

CAVERNA DO RIO FRIA (SP-40) REVISITADA 100 ANOS DEPOIS DE KRONE: HISTÓRIA E GEOLOGIA DE UMA CAVERNA FORMADA PELO CRESCIMENTO DE TUFA

RIO FRIA CAVE (SP-40), REVISITED 100 YEARS AFTER KRONE: HISTORY AND GEOLOGY OF A CAVE FORMED BY TUFA GROWTH

William Sallun Filho(1), Luis Henrique Sapiensa Almeida(2), Bruna Ferri Torresi(2), Fábio Rodrigues Nobre Gouveia(2) & Ana Laura Person(2)

(1) Instituto Geológico, Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo – IG/SMA-SP, São Paulo-SP.

(2) Graduação, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo – IGc/USP, São Paulo-SP.

Contatos: wsallun@gmail.com; luisalmeida87@hotmail.com; nurb_ft@hotmail.com; nobre00@hotmail.com; ana.person@usp.br

Resumo

A Caverna do Rio Fria (SP-40) foi descoberta em 1907 por Sigismund Ernst Richard Krone, que já havia catalogado 20 cavernas desde 1896, que as procurava para estudos paleontológicos e arqueológicos. Desde então, a Caverna do Rio Fria ficou praticamente esquecida, com a localização incerta. Durante estudos desenvolvidos sobre depósitos antigos e modernos de tufas na Serra de André Lopes, a caverna foi reencontrada e constatou-se ser uma caverna atípica, não originada por dissolução de rochas carbonáticas pré-existente, como comumente observado, mas sim uma cavidade originada pelo crescimento das tufas, depósitos carbonáticos que são depositados nos rios e cachoeiras, que acabaram por envolver o espaço da cavidade formando, assim, a caverna. No depósito antigo de tufa (Quaternário) afloram conglomerados, com clastos de rochas não carbonáticas do embasamento proterozóico, cimentados por tufa, sobrepostos por tufas rígidas, laminadas, com grande quantidade de clastos dispersos, em geral matriz suportados, de tamanhos variados, com níveis de conglomerados cimentados. A caverna encontra-se protegida, pois situa-se dentro do Parque Estadual Caverna do Diabo, porém possui diversos impactos causados por antiga atividade de mineração e pela visitação atual ocasional.

Palavras-Chave: Caverna do Rio Fria; Tufa; Sigismund Ernst Richard Krone; Serra do André Lopes.

Abstract

The Rio Fria Cave (SP-40) was discovered in 1907 by Sigismund Ernst Richard Krone, who had already catalogued 20 caves since 1896, which he sought for paleontological and archeological studies. Since then, the Rio Fria Cave, of uncertain location, had been practically forgotten. During studies developed regarding ancient and modern tufa deposits in the Serra de André Lopes region, the cave was re-discovered and found to be atypical, not originating from dissolution of pre-existing carbonate rocks, as commonly observed, but as a result of a cavity formed by the growth of tufas, these being carbonate materials that are deposited on rivers and waterfalls, which end up surrounding the space of the cavity, thus forming a cave. In the ancient deposit (Quaternary) there are outcrops of conglomerates, with clasts of non-carbonate rocks of the Proterozoic basement, cemented by tufa, overlain by rigid laminated tufas, with a large number of dispersed clasts, generally matrix-supported and of varying size, with levels of cemented conglomerates. The cave is found to be protected, as it is situated within the Caverna do Diabo State Park, although there is evidence of various impacts caused by former mining activities and current occasional visitors.

Key-Words: Rio Fria's Cave; Tufa; Sigismund Ernst Richard Krone; Serra do André Lopes.

1. INTRODUÇÃO

A Caverna do Rio Fria (SP-40) foi descoberta por Sigismund Ernst Richard Krone em 1907 (BRANDI, 2007) e descrita pela primeira vez na publicação “Estudo sobre as cavernas do valle do rio ribeira” (KRONE, 1909). Esta publicação trata da continuação dos estudos que Krone já vinha

realizando há alguns anos, na qual já havia catalogado 20 cavernas (KRONE, 1898), adicionando mais 21 neste segundo trabalho.

Os trabalhos de Krone caracterizam-se pelo enfoque na paleontologia e arqueologia das cavernas, sendo que essas geralmente são

apresentadas com descrição sucinta e menções imprecisas sobre a localização.

A única menção sobre a Caverna do Rio Fria era o trabalho de Krone (1909), e havia uma confusão devido ao fato de duas cavernas serem referidas com os nomes “Fria” e “Frias”: a caverna do Rio Fria (SP-40), à qual refere-se o presente trabalho, e caverna Fria ou do Frias (SP-79), mencionada por FIGUEIREDO et al. (2007) e BRANDI (2007). Tratam-se de duas grutas distintas, distantes entre si, sendo a última localizada na região da Caverna do Diabo. Este fato já havia sido constatado por MISKULIN *et al.* (1993) que mesmo sem saber a localização exata da Caverna do Rio Fria, concluiu que a Gruta do Fria é outra gruta devido a grande distância que as separam.

A importância da ocorrência da Caverna do Rio Fria deve-se ao fato de ser uma caverna atípica. Enquanto praticamente todas as cavernas formarem-se pela dissolução ou erosão de uma rocha encaixante, o que leva à formação dos condutos e salões, a Caverna do Rio Frias formou-se pelo crescimento e envolvimento do espaço interior pelas tufas, constituindo-se, assim, numa caverna acrescional, primária, e não de dissolução, secundária.

Depósitos sedimentares formados por tufas representam feições construtivas associadas a sistema cársticos. A extensa deposição moderna e antiga de tufas na região se deve a associação entre o alto teor de carbonato de cálcio dissolvido na água (ampla predominância de recarga autogênica no sistema cárstico), a alta limpidez da água (ausência de sedimentos siliciclásticos), intensa atividade biológica e clima favorável (subtropical superúmido).

Depósitos de tufas atuais, em formação, e antigos são descritos na Serra da Bodoquena (ALMEIDA, 1965, BOGGIANI; COIMBRA, 1995; BOGGIANI et al., 2002; SALLUN FILHO; KARMANN, 2007; SALLUN FILHO et al., 2009) e Serra das Araras (MT) (CORRÊA; AULER, 2007). Também ocorrem no sudoeste da Bacia Potiguar (REYES, 2003; REYES et al., 2003), na Paraíba, Ceará e Pernambuco (MUNIZ e RAMIREZ, 1971; DUARTE; VASCONCELOS, 1990a, 1990b), no norte da Bahia (AULER, 1999), no Rio de Janeiro (RAMOS et al., 2005) e em Sergipe (SOUZA-LIMA; FARIAS, 2007).

Não são muito comuns as ocorrências de cavernas devido ao crescimento de tufas. Apenas duas encontram-se cadastradas no Cadastro Nacional de Cavernas – CNC, da Sociedade Brasileira de Espeleologia (consulta de 28/01/2011), sendo uma

no Rio de Janeiro (RJ-22, Abrigo-sob-rocha do Caxangá) e a Caverna do Rio Fria. Existem também cavidades formadas pelo crescimento de tufas na Serra da Bodoquena, ao longo do Rio Mimoso, porém não cadastradas.

2. HISTÓRICO

As cavernas e o carste do Alto Ribeira foram revelados através dos estudos de Krone, naturalista que no princípio do século passado investigou várias cavernas no Alto Ribeira em busca de material paleontológico, arqueológico e informações etnográficas (KARMANN; FERRARI, 2002). O naturalista Sigismund Ernst Richard Krone (1861-1917) – Major Ricardo Krone, nascido na Alemanha veio ainda jovem para Iguape (1884), onde viveu por trinta anos atuando como farmacêutico, arqueólogo, paleontólogo, ornitólogo, fotógrafo, além de ter exercido cargos públicos na cidade (FELIZARDO, 2010). Realizou o primeiro levantamento sistemático de cavernas em São Paulo de 1895 a 1906, compondo o primeiro cadastro de caverna conhecido no Brasil (FELIZARDO, 2010). Era contratado pelo Museu Paulista, instituição criada em 1891 como Museu do Estado (<http://www.dichistoriasaude.coc.fiocruz.br>).

BRANDI (2007) faz um histórico do início dos estudos espeleológicos no Vale do Ribeira onde destaca que ocorreram 3 expedições, em 1896 (ou 1897, KRONE 1904) e duas em 1907 realizadas por Krone e outra por Lourenço Granato em 1901.

Após a primeira expedição de Krone à região do Alto Ribeira, em 1896, publicou um artigo na revista do Museu Paulista em 1898, que impressionou o Sr. Hermann von Ihering diretor do museu, que conseguiu sensibilizar o Secretário do Interior a realizar ações de preservação das cavernas (BRANDI, 2007). Dois anos se passaram até que o Estado anunciou um parecer indicando a necessidade de estudos e de preservação das grutas, por parte da Secretaria da Agricultura (BRANDI, 2007). Após este parecer Lourenço Granato foi incumbido pelo Estado, em 1900, a tomar todas as providências cabíveis para fazer o levantamento da situação e extensão das terras que incluíssem grutas calcáreas, e em novembro daquele ano, Granato juntamente com Krone, realizaram levantamentos iniciais necessários a uma expedição (BRANDI, 2007). Em 1901, Granato após extensa pesquisa saiu para exploração da região para realizar o levantamento das terras de onde existia menção sobre a presença de grutas, descrevendo 15 grutas, sendo 4 descobertas por Krone (BRANDI, 2007).

Após as explorações de Krone em 1896 e Granato em 1901, Krone pretendia dar sequência aos estudos na mesma região e em algumas cavernas já descritas.

Krone realizou duas expedições em 1907, no primeiro e no segundo semestre, após 11 anos afastado devido a falta de recursos (BRANDI, 2007). Segundo BRANDI (2007) nesta exploração Krone percorreu todas as grutas que Granato descobrira em 1901, além da região do Rio Pardo, uma possível indicação dos mapeamentos de 1906 da Comissão Geográfica e Geológica (CGG), que resultaram na descoberta de duas pequenas grutas, a do Rio Fria e do Córrego Comprido.

No final do século XIX a Comissão Geográfica e Geológica (CGG), com vistas a realizar estudos naturalistas que beneficiasse a cafeicultura paulista, promoveu uma ampla exploração do território paulista (FITTIPALDI et al., 2006). O então Presidente da Província de São Paulo, Conselheiro João Alfredo Corrêa de Oliveira, convidou o geólogo norte-americano Orville Adelbert Derby, Diretor da Seção de Geologia do Museu Nacional, para formular um plano para a exploração do território paulista (FITTIPALDI et al., 2006). A primeira expedição realizada pela CGG nos rios Itapetininga e Paranapanema foi comandada pelo Engenheiro Theodoro Fernandes Sampaio (FITTIPALDI et al., 2006). Em 1889, a CGG publicou seu boletim nº 1, (Retrospecto Histórico dos trabalhos geográficos e geológicos effectuados na Província de S. Paulo), seguiram-se muitas outras expedições e publicações de caráter geográfico, geológico, meteorológico, botânico, arqueológico, etnográfico, histórico, terminologia indígena etc. (FITTIPALDI et al., 2006). A expedição do Rio Ribeira de Iguape se iniciou em 12/06/1906 (FITTIPALDI et al., 2006), publicada posteriormente (CGG, 1914) com o relato da ocorrência de diversas cavernas, algumas já descritas por KRONE (1898, 1909), porém sem descrevê-las. A exploração do Rio Ribeira de Iguape pela CGG juntou-se Ricardo Krone que já vinha desenvolvendo seus trabalhos na região, e que no caso fez um extenso levantamento arqueológico neste rio, publicados pela CGG (1914). Segundo BRANDI (2007) a participação de Krone na expedição da CGG deve ter sido apenas indireta, como um consultor devido ao seu grande conhecimento da região, e isto explicaria a presença deslocada de fotografias de cavernas no relatório da CGG (1914) sem textos associados.

Outro fator importante que motivou a mudança de planos na expedição de Krone em 1907 é descrito pelo próprio KRONE (1909):

“No inicio dos trabalhos por mim contractados, fui altamente contrariado por uma occurrencia, que anteriormente não me era possivel prever : foi-me vedado o ingresso em alguma cavernas, por parte dos seus proprietarios e eram estas justamente as toca de meu conhecimento e que estavam predestinadas para o serviço. Provinha esta disposição hostil aos meus projectos da esperança que esses cidadãos tinham de vender essas cavernas ao Governo do Estado de São Paulo, que, para sua aquisição, creara uma lei de desapropriação (n. 1083, de 30-12-1906).

Em consequencia disso vi-me obrigado a procurar e explorar novas cavernas, pertencente a pessoa menos interesseiras, por sua posição politica, não esperavam ser consideradas na projectada compra do governo, ou que estivessem situadas em terras devolutas.”

KRONE (1909) cita erroneamente a lei n. 1083, de 30-12-1906, onde o correto seria a lei n. 1084, de 29-12-1906, publicada no Diário Oficial do Estado em 16-01-1907.

Muitos anos se passaram desde as explorações e descobertas iniciais de Krone e Granato até a espeleologia paulista ter novas fases de explorações e descobertas. Por todo o período desde o início do século XX e as décadas de 1950 e 60, muitas cavernas do Vale do Ribeira nunca foram exploradas ou mesmo visitadas, e a própria localização de algumas delas foi esquecida. Com a retomada das explorações a partir da década de 1950 houve um esforço para localização das cavernas descritas por Krone, com a descoberta de dezenas de outras cavernas.

Esta nova fase da espeleologia paulista se iniciou nas décadas de 1950 e 60, passando para uma consolidação dos grupos de espeleologia na década de 1970, que consolidou esta atividade no estado.

O Centro Excursionista Universitário (CEU), um dos grupos pioneiros de espeleologia paulista, foi muito ativo na década de 1970, também partiu das observações de Krone e promoveu a localização, exploração e mapeamento de muitas cavernas descobertas anteriormente.

A Caverna do Rio Fria foi descoberta e descrita por KRONE (1909) e após este trabalho não foi mencionada por quase 70 anos. Durante estas atividades do CEU a Caverna do Rio Fria foi realocada, possivelmente em 1978, conforme registros prévios do Cadastro Nacional de Cavernas

da Sociedade Brasileira de Espeleologia. Durante trabalhos de mapeamento geológico da Folha Braço por CAMPANHA et al. (1985) localizaram algumas cavernas e feições cársticas, porém sem detalhar. Mesmo assim localizaram a entrada de uma caverna, que corresponde a Caverna do Rio Fria. Neste mesmo mapeamento também registraram a presença de tufas (denominados originalmente de travertino) em alguns pontos da Serra do André Lopes, além da presença de uma antiga pedreira.

Em 2009 esta gruta foi redescoberta durante trabalhos de campo para estudos de tufas na Serra do André Lopes.

3. CONTEXTO REGIONAL

A Caverna do Rio Fria localiza-se no município de Barra do Turvo, dentro do Parque Estadual Caverna do Diabo (desmembrado do Parque Estadual de Jacupiranga), com coordenadas UTM 755190E e 7262669N (Zona 22, datum Córrego Alegre) (Fig. 1, 2). Situa-se na porção sudoeste da Serra do André Lopes, associado ao Ribeirão Claro, afluente do Rio Fria.

As regiões sudoeste do Estado de São Paulo e norte do Paraná estão inseridas no extremo nordeste da faixa carbonática do Supergrupo Açungui, que engloba diversas unidades alinhadas na direção NE-SW na parte central da Faixa de Dobramentos Ribeira. Estes carbonatos condicionam o Carste do Alto Vale do Ribeira (KARMANN, 1994) que, segundo KARMANN; SANCHEZ (1986) é caracterizado por feições do tipo escarpas rochosas, torres isoladas, dolinas, sumidouros e ressurgências, com cavernas e abismos abundantes, com rios subterrâneos.

Os depósitos de tufas localizam-se no sopé da Serra do André Lopes, um dos diversos corpos carbonáticos do Vale do Ribeira. Neste trabalho utilizamos o termo tufa, que conforme discutido por SALLUN FILHO et al. (2009), o uso dos termos “tufo”, “tufa” e “travertino” no Brasil é ainda controverso. Trabalhos em português são publicados usando tufa, tufa calcária, tufo calcário e travertino, para os sedimentos carbonáticos continentais associados a drenagens fluviais, sendo que publicações mais recentes vêm utilizando com maior frequência o termo “tufa”. Em inglês também existe confusão com esta nomenclatura, e FORD; PEDLEY (1996) definiram o termo tufa (tufa) como sendo produto da precipitação de carbonatos em águas frias (não termais) e o termo travertino (*travertin*) é restrito a depósitos termais, e o termo “tufo” (*tuff*) a rochas vulcânicas piroclásticas (FORD; PEDLEY, 1996). Por outro lado, alguns

autores consideram o termo travertino como mais adequado para designar calcários continentais formados em rios ou lagos (PENTECOST, 2005). Desta forma, o uso do termo tufa (em português) como tradução do inglês *tufa*, é empregado no presente trabalho no lugar de “tufo calcário”, “tufa calcária” ou travertino.

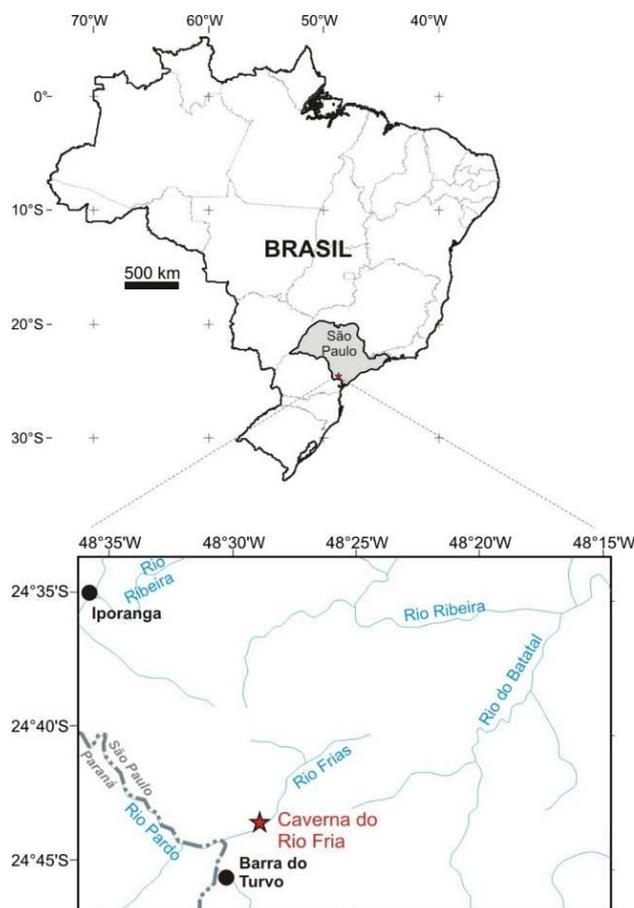


Figura 1: Localização da caverna.

A Serra do André Lopes apresenta feição de relevo que a distingue das demais áreas do Vale do Ribeira. É praticamente toda constituída por rochas dolomíticas, denominada “Mármore da Tapagem”, em referência ao antigo nome da Gruta do Diabo, pertencente ao Grupo Setuva do Supergrupo Açungui, caracterizados por filitos, xistos e os referidos dolomitos (CAMPANHA, 2002). O extenso corpo de dolomito da Serra do André Lopes tem 23 km na direção NE-SW e 4 km na sua extensão menor, com direção NW-SE (Fig. 2). A Serra do André Lopes constitui um grande planalto carbonático com altitudes entre 500 e 1000 m, que forma relevo positivo em relação aos filitos e xistos inferiores (Fig. 2). Essa conformação é contrária ao que se observa no restante das exposições desses metassedimentos, sendo que as áreas de exposição de calcário encontram-se em atitudes inferiores às de rochas não-calcárias (KARMANN, 1994; KARMANN; FERRARI, 2002). O embasamento

paleoproterozóico dos metassedimentos do Supergrupo Açungui é constituído por um conjunto de rochas gnáissico-migmatíticas, com alguns núcleos charnokíticos e intercalações de metassedimentos (CAMPANHA, 1991). O Grupo Setuva é constituído essencialmente por filitos e xistos finos, por vezes com alguns corpos menores de mármore intercalados (CAMPANHA, 1991).

Acrescenta-se a essa característica geomorfológica, o fato ainda das camadas do corpo dolomítico mergulharem para o seu interior, formando uma estrutura geológica sinformal, com eixo na direção NE, segundo a estruturação regional, o que faz com que a drenagem desse corpo seja essencialmente autogênica, ou seja, com as águas provindas das chuvas percorrendo sobre os dolomitos, o que não é comum para o Sistema Cárstico como um todo do Vale do Ribeira, caracterizado por recargas alogênicas, ou seja com águas que percorrem rochas não carbonática. As

poucas áreas de recarga alogênica originam-se de cristas não-carbonáticas (elevadas em relação aos mármore) formadas pelo Grupo Setuva.

A conformação acima descrita faz com que as drenagens da Serra do André Lopes sejam caracterizadas por um teor relativamente maior de carbonato de cálcio dissolvido, o que faz com que ali ocorra as concentrações de tufas, praticamente inexistentes em demais partes do Vale do Ribeira.

A Caverna do Rio Fria desenvolve-se em tufas no que foi denominado de “Depósito do Frias”, no Ribeirão Claro, um afluente do Rio Frias (Fig. 2). O Ribeirão Claro possui uma deposição ativa de tufas (a mais expressiva na Serra do André Lopes), bem como tufas antigas erodidas em seu leito e como depósitos de encosta na sua foz, quase no Rio Frias.

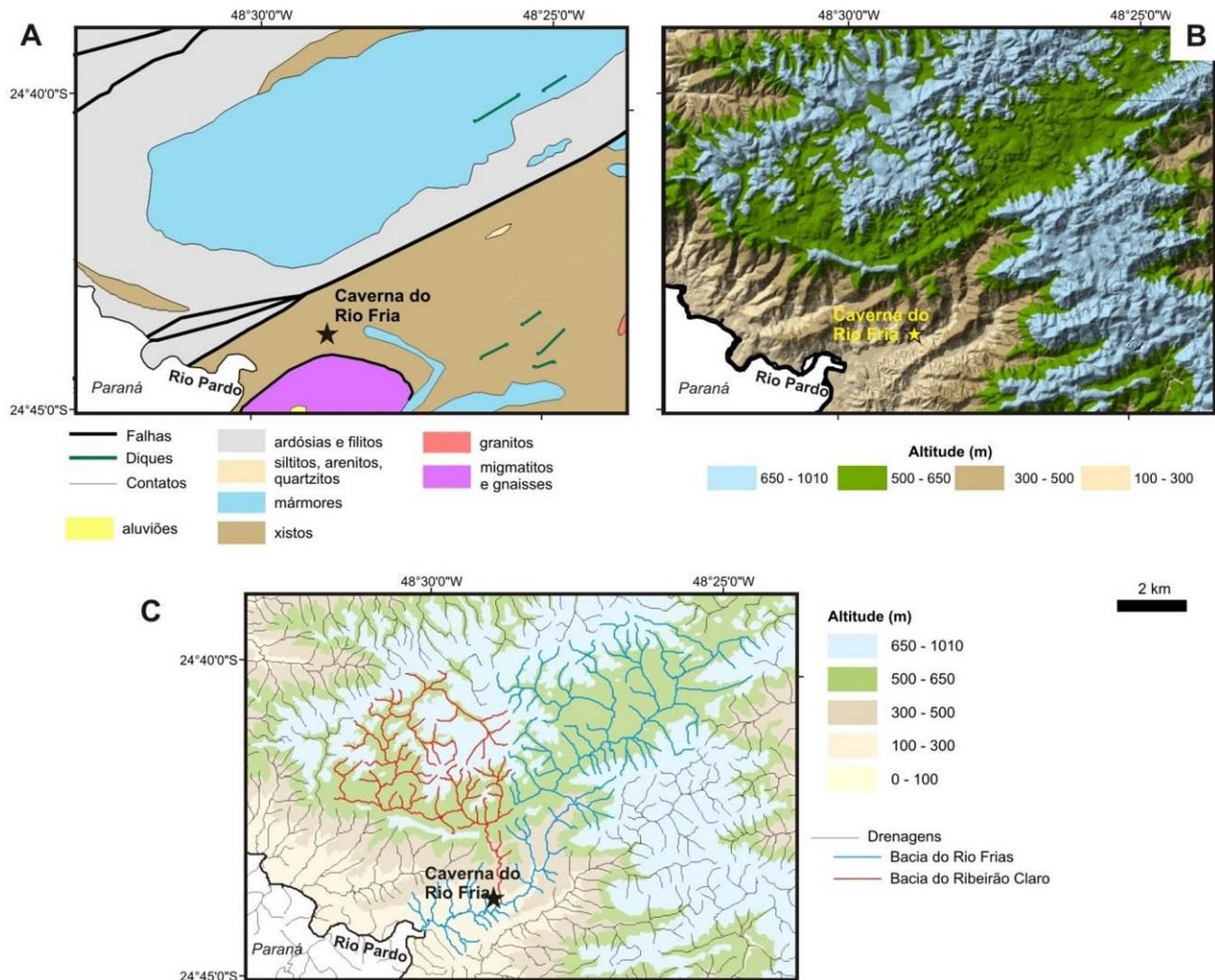


Figura 2: A- Mapa geológico da área (Modificado de CAMPANHA, 2002); B- Modelo digital de terreno baseado em mapas topográficos 1:10.000 (IGc); C- Mapa hipsométrico com as principais drenagens (baseados em mapas topográficos 1:10.000 - IGc) com destaque as bacias relacionadas Caverna do Rio Fria.

No Ribeirão Claro ocorre a deposição de cachoeiras e represas de tufas e de conglomerados cimentados. A morfologia das tufas ativas, em um trecho do Ribeirão Claro, próximo ao Rio Fria, é de cachoeiras e represas. Esta deposição é muito extensa, observado por pelo menos 2 km e deve abranger todo o Ribeirão do Claro, desde suas cabeceiras até sua foz, no Rio Fria. O Rio Claro nasce em áreas cársticas no planalto e percorre principalmente rochas não-carbonáticas, com as nascentes cársticas distantes, com alta vazão d'água e em alta declividade do terreno. Nas cotas mais baixas da Serra, o Rio Claro possui um canal principal, porém a juzante ele subdivide-se em pelo menos três drenagens menores, uma principal de maior vazão e duas de grande abrangência em área e baixa vazão. No canal principal as tufas não apresentam feições de erosão, mas sim formas arredondadas típicas, de tamanho métrico, e represas, em um leito fluvial de alta energia em uma encosta muito inclinada. As formas arredondadas das barragens indicam crescimento vertical ativo das tufas, com a influência de organismos na precipitação do carbonato. No Rio Claro constatou-se que as águas possuem Ph de 8,6 e as tufas ativas são constituídas essencialmente de calcita, quartzo e muscovita. Possuem um alto teor em CaO, e teores menores em MgO, SiO₂, e Al₂O₃. Desta forma as tufas foram classificadas quimicamente como calcários puros.

Na margem direita do Ribeirão Claro próximo ao Rio Fria ocorrem extensos depósitos antigos de encosta, assentada sobre xistos do embasamento proterozóico, denominados de "Depósito do Fria" (Fig. 3). Diversos patamares de antigas cachoeiras estão presentes, alguns deles cortados artificialmente em antiga exploração de rocha ornamental. Há inclusive uma pequena caverna primária neste depósito (Fig. 3). Este depósito possui no mínimo 6 m de altura, ocorrendo o contato com xistos do embasamento proterozóico. Afloram conglomerados, clasto suportados, com clastos de rochas não carbonáticas do embasamento proterozóico, cimentado por tufa, sobrepostos por tufas rígidas, laminadas, com grande quantidade de clastos dispersos, em geral matriz suportados, de tamanhos variados, com níveis de conglomerados cimentados (clasto suportados). A datação deste depósito indicou idades acima de 42.000 anos AP no topo, extrapolando o limite do método de radiocarbono.

Este depósito possui altos teores em CaO, porém bastante variáveis com a ocorrência de teores mais baixos. Os teores de MgO e Al₂O₃ são em geral

baixos. Já os teores SiO₂ são bastante variáveis, de muito altos a muito baixos. Desta forma as rochas foram classificadas quimicamente como desde calcários puros passando para calcários impuros até conglomerados cimentados por tufas (rocha não-carbonática) que ocorrem na base. Neste depósito constatou-se que as tufas são mineralogicamente constituídas essencialmente de calcita, quartzo e muscovita.

4. CAVERNA DO RIO FRIA

A descoberta da Caverna do Rio Fria se deu por Krone em 1901, e foi descrita pela primeira vez por KRONE (1909).

KRONE (1909) descreve a Caverna do Rio Fria em dois momentos no seu artigo, de forma simples e sucinta:

"n.º 40 – Caverna do Rio Fria

Seis quilômetros acima da barra do Rio Fria, à margem direita deste rio e apenas 20 metros de distancia. Dá passagem a um pequeno correjo." (pg. 153)

"Caverna do Rio Fria

N.40. Esta caverna é percorrida por um pequeno correjo que se forma ali mesmo, pela junção das águas dos diferentes condutos, dos quais esta lapa se compõe. Há compartimentos ricamente ornamentados de calcitos, porém, todos de pequenas dimensões e todos convergindo para uma pequena sala, cujo pavimento se acha profundamente encharcado pelas águas do correjo." (pg. 161)

Por estas descrições, mesmo simples, vimos que realmente a caverna localizada corresponde a Caverna do Rio Fria. Além destas descrições traz uma foto de um conjunto de espeleotemas, reconhecidos atualmente no salão de entrada da caverna (Fig. 4). Não faz nenhuma menção a tipo de rocha na qual a caverna é formada. Porém menciona o predomínio de "cal" nos rios Claro e Fria (pg. 148), mas interpretamos aqui o termo cal utilizado por ele como os dolomitos de cor clara do proterozóico, e não tufas. Sabe-se hoje que em grande parte do Rio Claro predominam tufas e no Rio Fria depósitos de aluvião (areias e cascalhos), ambos sobre filitos e xistos.

Desta forma KRONE (1909) não notou em seu trabalho que a Caverna do Rio Fria é composta por tufas, depositados pelo Rio Claro.



Figura 3: Tufas ativas em cachoeiras (A) e represas (B) no Rio Claro; Depósito do Frias: C- Grande afloramento de tufas antigas; D- Corte artificial nas tufas feitas por antiga atividade minerária; E- Pequena cavidade no depósito de tufa.

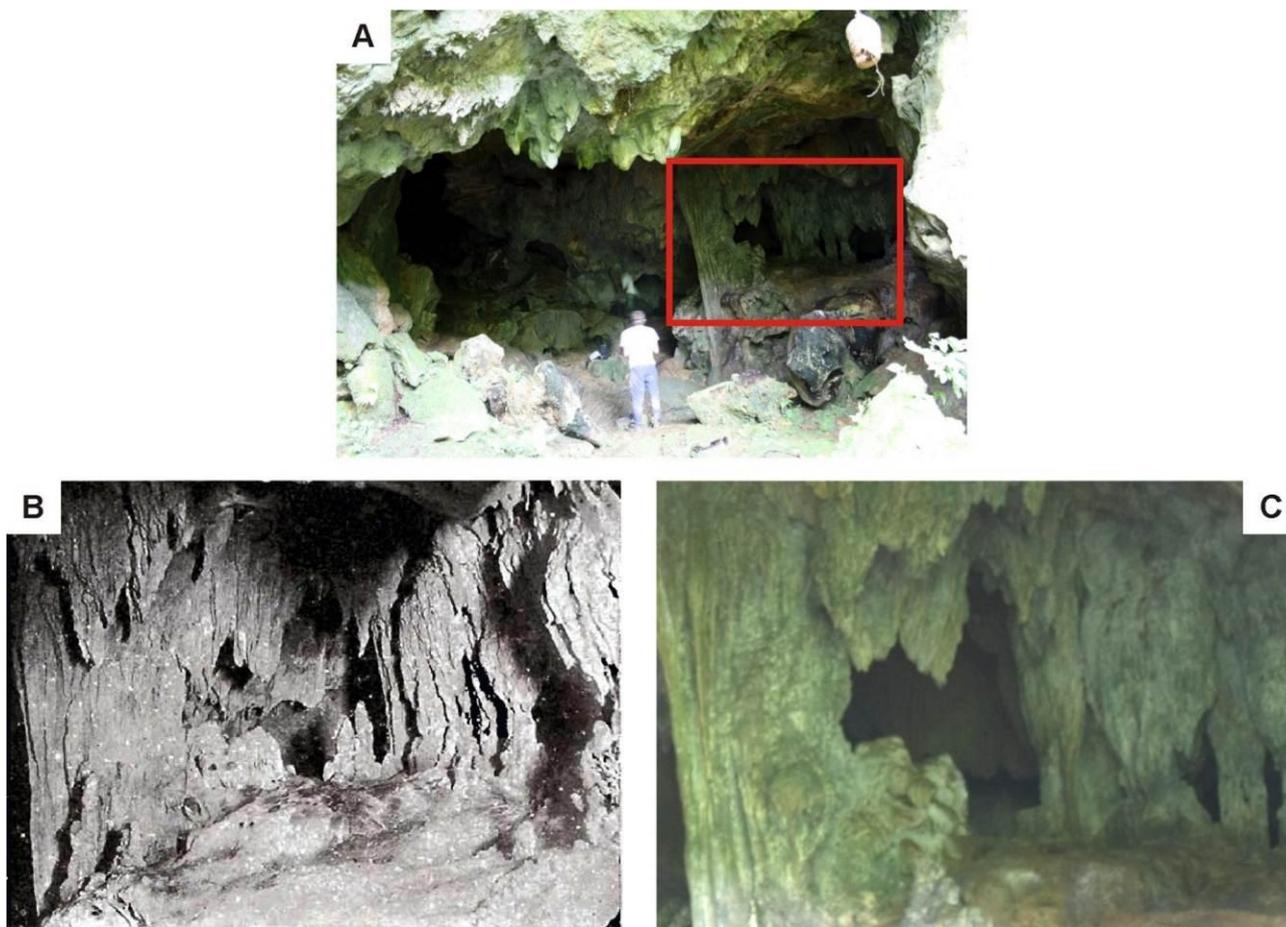


Figura 4: Caverna do Rio Fria: A- Entrada da caverna, com indicação do local das fotografias B e C; B- Fotografia de KRONE (1909); C- Fotografia atual do mesmo local da fotografia B de KRONE (1909), notar no centro a depredação de estalagmite, que antes fazia um par, notada na fotografia de Krone.

A Caverna do Rio Fria situa-se na encosta da serra, a altitude de 190 m. O Rio Claro escoa a cerca de 30 metros a leste da caverna, praticamente acima da galeria leste. Parte da água do Rio Claro infiltra na caverna principalmente pela galeria leste, mas também como um “chuveiro” no teto pela galeria oeste (Fig. 5). Estes dois córregos se unem no salão principal da caverna, e escoam para exterior, onde após cerca de 15 m a juzante, infiltra em um pequeno abismo não explorado. KRONE (1909) já havia notado estes córregos na caverna. Possui pequenas dimensões, com 80 m de desenvolvimento e 11 de desnível.

A caverna possui direção geral norte-sul, que acompanha a declividade da encosta e conseqüentemente o fluxo do Rio Claro (Fig. 5).

O salão de entrada da caverna é basicamente um salão de abatimento (Fig. 6). Porém, acreditamos que ainda tenha herdado a forma geral do conduto original. A caverna possui forma afunilada, com o teto rebaixando em direção ao fundo (Fig. 5).

No salão de entrada ocorrem muitos espeleotemas (estalagmites, estalactites, cortinas e colunas) (Fig. 7). No piso do salão de entrada ocorre um pequeno depósito de gastrópodes incrustados por calcita. No fundo deste salão e no acesso para galeria leste, ocorrem algumas chaminés no teto, que são condutos de forma vertical, sem conexão aparente com a superfície, por onde goteja água. A galeria leste é composta por um único conduto de piso plano, coberto por escorrimentos e espeleotemas do tipo travertino, com seixos e fragmentos de espeleotemas incrustados. O teto é baixo e rico em estalactites. Por esta galeria percorre a drenagem principal da caverna. A galeria oeste também é composta por um único conduto de piso plano, coberto por escorrimento de grande porte e espeleotemas do tipo travertino, com seixos, blocos de rocha e fragmentos de espeleotemas incrustados (Fig. 7). O teto é rico em estalactites e alguns chuveiros, responsáveis pela formação de um pequeno rio. Os espeleotemas possuem uma cor que varia de branca a amarelada.

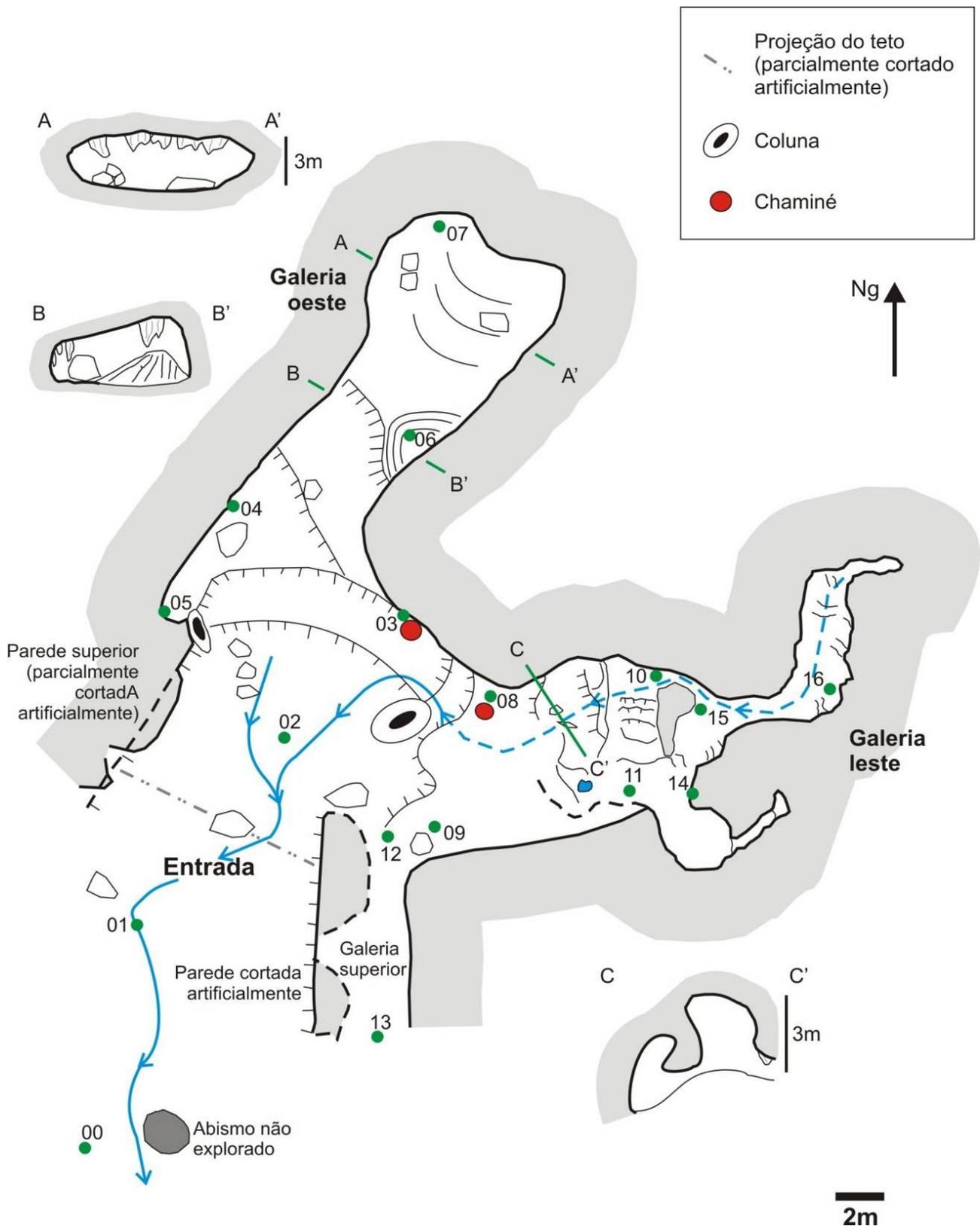


Figura 5: Mapa da Caverna do Rio Fria.

Por toda a caverna se vê porções onde a tufa está exposta, sem espeleotemas (Fig. 8). É uma tufa maciça, de cor amarelada, raramente estratificada, recristalizada em algumas porções, com grande quantidade de material terrígeno na forma de areia, seixos e blocos de rochas do embasamento (xistos, dolomitos, quartzitos e filitos). A primeira vista

algumas porções ricas em seixos se assemelham a um preenchimento sedimentar terrígeno posterior, mas são feições da própria tufa. Com a dissolução da tufa alguns seixos e blocos se desprendem do teto, se assentando no piso da caverna, por vezes sendo recobertos por calcita secundária.



Figura 6: Fotografia do salão de entrada.

A Caverna do Rio Fria possui algumas intervenções realizadas durante atividades de mineração, já desativada (Fig. 9). Esta antiga exploração deve ter ocorrido por volta das décadas de 1950-60 e visava a extração da tufa para rocha ornamental. Evidências desta atividade estão por todo o caminho de acesso a gruta, como estruturas de concreto, cabos de aço, blocos de tufa abandonados e diversos cortes artificiais, planos, ao longo de todo o depósito (Fig. 9). A Caverna do Rio Fria foi parcialmente destruída por esta atividade, com dois cortes nas duas laterais da entrada. Restos de cabos de aço amarrados a espeleotemas ainda encontram-se na caverna. O sistema de extração utilizado na época é o de corte contínuo, onde cabos de aço sobre roldanas circulavam em um sistema fechado, passando por material abrasivo e movidos por um motor.

Mesmo já cessada a atividade de mineração, a área ainda encontra-se dentro de um título minerário em situação de disponibilidade, segundo o DNPM, sob o número 821041/2008 de posse de Mg Par Comércio de Mármore e Granitos Ltda (consulta de 20/01/2011) (Fig. 10).

A Caverna do Rio Fria situa-se dentro do Parque Estadual Caverna do Diabo, portanto encontra-se protegida. Na delimitação anterior, como Parque Estadual Jacupiranga, a caverna encontrava-se fora do parque (Fig. 10).

Mesmo estando em área com título minerário, a caverna está protegida de atividades minerárias, pois não são permitidas dentro de Unidades de Conservação, segundo a legislação vigente (p.ex. Lei federal 9.985, 18/07/2000 – Sistema Nacional de Unidades de Conservação; Decreto federal 84.017,

21/09/1979 – Regulamento dos Parque Nacionais; Decreto estadual 25.341, 04/06/1986 – Regulamento dos Parques Estaduais Paulistas).

Porém, existe uma mineração (MINERVALE) em atividade nas cabeceiras do Rio Claro. Mesmo com esta mineração situada fora do parque e distante da caverna, podem ocorrer impactos indiretos na forma de impactos nas drenagens que compõe a bacia do Rio Claro. Sendo assim, deve haver fiscalização intensa para evitar o lançamento de material sólido nas drenagens, o que poderia inibir ou reduzir a precipitação de tufas, ou mesmo causar assoreamento no rio e na caverna. Atualmente é um empreendimento de pequeno porte, mas o controle ambiental deve ser feito, especialmente em caso de expansão. Além disso, a estrada que conduz a mineração situa-se na mesma bacia, e desta forma qualquer acidente com veículos poderia ocasionar danos ambientais ao Rio Claro e a caverna.

Apesar de a visitação nesta caverna não ser prevista, tem recebido visitantes ocasionais da região. Consta do site da Prefeitura Municipal de Barra do Turvo como um atrativo turístico natural do município (<http://www.barradoturvo.sp.gov.br/index.php?exibir=secoes&ID=46>), de forma irregular pois a caverna não possui plano de manejo.

A caverna apresenta diversos sinais de degradação por visitantes (Fig. 9), como pixações, lixo, restos de fogueiras e claros sinais de quebra proposital de espeleotema. No salão de entrada da caverna há uma inscrição “Krone 40 1901”, em tinta vermelha, que acreditamos ter sido feita pelo CEU na década de 1970, em referência ao seu número no Cadastro Nacional de Cavidades.

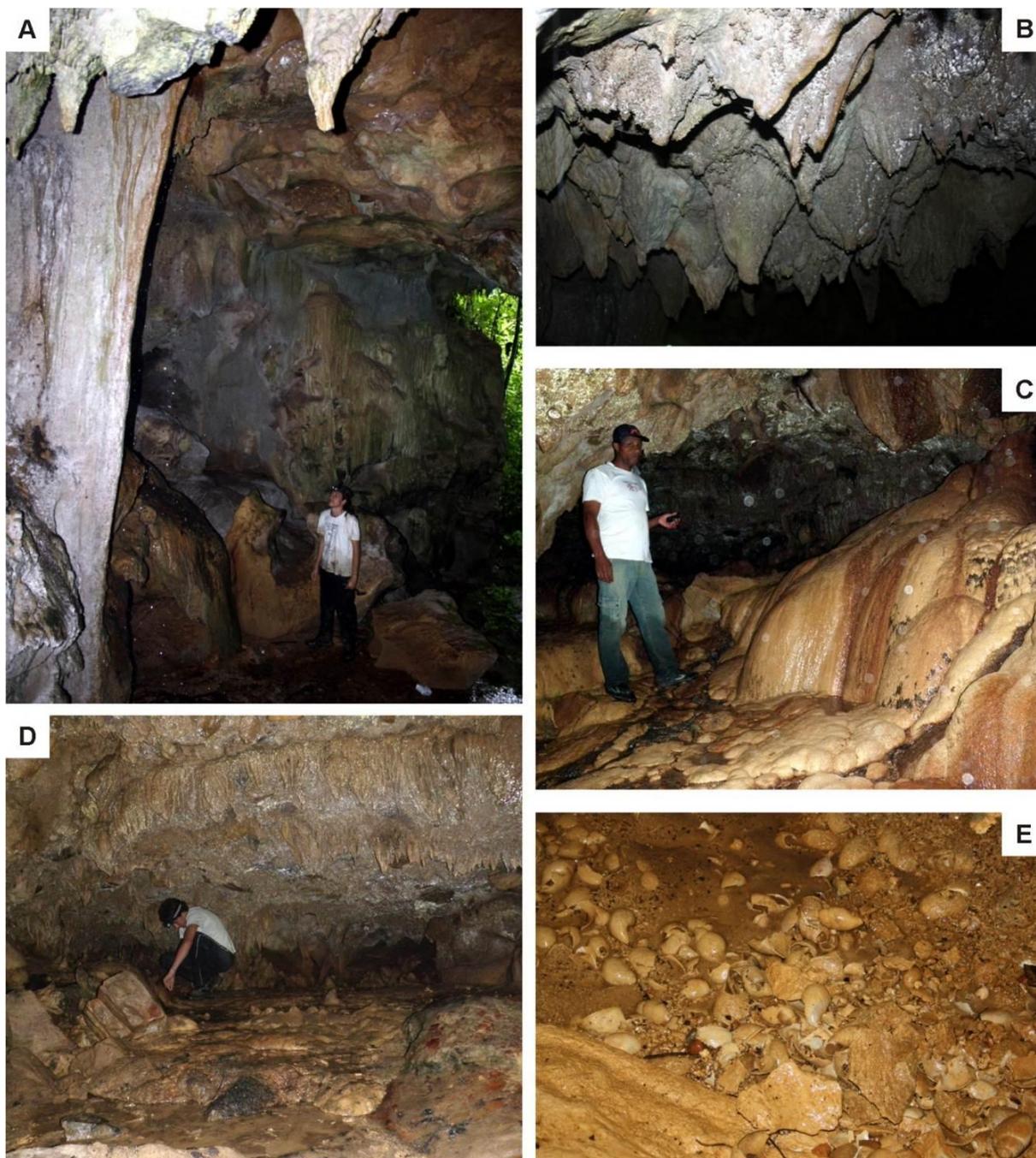


Figura 7: Caverna do Rio Fria: A- Grande coluna/cortina no Salão de Entrada; B- Estalactites no salão de entrada; C- Escorrimento na galeria oeste; D- Teto com estalactites, piso por onde percorre drenagem, com blocos e seixos incrustados por calcita secundária, na galeria oeste; E- Depósito de gastrópodes incrustados por calcita secundária no piso do salão de entrada.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Caverna do Rio Fria foi realocada e verificou-se se tratar de uma caverna desenvolvida em tufa, assentadas sobre filitos e xistos proterozóicos. De fato a caverna situa-se em uma área não-cárstica, apesar de estar em um depósito carbonático quaternário, e distante do carste da Serra do André Lopes.

A gênese da caverna e do depósito de tufas foi possível graças ao aporte de águas provenientes de nascentes cársticas distantes.

PEDLEY (1990) criou modelos para identificação de ambientes deposicionais das tufas, que incluem os depósitos de nascentes proximais e distais, depósitos em cachoeiras, depósitos fluviais, lacustres e paludais. O Depósito do Fria constitui um depósito em cachoeiras, que segundo PEDLEY (1990) possui tipicamente acamamento inclinado, formando uma cortina de carbonato precipitado por onde ocorre o fluxo de água, com comum formação de cavernas com espeleotemas atrás da cortina. A gênese principal da Caverna do Rio Fria se enquadra

neste modelo, sendo assim em sua maior parte uma caverna primária, sinagênica ao depósito.

Os condutos são relíquias das galerias originais, não muito modificadas por abatimento. O salão de entrada é parcialmente original e foi posteriormente modificado por abatimento. Processos de dissolução posteriores também ocorreram, evidenciados p.ex. pela dissolução diferencial entre clastos/matriz nos conglomerados, mas não são considerados significativos, pois a água do Rio Claro é supersaturada em carbonato de cálcio. O processo de dissolução mais importante pelas chaminés encontradas no salão de entrada, e gerado pela infiltração águas meteóricas mais ácidas.

A reestruturação do Parque Estadual de Jacupiranga, fez com que a Caverna do Rio Fria fosse englobada pelo limite do novo Parque Estadual Caverna do Diabo, atribuindo um nível de proteção

maior a caverna. Mesmo assim, deve-se ter atenção especial nas atividades da mineração MINERVALE (a montante no Rio Claro), especialmente no lançamento de resíduos sólidos, como medida de proteção às tufas do Rio Claro e a Caverna do Rio Fria. Quando a exploração dos dolomitos por esta mineração iniciar de forma mais intensa, devem ser estabelecidas medidas de segurança e contenção de passivos ambientais nas áreas de circulação de veículos e instalação de máquinas.

Esta caverna é frágil pela sua própria constituição rochosa, e devido ao fato da caverna receber visitação esporádica, sugere-se que estudo da viabilidade turística seja desenvolvido e, caso venha a ser realmente aberta a esse tipo de visitação, seria elaborado o plano de manejo espeleológico, assim como prever essa visitação no plano de manejo da unidade.



Figura 8: Aspectos da rocha formadora da Caverna do Rio Fria:

**A e B- Tufa com grandes blocos de rocha do embasamento, ressaltados por dissolução diferencial;
C e D- Conglomerados compostos de clastos de rochas do embasamento cimentados por tufa.**

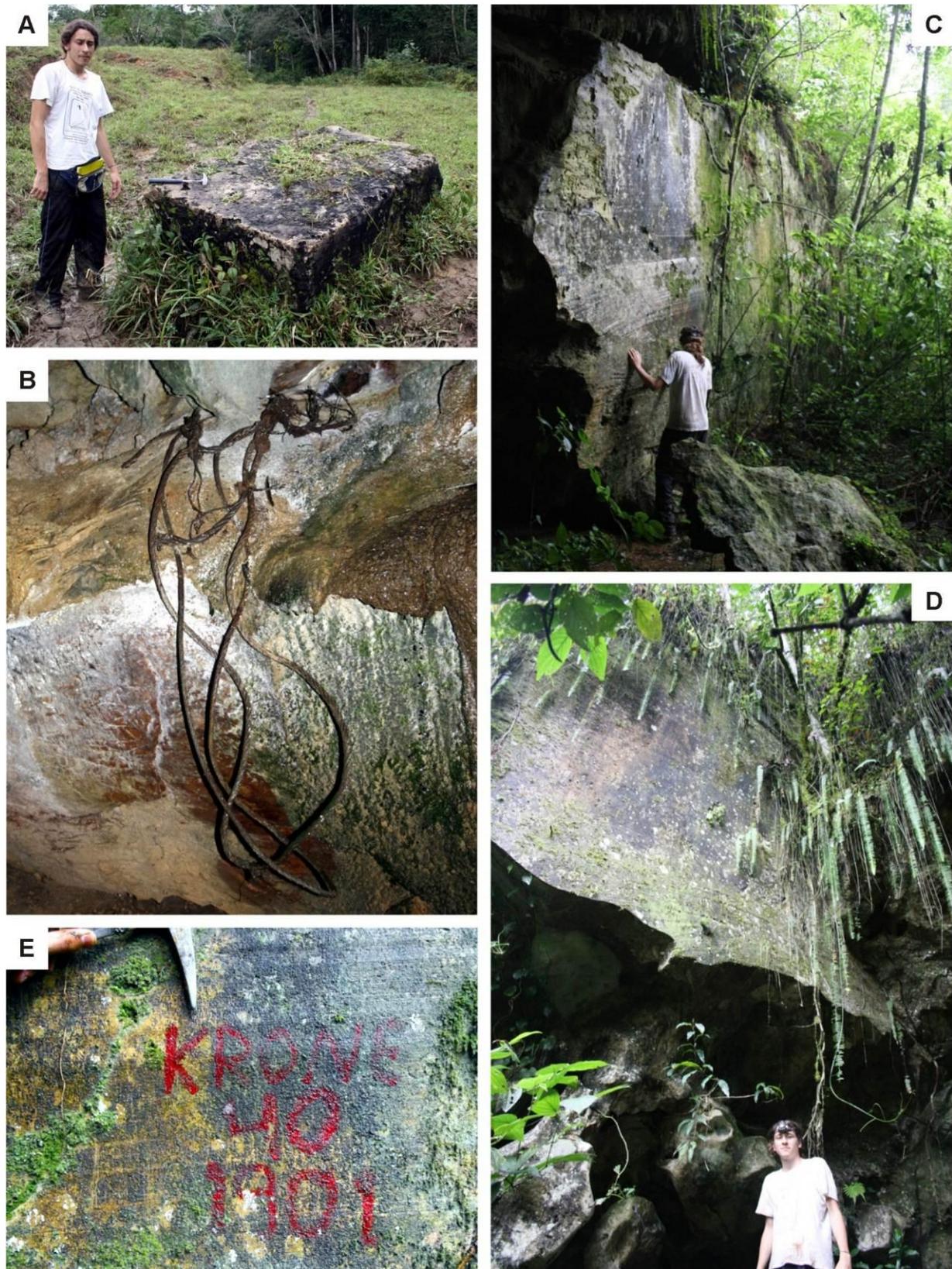


Figura 9: A- Bloco dimensional de tufa, cortado pela antiga atividade minerária, na trilha de acesso a caverna; Caverna do Rio Fria:

- B- Cabo de aço da antiga atividade minerária preso a saliência em rocha dentro da caverna;
- C, D- Faces cortadas pela antiga atividade minerária na parede leste e no teto, na entrada da caverna;
- E- Inscrição “Krone 40 1901”, em tinta vermelha, possivelmente feita pelo CEU – Centro Excursionista Universitário na década de 1970.

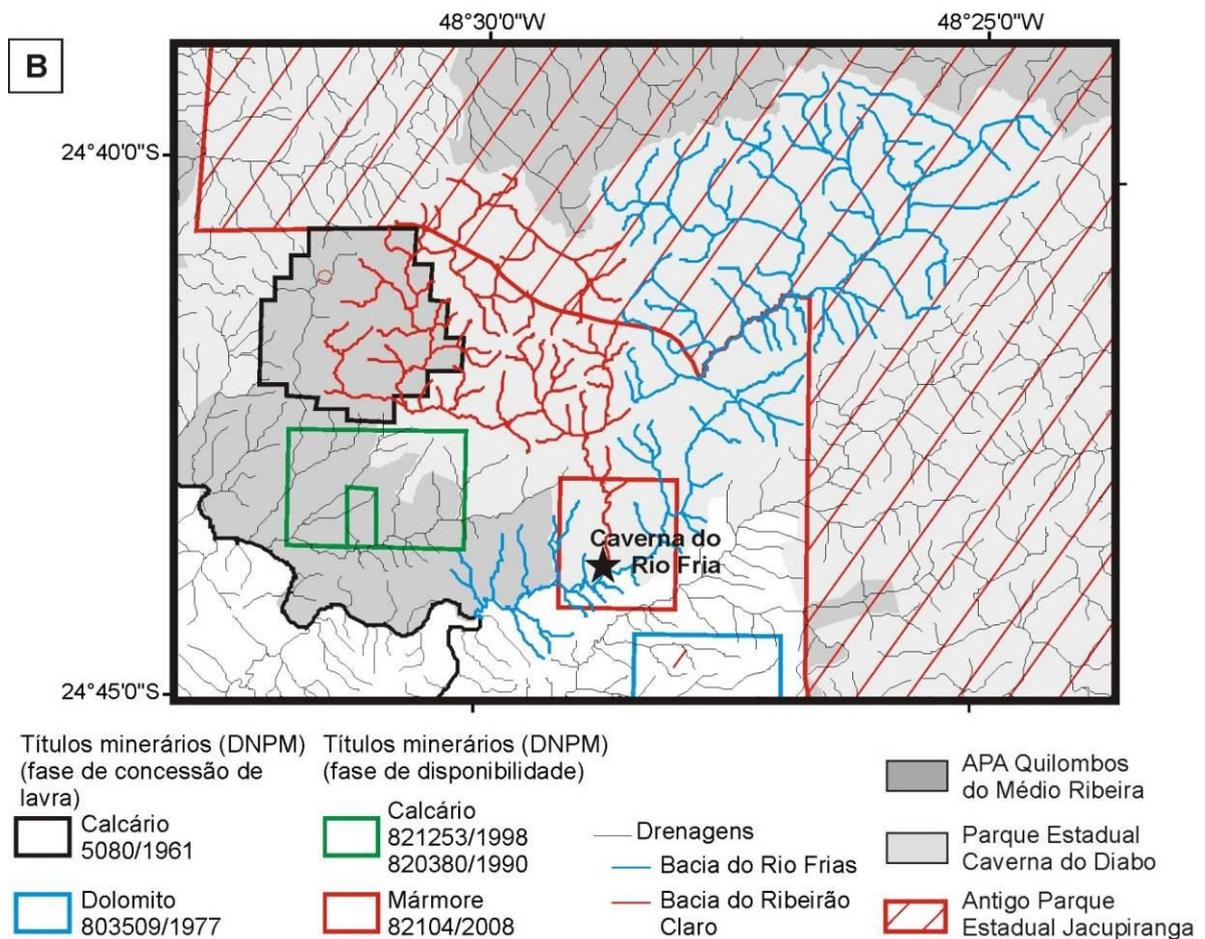
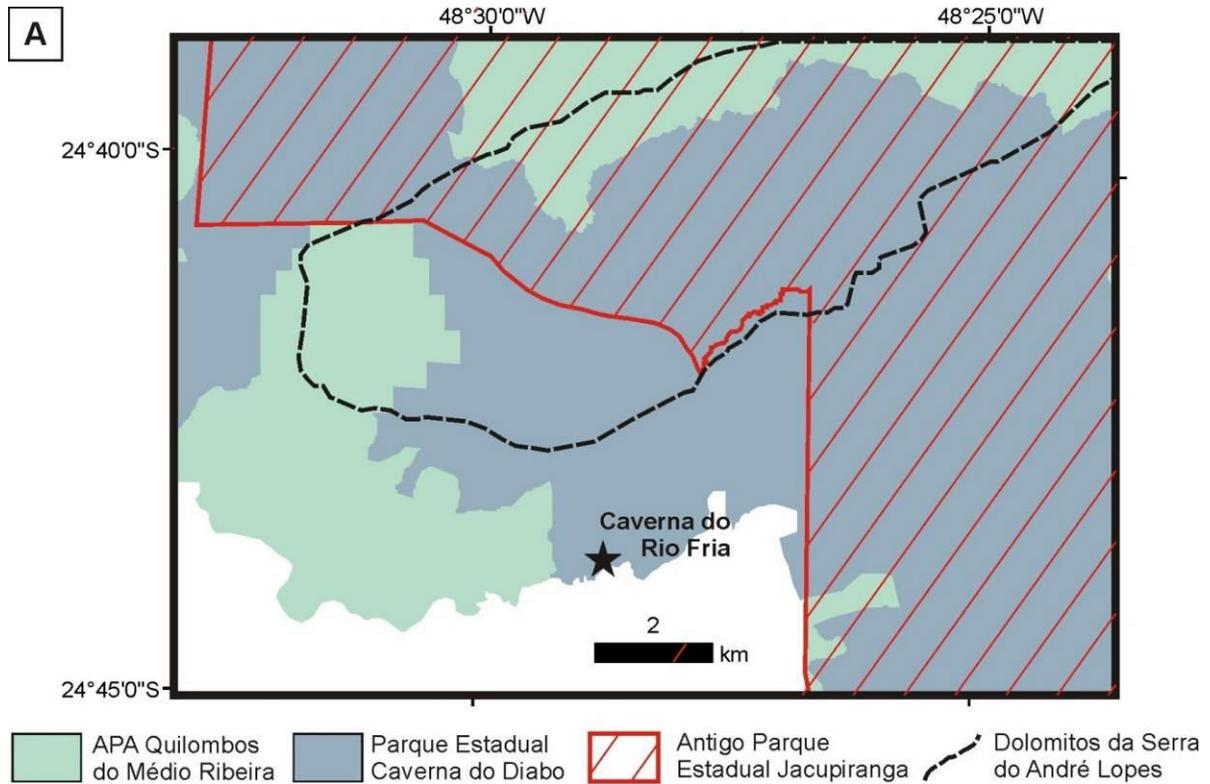


Figura 10: A- Situação da caverna em relação a Unidades de Conservação; B- Situação da caverna em relação aos títulos minerários (DNPM).

AGRADECIMENTOS

À FAPESP pelo financiamento das pesquisas (Proc. nº 08/08583-7). Ao Parque Estadual Caverna do Diabo, especialmente a Josenei Cara (gestor do parque) e a Josias Moreira (funcionário e monitor ambiental), pelo apoio concedido. Ao Sr. Elerian e seus funcionários da Fazenda Ribeirão do Fria pelo

apoio em campo. Ao Centro de Ciências, Letras e Artes de Campinas e a Roberto Brandi pelo envio de bibliografias e ao Instituto Geográfico e Cartográfico – IGC, pelo fornecimento de mapas topográficos.

Ao(s) revisor(es) pelas sugestões apresentadas.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, F.F.M. de 1965. Geologia da Serra da Bodoquena (Mato Grosso), Brasil. *Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia*, DNPM, 219:1-96.
- AULER, A.S. **Karst Evolution and Palaeoclimate in Eastern Brazil**. 1999. Tese (Doutorado), University of Bristol, Bristol, Inglaterra.
- BOGGIANI, P.C.; COIMBRA, A.M. Quaternary limestones of the Pantanal Area, Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 67, n. 3, p. 343-349, 1995.
- BOGGIANI, P.C.; COIMBRA, A.M.; GESICKI, A.L.; SIAL, A.N.; FERREIRA, V.P.; RIBEIRO, F.B.; FLEXOR, J.M. Tufas Calcárias da Serra da Bodoquena, MS: cachoeiras petrificadas ao longo dos rios. In: SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D.A.; QUEIROZ, E.T.; WINGE, M.; BERBERT-BORN, M. (Eds.) **Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil**. Brasília-DF, DNPM, 2002, p. 249-259.
- CORRÊA, D.; AULER, A.S. Tufas calcárias da Serra das Araras (MT): Um notável depósito sedimentar Quaternário. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE ESTUDOS DO CARSTE, II, 2007. São Paulo. **Resumos Expandidos e Simples**, São Paulo: Redespeleo, 2007. p. 11-11.
- BRANDI, R. Ricardo Krone e Lourenço Granato: Influências na história da espeleologia paulista no final do século XIX e início do século XX. *O Carste*, v.19, n. 2, p. 36-60, 2007.
- CAMPANHA, G. A. C. **Tectônica Proterozóica no Alto e Médio Vale do Ribeira, Estados de São Paulo e Paraná**. 1991. 296 p. Tese (Doutorado em Ciências), Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- CAMPANHA, G.A. **O papel do sistema de zonas de cisalhamento transcorrentes na configuração da porção meridional da Faixa Ribeira**. 2002. 105 p. Tese (Livre-Docência), Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- CAMPANHA, G.A.C.; GIMENEZ Filho, A.; CAETANO, S.L.V.; PIRES, F.A.; DANTAS, A.S.L.; TEIXEIRA, A.L., DEHIRA, L.K. **Geologia das folhas Iporanga (SG-22-X-B-V-2) e Gruta do Diabo (SG-22-X-B-VI-1), Estado de São Paulo**. São Paulo: PROMINÉRIO / IPT, 1985. Relatório 22.352.
- CGG - Comissão Geographica e Geologica do Estado de São Paulo. **Exploração do Rio Ribeira de Iguape**, 2ª edição, São Paulo, 1914.
- DUARTE, L.; VASCONCELOS, M.E.C. Vegetais do Quaternário do Brasil. I- Flórua de Russas, CE. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 52, n. 1, p. 37-48, 1980a.
- DUARTE, L.; VASCONCELOS, M.E.C. Vegetais do Quaternário do Brasil. I- Flórua de Umbuzeiro, PB, CE. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 52, n. 1, p. 93-180, 1980b.
- FELIZARDO, J. A. **Cavernas em foco: Espeleologia histórica e cultural mundial**. Editora Bookess, 2010, 188 p.

- FIGUEIREDO, L.A.V.; ZAMPAULO, R.A.; GERIBELLO, F.K.; PEDRO, E.G.; DELL'ANTONIO, R.; LOBO, H.A.S. Projeto Caverna do Diabo (PROCAD): Aspectos históricos (1990-2007) e resultados das expedições da terceira fase. CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, XXIX, 2007, Ouro Preto, MG. **Anais**. SBE, p. 113-119.
- FITTIPALDI, F. C.; SANCHEZ, G. S.; SHIMADA, H.; TAVARES, R.; CHRISTOFOLETTI, S. R.; SALLUN FILHO, W. **Comissão Geographica e Geologica do Estado de São Paulo, 1886-2006 (120 anos)**. São Paulo: Instituto Geológico, 2006. CD-ROM Multimídia.
- KARMANN, I. 1994. **Evolução e dinâmica atual do sistema cárstico do alto Vale do Rio Ribeira de Iguape, sudeste do estado de São Paulo**. 1994. 214 p. Tese (Doutorado), Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- KARMANN, I., SANCHEZ, L.E. Speleological Provinces in Brazil. In: Congreso Internacional de Espeleologia, 9, 1986. Barcelona. **Anais**. Barcelona: IUS, vol.1, p. 151-153.
- KARMANN, I.; FERRARI, J.A. Carste e Cavernas do Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira (PETAR), SP – Sistemas de cavernas com paisagens subterrâneas únicas. In: SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D.A.; QUEIROZ, E.T.; WINGE, M.; BERBERT-BORN, M. (Eds.) **Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil**. Brasília-DF, DNPM, 2002, p. 401-413.
- KRONE, R. As grutas calcareas de Iporanga. **Revista do Museu Paulista**, v. 3, p. 477-500, 1898.
- KRONE, R. Grutas Calcareas do Valle da Ribeira. **Revista do Centro de Ciencias, Letras e Artes de Campinas**, p. 90-95, 1904.
- KRONE, R. Estudo sobre as cavernas do valle do rio ribeira. **Arquivos do Museu Nacional**, v. 15, p. 139-166, 1909.
- MISKULIN, M.M.; ROMANINI, P.C.; AMBRÓSIO, W.B.; OLIVEIRA, S.F.; AUGUSTO, I.A. **VII Expedição Caverna do Diabo**. Relatório inédito, 1993, 11 páginas.
- MUNIZ, G.C.B.; RAMIREZ, L.V.O. Tufo calcário (tufa) quaternário com moluscos, nos estados da Paraíba e Pernambuco. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 43 (supl.), p. 611-618, 1971.
- PEDLEY, H.M. Classification and environmental models of cool freshwater tufas. **Sedimentary Geology**, v. 68, n. 1-2, p. 143-154, 1990.
- PENTECOST, A. **Travertine**. Berlin: Springer-Verlag, 2005. 445 p.
- RAMOS, R. R. C. et al. Primeiro registro de tufas calcárias no Estado do Rio de Janeiro. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO, X, 2005, Guarapari. **Anais**. Guarapari: ABEQUA, 2005. v. 1, p. 1-6.
- REYES, Y.A. **Caracterização da geometria de depósitos sedimentares na borda sudoeste da Bacia Potiguar**. 2003. 81 p. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.
- REYES, Y. A.; BEZERRA, F. H. R.; LIMA FILHO, F. P. Falhas de gravidade em tufas calcárias na Bacia Potiguar, NE do Brasil. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTUDOS TECTÔNICOS, 9, 2003, Búzios. **Boletim de resumos**. Búzios: SBG, 2003. p. 276-279.
- SALLUN FILHO, W.; KARMANN, I. Geomorphological map of the Serra da Bodoquena karst, west-central Brazil. **Journal of maps**, p. 282-295, 2007.
- SALLUN FILHO, W.; KARMANN, I.; BOGGIANI, P. C.; PETRI, S.; CRISTALLI, P. S.; UTIDA, G. A deposição de tufas quaternárias no Estado de Mato Grosso do Sul: proposta de definição da Formação Serra da Bodoquena. **Geologia USP. Série Científica**, v. 9, p. 47-60, 2009.

SOUZA-LIMA, W.; FARIAS, R.M. A flora quaternária dos travertinos de Itabaiana, Sergipe. In: PALEO 2007, 2007. Itabaiana. **Resumos**. Itabaiana: SBP, 2007. p. 7.

Fluxo editorial:

Recebido em: 09.02.2011

Corrigido em: 21.03.2011

Aprovado em: 24.03.2011



A revista *Espeleo-Tema* é uma publicação da Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE).
Para submissão de artigos ou consulta aos já publicados visite:

www.cavernas.org.br/espeleo-tema.asp
