

A PROVÍNCIA ESPELEOLÓGICA QUARTZÍTICA ANDRELÂNDIA, SUDESTE DE MINAS GERAIS

Atlas V. CORRÊA NETO¹ & Georgette DUTRA²

THE ANDRELÂNDIA SPELEOLOGICAL QUARTZITIC PROVINCE, SOUTHEASTERN MINAS GERAIS ABSTRACT

This paper presents a brief description of the Andrelândia Speleological Quartzitic Province (ASP) and its districts. Speleogenesis in the ASP was a two-stage process, following the sanding/piping model. Conditions for cave development in the ASP were: a large difference between local and regional base levels; topographic surface's inclination coincident with the layer's dip direction; presence of rock layers specially susceptible to sanding and piping processes (thin-grained micaceous quartzite layers); impermeable layers (schist lenses) confining underground water flow and a sequence of stability/uplift cycles.

Different cave patterns and sizes in each district can be explained by changes in the above conditionants.

KEYWORDS: CAVES, QUARTZITES, BRAZIL

RESUMO

Esta contribuição apresenta uma breve descrição da Província Espeleológica Quartzítica Andrelândia (PEA) e seus distritos. A espeleogênese na PEA foi um processo de dois estágios, seguindo o modelo *sanding/piping*. As condições essenciais para o desenvolvimento de cavernas na PEA foram: grande diferença de cota entre o nível freático local e o nível de base regional; presença de camadas rocha especialmente favoráveis aos processos de *sanding/piping* (quartzito fino micáceo); presença de níveis de rocha impermeável (xistos) confinando o fluxo do lençol freático; seqüência de ciclos de estabilidade/soerguimento e coincidência aproximada entre a direção de mergulho das camadas e a direção de inclinação da superfície topográfica.

As diferenças entre padrões de cavernas de um dado distrito e/ou distritos diferentes podem ser explicadas por variações nas condicionantes listadas acima.

PALAVRAS - CHAVE: CAVERNAS, QUARTZITOS, BRASIL

¹ISPEC- Sociedade Carioca de Pesquisas Espeleológicas;
Departamento de Geologia, UFRJ. Av. Brigadeiro Trompowsky, s/no, Cidade Universitária, 21941-590 Rio de Janeiro, Brasil e-mail: ATLAS@IGEO.UFRJ.BR

²GBPE- Grupo Bambuí de Pesquisas Espeleológicas

1. Introdução:

O Gp. Andrelândia (Ebert, 1955; Trouw *et al.*, 1983) é composto por metassedimentos com médio a alto grau de metamorfismo. Os quartzitos Gp. Andrelândia geram típico relevo cuestiforme ou, mais raramente mesas tabulares, que ressaltam-se em meio às suaves colinas geradas pelas rochas metapelíticas. Cavernas formadas nesses quartzitos são relativamente comuns em diversos locais do sudeste de Minas Gerais. O propósito desta contribuição é descrever brevemente essas cavernas e propor possíveis mecanismos de espeleogênese.

2. A Província Espeleológica Quartzítica Andrelândia (PEA):

Os quartzitos que hospedam as cavernas estudadas pertencem a porção basal do Gp. Andrelândia

(Andreis, 1995, *inf. verb.*). Nesta contribuição, propõe-se a designação Província Espeleológica Quartzítica Andrelândia (PEA; Fig. 1). Sobre a terminologia província - distrito - sistema, o leitor deve referir-se a Karmann & Sanchez (1979). A PEA é composta por cinco distritos, definidos em função da continuidade e variações de fácies e estruturas dos quartzitos, compartimentação geomorfológica, distribuição espacial das áreas de concentração de cavidades e padrões planta das

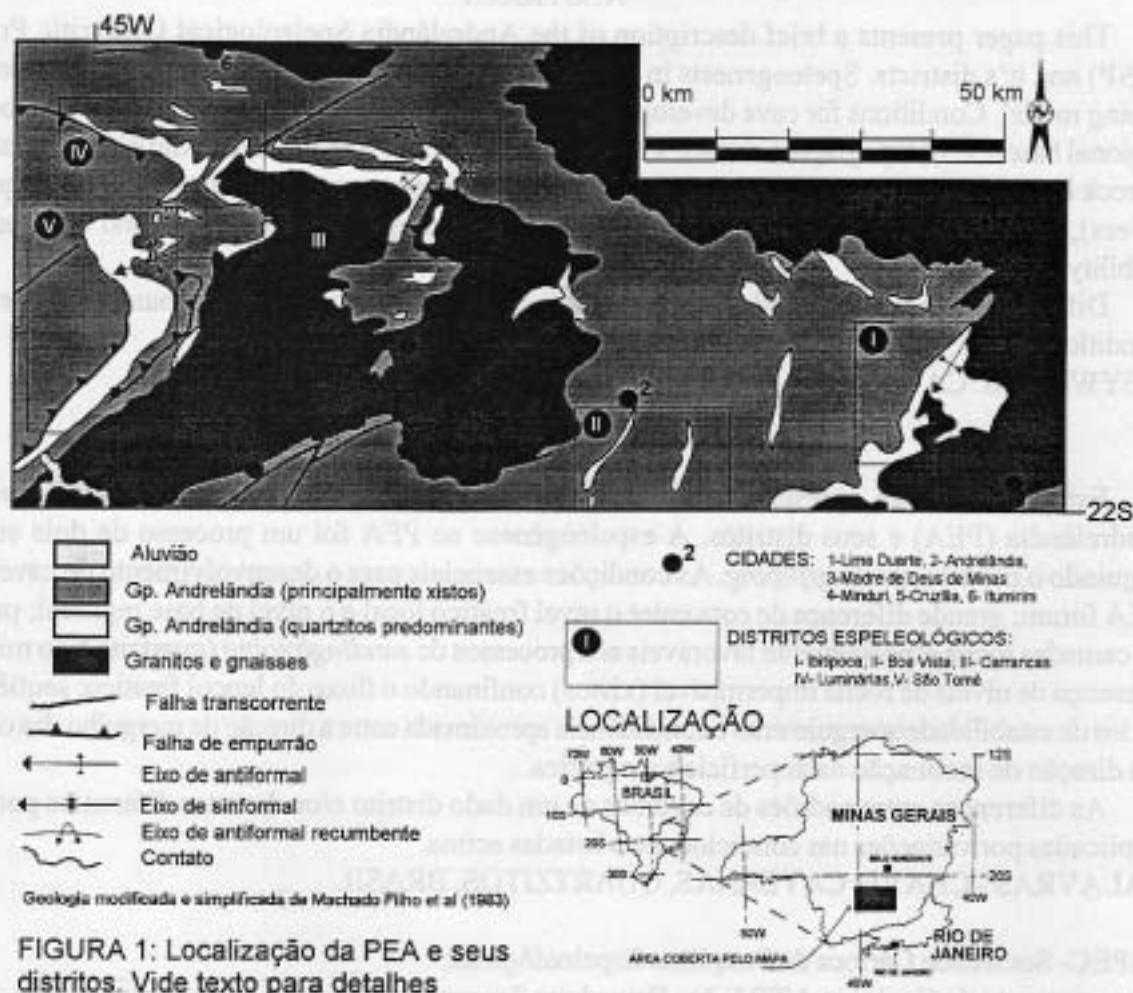


FIGURA 1: Localização da PEA e seus distritos. Vide texto para detalhes

cavernas.

Os distritos integrantes da PEA são: Distrito Espeleológico Ibitipoca (DI), Distrito Espeleológico Boa Vista (DB), Distrito Espeleológico Luminárias (DL), Distrito Espeleológico Carrancas (DC), e Distrito Espeleológico São Tomé das Letras (DS). A descrição dos distritos Ibitipoca, Luminárias e Carrancas será mais detalhada, em função dos dados atualmente disponíveis.

2.1 O Distrito Espeleológico Ibitipoca (DI):

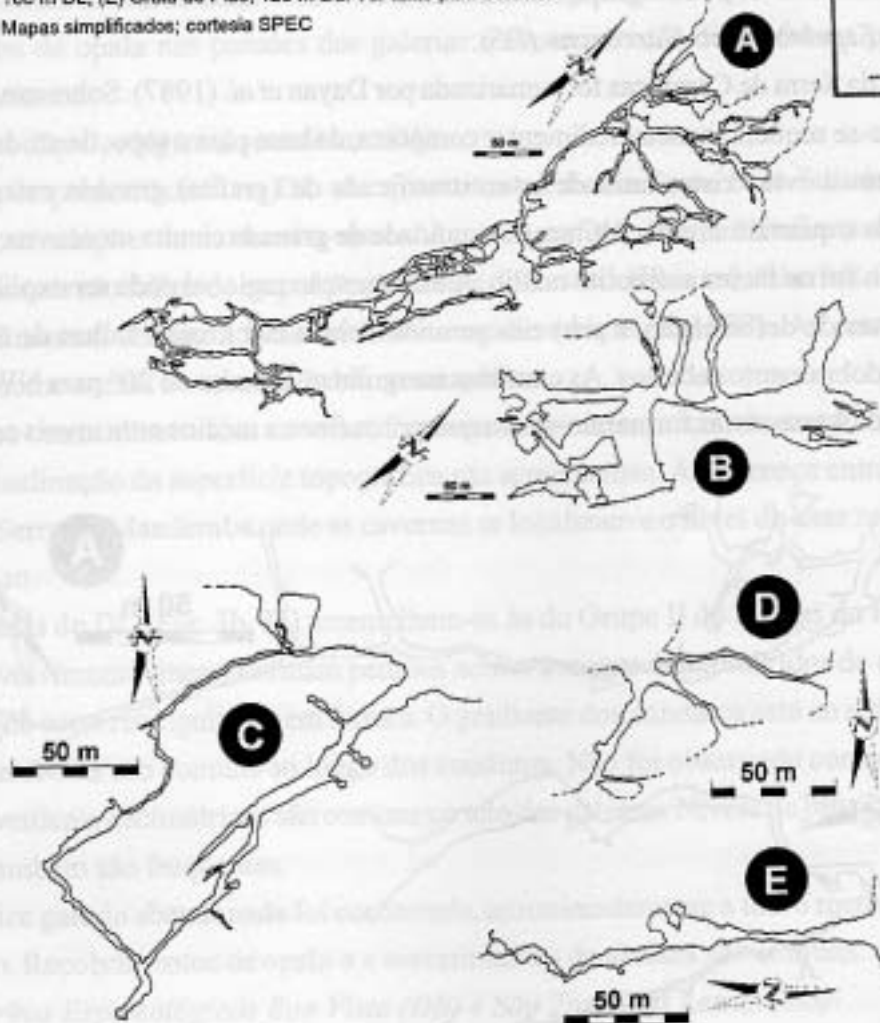
O DI (Perez & Grossi, 1987) engloba a Serra do Ibitipoca, formada por duas cuestas cujos flancos reversos inclinam-se para o interior do mesmo vale. A diferença entre o nível freático da serra e o nível de base de seus arredores que varia entre 250 m na parte oeste e 350 m na parte sul.

Predominam quartzitos grossos, ocorrendo subordinadamente quartzitos finos micáceos e lentes de biotita-xistos. As camadas mergulham para SE, raramente acima de 20°. O metamorfismo atingiu a fácies anfíbolito médio a alto (Nummer, 1990). A estrutura regional é uma dobra recumbente, redobrada por dobras abertas. Os quartzitos são afetados pelos sistemas de fraturas SW-NE

(predominante), N-S e E-W. Os feldspatos dos quartzitos mostram-se alterados para argilominerais. Feldspatos são comuns nos quartzitos finos.

Dolinas e vales gerados por desabamento de galerias de cavernas são comuns. As maiores cavernas compõem sistemas hierarquizados de drenagem subterrânea (Corrêa Neto *et al.*, 1993; 1996). Três grupos de cavernas foram separados, em função de diferenças morfológicas e controles geológicos

FIGURA 2: Cavernas do DI. (A) Gruta das Bromélias, 2750 m de desenvolvimento linear-DL; (B) Gruta das Casas, 600 m DL; (C) Gruta do Bocão 494 m DL; (D) Gruta dos Fugitivos, 186 m DL; (E) Gruta do Pião, 126 m DL. Ver texto para detalhes
Mapas simplificados; cortesia SPEC



(Corrêa Neto *et al.*, 1993). Os grupos I e II serão descritos aqui. O Grupo III (túneis em cursos d'água superficiais) é irrelevante para esta discussão.

O Grupo I (Fig. 2a, 2b) é formado pelas maiores cavernas (600 m - 2750 m, desenvolvimento linear), de padrões *branchwork* com passagens angulares (*cf.* Palmer, 1991). Os condutos têm corte retangular a oval; alguns mostram formas compostas, similares a fechaduras. O gradiente das galerias é ao redor de 8°. As galerias associam-se a dolinas de colapso e clarabóias elípticas.

As cavernas possuem controle estrutural (zonas de fratura) e estratigráfico (quartzito fino micáceo de espessura entre 1,5 m e 2 m). Há galerias inativas a 1,5 m e 3 m acima do nível freático atual. São comuns níveis ricos em *pipes*, condicionados pelos planos de foliação.

As cavernas do Grupo II (Fig. 2c-2e) têm desenvolvimento linear entre 186 m e 600 m, com

padrões *network* rudimentares formados por galerias levemente meandantes de corte simples (retangulares ou triangulares, raramente em fissura) e com gradiente ao redor de 5°. Nos tetos são comuns *pipes* subverticais. Galerias inativas existem a 1,5 m, 7 m e 10 m acima do atual nível de base. Não há controle estratigráfico claro.

As cavernas de ambos os grupos desenvolveram-se em áreas onde a direção de mergulho das camadas aproximadamente coincide com a direção de inclinação da superfície topográfica. Espeleotemas de opala-a (relacionados à exudação de água capilar) e de alofana (associados à água corrente) são comuns a ambos os grupos de cavernas.

2.2. O Distrito Espeleológico Carrancas (DS):

A geologia da Serra de Carrancas foi sumarizada por Dayan *et al.* (1987). Sobre um embasamento gnáissico dispõe-se seqüência metassedimentar composta, da base para o topo, de unidade quartzítica com lentes de muscovita-xisto; unidade interestratificada de (grafita) granada estauroлита cianita muscovita-xistos e quartzitos; e por último, uma unidade de granada cianita muscovita biotita-xistos. O metamorfismo foi na fácies anfíbolito médio. A estruturação regional pode ser explicada por (pelo menos) duas fases de deformação, a primeira gerando dobras isoclinais e falhas de empurrão para NE, seguida de dobramentos abertos. As camadas mergulham ao redor de 20° para NW ou S, devido ao redobramento. As cavernas formaram-se em quartzitos finos a médios com níveis centimétricos a

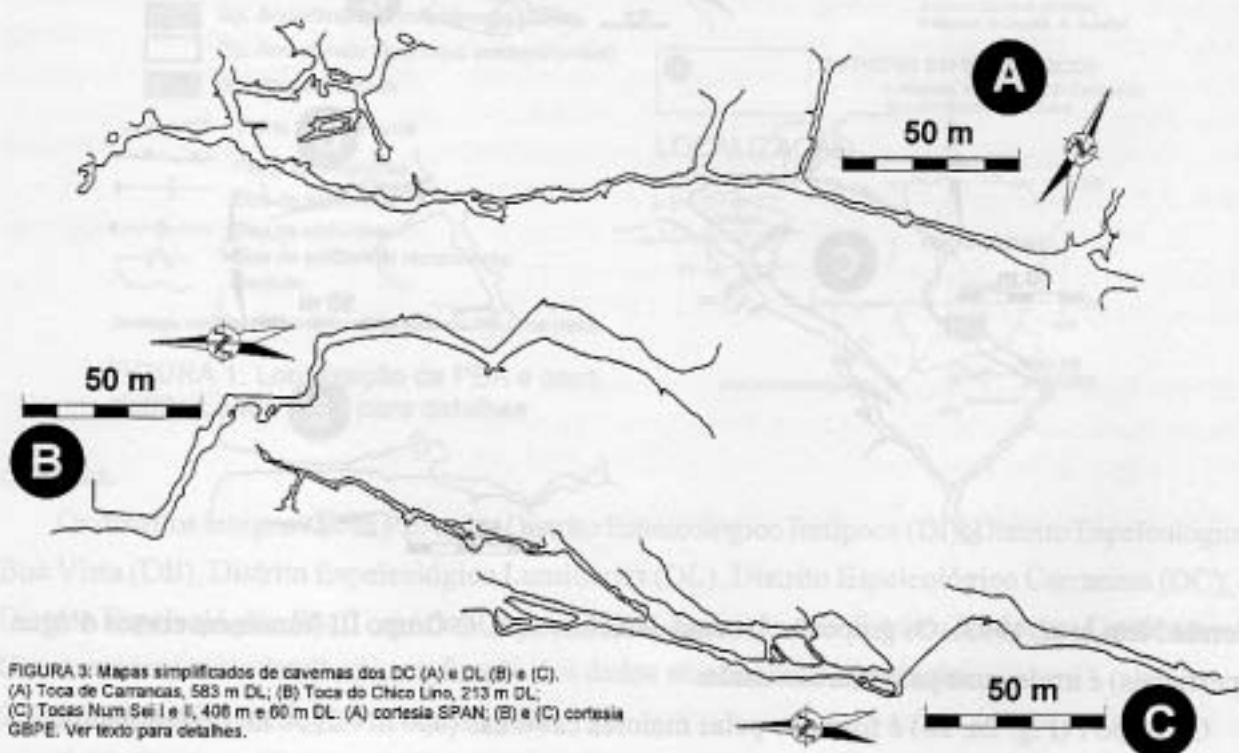


FIGURA 3: Mapas simplificados de cavernas dos DC (A) e DL (B) e (C). (A) Toca de Carrancas, 583 m DL; (B) Toca do Chico Lino, 213 m DL; (C) Tocas Num Sei I e II, 406 m e 60 m DL. (A) cortesia SPAN; (B) e (C) cortesia GBPE. Ver texto para detalhes.

decimétricos de muscovita-xistos esverdeados, pertencentes à primeira unidade.

A Serra de Carrancas é composta por duas cuestas, uma com direção aproximada EW e outra de direção NE; a maioria das cavernas localizando-se nos flancos de menor inclinação. A diferença entre o nível freático da Serra de Carrancas e o nível de base dos seus arredores varia entre 100 m e 200 m.

As cavernas são similares, em linhas gerais, às do Grupo II do DI, com padrões *network* rudimentares (Fig. 3a), galerias suavemente meandranes, e cortes retangulares, ovais ou triangulares. Nas partes mais elevadas das galerias há dolinas de colapso elípticas, com forma geral de anfiteatro. Existem níveis ricos em *pipes* acima das camadas de muscovita-xistos intercaladas nos quartzitos. *Pipes* verticais são comuns no teto das galerias.

Algumas galerias têm nível de xisto com espessura decimétrica a centimétrica no seu piso. Feições erosionais (pequenos arcos e marmitas) no interior das galerias parecem definir antigo nível freático entre 50 cm e 80 cm acima do atual. Não foram encontradas galerias comprovadamente abandonadas. Recobrimentos de opala nas paredes das galerias e escorrimentos de alofana a partir de *pipes* e fraturas são comuns.

2.3. O Distrito Espeleológico Luminárias (DL):

Os litótipos predominantes no DL são quartzitos médios a finos, bem foliados, de mergulho suave, com intercalações de muscovita-xistos. A estratigrafia é similar à da Serra de Carrancas. As estruturas regionais são falhas de empurrão para NE e dobras isoclinais recumbentes. O metamorfismo nos metassedimentos atingiu a fácies anfíbolito médio (Almeida, 1992). As serras de quartzitos ressaltam-se como mesas ou cuestas de baixo mergulho.

Como nos outros distritos, as cavernas formaram-se onde a direção de mergulho das camadas e a direção de inclinação da superfície topográfica são semelhantes. A diferença entre o nível freático na região da Serra do Mandembe onde as cavernas se localizam e o nível de base regional está entre 250 m e 150 m.

As cavernas do DL (Fig. 3b, 3c) assemelham-se às do Grupo II do DI e as do DC, embora com menor desenvolvimento linear. Formam padrões *network* menos desenvolvidos do que nos DI e DC, com galerias de corte retangular ou em fissura. O gradiente dos condutos está ao redor de 6°; dolinas elípticas e clarabóias são comuns ao longo dos condutos. Não foi observado controle estratigráfico claro. *Pipes* verticais decimétricos são comuns no teto das galerias. Níveis de *pipes* acima dos planos de foliação também são freqüentes.

Uma única galeria abandonada foi encontrada, aproximadamente a uns 6 metros acima do atual nível freático. Recobrimentos de opala e escorrimentos de alofana são comuns.

2.4. Os Distritos Espeleológicos Boa Vista (DB) e São Tomé das Letras (DS):

O Distrito Espeleológico Boa Vista (DB) (Fig. 1 para localização) compreende a Serra da Boa Vista, no município de Andrelândia. A serra é composta por quartzitos grossos micáceos semelhantes aos da Serra do Ibitipoca, localizada mais a leste, mas com maior teor em muscovita e freqüentes intercalações de níveis de muscovita-xisto. As cavernas geralmente associam-se a dolinas elípticas com paredes íngremes. Nos casos atualmente conhecidos, as cavernas são compostas por galerias únicas praticamente retas. Existe diferença de cota de mais de 100 m entre a superfície freática da área onde se formaram as cavernas e o nível de base local.

O Distrito Espeleológico São Tomé das Letras (DS) localiza-se próximo aos DL e DC, apresentando semelhanças litológicas e estruturais com as serras de Carrancas e Luminárias (Almeida, 1992). As cavernas do DS lembram as do Grupo II do DI. Em alguns casos são condicionadas por camada de quartzito fino micáceo (Auler, 1992) como as do Grupo I do DI.

3. Discussão:

Os distritos do PEA têm diversas características similares. Há diferenças de cota entre a superfície freática dos locais onde as cavernas se formam e o nível de base dos arredores acima de 100 m. Praticamente todas as cavernas localizam-se onde o mergulho das camadas não é forte e sua direção de mergulho coincide aproximadamente com a direção de inclinação da superfície topográfica.

A espeleogênese no DI é tida como processo de dois estágios (Corrêa Neto *et al.*, 1993), similar à casos na Venezuela (Urbani, 1986), África do Sul (Martini, 1987) e Líbia (Busche & Sponholz, 1992), seguindo o modelo *piping/sanding*. A aplicação desses modelos aos outros distritos da PEA é baseada na presença de níveis de *pipes*, espeleotemas de sílica, padrão das cavernas em planta etc.

Inicialmente, durante prolongada estabilidade do nível de base e baixo gradiente do nível freático, o lento fluxo de água subterrânea favoreceu a dissolução de sílica (sobre a dissolução de sílica o leitor deve referir-se a White *et al.*, 1966; Young, 1986; Busche & Sponholz, 1992) e lixiviação de sílica a partir de micas e feldspatos. Esses fenômenos ocorreram preferencialmente na interseção de fraturas com planos de foliação e/ou estratificação, formando zonas lineares de maior porosidade e permeabilidade, ao longo das quais a rocha é enfraquecida mecanicamente (o *néogres* de Martini, 1987). O fluxo de água subterrânea foi concentrado nessas zonas.

No segundo estágio, um soerguimento (regional?) aumenta o gradiente e a velocidade de fluxo do lençol freático. Grãos de quartzo são mecanicamente removidos, formando rede de condutos cilíndricos (*pipes*), alguns dos quais concentram ainda mais o fluxo. Estes alargam-se, tornando-se galerias de caverna, integrando um sistema hierarquizado de drenagem subterrânea, também composto por *pipes*, fraturas e poros interligados.

O controle estratigráfico responde pelo maior porte das cavernas do Grupo I do DI. A camada de quartzito fino micáceo é especialmente propícia ao processo, devido à composição mineralógica e a grã fina, que fornece maior superfície de contato dos grãos com a água (Corrêa Neto *et al.*, 1993).

A seqüência composta por um período inicial de estabilidade e posterior soerguimento parece essencial para a formação de cavernas em quartzito, tendo sido registrada na Austrália (Young, 1986), Venezuela (Urbani, 1986), África do Sul (Martini, 1987) e Líbia (Busche & Sponholz, 1992).

Na Serra do Ibitipoca, feições externas (terraços aluvionares, leitos fósseis de rios) e internas (níveis de galerias abandonadas) registram sucessivos episódios de soerguimento. Se os níveis de galerias abandonadas forem utilizados com indicadores de idade (Palmer, 1987), as cavernas do Grupo II seriam mais antigas que as do Grupo I, pois apresentam galerias mais elevadas. O controle estratigráfico pode ser responsável pelo desenvolvimento mais rápido das cavernas do Grupo I na segunda etapa.

A maioria das cavernas dos DL, DC, DS e DB assemelham-se às cavidades do Grupo II do DI. Entretanto, os níveis de xisto nas cavernas do DC podem indicar maior controle estratigráfico. As cavernas dos DC e DL não possuem níveis de galerias abandonadas como as do DI. Aparentemente, os repetidos ciclos de estabilidade/soerguimento do DI não ocorreram com a mesma intensidade nos outros distritos.

4. Conclusões:

A espeleogênese na PEA ocorreu pelos processos *piping/sanding*, envolvendo episódio inicial de estabilidade do nível de base, durante o qual ocorreu dissolução e lixiviação de sílica. Seguiu-se um soerguimento, resultando na formação de rede de *pipes* por remoção mecânica dos grãos. Alguns condutos são alargados, tornando-se galerias de caverna. Essa seqüência de eventos pode ocorrer mais de uma vez.

As condições fundamentais para a espeleogênese foram:

- 1- Um período inicial de estabilidade do nível freático, seguido por soerguimento.
- 2- Grande diferença entre o nível freático local e o nível de base dos arredores.
- 3- Camadas especialmente suscetíveis ao processo de *piping* (quartzito fino micáceo no DI) ou rochas impermeáveis que confinem o fluxo do lençol freático (lentes de xisto no DC e DL).
- 4- Direção de mergulho das camadas ou da foliação aproximadamente coincidente com a direção de inclinação da topografia externa.

Diferenças nos padrões de cavernas de um dado distrito ou de distritos distintos podem ser atribuídas a variações nesses condicionantes.

Agradecimentos:

Os autores agradecem à Administração do Parque Estadual do Ibitipoca e ao IEF-MG pelo apoio à pesquisa. Os trabalhos de campo contaram com o auxílio da SPEC e do GBPE. A.V.C.N. gostaria ainda de agradecer a Renato R. Andreis, Augusto Auler, Henrique Dayan e Allison Sodré-Corrêa pelo incentivo e valiosas discussões.

5. Referências:

- ALMEIDA, J.C.H. de 1992. Mapeamento geológico da Folha Luminárias- MG (1: 50000), com ênfase na análise estrutural dos metassedimentos do Ciclo Deposicional Andrelândia. UFRJ, CCMN, Instituto de Geociências, *Tese de Mestrado*, INÉDITA, 102pp.
- AULER, A. 1992. Bibliography of quartzite karst in Brazil. Western Kentucky University, Department of Geography and Geology, INÉDITO.
- BUSCHE, D. & SPONHOLZ, B. 1992. Morphological and micromorphological aspects of the sandstone karst of eastern Niger. *Z. Geomorph. N.F.* **85**: 1-18.
- CORRÊA NETO, A.V.; ANÍSIO, L.C.C. & BRANDÃO, C.P. 1993. Um endocarste quartzítico na Serra do Ibitipoca, SE de Minas Gerais. SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS, VII, *Anais do ...*, Boletim SBG núcleo MG **12**: 83-86.
- CORRÊA NETO, A.V.; DUTRA, G. & BAPTISTA FILHO, J. 1996. Espeleogênese em quartzitos: comparações entre as serras de Ibitipoca, Luminárias e Carrancas (MG). CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, XXXVIII. *Anais do...* SBG, Salvador, BA, Vol. 4: 555 - 558.
- DAYAN, H.; BAPTISTA FILHO, J; FONSECA, M.S. & MANSUR, R.L. 1987. Determinação do estado de deformação finita em quartzitos das serras de Carrancas e Bicas, SE de Minas Gerais. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **79**(3): 203-211.
- EBERT, H. 1955. Pesquisas na parte sudeste do Estado de Minas Gerais. *Relatório Anual da Divisão de Geologia e Mineralogia*. Rio de Janeiro, RJ. 1954:78-89.

- KARMANN, I & SANCHEZ, L.E. 1979. Distribuição das rochas carbonáticas e províncias espeológicas no Brasil. *Espeleo-tema* **13**: 105-167
- MACHADO FILHO, L.; RIBEIRO, M.W.; GONZALEZ, S.R.; SCHENINI, C.A.; SANTOS NETO, A. dos; PALMEIRA, R.C.B.; PIRES, J.L.; TEIXEIRA, W. & CASTRO, H.E.F. 1983. Geologia, in: *PROJETO RADAMBRASIL*, Levantamento de Recursos Minerais, Vol. 32. Folhas SF.23/24, Rio de Janeiro, Vitória.
- MARTINI, J. 1987. Karst features in quartzite of South Africa. *Karstologia* **9**:45-52.
- NUMMER, A. R. 1990. Estratigrafia e estruturas do Grupo Andrelândia na região de Santa Rita do Ibitipoca-Lima Duarte, Sul de Minas Gerais. CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, XXXVI. *Anais do ...*. SBG, Natal, RN, Vol. 6: 2786-2797.
- PEREZ, R.,C. & GROSSI, W.R. 1987. The quartzitic speleological district of the Parque Florestal Estadual do Ibitipoca, Minas Gerais, Brazil. INTERNATIONAL CONGRESS OF SPELEOLOGY, IX, *Proceedings of...*, 12-14.
- PALMER, A. N. 1987. Cave levels and their interpretation. *The NSS Bulletin*, **49**: 50-66.
- PALMER, A. N. 1991. Origin and morphology of limestone caves. *Geological Society of America Bulletin*, **103**: 1-21.
- URBANI, F. 1986. Notes on the origin of caves in Precambrian quartzites of Roraima Group, Venezuela. *Interciência* **11**(6): 298-300.
- TROUW, R.A.J.; RIBEIRO, A. & PACIULLO, F.V.P. 1983. Geologia estrutural do Grupo São João del Rei, Carrancas e Andrelândia, sul de Minas Gerais. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* **55**(1): 71-85.
- WHITE, W.B.; JEFFERSON, G.L. & HAMAN, J.F. 1966. Quartzite Karst in Southeastern Venezuela. *International Journal of Speleology*, **2**: 309-314.
- YOUNG, R.W. 1986. Tower karst in sandstone: Bungle Bungle massif, Northwestern Australia. *Z. Geomorph. N. F.*, **30**(2): 189-202.