestas tropicais úmidas do Eoceno–Oligoceno do sudeste do Brasil (bacias de Fonseca e Gandarela, Minas Gerais) com folhas de Fabaceae, Myrtaceae e outras angiospermas: origens da Mata Atlântica**. 2013. 433f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Geologia e Recursos Naturais, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2013.

FRANK, H. T.; BUCHMANN, F. S. C.; DE LIMA, L. G.; FORNARI, M.; CARON, F.; LOPES, R. P. Cenozoic vertebrate tunnels in Southern Brazil. **Monografias da Sociedade Brasileira de Paleontologia**, v. 2, p. 141-157, 2012.

GESICKI, A. L. D.; SANTUCCI, R.M. Mineração e geoconservação: o sítio paleontológico de Santa Rosa de Viterbo, SP. **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo, v. 32, n.1/2, p. 41-53, 2011.

KOZLOWSKI, S. The concept and scope of geodiversity. **Przeglad Geologiczny**, v. 52, n. 8, p. 833-837, 2004.

MARTINS NETO, R. G. Estágio atual da paleoartropodologia brasileira: hexápodes, miriápodes, crustáceos (Isopoda, Decapoda, Eucrustacea e Copepoda) e quelicerados. **Arquivos do Museu Nacional**, v. 63, n. 3, p. 471-494, 2005.

MAIZATTO, J. R. **Análise bioestratigráfica, paleoecológica e sedimentológica das bacias terciárias do Gandarela e Fonseca - Quadrilátero Ferrífero - Minas Gerais, com base nos aspectos palinológicos e sedimentares**. 2001. 333f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Evolução Crustal e Recursos Naturais, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2001.

MELLO, C.L.; SANT'ANNA, L.G.; BERGQVIST, L.P. Fonseca, MG - Vegetais fósseis do Terciário brasileiro. In: SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D.A.; QUEIROZ, E.T.; WINGE, M.; BERBERT-BORN, M.L.C. (EDITS). **Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil. 1**. Brasília: DNPM/CPRM - Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP), 2002. p.73-79.

MORATO, E.; MANDUCA, L. G.; CARVALHO, I. S.; ROSIÈRE, C. A.; COSTA, R. D.. No lugar errado, na hora errada: icnofósseis de metazoários no paleoproterozóico de Minas Gerais? **Revista Brasileira de Paleontologia**, Porto Alegre, n.9, p.355-364, 2006.

OLIVEIRA, N. V.; ENDO, I.; OLIVEIRA, L. G. S. Geometria do Sinclinal Gandarela baseada na Deconvolução Euler 2D e 3D - Quadrilátero Ferrífero (MG). **Revista Brasileira de Geofísica**, Rio de Janeiro, n.23, p. 221-232, 2005.

PEREIRA, H. **Contribuição para a valorização, geoconservação e gestão da jazida fossilífera de Cacela (Parque Natural da Ria Formosa, Algarve, Portugal)**. 2004. 144f. Dissertação (Mestrado) - Universidade do Algarve, Faro, 2004.

RICARDI-BRANCO, F.; CAIRES, E. T. & SILVA, A. M. 2006. Campo de Estromatólitos Gigantes de Santa Rosa de Viterbo, SP - Excelente registro do litoral do mar permiano Irati, Bacia do Paraná, Brasil. In: WINGE, M.; SCHOBENHAUS, C.; BERBERT-BORN, M.; QUEIROZ, E. T.; CAMPOS, D. A.; SOUZA, C. R. G.; FERNANDES, A. C. S. (Edit.) *Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil*. Publicado na Internet em 24/11/2006 no endereço <http://www.unb.br/ig/sigep/sitio125/sitio125.pdf>[Atualmente <http://sigep.cprm.gov.br/sitio125/sitio125.pdf>]

RUCHKYS, U. A. **Patrimônio geológico e geoconservação no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais: potencial para a criação de um geoparque da UNESCO**. 2007. 209f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Geologia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

RUCHKYS, U. A.; MACHADO, M. M.; CASTRO, P. T. A.; RENGER, F. E.; TREVISOL, A. Geoparque Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. In: C. SHOBENHAUS E C. SILVA. (ORG.) **Geoparques do Brasil: propostas**. 1ed. Rio de Janeiro: Serviço Geológico do Brasil, 2012. p. 183-220.

SANT'ANNA, L.G.; SCHORSCHER, H.D.; RICCOMINI, C. Cenozoic tectonics of the Fonseca Basin region, eastern Quadrilátero Ferrífero, MG, Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, n.10, v.3-4, p.275-284, 1997.

SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D.A.; QUEIROZ, E.T.; WINGE, M.; BERBERT-BORN, M.L.C. (Edts). **Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil. 1**. Brasília: DNPM/CPRM - Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP), 2002. 554 p.

SHARPLES, C. **Concepts and principles of geoconservation**. 2002. Disponível em: <<http://www.dpiwe.tas.gov.au/inter.nsf/webpages>>. Acesso em: 06 de jul de 2013.

SILVA, C. M.; CACHÃO, M.; SANTOS, V. F.; SANTOS, A.; GALOPIM DE CARVALHO, A. M. Patrimônio paleontológico: princípios, meios e fins. **Com. do Inst. Geol. e Mineiro**, v.2, n. 84, p.18-21, 1998.

SIMMONS, G.C. Canga caves in the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. **The National Speleological Society Bulletin**, Huntsville, v 25, p. 66-72, 1963.

SOUZA-MIRANDA, M. P. **Tutela do patrimônio cultural brasileiro**. Doutrina - jurisprudência – legislação. Belo Horizonte: Editora Del Rey, 2006. 479p.

UNESCO. **Geoparks Programme** - a new initiative to promote a global network of Geoparks. Paris: UNESCO, 1999.

WINGE, M.; SCHOBENHAUS, C.; SOUZA, C.R.G.; FERNANDES, A.C.S.; QUEIROZ, E.T.; BERBERT-BORN, M.; CAMPOS, D.A. (Edts.). **Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil. 2**. Brasília: CPRM - Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP), 2009. 515p.