

CONSIDERAÇÕES SOBRE AS CAVERNAS QUARTZÍTICAS DO PARQUE ESTADUAL DO IBITIPOCA, MINAS GERAIS, BRASIL

Lilian Carla Moreira Bento

Doutora em Geografia pela Universidade Federal de Uberlândia
iliancmb@yahoo.com.br

Luiz Eduardo Panisset Travassos

Doutor em Carstologia, Professor do Programa de Pós-Graduação em Geografia da PUC Minas
luizepanisset@gmail.com

Sílvio Carlos Rodrigues

Doutor em Geografia, Professor do IG da Universidade Federal de Uberlândia
silgel@ufu.br

RESUMO

O Parque Estadual do Ibitipoca (PEI) está localizado na Serra do Ibitipoca, sudoeste de Minas Gerais em área conhecida como Província Espeleológica Quartzítica de Ibitipoca. O objetivo desse estudo, de caráter mais teórico, é tecer algumas considerações sobre os processos de carstificação em rochas quartzíticas a partir do estudo de algumas das cavernas do Parque Estadual do Ibitipoca. Para isso, realizou-se revisão bibliográfica e trabalhos de campo na área de estudo, visando o reconhecimento das características naturais e registro fotográfico. Por fim, foi possível integrar os dados secundários e primários, gerando este trabalho como o aprofundamento de parte da pesquisa de doutorado do autor principal. A partir desta metodologia foi possível confirmar que as cavernas do PEI correspondem a feições de um tipo de carste não-tradicional, devido ao fato de ocorrerem em rochas não carbonáticas. Entretanto, em alguns casos onde a litologia é mais suscetível à carstificação, como em algumas formações do PEI, é possível apenas realizar a distinção do tipo de carste ao destacar a litologia (e.g.: carste quartzítico ou carste em quartzitos). Destaca-se que tais feições resultam do somatório de elementos e processos naturais que devem ser analisados de forma integrada, oportunizando uma visão sistêmica da natureza.

Palavras-chave: Carste não-tradicional; Cavernas; Rochas siliciclásticas; Província Espeleológica Quartzítica de Ibitipoca.

CONSIDERATIONS REGARDING THE QUARTZITIC CAVES OF THE IBITIPOCA STATE PARK, MINAS GERAIS, BRAZIL

ABSTRACT

The Ibitipoca State Park is located at the Serra do Ibitipoca, southwest of Minas Gerais, an area known as the Quartzitic Speleological Province of Ibitipoca. The purpose of this more theoretical study is to make some observations regarding the karstification processes in quartzite rocks studying some of the caves of the Park. Thus, one carried out bibliographical review in two main theoretical axes. Secondly, field works were conducted in order to recognize the natural characteristics, as well as the characterization of caves. Finally, it was possible to integrate the secondary and primary data, generating this work, deepening a section of the doctoral research of the lead author. From this methodology it was possible to conclude that the caves correspond to features of a non-traditional type of karst due to its occurrence in non-carbonate rocks. However, in some cases where lithology is more susceptible to karstification as in some areas of the Park, one can use the term karst making the distinction by highlighting the lithology (e.g.: quartzitic karst or karst in quartzites). It is noteworthy that such features are a result of many natural elements and processes to be analyzed in an integrated manner, providing opportunities for a systemic view of nature.

Keywords: Non-traditional karst; Caves; Siliciclastic rocks; Quartzitic Speleological Province of Ibitipoca.

Recebido em 25/02/2015

Aprovado para publicação em 15/05/2015

INTRODUÇÃO

O conceito mais usual sobre o *carste* corresponde àquele onde são identificadas paisagens que são marcadas pela dissolução significativa da rocha, que gera diversas feições em diferentes zonas da crosta terrestre. Para Hardt e Ferreira Pinto (2009), até meados da década de 1980, este termo era usado para designar feições ou formas de relevo geradas a partir da dissolução apenas em rochas calcárias, tendo surgido a partir dos estudos do sérvio Jovan Cvijić na região do planalto de Kras, área de fronteira entre a Eslovênia e a Itália.

Em períodos anteriores à década de 80, quase toda feição que lembrasse o carste, mas que se localizasse em uma área onde a litologia predominante não fosse calcária, era considerada um *pseudocarste*. Assim, durante muito tempo a ideia de carste esteve associada somente à existência de rochas carbonáticas.

Hoje em dia aceita-se o desenvolvimento desse tipo de paisagem em outras litologias que não somente as carbonáticas, pois se acredita que o que condiciona a existência de uma paisagem cárstica não é somente a litologia, pois toda rocha em algum momento e sob condições específicas, pode ser susceptível ao intemperismo químico (FORD; WILLIAMS, 1989; FORD, 2000 *apud* HARDT; FERREIRA PINTO, 2009). Por esse motivo, Hardt, Rodet e Ferreira Pinto (2010), afirmam que definir carste apenas em função da litologia é algo arbitrário (HARDT; RODET; FERREIRA PINTO, 2010). Travassos (2014), ao citar Hardt et al. (2009, p.10) concorda que o que não se pode mais aceitar é “simplesmente atribuir um termo genérico e pouco claro a uma área, denominando-a pseudocarste, simplesmente porque não se trata de calcário”. Da mesma forma, Travassos (2014, p.5) afirma que também “não é aceitável a banalização do uso do termo carste para qualquer litologia, sem que se desenvolvam estudos sistemáticos sérios (...), justamente o desafio mais recente da Carstologia e seus pesquisadores que devem concentrar esforços para sua consolidação no Brasil.”

Para diminuir confusões ou conflitos desnecessários, Travassos (2014) propõe o resgate dos conceitos de Andreychouk et al. (2009) na utilização dos termos “carste tradicional” ou “carste não-tradicional” para diferenciar o carste em carbonatos (tradicional) daqueles desenvolvidos em outras litologias, pois percebemos que somente a presença de uma cavidade natural subterrânea não é o suficiente para caracterizar uma área como sendo um sistema cárstico.

Ainda assim, atualmente, o termo carste não tem sido mais relacionado somente às rochas calcárias e sim, às formas geradas pelos processos geoquímicos envolvidos, tendo-se em conta que a dissolução não precisa necessariamente agir isoladamente (HARDT; FERREIRA PINTO, 2009; MASSUQUETO et al., 2011).

Partindo deste pressuposto, Carvalho Jr. et al. (2008, p. 188) argumenta que dois critérios são importantes para se definir a presença de um relevo cárstico: 1) a dissolução e 2) a morfologia, sendo esta última caracterizada por formas de relevo típicas dos processos de dissolução, ressaltando-se a formação de condutos por onde a água subterrânea pode circular (Figura 1):

Hardt e Ferreira Pinto (2009, p. 103) vão ao encontro desse ponto de vista, explicando que

(...) o carste pode, portanto, originar-se em rochas consideradas pouco solúveis, desde que o intemperismo químico condicione o surgimento da morfologia (ou seja, embora talvez não seja o processo preponderante, a solubilidade da rocha determina a existência da forma cárstica) e a formação de condutos, organizando uma rede de drenagem ao menos parcialmente subterrânea.

Por esse motivo, muitas feições típicas das diferentes zonas cársticas (e.g.: exocarste, epicarste e endocarste) podem ser encontradas, entre elas, dolinas, uvalas, poljes, sumidouros, ressurgências, cavernas, pontes naturais, vales, lapiás (karren) e travertinos, entre outros.

Para o presente trabalho, destaca-se o objetivo de identificar e buscar compreender os processos de carstificação em rochas siliciclásticas, com ênfase na gênese das cavernas quartzíticas encontradas no Parque Estadual do Ibitipoca (PEI).

Figura 1. Conduitos de dimensões métricas em duas cavernas do Parque Estadual do Ibitipoca. Além do intemperismo químico presente, em função das diferenças litológicas é possível identificar o desenvolvimento dos condutos condicionado à dissolução e/ou abrasão da rocha mais friável nas paredes.



Fotos: L.E.P. Travassos, 2011

O PEI é uma unidade de conservação de uso integral localizado na Província Espeleológica Quartzítica de Ibitipoca e que apresenta grande número de cavernas. Tal fato sinaliza para a necessidade de se gerar informações que possam, posteriormente, ser aproveitadas em programas de educação e interpretação ambiental, oportunizando a divulgação e valorização da geodiversidade, em específico de feições frágeis como as cavernas.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O trabalho compreende um estudo teórico sobre o processo de carstificação em rochas quartzíticas a partir do estudo de caso das cavernas do Parque Estadual do Ibitipoca. A fundamentação teórica ocorreu seguindo dois eixos principais: 1) feições cársticas do PEI, momento em que se reuniu o máximo de informações sobre trabalhos voltados ao carste da área de estudo, destacando-se os trabalhos de Corrêa Neto et al. (1997) e Silva (2004) e 2) aspectos do carste não tradicional conforme Andreychouk et al. (2009), visando correlacionar os estudos sobre carste em rochas não carbonáticas com as explicações encontradas para a área de estudo.

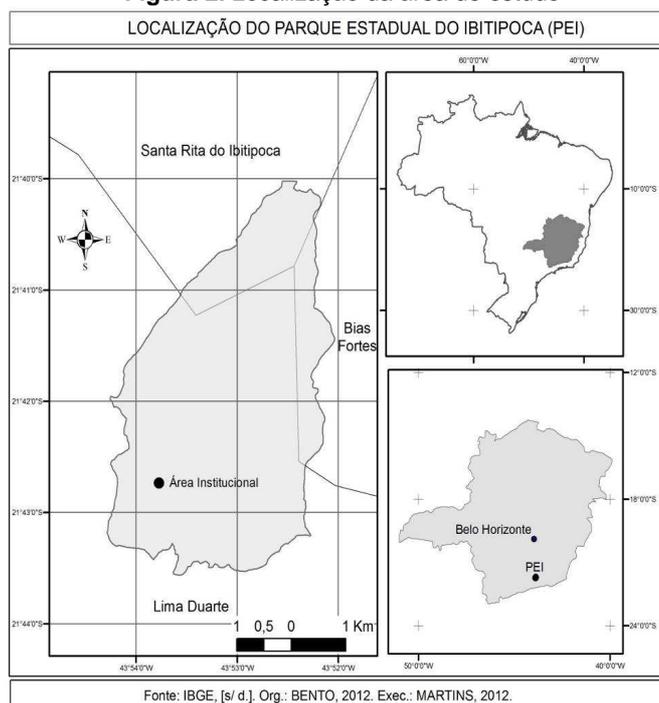
Já os trabalhos de campo realizados na área de estudo tiveram como objetivo melhorar a compreensão das características naturais do parque (aspectos relacionados principalmente a

litologia e estruturas geológicas, relevo e condições climáticas) e das cavernas abertas ao público (ênfase na busca de feições micro e macro que sinalizassem para os processos naturais envolvidos na sua formação), bem como o seu georreferenciamento e registro fotográfico. Dessa forma, os dados foram analisados qualitativamente no momento de integração das informações primárias e secundárias para geração dos mapas de localização e dos mapas temáticos por meio do *Software ArcGis 9.2*.

CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA DE ESTUDO

O Parque Estadual do Ibitipoca corresponde a uma unidade de conservação integral de 1.488 hectares criada no ano de 1973. Abrange parte dos municípios de Lima Duarte, Bias Fortes e Santa Rita do Ibitipoca, na Zona da Mata Mineira (Figura 2).

Figura 2. Localização da área de estudo



De acordo com Rodela (2010) citado por Bento (2014), esse parque compreende uma área bastante deformada pelos diversos dobramentos a que foi submetida a partir do Proterozóico, sendo esculpida pelos agentes externos até os dias atuais. Estes dobramentos fizeram com que se destacasse topograficamente em relação às áreas vizinhas, apresentando um modelado de relevo que vai do montanhoso ao escarpado, destacando o Pico da Lombada com 1.784 metros de altitude.

O tectonismo atuou formando não apenas imensas dobras, mas também, grandes linhas de falha, as quais podem ser observadas ao longo dos cursos d'água, escarpas, nos vales encaixados e na formação das quedas d'água. Outro fator que explica a topografia elevada do parque está relacionado com as litologias encontradas na área. Os quartzitos recobrem a maior parte do parque e esse tipo de rocha, por sua estabilidade e dureza, é mais resistente ao processo de erosão do que os gnaisses que encontrados nos arredores, bem como em alguns pontos dentro do parque.

Em específico para o Parque Estadual do Ibitipoca, devido a seu elevado grau metamórfico (fácies anfibolito superior), foi identificado um tipo peculiar de quartzito. É um quartzito de granulação mais grossa, conhecido localmente como sal grosso, sustentando as partes mais elevadas do parque, tais como o Pico da Lombada e Pico do Pião, sendo pobre em minerais máficos, mas comumente constituído por aluminossilicatos, cianita, sillimanita, andaluzita e granada, apresentando foliação com orientação planar alongada (NUMMER, 1991; BENTO, 2014).

No Parque Estadual do Ibitipoca ocorre, portanto, um modelado mais escarpado na porção leste e oeste nos limites do parque, sustentado pelos quartzitos e, nas áreas mais rebaixadas, destaca-se uma superfície plana a ondulada, refletindo a diferença litológica existente. Este contraste topográfico possibilita, também, a ocorrência de um clima diferenciado dos arredores, com grande índice de umidade, com ocorrência das chuvas orográficas. O clima na Serra do Ibitipoca é classificado como Tropical de Altitude Mesotérmico, apresentando inverno frio a seco e verão chuvoso, tendo temperaturas médias entre 12 a 22° C e a pluviosidade média anual de cerca de 1.500 mm (DIAS, 2000; RODELA, 2010; BENTO, 2014).

Para Bento (2014), é impossível não perceber a influência da altitude na diversidade e riqueza da biodiversidade encontrada no parque, uma vez que, destacando-se topograficamente em relação às áreas circunvizinhas, propicia a formação de um ambiente mais úmido e frio, o qual, por conseguinte, condiciona o surgimento de um tipo de vegetação distinta que comporta, por sua vez, muitas espécies da fauna e flora endêmicas.

O PEI é um espelho das inter-relações entre os aspectos abióticos e bióticos da natureza. Nas áreas mais elevadas do parque, onde o relevo caracteriza-se como escarpado a montanhoso, não há formação de solo e predomina o estrato herbáceo graminóide, com esparsos arbustos (campos rupestres) sobre os quartzitos. Em contrapartida, em locais de relevo escarpado, também com predomínio de rocha quartzítica, há a formação de solos arenosos e mais rasos, com menor poder de retenção de água, destacando-se os campos herbáceos-graminosos (campos de altitude). Já em locais de relevo ondulado, que tem como substrato rochoso o xisto e/ou gnaisse, são formados solos mais profundos e com maior quantidade de argila, mais favoráveis à manutenção da umidade contribuindo na geração de formações mais exuberantes, como a Mata Grande. Transitando entre as formações campestres e florestais surge a Mata de Candeia, num relevo suave a forte ondulado (RODELA, 1998; DIAS, 2000; SILVA; MACIEL, 2006; SCHAEFER, 2006; IEF, 2007; BENTO, 2014).

FORMAÇÃO E EVOLUÇÃO DAS CAVERNAS DO PEI

O INÍCIO DE TUDO: O INTEMPERISMO QUÍMICO

Antes de se cogitar a explicação de como as cavernas do parque foram formadas e continuam evoluindo, é importante destacar qual o conceito legal de caverna ou cavidade natural subterrânea. De acordo com a Portaria IBAMA nº 887 de 15 de junho de 1990, uma caverna compreende todo e qualquer espaço subterrâneo penetrável pelo homem, com ou sem abertura identificada, incluindo seu ambiente, seu conteúdo mineral e hídrico, a fauna e a flora ali encontradas e o corpo rochoso onde as mesmas se inserem; sendo que gruta, lapa, toca, abismo, fuma e buraco são termos regionais para caverna. Já segundo a CPRM, esses termos regionais são, na verdade, tipos de cavernas, variando conforme topografia, comprimento e forma. As grutas ou lapas, por exemplo, são aquelas cavidades predominantemente horizontais, com mais de 20 metros de comprimento, podendo ter desníveis internos e salões. No parque é utilizado o termo gruta para designar todas as cavidades naturais subterrâneas encontradas, independentemente de suas características, sendo uma expressão local.

As cavernas compreendem parte de um sistema cárstico maior que engloba três zonas principais (Figura 3) e amplamente identificadas na literatura: o *exocarste* (parte externa), o *epicarste* (área de contato da rocha com o solo) e o *endocarste* (parte subterrânea, onde se incluem as cavernas).

A paisagem cárstica tem sua origem no processo de dissolução a partir do intemperismo químico. As reações químicas iniciadas nesse tipo de intemperismo só ocorrem, pois os minerais são formados sob diferentes condições químicas e físicas da superfície, sendo termodinamicamente instáveis na presença de água e da atmosfera (MARTINS; MARTINS; REATTO, 2004). Hardt e Ferreira Pinto (2009) argumentam que a compreensão da formação desse tipo de paisagem passa pelo reconhecimento de fatores como os tipos de ácido disponíveis para ocorrer a dissolução e o tipo de litologia que sofrerá a ação de tais ácidos. Além desses fatores, existem outros que influenciam no processo de intemperismo e é possível destacar o clima e o tempo de exposição da rocha às intempéries. Então, a partir do momento que se tem a entrada de água no sistema, tem-se o início de um ciclo no qual tudo contribui para a dissolução dos minerais.

Figura 3. Perfil esquemático simplificado de um sistema cárstico. No detalhe, imagem do compartimento denominado epicarste e que é a zona de interface entre solo e rocha.

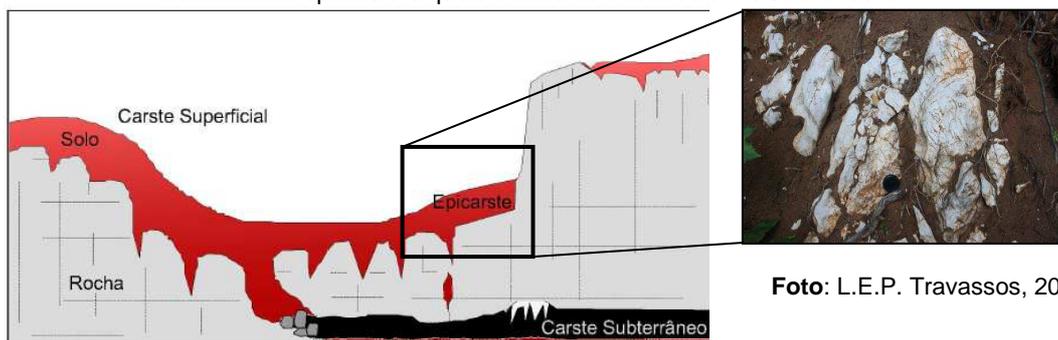
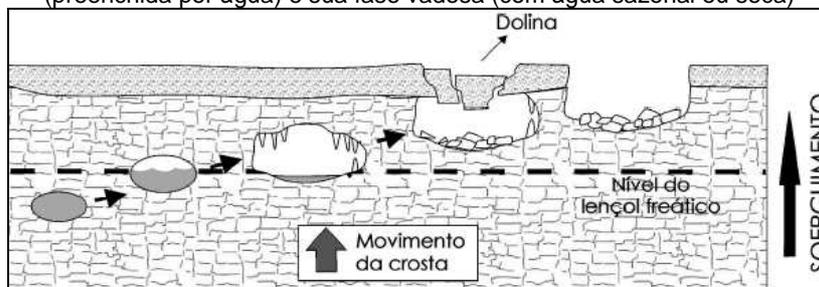


Foto: L.E.P. Travassos, 2013

Fonte: PILÓ; AULER (2011, p. 8)

A água é, dessa forma, elemento indispensável na formação do sistema cárstico. Durante o desenvolvimento das cavernas pode preencher totalmente os condutos e ir desaparecendo aos poucos devido aos processos normais de erosão e soerguimento do terreno (Figura 4).

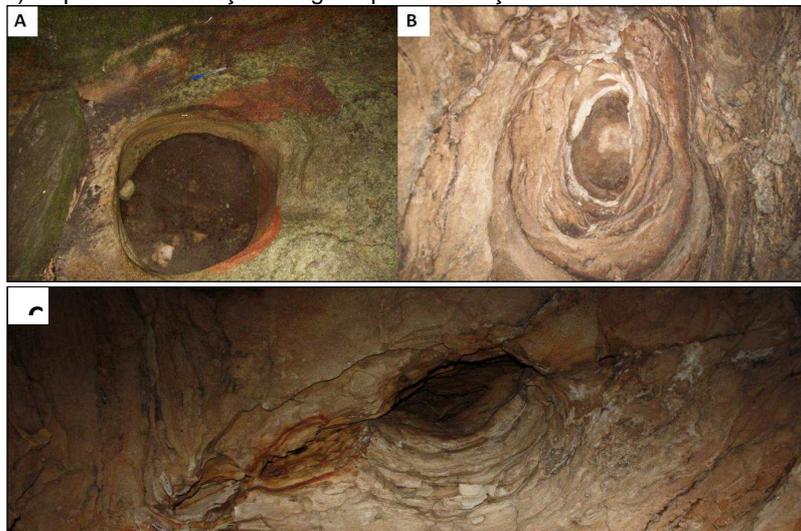
Figura 4. Um dos exemplos de formação e evolução das cavernas mostrando sua fase freática (preenchida por água) e sua fase vadosa (com água sazonal ou seca)



Fonte: PILÓ; AULER (2011, p. 33)

Além disso, circula como rios subterrâneos ou, ainda, aparece eventualmente durante os períodos chuvosos. Em algumas cavernas encontradas no parque há indícios desse longo processo. É possível identificar a ocorrência de marmitas - feições geradas por meio do atrito dos sedimentos carregados pelo fluxo de água -, e cúpulas de dissolução - depressões arredondadas condicionadas por fraturas encontradas nos tetos das galerias (Figura 5).

Figura 5. Imagens que mostram em A) marmita encontrada dentro da Gruta dos Moreiras e em B) cúpula de dissolução. C) Cúpula de dissolução alargada pelas condições estruturais

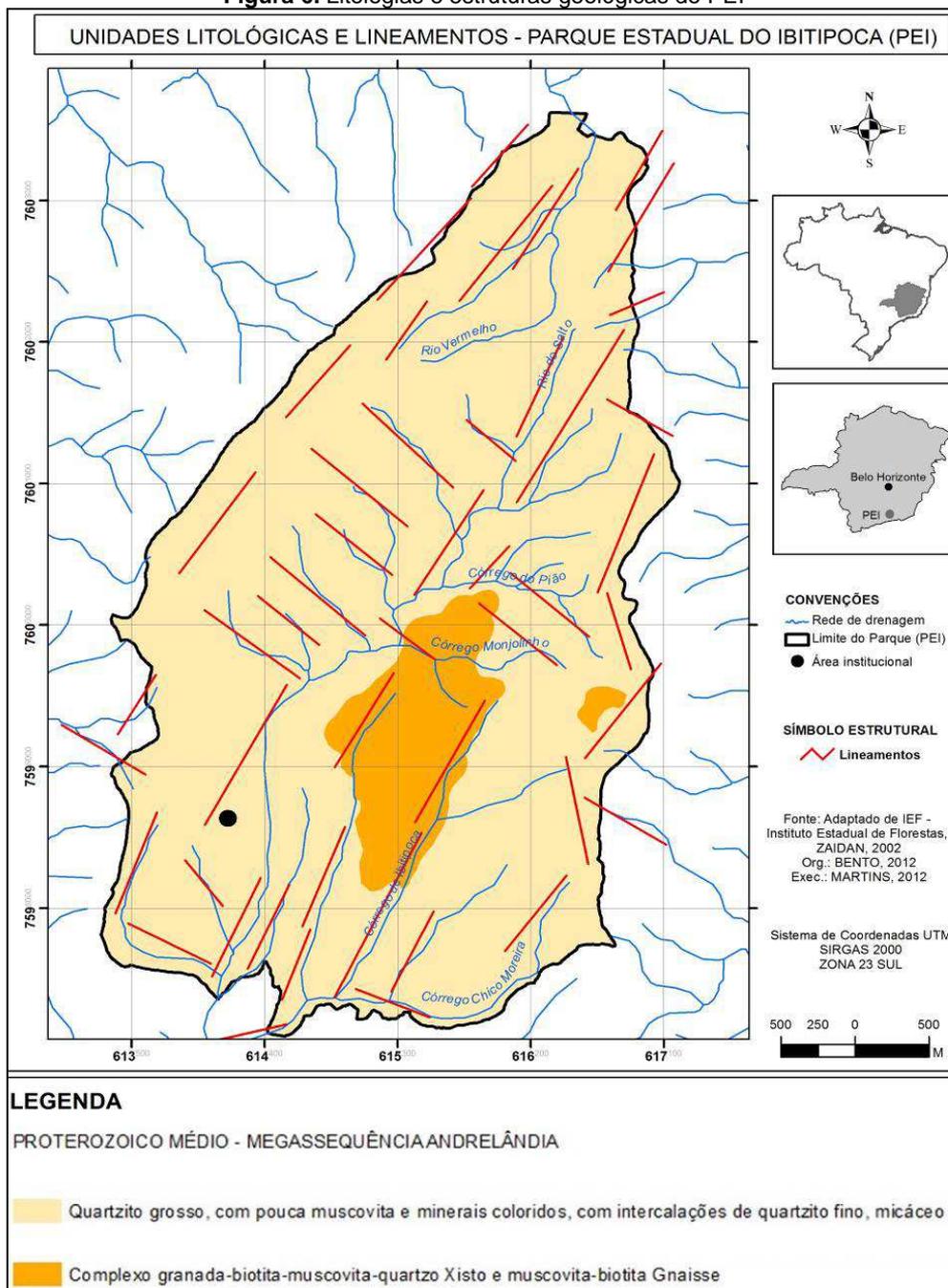


Fotos a-b: L. C. Bento, 2012; Foto c: L.E.P. Travassos, 2011

Auler e Piló (2011) indicam que a compreensão dos processos de formação das cúpulas ainda é muito controversa: para alguns são provenientes da dissolução por águas meteóricas; para outros, ocorrem devido o contato da água que desce pelas fraturas em contato com o ar da caverna. Ainda existem aqueles que defendem que foram formadas durante a fase freática da caverna, quando o conduto ou salão estava totalmente preenchido por água.

No PEI a litologia predominante é o quartzito, rocha metamórfica composta por minerais característicos do processo de metamorfismo, como cianita, sillimanita, andaluzita e granada, bem como pelo quartzo (SiO_2) e alguns minerais acessórios, como a muscovita e a biotita. No parque é possível encontrar essa rocha em dois níveis, um de granulometria mais grossa, e outro mais micáceo, verificado em alguns pontos, mas principalmente no interior das cavernas (Figura 6).

Figura 6. Litologias e estruturas geológicas do PEI



Silva (2004) em seu estudo “*Carstificação em rochas siliciclásticas: estudo de caso na Serra do Ibitipoca, Minas Gerais*”, apresenta uma tabela com a composição mineralógica para o quartzito de granulometria grossa encontrado no parque. Nas amostras verificadas ocorre uma variação de 88-96% de quartzo, 3,5-10% de muscovita e demais minerais em proporções menores, sendo que no quartzito micáceo há um aumento da quantidade da muscovita em relação ao quartzo (Figura 7 e 8).

Figura 7. Amostra do quartzito de granulometria mais grossa e de cor clara



Foto: L.C. Bento, 2012

Figura 8. Quartzito micáceo, rico em biotita e muscovita, com tons mais coloridos como o róseo



Foto: L.C. Bento, 2012

Existe outra unidade litológica de menor extensão verificada no parque, compreende um complexo envolvendo granada-biotita-muscovita-quartzo xisto e muscovita-biotita gnaiss. Bento (2014) explica que nesta unidade é elevada a presença de granada, a foliação é marcada por palhetas de biotita e a passagem do xisto para gnaiss ocorre pelo aumento progressivo do feldspato, sendo muito difícil a separação exata entre eles, o que leva, inclusive, muitos autores a confundir-las com rochas do embasamento, os gnaisses do Complexo Mantiqueira.

No PEI existem 25 cavernas e destas, 10 estão abertas à visitação, entre outros atrativos relacionados à geodiversidade local, como quedas d'água, mirantes e praias fluviais. A base de toda essa riqueza abiótica é o quartzito, composto em grande parte pelo mineral quartzo, muito estável na natureza e, portanto, de difícil intemperização. Sua dissolução está relacionada com a atuação isolada ou em conjunto de fatores como: a) presença de cloretos e ácidos orgânicos que acidificam a água e b) existência de linhas de fraqueza na rocha, como falhas, fraturas e planos de acamamento que facilitam a circulação dos fluídos.

A entrada da água nas rochas quartzíticas do parque ocorreu pelas diversas fraturas e falhas, descontinuidades de suma importância no processo de carstificação de rochas siliciclásticas. Isso ocorre, pois, nesse tipo de rocha, “(...) a infiltração da água superficial segue zonas de descontinuidades da rocha, principalmente fraturas e as estratificações, associadas à ocorrência de depressões com sistemas de lineamentos” (ROBAINA; BAZZAN, 2008, p. 63), como pode ser observado nas figuras 9 e 10. Na figura 11 é possível perceber que essas descontinuidades não só facilitam a entrada da água, como favorecem a atuação do intemperismo físico através, por exemplo, das raízes das plantas que acabam por alargar cada vez mais esses espaços.

Figura 9. Amostra de fissura encontrada em diversos pontos do parque



Foto: L.C. Bento, 2012

Figura 10. Amostra de fratura encontrada em diversos pontos do parque



Foto: L.C. Bento, 2012

Figura 11. Raízes penetrando pelas fraturas da rocha.

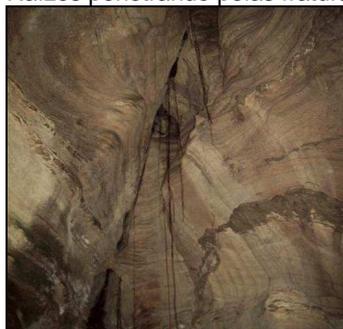


Foto: L.C. Bento, 2012

Martins, Martins e Reatto (2004) explicam que existem vários tipos de dissolução, com formação ou não de novas fases sólidas. No caso da dissolução do quartzo, a sua dissolução ($\text{SiO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} = \text{H}_4\text{SiO}_4$), é denominada *congruente*, pois não gera novos sólidos e, sim o ácido silícico. Esse ácido, juntamente com a água superficial, penetra nas fraturas e falhas das rochas quartzíticas e tem sua acidez aumentada pela incorporação de matéria-orgânica, contribuindo para aumentar ainda mais o poder de dissolução dos demais minerais (Figura 12).

Figura 12. Aspecto mais escuro das águas, chamada localmente de “coca-cola” pelos elevados teores de matéria orgânica.



Fotos: L.E.P. Travassos, 2011 e L.C. Bento, 2012

Segundo Young (1988), Icehower e Dove (2000), citados por Silva (2004), os minerais acessórios encontrados junto ao quartzo nas rochas quartzíticas, liberam cloretos da sua composição (K, Mg, por exemplo), os quais, em contato com a água, elevam a solubilidade da sílica a partir do momento em que aumentam a superfície de reatividade desse elemento em função do aumento do seu potencial de ionização.

Até aqui é possível perceber que existe uma soma de fatores que fazem com que a água tenha o pH reduzido, tornando-se mais ácida e, portanto, mais eficiente no processo de intemperismo químico do quartzo. Porém, é preciso considerar que essa água será mais agressiva justamente nos níveis de quartzito micáceo, onde há maior quantidade de micas, as quais são mais facilmente dissolvidas (Figura 13). Esse processo é muito lento nas rochas siliciclásticas e Silva (2004) indica que é necessário cerca de dois milhões de anos para que seja formado um sistema cárstico silicoso, num terreno de estabilidade tectônica.

Figura 13. Ataque químico da água acidulada em um bloco de quartzito micáceo.



Foto: L.E.P. Travassos, 2011

E A HISTÓRIA CONTINUA: O INTEMPERISMO FÍSICO

De acordo com Silva (2004), as cavernas encontradas no PEI tiveram sua formação iniciada com o processo de dissolução dos minerais essenciais e acessórios do quartzito. Entretanto, sua evolução está associada à desagregação mecânica desses mesmos minerais, o que só pode ser compreendido levando em consideração a topografia regional. Relacionada com movimentos neotectônicos, apresenta desnível entre o nível de base local e regional de cerca de 250-350 metros, facilmente percebido na figura 14.

Figura 14. Desnível topográfico verificado entre o Mirante da Ponte de Pedra e arredores do restaurante



Foto: L.E.P. Travassos, 2011

Tal desnível aumenta a velocidade da água potencializando, assim, seu poder erosivo. Tal processo favorece a formação de uma rede de condutos cilíndricos ou tubulares semelhantes aos *pipes* que ocorrem em solos (Figura 15). De acordo com Silva (2013) esse processo é parecido ao que ocorre em voçorocas, onde os grãos desagregados são removidos, formando pequenos canais que serão aumentados ao longo do tempo, tanto pela dissolução, quanto pelos processos físicos.

Figura 15. Alinhamento de pequenos condutos existentes na porção coberta da Ponte de Pedra

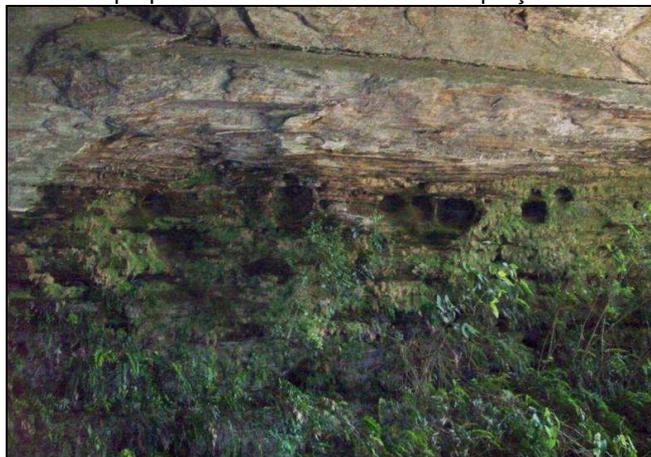


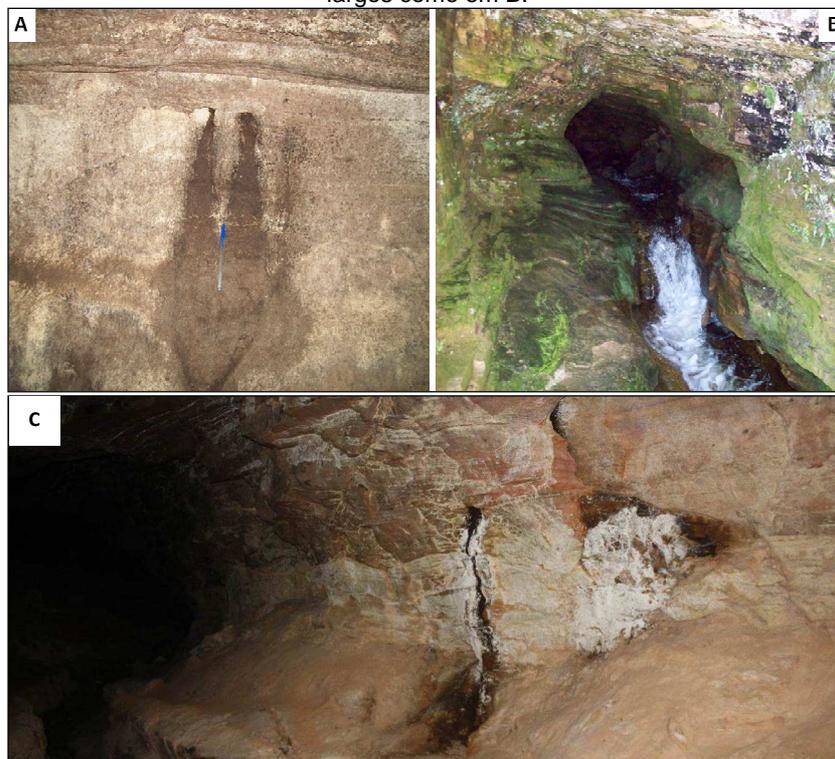
Foto: L.C. Bento, 2012

É fácil perceber em campo que tais condutos, de diâmetros milimétricos a métricos, permitem o fluxo de água subterrânea no interior das cavernas, fazendo com que exista drenagem intermitente (Figura 16). Corrêa Neto et al. (1997) argumentam que a circulação da água subterrânea não ocorre apenas por meio desses pequenos canais, mas também, por meio dos poros das rochas, mediante gotejamento, como foi visualizado no interior da Gruta dos Fugitivos e dos Moreiras. Além disso, percebe-se que as fraturas existentes nos quartzitos, possibilitando a interação entre os canais, poros e fraturas para melhor circulação da água subterrânea.

A formação de condutos de dissolução maiores, bem como dos salões ocorre devido ao alargamento e interligação dos canalículos menores. Além disso, nos quartzitos micáceos do PEI é comum o abatimento ao longo de planos de acamamento e outras descontinuidades.

Isso foi confirmado em campo, bem como em Silva (2013) que afirma que tais abatimentos são predominantes nas cavernas do parque. Entretanto, o autor alega que sem o processo de dissolução inicial nada disso aconteceria.

Figura 16. Conduto de circulação da água subterrânea, alguns bem pequenos (A e C) e outros mais largos como em B.



Fotos a-b: L. C. Bento, 2012; Foto c: L.E.P. Travassos, 2011

Corrêa Neto et al. (1997) afirmam que é comum que os blocos de rocha que se desprendem do teto dos salões e de alguns condutos, juntamente com os sedimentos erodidos das paredes e dos condutos, depositem-se no chão das cavernas. Os autores destacam que apresentam textura média a grossa, sendo os primeiros designados de depósitos de gravidade e os últimos de aluviões (Figura 17). Mesmo que do ponto de vista genético, Bouyer (2004) classifique os solos formados sobre o carste carbonático como *autóctones* ou *alóctones*, obviamente percebe-se no PEI o mesmo processo. Assim, têm-se os solos autóctones formados diretamente da desagregação da rocha subjacente e os solos alóctones formados a partir de depósitos superficiais que foram transportados e depositados no chão das cavernas (Figura 18).

Figura 17. Depósitos sedimentares nas cavernas do PEI: A) Blocos desprendidos do teto, na Gruta dos Três Arcos e B) Aluvião na Gruta dos Viajantes.



Fotos: L.C.Bento, 2012

Figura 18. Aspecto geral de uma das trilhas do PEI e detalhe da acumulação de sedimentos alóctones em uma caverna. É clara a relação entre os processos de erosão externos e a deposição de sedimentos nas cavernas (Escala na imagem de 1,80 m)



Fotos: L.E.P. Travassos, 2011

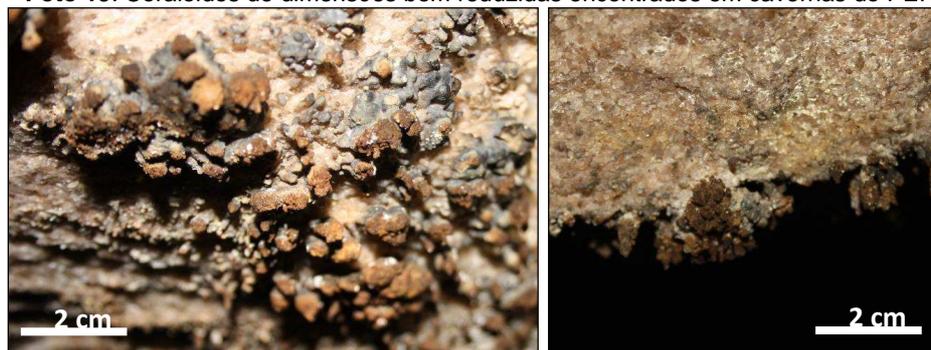
ESPELEOTEMAS NAS CAVERNAS DO IBITIPOCA

No interior das cavernas, especificamente nas paredes, pisos e tetos, é possível encontrar pequenas feições indicativas do processo de dissolução e da transformação dos minerais primários do quartzito em minerais secundários para a formação de espeleotemas. Amplamente divulgado pela literatura especializada, o termo *espeleotema* origina-se do grego como os *depósitos de cavernas* que geralmente conferem beleza às cavernas. Muito mais abundantes em cavernas carbonáticas, também existem em cavernas não carbonáticas e, até mesmo, em tubos de lava.

De acordo com Auler e Piló (2011), os espeleotemas são sempre formados pela precipitação de minerais a partir de soluções aquosas que atingem o ambiente cavernícola, sendo distinguidos somente pelo tipo de circulação da água. Podem, portanto, ter origem em águas gotejantes, águas correntes no piso e águas de condensação.

No PEI são encontrados espeleotemas do tipo coraloide que se originam da precipitação da sílica amorfa, o que foi corroborado com a metodologia de difratometria de Raios-X utilizada em pesquisas anteriores de Corrêa Neto et al. (1997). Tais coraloídes apresentam cor escura relacionada à presença de impurezas como o óxido de ferro, manganês e matéria-orgânica, tal como evidenciado em outras grutas em quartzito (Figura 19).

Foto 19. Coraloídes de dimensões bem reduzidas encontrados em cavernas do PEI



Fotos: L.E.P. Travassos, 2011.

Também é possível encontrar espeleotemas denominados de microtravertinos, como pequenas represas para a água e que são constituídos de argila expansiva, formados em associação com a presença constante de água corrente no piso ou parede inclinada, transformando-se os minerais primários em secundários. Nesse caso a muscovita se transforma em illita e o feldspato em caulinita. Apresentam coloração alaranjada ou avermelhada típica dos argilominerais (Figura 20). O mesmo ocorre com pequenas cortinas de argila (Figura 21).

Figura 19. Espeleotema do tipo microtravertino.

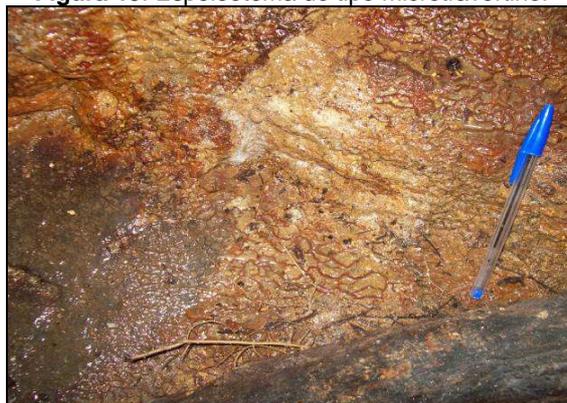


Foto: L.C. Bento, 2012

Figura 20. Espeleotema do tipo cortina de cerca de 5 cm na parede de um pequeno canal de dissolução.



Foto: L.E. P. Travassos, 2011

BREVES CONCLUSÕES

Diante do que foi apresentado pode-se depreender que o conceito de carste está em evolução, não sendo mais tão comum o uso do termo pseudocarste para designar o processo de carstificação em rochas não carbonáticas, salvo a existência de congresso internacional sobre pseudocarste na Europa, especificamente na Itália, e a existência de uma sessão específica sobre o tema nos Congressos Internacionais de Espeleologia. O que deve ficar claro é o fato de que o termo ainda deve ser utilizado para aqueles sistemas onde o processo de dissolução é coadjuvante em relação a outros processos físicos. Dessa forma, para o quartzito do PEI, acredita-se que é possível perceber um carste como sistema ativo e não somente um “paleocarste” com cavernas ou outras feições inativas.

Percebe-se a dissolução dos minerais constituintes do quartzito, litologia predominante no parque, e destaca-se que o processo de dissolução foi o primeiro passo na configuração do sistema cárstico do parque. Aliado a esse início, tem-se o processo de desagregação mecânica que contribuiu significativamente para a espeleogênese.

Uma melhor compreensão de como o quartzo, principal mineral constituinte do quartzito, foi dissolvido, tendo em vista sua grande estabilidade, depende de uma análise integrada dos aspectos naturais locais.

Essa análise deve tentar responder alguns questionamentos com relação à questão hídrica, geológica, geomorfológica e climática que, em conjunto, permitiram a formação deste carste ao longo do tempo geológico.

Por ser paisagem de grande fragilidade ambiental e importância ecológica, fazem-se necessários programas de educação ambiental voltados ao geoturismo para que os visitantes da UC passem a compreender melhor os processos de gênese e evolução da paisagem para sua valorização, divulgação e conservação.

REFERÊNCIAS

- ANDREYCHOUK, V.; DUBLYANSKY, Y; EZHOV, Y; LYSENIN, G. **Karst in the Earth's Crust: its distribution and principal types**. Poland: University of Silesia/ Ukrainian Academy of Sciences/ Tavrishesky National University-Ukrainian Institute of Speleology and Karstology, 2009.
- AULER, A.; PILÓ, L. B. Geoespeleologia. In: ICMBIO-CECAV. **III Curso de espeleologia e licenciamento ambiental**. Brasília: ICMBIO-CECAV, 2011. p. 25-44.
- BENTO, L. C. M. **PARQUE ESTADUAL DO IBITIPOCA/MG: potencial geoturístico e proposta de leitura do seu geopatrimônio por meio da interpretação ambiental**. 2014. 185f. Tese (Doutorado em Geografia) – Uberlândia, MG: Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.
- BOUYER, D. G. Soils on carbonate karst. In: GUNN, J.(ed.). **Encyclopedia of Caves and Karst Science**. New York/London: Fitzroy Dearborn, 2004. p.1400-1403.
- BRASIL. **Portaria Nº 887, de 15 de junho de 1990**. Dispõe sobre a realização de diagnóstico da situação do patrimônio espeleológico nacional. Publicado no Diário Oficial nº 117, de 20.06.90, Seção I, Pág. 11844.
- CARVALHO JR, O. A.; BERBET-BORN, M.; MARTINS, E. S.; GUIMARÃES, R. F.; GOMES, R. A. T. Ambientes cársticos. In: FLORENZANO, T. G. **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. p.185-218.
- CORRÊA NETO, A. V.; ANÍSIO, L. C. C.; BRANDÃO, C. P.; CINTRA, H. B. Gruta das Bromélias (MG042), Serra do Ibitipoca, município de Lima Duarte: uma das maiores cavernas em quartzito do mundo. **Espeleo-Tema**, v.18, p. 1-12, 1997.
- DIAS, H. C. T. **Geoambientes e pedogênese do Parque Estadual do Ibitipoca, Município de Lima Duarte (MG)**. 2000. 87f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa.
- HARDT, R.; FERREIRA PINTO, S. dos A. Carste em litologias não carbonáticas. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 10, n. 2, p. 99-105, 2009.
- HARDT, R.; RODET, J.; FERREIRA PINTO, S. dos A. O carste, produto de uma evolução ou processo? Evolução de um conceito. **Revista de Geografia**, n. 3, p. 110-124, 2010.
- IEF - INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS. **Parque Estadual do Ibitipoca**, 2007.
- MARTINS, J. C.; MARTINS, E. de S.; REATTO, A. **Revisão de intemperismo de micas**. Brasília: Embrapa Cerrados, 2004.
- MASSUQUETO, L. L.; GUIMARÃES, G. B.; PONTES, H. S. Geossítio do Sumidouro do Rio Quebra-Perna (Ponta Grossa/PR, Brasil): relevante exemplo de sistema cárstico nos arenitos da Formação Furnas. **Espeleo-Tema**, v.22, n.1, p.99-110, 2011.
- NUMMER, A. R. **Análise estrutural e estratigráfica do Grupo Andrelândia na região de Santa Rita do Ibitipoca, sul de Minas Gerais**. 1991.146f. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Rio de Janeiro, RJ: Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- PILÓ, L. B.; AULER, A. Introdução à espeleologia. In: ICMBIO-CECAV. **III Curso de espeleologia e licenciamento ambiental**. Brasília: ICMBIO-CECAV, 2011. p.07-23.
- ROBAINA, L. E. de S.; BAZZAN, T. Feições cársticas em rochas siliciclásticas no oeste do Rio Grande do Sul. **Revista brasileira de Geomorfologia**, v.9, p.53-64, 2008.
- RODELA, L. G. Cerrados de altitude e campos rupestres do Parque Estadual do Ibitipoca, sudeste de Minas Gerais: distribuição e florística por subfisionomias da vegetação. **Revista do Departamento de Geografia**, n.12, p. 163-189, 1998.
- SCHAEFER, C. **Relatório integrado do meio físico e zoneamento ambiental: geologia, solos, geomorfologia e espeleologia do Parque Estadual do Ibitipoca – MG**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2006. 105p.
- SILVA, L. V. da C e; MACIEL, G. M. **Diagnóstico da vegetação florestal do Parque Estadual do Ibitipoca**. [s.l]: [s.n.], 2006. 55 p.

SILVA, S. M. da. **Carstificação em rochas siliciclásticas**: estudo de caso da Serra do Ibitipoca, MG. 2004. 143f. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Belo Horizonte, MG: Universidade Federal de Minas Gerais.

SILVA, S. M. da. **Comentários sobre o processo de carstificação no PEI**. [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <liliancmb@yahoo.com.br> em 30 ago. 2013.

TRAVASSOS, L.E.P. Espeleologia, Carstologia e a pesquisa científica. **Territorium Terram**, v.2, p. 2-14, 2014.