



ANAIS do 34º Congresso Brasileiro de Espeleologia

Ouro Preto SP, 13-18 de junho de 2017 - ISSN 2178-2113 (online)



O artigo a seguir é parte integrando dos Anais do 34º Congresso Brasileiro de Espeleologia disponível gratuitamente em www.cavernas.org.br/34cbeanais.asp

Sugerimos a seguinte citação para este artigo:

COELHO, A. H. F.; PILÓ, L. B.; VALADÃO, R. C.. Registros altimétricos, sedimentares e cronológicos de grandes alagamentos no cânion cárstico do Rio Peruaçu, MG. In: RASTEIRO, M.A.; TEIXEIRA-SILVA, C.M.; LACERDA, S.G. (orgs.) CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 34, 2017. Ouro Preto. *Anais...* Campinas: SBE, 2017. p.427-437. Disponível em: <http://www.cavernas.org.br/anais34cbe/34cbe_427-437.pdf>. Acesso em: *data do acesso*.

A publicação dos Anais do 34º CBE contou com o apoio do Instituto Brasileiro de Mineração. Acompanhe a cooperação SBE-IBRAM em www.cavernas.org.br/sbe-ibram

Esta é uma publicação da Sociedade Brasileira de Espeleologia.
Consulte outras obras disponíveis em www.cavernas.org.br



IBRAM 40 anos
INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO
Brazilian Mining Association
Câmara Mineira de Brasil

REGISTROS ALTIMÉTRICOS, SEDIMENTARES E CRONOLÓGICOS DE GRANDES ALAGAMENTOS NO CÂNION CÁRSTICO DO RIO PERUAÇU, MG

ELEVATION, SEDIMENTARY AND CHRONOLOGICAL RECORDS FROM LARGE-SCALE EVENTS IN THE CARSTIC CANYON OF THE PERUAÇU RIVER, MINAS GERAIS, BRAZIL

Ataliba Henrique Fraga COELHO (1); Luís B. PILÓ (1); Roberto Célio VALADÃO (2)

(1) Instituto do Carste, Belo Horizonte MG.

(2) Instituto de Geociências da UFMG, Belo Horizonte MG.

Contatos: atalibacoelho@gmail.com; lbpilo7@gmail.com; valadao@ufmg.br.

Resumo

O presente estudo apresenta os procedimentos e os resultados de análises altimétricas, sedimentológicas e cronológicas de evidências de alagamentos ocorridos no cânion cárstico do rio Peruaçu em Itacarambi, MG. Marcas de nível d'água e troncos (datados por 14C entre 1.610 ± 50 e 100 ± 25 anos AP) posicionados a até 53 metros de altura no interior de cavernas, indicam que longos trechos do cânion estiveram submersos no passado. Um perfil topográfico longitudinal evidenciou que o acúmulo de sedimento gerou importantes desníveis ao longo do talvegue e causaram o represamento em diferentes pontos do cânion.

Palavras-Chave: Cânion cárstico do Peruaçu; Abatimentos cársticos; Inundações subterrâneas; Geocronologia por radiocarbono.

Abstract

This study presents the procedures and results of altimetric and geochronological analysis of evidence of flooding in the Karstic canyon of the Peruaçu River in Itacarambi, MG. Watermarks and trunks (dating to 14C between $1,610 \pm 50$ and 100 ± 25 YBP) positioned up to 53 meters high inside caves indicate that long stretches of the canyon have been submerged in the past. A longitudinal topographic profile evidenced that the accumulation of sediment generated important slopes along the talvegue and caused the damming in different points of the canyon.

Key-words: Karstic canyon of the Peruaçu; Karstic collapses; Underground flooding; C14 geochronology.

1. INTRODUÇÃO

O cânion cárstico do rio Peruaçu encerra uma paisagem notável, cuja gênese está associada ao colapso de partes de um sistema de galerias subterrâneas, que resultaram em um imponente corredor de paredes verticais com desníveis que podem chegar a 150 metros, interrompido em vários pontos por cavernas cujos pórticos atingem 100 metros de altura (PILÓ, 1989; PILÓ; KOHLER, 1991; MOURA, 2009).

Tributário da margem esquerda do rio São Francisco, o rio Peruaçu tem suas cabeceiras no Planalto dos Gerais, aproximadamente 100 km a oeste de sua foz, no município de Itacarambi, no norte de Minas Gerais. Repleto de imponentes cavernas e abrigos rochosos, o cânion cárstico, que está na altura do médio/baixo curso do rio Peruaçu, foi habitado por grupos humanos pré-históricos que deixaram inúmeros vestígios de sua ocupação, vestígios estes que, devido ao difícil acesso imposto

pelo relevo local, encontram-se bem preservados. Estudos arqueológicos, paleontológicos, geomorfológicos, espeleológicos, entre outros, subsidiaram, em 1989, a criação da Área de Proteção Ambiental (APA) no vale do Peruaçu e, dez anos depois, em 1999, a criação do Parque Nacional Cavernas do Peruaçu.

Alguns desses estudos relataram a existência de vestígios deixados por alagamentos ocorridos no interior do cânion, que elevaram o nível do rio Peruaçu dezenas de metros acima do nível atual. Tais estudos relataram que grandes cones sedimentares existentes ao longo do cânion seriam os responsáveis pelo represamento temporário e elevação do nível d'água (PILÓ, 1989, 1997, 1998, 2000; RUBBIOLLI, 1999; RODET; RODET, 2001; FERREIRA, 2003; PILÓ et al., 2005; OLIVEIRA, 2008 e RODET et al., 2004, 2009). Esses cones, gerados pelo desmoronamento de partes do teto e das paredes da rede subterrânea, chegam a atingir alturas da ordem de dezenas de metros. Os registros

de alagamento são, por sua vez, bastante discretos: algumas marcas de nível d'água impressas nas paredes e restos vegetais (trancos e galhos) depositados em posição elevada no interior de algumas cavernas.

Admite-se que os grandes cones de sedimentos clásticos tenham importância fundamental no barramento do fluxo do rio, tendo funcionado como verdadeiras barragens, responsáveis pela retenção de consideráveis volumes de água. Também é aceita a hipótese de que as marcas deixadas pela água nas paredes das cavernas tenham sido geradas nos momentos em que o nível d'água esteve estagnado por tempo suficiente para alterar a coloração da superfície rochosa. O resultado são linhas ou faixas horizontais bastante sutis, deixadas em algumas paredes. A deposição de restos vegetais está relacionada à descida do nível d'água, que pode ter ocorrido de modo lento ou rápido e até mesmo alternando essas duas dinâmicas.

O estudo aqui apresentado teve como objetivo principal a elaboração de um perfil topográfico ao longo do trecho entre as grutas Carlúcio e Trancos, no qual foram registrados, além dos elementos morfológicos e sedimentares do cânion, as alturas dos trancos e das marcas de nível d'água deixados no interior das cavernas. Fragmentos de trancos mais representativos, em geral aqueles em posições mais elevadas nas cavernas, foram coletados e datados pelo método Carbono 14 (^{14}C), no intuito de se identificar, a partir da idade da morte do vegetal, a idade máxima para o aporte desse material para o interior das cavernas. A partir da análise cronológica tentou-se identificar se os registros estão relacionados a um único episódio de alagamento ou decorrem de eventos distintos.

2. MÉTODOS E TÉCNICAS

Em campo foram investigadas marcas de nível d'água impressas nas paredes do cânion, restos vegetais depositados em posição elevada no interior das grutas, além de terraços ou brechas que pudessem ter relação com episódios de subida do nível da água do rio Peruaçu.

Para identificar as marcas de nível d'água, buscou-se mudanças bruscas da coloração superficial da rocha e de espeleotemas, que apresentassem continuidade lateral e nítido posicionamento horizontal.

A procura pelo material vegetal se concentrou no interior das cavernas e foram considerados

apenas aqueles com evidências claras de deposição por flutuação. Vegetais com indicativo de terem sido depositados por queda (mais próximos de entradas e claraboias) ou trazidos por humanos foram descartados como evidências.

Para a elaboração do perfil longitudinal foram utilizados os seguintes equipamentos: para medição dos ângulos - teodolito com bússola acoplada modelo *THEO 020A*; para medição das distâncias - telêmetro *Leica Rangemaster 900* (visadas superiores a 50 metros em campo aberto); trena eletrônica *Leica* modelo *Disto A3* (visadas inferiores a 50 metros em ambiente subterrâneo) e trena de fita com 20 metros de comprimento para distâncias curtas em campo aberto. Os esboços de campo e anotações dos dados topográficos foram feitos em caderneta de campo.

A topografia seguiu o método da poligonal aberta (RUBBIOLI & MOURA, 2005), que consiste em uma linha central de caminhamento ao longo do curso do rio. A partir dessa linha guia, foram realizadas visadas em todos os pontos de interesse: evidências de alagamento, feições morfológicas, posicionais e hidrológicas relevantes, tais como tetos de grutas, topo e base de cones sedimentares, surgências, ressurgências e sumidouros. Foram também investigadas possíveis rotas alternativas para a vazão do rio em caso de elevação de seu nível.

Sabe-se que em uma topografia o grau de precisão é medido pelo fechamento de poligonais (RUBBIOLI; MOURA, 2005). Tendo em vista a quase impossibilidade de se aplicar tal método em um perfil de rio foram tomados os ângulos horizontal e vertical entre duas bases conhecidas, com diferença de 30 visadas uma da outra: da B-35 (Túnel do Vento) para B5.6 (Teto da entrada de montante do Arco do André). A distância de 1.260 metros foi obtida por triangulação e acusou um erro de 6,10 metros no ângulo horizontal e 5,58 metros no vertical em relação ao caminhamento topográfico, valor considerável satisfatório para a escala do mapeamento.

Em gabinete os dados topográficos foram tratados com os *softwares OnStation* (caminhamento topográfico); *AutoCad* (finalização cartográfica, georreferenciamento e impressão) e *ArcGIS* (análises geoespeciais e de imagem orbital, curvas de nível e MDE).

Foram datadas cinco amostras de restos orgânicos (trancos), coletadas nas grutas Arco do André, Brejal e Carlúcio. As amostras foram datadas pelo método ^{14}C , realizadas no Centro de

Estudos Isotópicos Aplicados da Universidade da Geórgia (EUA). Também foram utilizadas, na análise, as idades de troncos coletados por Oliveira (2008) na gruta Carlúcio.

Os dados altimétricos, morfológicos, sedimentológicos e cronológicos foram analisados de modo integrado, o que permitiu correlacionar os pontos de barramento do fluxo do rio Peruaçu, com a altimetria e a idade dos registros.

3. DISCUSSÃO E RESULTADOS

3.1 Registros Morfológicos e Sedimentares

A área de estudo compreende um trecho do rio Peruaçu de aproximadamente 5 km, posicionado entre as grutas Carlúcio e Troncos (Figura 1). Nesse segmento, com alinhamento predominante NW-SE, o rio Peruaçu está segmentado em trechos de drenagem superficial e outros de drenagem subterrânea, gerando sumidouros, ressurgências, vales cegos, ou seja, uma clássica morfologia e hidrologia cárstica.

Esse segmento do cânion apresenta, de montante para jusante, cinco cavernas, integralmente ou em parte drenadas pelo rio Peruaçu: Brejal, Lapa da Onça, Arco do André, Cascudos e Troncos. Outras sete cavernas ocupam as paredes laterais do cânion, em sistemas tributários ou trechos abandonados do rio: Carlúcio, Ossos I, II e III, Norim, Túnel do Vento, além de uma sexta gruta a jusante da Túnel do Vento, e dois arcos rochosos (Figura 1).

Ao longo do segmento estudado, o desnível total da calha do rio é de aproximadamente 75 metros entre as cotas 650 metros a noroeste e 580 metros a sudeste. O cânion apresenta escarpamento mais preservado na margem esquerda, com topo acima da cota 730 metros. Em contraste, a margem oposta mostra relevo mais dissecado, marcado por feições ruiformes onde maciços e torres calcárias são frequentes.

O curso do rio Peruaçu no interior do cânion é fortemente afetado pela sedimentação clástica, em especial a resultante do colapso parcial do sistema subterrâneo. Ao longo do percurso entre as grutas Carlúcio e Troncos, o curso do rio teve que se ajustar a diversos bloqueios laterais, originados por rampas de material coluvionar depositadas nas bases das paredes do cânion. Esses sedimentos fizeram com que a calha do rio se ajustasse lateralmente, principalmente nos pontos em que as rampas de colúvio continham material de granulometria mais

fina associado a calhaus e matacões. Em alguns trechos foram observadas obstruções parciais do curso principal, gerados por colúvios depositados na calha, o que fez com que parte do fluxo fosse direcionado para as paredes laterais. Na margem direita, onde o relevo é mais dissecado, os pontos mais rebaixados são os topos das rampas de colúvio, com altitudes mínimas de 680 metros no trecho a montante da Lapa da Onça e 650 metros entre esta e o Arco do André.

Três entulhamentos mais expressivos, da ordem de centenas de metros de comprimento ao longo da calha, em geral formados por cones de sedimentos gerados pelo colapso parcial ou total do teto e paredes, forçaram o rio a buscar rotas subterrâneas alternativas: o primeiro entulhamento ocorre na entrada de montante da gruta Brejal; o segundo na Lapa da Onça; e o terceiro no Arco do André.

Esses entulhamentos são gerados predominantemente por matacões e, em alguns casos, por sedimentos de granulometria mais fina (argilas, siltes e areais), que obstruíram parcialmente os condutos drenados pelo rio nessas cavidades. As cotas altimétricas dos pontos mais baixos dos topos dos cones de sedimento são: (i) cone da entrada do Brejal – 650 metros; (ii) cone da Lapa da Onça – 676 metros e; (iii) cone do Arco do André – 641 metros. Esses cones sedimentares foram os únicos pontos identificados na área de estudo com capacidade (em função de sua morfologia e composição) de bloquear o curso do rio em caso de entupimento parcial ou total das rotas subterrâneas, fazendo com que seu nível se elevasse até a altura das referidas cotas altimétricas.

O entulhamento da entrada do Brejal é uma sequência de cones de material desprendido do teto e rampas de colúvio laterais que se estende desde a base da claraboia até aproximadamente 350 metros a montante, ponto onde o rio é drenado por baixo dos sedimentos até a ressurgência no interior da gruta, na cota 637 metros. A cota 650 metros, medida no ponto mais alto da lateral mais rebaixada dos cones, é pouco superior ao nível de base do rio a montante, que corresponde a 647,5 metros. Um represamento ali não elevaria de forma expressiva o rio a ponto de alagar outras grutas posicionadas a montante. Para atingir a gruta do Carlúcio, por exemplo, o rio teria que extrapolar a cota 670 metros, registrada no piso da entrada da gruta. Outro fator a ser levado em consideração é a porosidade elevada desse cone de sedimentos, composto por matacões de calcário com participação apenas localizada e restrita de sedimentos finos.

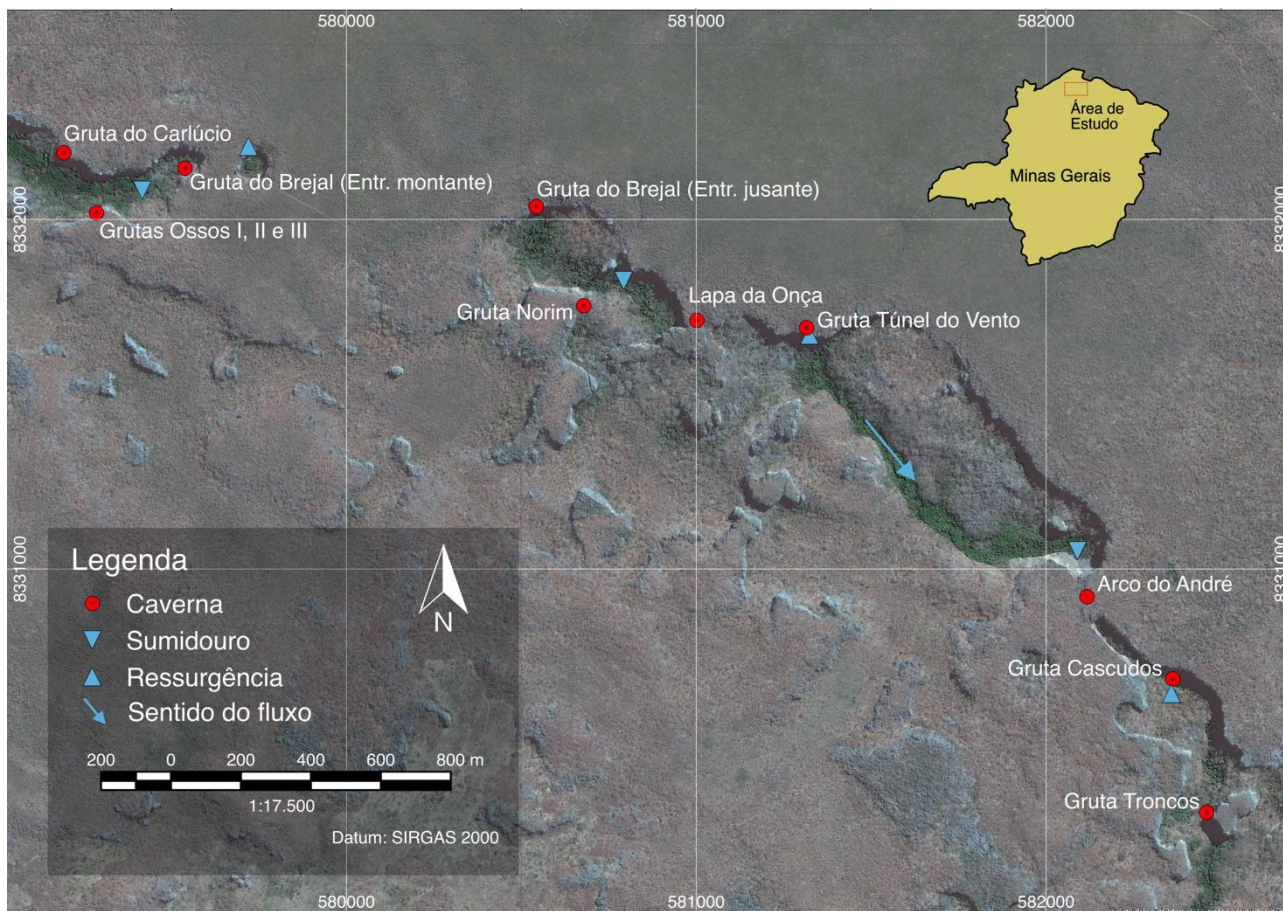


Figura 1: Trecho estudado do cânion cárstico do rio Peruaçu, com a indicação das cavernas, sumidouros e ressurgências mencionados ao longo do texto.

Na Lapa da Onça o nível de base do rio está na cota 630 metros (sumidouro) e o ponto mais baixo do topo do cone na cota 676 metros. Nesse trecho o rio é drenado por baixo dos sedimentos por aproximadamente 630 m, ressurgindo a jusante da gruta Túnel do Vento, na cota 601 metros. Esse é o primeiro bloqueio significativo do fluxo superficial do rio Peruaçu no interior do cânion. Uma possível interrupção do fluxo subterrâneo por entupimento, ou a elevação súbita da vazão a níveis superiores à capacidade de escoamento por essas rotas, poderia causar o alagamento de todo o setor do cânion à montante dessa gruta até a cota 676 metros, suficiente para deixar quase totalmente submersas as grutas Brejal e Carlúcio.

No Arco do André o nível do rio (próximo do sumidouro) está na cota 600 metros, enquanto a parte mais baixa do topo do cone está na cota 641 metros, na lateral leste do conduto (margem direita). O ponto mais elevado, na lateral oposta, atinge a cota 654 metros. Nesse trecho o rio drena por baixo dos sedimentos e ressurge apenas no interior da gruta Cascudos, 470 metros a jusante, na cota 581 metros. Esse é o segundo ponto de barramento. Uma retenção de fluxo neste local elevaria o nível do rio

até a cota 641 metros, altitude equivalente à do talvegue, acima da ressurgência da gruta Brejal que está na cota 637 metros (mais de 3 km a montante). A gruta do Carlúcio, por sua vez, não seria atingida pelo alagamento.

No caso dos cones da Lapa da Onça e do Arco do André, além das alturas serem mais expressivas que a do cone do Brejal, a participação de sedimentos de granulação fina é visivelmente maior, o que os tornam mais eficientes em termos de impermeabilidade e capacidade de retenção do fluxo do rio em caso de cheia.

Entre as grutas Cascudos e Troncos não foram identificados cones de sedimento com capacidade de retenção do fluxo do rio para acima das cotas atingidas pelos cones de montante.

A topografia também evidenciou que há degraus na calha do rio, com desníveis entre os trechos de montante e os de jusante dos cones de sedimentos. Nesses trechos entulhados, onde o rio drena por baixo dos sedimentos ou por condutos não acessíveis nas paredes laterais do cânion, os desníveis registrados (entre sumidouros e ressurgências) chegam a ser 45 vezes superiores aos

observados nos segmentos onde ele drena em ambiente subaéreo ou no interior das grutas. Essa relação, sintetizada na Tabela 1, é bastante visível no perfil apresentado na Figura 4.

3.2 Registros de Alagamentos e Cronologia

Foram identificados restos vegetais claramente depositados por flutuação em posição elevada no interior das grutas: Carlúcio, Brejal, Norim, Lapa da Onça, Túnel do Vento e Arco do André. Esse material é constituído por fragmentos de troncos e galhos de dimensões variadas (a maior parte tem comprimento de algumas dezenas de centímetros a poucos metros e diâmetro centimétrico) e diferentes estados de conservação. Marcas de níveis d'água foram identificadas nas grutas Lapa da Onça e Arco do André (Figura 2).

Na gruta do Carlúcio os restos vegetais estão distribuídos entre o piso e partes mais elevadas (em frestas nas paredes e vazios entre espeleotemas), posicionados entre as cotas 669 e 676 metros. Duas amostras datadas durante este estudo, e uma terceira por Oliveira (2008), apresentaram idades radiocarbônicas entre 340 ± 20 anos AP (TrA1) e 1.610 ± 50 anos AP (TrO1 - OLIVEIRA, 2008).

Na gruta Brejal, os restos vegetais estão no topo de um cone de blocos, na lateral do conduto e se posicionam entre as cotas 664 e 666 metros. Três amostras foram datadas com idades entre 390 ± 25 AP (TrA5) e 750 ± 20 AP (TrA3).



Figura 2: Tronco sobre cone de sedimento e marca de nível d'água (setas) no interior da gruta Arco do André.

Na gruta Norim foram identificados restos vegetais na cota 650 metros e na Lapa da Onça, pouco a jusante, na cota 662 metros. O material está depositado no piso e em pontos mais elevados dessas cavernas. Uma marca de nível d'água também foi identificada na parede da Lapa da Onça (MdA1), na cota 666 metros (Figura 3). Trata-se de uma marca bastante tênue e pode ser identificada pela coloração ligeiramente mais clara nas partes da parede e do teto alcançados pela água. Na gruta Túnel do Vento foram encontrados apenas vestígios vegetais no piso e presos aos espeleotemas mais elevados; a altimetria desses vestígios variou de 624 a 634 metros.

Tabela 1: Relação entre o desnível e o comprimento de trechos da calha do rio Peruaçu.

Trecho do rio	Cota a montante (m)	Cota a jusante (m)	Extensão em proj. horiz. (m)	Desní-vel (m)	Desnível / extensão (m/m)	Ambiente
Carlúcio – Sumidouro Brejal	650	647,5	210	2,5	0,011	subaéreo
Sumidouro – Ressurg. Brejal	647,5	637	290	10,5	0,036	sob blocos
Ressurg. Brejal – Sumid. Lapa da Onça	637	630	1.190	7	0,005	subaéreo
Sumid. Lapa da Onça – Ressurg. Túnel do Vento	630	601	640	29	0,045	sob blocos
Ressurg. Túnel do Vento – Sumid. Arco do André	601	600	950	1	0,001	subaéreo
Sumid. Arco do André – Ressurg. Cascudos	600	581	470	19	0,040	sob blocos
Ressurg. Cascudos – Troncos	581	580	410	1	0,002	caverna / subaéreo

O Arco do André foi o local onde mais se depositaram troncos. O material se distribuiu por vários pontos sobre o grande cone de sedimentos, depositando-se inclusive em um conduto lateral, fora do canal principal do rio. Para atingir esse local, o nível do rio teria que subir cerca de 40 metros. Os restos vegetais encontram-se entre as cotas 617 e 649 metros. Duas marcas de nível d'água foram identificadas: MdA2 e MdA3 nas cotas 641 e 653 metros, respectivamente (Figura 3). A marca MdA2 é formada por uma delgada camada de coloração branca (provavelmente calcita) que recobre a superfície da rocha e alguns espeleotemas depositados na parede. Essa marca tem altura similar à parte mais baixa do topo do cone de sedimentos: 641 metros. A marca MdA3 está em uma posição que não permitiu uma observação mais detalhada. Trata-se basicamente de uma faixa horizontal mais clara na parte atingida pela água. Curiosamente essa marca está acima do ponto mais baixo do topo do cone.

A listagem completa de troncos e marcas de nível d'água registrados é apresentada na Tabela 2. Também consta na tabela a posição altimétrica e o desnível existente entre os vestígios e o nível de base atual, representado pelo rio Peruaçu.

Os registros de alagamento se concentram nos seguintes segmentos: Carlúcio – Lapa da Onça e Lapa da Onça – Arco do André. No segmento de jusante, que abrange as grutas Cascudos e Troncos, não foram identificados restos vegetais com indícios de terem sido depositados por flutuação.

O entupimento dos sumidouros da Lapa da Onça e do Arco do André pode ter sido a causa desses alagamentos. Entupimentos também podem ter ocorrido em outros locais, e certamente ocorreram, mas no segmento estudado, nenhum atingiu tal magnitude. Entupimentos das rotas subterrâneas são comuns em sistemas cársticos e podem ocorrer em função do acúmulo de sedimentos de granulometria fina, como argila, silte e areia em condutos ou entre depósitos sedimentares originados de colapso do carste subterrâneo, em geral compostos por matações. Os efeitos gerados são diversos e capazes de alterar significativamente a rota de drenagem, assim como a própria morfologia do sistema subterrâneo, como alargamento dos condutos ou a criação de novas rotas de escoamento. Estudos detalhados sobre o tema são apresentados por Palmer (2007).

Outra possível causa para esses alagamentos é a elevação significativa da vazão do rio em função do aumento da pluviosidade. Nesse caso, deve-se levar em conta que o rio Peruaçu é alóctone, com uma ampla bacia, cuja área tem aproximadamente 113.000 hectares a montante do cânion cárstico. Também é possível que entupimentos e aumentos de vazão tenham ocorrido de modo simultâneo, ou seja, que a rota subterrânea em uma ou outra caverna estivesse entupida durante períodos de alta pluviosidade, ou eventos de pluviosidade extrema.

O represamento na gruta Lapa da Onça foi responsável pela retenção do fluxo do rio até a cota 676 metros. O cânion, desde seu setor de montante até esse ponto, não possui áreas arrasadas com altitude inferior a essa cota altimétrica em nenhuma das laterais. Isso permite afirmar que os alagamentos responsáveis pela deposição de troncos ou marcação das paredes no interior das grutas Carlúcio (cota máxima 676 metros), Brejal (cota máxima 666 metros) e Lapa da Onça (cota máxima 666 metros) foram decorrentes do represamento ocorrido nesta última, que elevou o nível do rio 46 metros naquele ponto. Digno de nota é o fato de o nível máximo de alagamento (marca MdA1) identificado na Lapa da Onça ser similar ao do Brejal, onde foram depositados troncos, e o topo do seu cone de blocos estar posicionado em altura similar aos depósitos mais elevados da Gruta Carlúcio.

No Arco do André o nível máximo atingido pela água está representado pela marca de nível d'água MdA3: 653 metros. No entanto, atualmente um alagamento naquele local não poderia atingir esse nível, uma vez que a lateral direita do topo do cone de sedimentos foi aparentemente erodida. Hoje a parte mais baixa do topo do cone está na cota 641 metros, altura máxima de retenção possível e que corresponde ao nível da marca de nível d'água MdA2 (Figura 3). A existência de troncos depositados acima desse nível (ver Tabela 2) demonstra que o topo do cone foi erodido após a deposição desse material, ou seja, depois de 1.380 ± 20 anos AP, idade da amostra TrA6, posicionada na cota 646 metros. A amostra TrA7 (1.590 ± 20 anos AP) está na cota 645 metros. Por outro lado, as idades mais recentes foram obtidas em amostras posicionadas abaixo da cota 641 metros: TrA8 (100 ± 25 anos AP) e TrA9 (140 ± 25 AP), ambas na cota 640 metros.

Tabela 2: Altimetria e idades dos registros de alagamento identificados no estudo. Nota: Tr = Tronco; MdA = Marca de nível d'água.

Gruta	Evidência de alagamento	Cota altimétrica (m)	Cota atual do rio no ponto mais próximo (m)	Altura em relação ao nível atual do rio Peruaçu (m)	Idade
Carlúcio	TrB99	676	654	22	-
Carlúcio	TrB100	674	654	20	-
Carlúcio	TrA1	669	654	15	340 ± 20 AP
Carlúcio	TrB101	669	654	15	-
Carlúcio	TrA2	672	654	18	800 ± 20 AP
Carlúcio	TrO1	673	654	19	1.610 ± 50 AP*
Brejal	TrA3	666	637	29	750 ± 20 AP
Brejal	TrA4	664	637	27	510 ± 30 AP
Brejal	TrA5	664	637	27	390 ± 25 AP
Norim	Tr B46.1	650	630	20	-
Lapa da Onça	TrB36.5	662	630	32	-
Lapa da Onça	MdA1	666	630	36	-
Túnel do Vento	TrB30.2	627	601	26	-
Túnel do Vento	TrB30.4	631	601	30	-
Túnel do Vento	TrB30.5	624	601	23	-
Túnel do Vento	TrB30.6	626	601	25	-
Túnel do Vento	TrB30.8	631	601	30	-
Túnel do Vento	TrB30.9	631	601	30	-
Túnel do Vento	TrB30.10	634	601	33	-
Arco do André	MdA2	641	600	41	-
Arco do André	MdA3	653	600	53	-
Arco do André	TrA7	645	600	45	1.590 ± 20 AP
Arco do André	TrB2.1	647	600	47	-
Arco do André	TrA6	646	600	46	1.380 ± 20 AP
Arco do André	TrA8	640	600	40	100 ± 25 AP
Arco do André	TrA9	640	600	40	140 ± 25 AP
Arco do André	TrB2.5	647	600	47	-
Arco do André	TrB2.7	647	600	47	-
Arco do André	TrB2.9	641	600	41	-
Arco do André	TrB3	649	600	49	-
Arco do André	TrB5.2	617	600	17	-

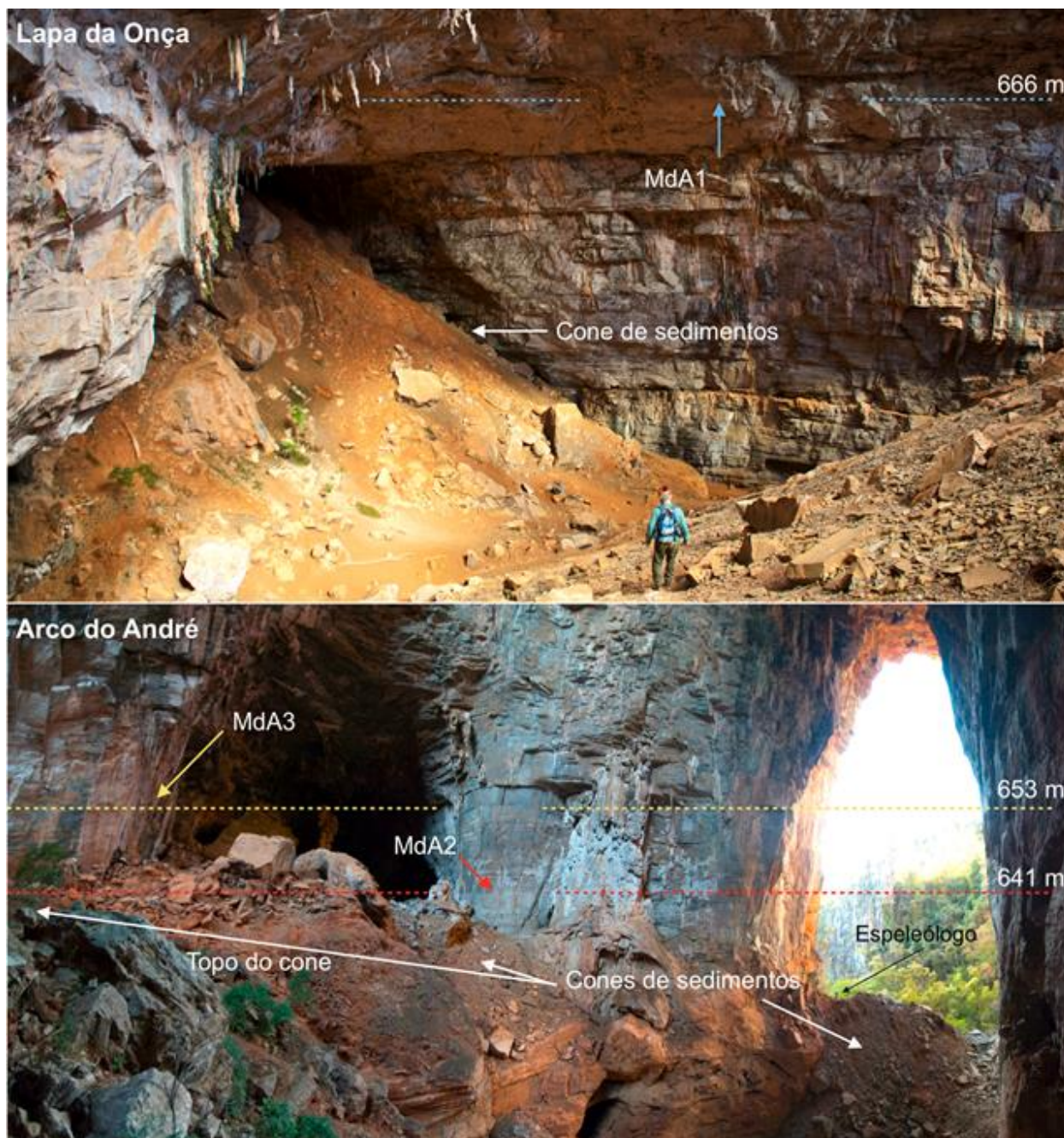


Figura 3: Cones de sedimentos e marcas de nível d'água nas grutas Lapa da Onça e Arco do André: na primeira, o topo do cone (não visível na foto) está acima da cota 666 metros, altura da marca MdA1; no Arco do André, uma visão panorâmica a partir do topo do cone de sedimentos permite projetar os níveis atingidos pela água e que marcaram as paredes da gruta (setas). Os espeleólogos dão a dimensão das áreas internas dessas grutas.

O nível da água atingido no Arco do André, até 53 metros acima do nível atual do rio, deixou completamente submersa a gruta Túnel do Vento, e certamente foi o responsável pelo aporte dos troncos ali depositados. Por outro lado, apesar do nível d'água ser suficiente para submergir parte das grutas Lapa da Onça e Brejal, os locais onde estão depositados os troncos nessas grutas não seriam atingidos pela água. A Figura 4 apresenta o perfil esquemático da área de estudo com a posição

altimétrica das marcas d'água e dos troncos datados nos dois segmentos sujeitos a alagamentos.

As idades obtidas com as datações se referem ao momento da morte do vegetal. Apesar desses dados não permitirem afirmar que os troncos foram depositados durante um mesmo evento, a hipótese não deve ser descartada, tendo em vista a curta duração de um tronco em ambiente subaéreo. Destaca-se que muitos dos troncos depositados têm pequenas dimensões tanto em comprimento como em diâmetro.

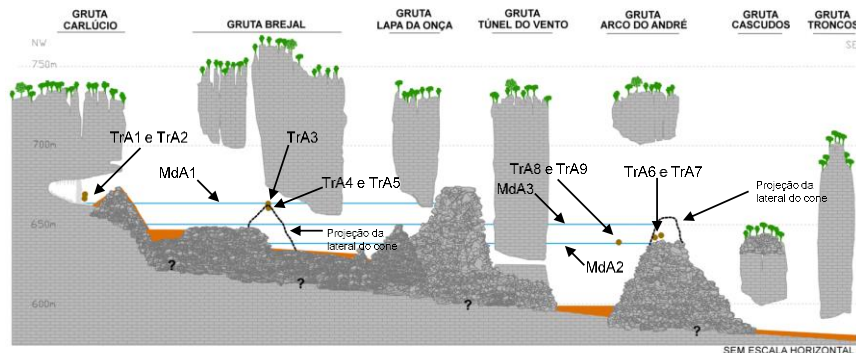


Figura 4: Perfil esquemático da área de estudo com a posição altimétrica das marcas de nível d'água e troncos datados.

As amostras do segmento Carlúcio - Lapa da Onça concentraram idades entre 340 ± 20 anos AP e 800 ± 20 anos AP (quatro amostras) e uma mais antiga: 1.610 ± 50 anos AP (amostra datada por Oliveira, 2008). No segmento Lapa da Onça - Arco do André há duas amostras bastante recentes: 100 ± 25 anos AP e 140 ± 25 anos AP e duas mais antigas: 1.380 ± 20 anos AP e 1.590 ± 20 anos AP.

A partir dos dados cronológicos é possível verificar que o aporte de material vegetal para o interior das cavernas em ambos os segmentos encontra-se numa faixa temporal que abrange desde aproximadamente 1.600 anos atrás (amostras TrO1 e TrA7), até cerca de 100 anos atrás (amostra TrA9). Agrupando-se as idades mais próximas entre si, nota-se que, com exceção de TrO1 e TrA7 (Grupo 01), todos os demais troncos com idades próximas encontram-se na mesma gruta (Tabela 3). Nota-se também que os intervalos de tempo entre os grupos (entre aproximadamente 100 e 600 anos) são bastante superiores àqueles observados entre os registros de um mesmo grupo, em geral inferiores a 50 anos.

Não deve ser descartada a possibilidade das amostras TrO1 (1.610 ± 50 anos AP) coletada na gruta do Carlúcio por Oliveira (2008) e TrA7 (1.590 ± 20 anos AP), coletada no Arco do André, terem sido depositadas em decorrência de um mesmo evento de alagamento. Para que isso ocorresse seria necessário o extravasamento do rio Peruaçu para acima da cota 676 metros (no cone da Lapa da Onça) e elevação de seu nível até a cota 645 metros no Arco do André. Isso implica dizer que, ou os dois sumidouros estavam entupidos, ou as chuvas foram suficientes para elevar o fluxo do rio a uma vazão acima da capacidade de drenagem dos dois sumidouros. Nesse caso, uma possibilidade não descarta a outra, ou seja, a elevação do fluxo do rio pode também ter ocorrido no momento em que os dois sumidouros estavam total ou parcialmente barrados.

Também deve ser considerada a contribuição da bacia que abrange o segmento entre a Lapa da Onça e o Arco do André. Não se sabe se apenas o volume de água captado por essa bacia (considerando o aporte de águas subterrâneas, tendo em vista que se trata de um aquífero cárstico) seria suficiente para elevar o nível do rio até os níveis máximos de barramento no Arco do André, caso o fluxo do rio estivesse completamente bloqueado na Lapa da Onça.

Os níveis máximos dos alagamentos afetaram uma grande área, que extrapola os limites do cânion para montante. Considerada a abrangência das cotas atingidas, 676 metros a montante da Lapa da Onça e 653 metros a montante do Arco do André, aproximadamente 340 hectares foram atingidos, deixando total ou parcialmente submersas as grutas Túnel do Vento, Lapa da Onça, Norim, Brejal, Carlúcio e Ossos I e II. As grutas Desprezo e Caboclo, mais afastadas da calha do rio, aparentemente não foram afetadas.

É importante salientar que as idades obtidas por meio das datações ^{14}C de troncos permitiram correlacionar apenas de modo aproximado possíveis eventos de alagamento. Essas datas correspondem ao momento da morte do vegetal, que pode ter ocorrido antes ou durante a elevação do nível da água. A possibilidade de incorporação de carbono decaído (*efeito da água dura*) pelos troncos analisados não deve ser descartada. O balizamento por meio da datação de outros elementos, e com métodos distintos, poderão minimizar possíveis imprecisões. Outro aspecto a ser considerado sobre as datações em troncos é o fato de que um tronco muito grosso pode apresentar diferenças nas idades, a depender do ponto onde a amostra foi coletada; isso em decorrência de idades distintas entre os anéis de crescimento da planta. Estudos detalhados do material vegetal, tais como a análise dos anéis de crescimento, poderão oferecer maior precisão cronológica, assim como uma melhor compreensão do ambiente do final do Holoceno.

Tabela 3: Altimetria e idades das amostras de troncos datadas. Os grupos indicam as amostras com idades mais próximas.

Amostra	Idade máxima	Cota	Local do barramento	Grupo	Intervalo entre grupos
TrO1	1.610 ± 50 AP*	673 m	Lapa da Onça	Grupo 1	
TrA7	1.590 ± 20 AP	645 m	Arco do André	Grupo 1	+/- 200 anos
TrA6	1.380 ± 20 AP	646 m	Arco do André	Grupo 2	+/- 600 anos
TrA2	800 ± 20 AP	672 m	Lapa da Onça	Grupo 3	
TrA3	750 ± 20 AP	666 m	Lapa da Onça	Grupo 3	+/- 300 anos
TrA4	510 ± 30 AP	664 m	Lapa da Onça	Grupo 4	+/- 150 anos
TrA1	340 ± 20 AP	669 m	Lapa da Onça	Grupo 5	
TrA5	390 ± 25 AP	664 m	Lapa da Onça	Grupo 5	+/- 300 anos
TrA8	100 ± 25 AP	640 m	Arco do André	Grupo 6	
TrA9	140 ± 25 AP	640 m	Arco do André	Grupo 6	

4. CONCLUSÕES

A utilização do perfil topográfico se mostrou um método bastante eficaz no estudo das relações altimétricas entre as feições morfológicas, deposicionais e os registros de alagamento do cânion cárstico.

O perfil topográfico e as informações coletadas em campo indicaram a existência de dois importantes barramentos do fluxo do rio Peruaçu: grandes cones de sedimento, capazes de elevar significativamente o nível do rio, seja por entupimento das rotas subterrâneas ou aumentos expressivos de vazão, causados por eventos pluviométricos extremos. O primeiro cone, de montante para jusante, encontra-se na Lapa da Onça e gerou alagamentos onde o nível máximo do rio atingiu a cota altimétrica 676 metros (46 metros acima do nível atual do rio Peruaçu naquele setor). Durante esse evento, as grutas Brejal e Carlúcio estiveram submersas. As grutas Ossos I e II estão abaixo da cota 680 metros e também foram atingidas por alagamentos. O segundo cone está no Arco do André, que gerou alagamentos que atingiram a cota 653 metros, o que corresponde a uma elevação de 53 metros em relação ao nível atual do rio Peruaçu.

O cruzamento entre as informações altimétricas e as idades obtidas pelo método ¹⁴C permitiu constatar que diferentes eventos de alagamento foram responsáveis pela deposição de troncos no interior das grutas. As datações revelaram idades relativamente recentes (inferiores a 1.600 anos AP), que podem estar associadas ao limite máximo de tempo de preservação dos restos vegetais no interior das cavernas. Deve-se ressaltar que datações obtidas pelo método ²³⁰Th/²³⁴U de capas de calcita que recobrem conchas que, segundo

Oliveira (2008), foram introduzidas na gruta do Carlúcio durante alagamentos, apresentaram idades de até 9.650 ± 40 anos AP. A existência de idades recentes descarta a possibilidade de que esses grandes alagamentos tenham relação com importantes mudanças climáticas, sendo melhor interpretados como decorrentes de eventos de pluviosidade extrema e/ou entupimento das rotas subterrâneas.

As marcas de nível d'água identificadas nas paredes das grutas Lapa da Onça e Arco do André foram interpretadas como decorrentes de períodos de estabilidade do nível d'água. Essa estabilidade parece estar associada a entupimentos da rota subterrânea e não à ocorrência de eventos extremos de chuva. A marca MdA2, formada por precipitação de minerais (possivelmente calcita) na superfície da rocha, pode indicar a retenção de águas mais saturadas. No entanto, são necessários estudos mais aprofundados para se determinar com precisão a causa da impressão dessas marcas.

A evolução do cânion cárstico do rio Peruaçu foi comandada pelos processos de abatimento. Nos segmentos estudados foi constatado que a coalescência de dolinas de colapso resultou em trechos mais ou menos encaixados do cânion. Esses dolinamentos geraram grande volume de material clástico, que ficou depositado ao longo da calha do rio. Em função disso, o fluxo do rio Peruaçu teve que se ajustar, buscando rotas subterrâneas sob os depósitos clásticos, ou entre esses e as paredes escarpadas do cânion. Os cones de sedimento afetaram também a dinâmica sedimentar do rio, observando-se clara diminuição da granulometria do material fluvial depositado no interior do cânion, notadamente a partir do cone de montante da gruta Brejal.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos espeleólogos que participaram da elaboração do perfil topográfico, à equipe do PARNA Cavernas do Peruaçu, ao Instituto do Carste e ao ICMBio/CECAV.

REFERÊNCIAS

- FERREIRA, R. L.. Depósitos em cavernas: registros de vida passada. **Bios**, Belo Horizonte, v. 11, n. 11, p. 39-52, 2003.
- MOURA, M.T.T de. A Dinâmica de Evolução da Paisagem do Vale do Rio Peruaçu. **Arquivos do Museu de História Natural e Jardim Botânico**. Belo Horizonte, p. 41-73, 2009.
- NICOD, J. Les canyons karstique: “nouvelles approches de problèmes géomorphologiques classiques” (spécialement dans les domaines méditerranéens et tropical). **Quaternaire**, 8 (2-3), p. 71-89, 1997.
- OLIVEIRA, I. P. M. **Barramentos Naturais no Vale do Rio Peruaçu: Consequências Ecológicas e Ambientais de Eventos Pretéritos e Futuros**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo horizonte, 2008.
- PALMER, A. N. **Cave Geology**. Ohio: Cave Books, 2007.
- PILÓ, L. B. **A morfologia cárstica do baixo curso do Rio Peruaçu, Januária/Itacarambi, MG**. Monografia (Graduação em Geografia) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 80 f, 1989.
- PILÓ, L. B.. Caracterização regional do Vale do Rio Peruaçu. **O Carste**, Belo Horizonte, v. 9, n. 2, p. 22-29, 1997.
- PILÓ, L.B.. **Morfologia cárstica e materiais constituintes: dinâmica e evolução da depressão poligonal Macacos-Baú, Carste de Lagoa Santa, MG**. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, 1998.
- PILÓ, L. B.. Geomorfologia cárstica. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, Uberlândia, v. 1, n. 1, p. 88-102, 2000.
- PILÓ, L. B. & KOHLER, H. C.. Do vale do Peruaçu ao São Francisco: Uma viagem ao interior da Terra. In: Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, n. 3, **Publicação Especial n.2 (excursões)**. Belo Horizonte, p.57-73, 1991.
- PILÓ, L. B.; MOURA, V.; ALT, L.; CHABERT, C.; BOULLIER, N.; AULER, A.. Dados topográficos, morfológicos e orgânicos evidenciam grandes inundações no cânion do Rio Peruaçu - Parque Nacional Cavernas do Peruaçu - MG. In: Workshop - Cadastro e Mapeamento de Cavernas. Belo Horizonte, MG. **Resumos**. Belo Horizonte: Redespeleo Brasil, v. 1, p. 15, 2005.
- RODET, J. & RODET, M. J.. Evolution karstique et resources lithiques archéologiques L' exemple de Rio Peruaçu. **Atas do 11 Congrès National de Spéléologie**. Societé Suisse Spéléologie, Genève. p. 129-134, 2001.
- RODET, J.; RODET, M. J.; MARIANO, D. F.; WILLEMS, L.; POUCKET, A.; PILÓ, L. B.. Do Brejal ao Janelão, uma história geomorfológica do Terra Brava. In: Encontro Brasileiro de Estudos do Carste, 1. **Resumos**. Belo Horizonte: Redespeleo Brasil, p. 23, 2004.
- RUBBIOLI, E.. Cavernas do Peruaçu: tópicos abordados no levantamento espeleológico da área de proteção ambiental. **O Carste**, Belo Horizonte, v. 11, n. 2, p. 34-37, 1999.
- RUBBIOLI, E. & MOURA, V.. **Mapeamento de cavernas: guia prático**. São Paulo. Redespeleo Brasil. 92 p, 2005.