



ANAIS do 32º Congresso Brasileiro de Espeleologia

Barreiras-BA, 11-14 de julho de 2013

ISSN 2178-2113 (online)



O artigo a seguir é parte integrando dos Anais do 32º Congresso Brasileiro de Espeleologia disponível gratuitamente em www.cavernas.org.br/32cbeanais.asp

Sugerimos a seguinte citação para este artigo:

TEIXEIRA-SILVA, C.M.; et al.. Domínios espeleogenéticos I e II da região de Arcos-Pains-Doresópolis, MG. In: RASTEIRO, M.A.; MORATO, L. (orgs.) CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 32, 2013. Barreiras. Anais... Campinas: SBE, 2013. p.391-400. Disponível em: <http://www.cavernas.org.br/anais32cbe/32cbe_391-400.pdf>. Acesso em: *data do acesso*.

A publicação dos Anais do 32º CBE contou com o apoio da Cooperação Técnica SBE-VC-RBMA. Acompanhe outras ações da Cooperação em www.cavernas.org.br/cooperacaotecnica

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



DOMÍNIOS ESPELEOGENÉTICOS I E II DA REGIÃO DE ARCOS-PAINSDORESÓPOLIS, MG

SPELEOGENETICAL DOMAINS I AND II FROM THE REGION OF ARCOS-PAINSDORESÓPOLIS, MG

Cláudio M. Teixeira-Silva, Tiago R. F. Duque, Mateus L. Rosa, Rodolfo Renó, Thiago N. Lucon, Iure B. M. Aquino, Marco A. Bragante-Filho, Leandro A. Silva, Maria G. Carvalho & Thiago R. Nunes

Sociedade Excursionista Espeleológica (SEE).

Departamento de Geologia, Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto (DEGEO/EM/UFOP).

Contatos: claudiomts@gmail.com; tiagorfdunque@gmail.com; mateuskdd@gmail.com.

Resumo

O presente trabalho se fundamenta nos estudos do Projeto Arcos Pains Espeleologia (Proape), resultado de um acordo firmado entre o MPF, o Ibama, a empresa Gerdau e a FEOP, com execução da SEE, no período de 2010 a 2012. Na região estudada desenvolve-se um relevo cárstico típico, em rochas calcárias do Grupo Bambuí, caracterizado pela presença de drenagens subterrâneas, paredões e maciços calcários com aspecto ruiforme, cavernamentos diversos, dolinas e sumidouros. Este trabalho pretende apresentar as principais características espeleogenéticas dos Domínios Espeleogenéticos I e II da região como resultado da integração dos conhecimentos da geologia local com os do levantamento espeleológico efetuado. Por domínio espeleológico entende-se uma determinada região com feições geológicas e espeleogenéticas características. O Domínio Espeleogenético I, situado a leste do Rio São Miguel, caracteriza-se pela ocorrência predominante de rochas indeformadas. A característica principal das litofácies, neste domínio, é o acamamento sub-horizontalizado. Eventualmente podem ser observadas dobras abertas e zonas de cisalhamento reversas nos níveis mais elevados e, também nas proximidades do limite oeste do domínio. Como consequência do controle geológico, neste domínio, as cavidades desenvolvem os seguintes aspectos característicos: possuem normalmente plantas baixas lineares ou meandranes com perfil horizontal e, também, edificado com predominância de cortes elipsoidais verticais. Essas características evidenciam um forte controle dos planos de acamamento das rochas sub-horizontalizadas, eventualmente fraturadas, que hoje se encontram na zona vadosa. O Domínio Espeleogenético II, situado aproximadamente entre o rio São Miguel e o ribeirão dos Patos, caracteriza-se pela ocorrência predominante de rochas medianamente deformadas. Essa deformação caracteriza-se pela ocorrência de dobramentos decimétricos a métricos de dobras cilíndricas abertas a fechadas dos tipos *kink*, *chevron*, caixa e normais. A morfologia geral das cavidades deste domínio é caracterizada por plantas baixas ramificadas e lineares, perfis horizontais e inclinados, secundariamente edificados e cortes predominantemente irregulares e elipsoidais. Eventualmente alguns condutos e galerias são controlados por eixos desses dobramentos.

Palavras-Chave: Proape; Domínios Espeleogenéticos I e II; Arcos-Pains-Doresópolis.

Abstract

This work is based on studies of "Projeto Arcos Pains Espeleologia (PROAPE), a result of an agreement between the MPF, IBAMA, Gerdau company and FEOP and executed by SEE, from the period 2010 to 2012. In the landscape of this study sub-horizonregion develops a typical karst in Bambuí Group rocks, characterized by the presence of underground drains, walls and limestone massifs with a ruiform aspect, several cave's development, dolines and sinkholes. The work intends to introduce the main characteristics of cave genesis of the speleogenetical domains I and II in the region, as a result of the integration of local geology knowledge with the speleological survey done. Speleological domain means a region with specific geologic and cave genesis characteristics. The Speleogenetical Domain I, located on east of São Miguel River, is characterized by the predominant occurrence of undisturbed rocks. The lithofacies main characteristic in this area is the sub-horizontal bedding. Eventually it can be observed open folds and reverse shear zones at the highest levels, and also near the western limit of the domain. As a consequence of geological control in this area, the cavities develop following these characteristic aspects: plants usually have low linear or meandering with horizontal profile and also built predominantly with ellipsoidal vertical cuts. These characteristics show strong controls at the plan bedding rocks, sub-horizontal, eventually fractured, that nowadays are in the vadose zone. The Speleogenetical Domain II, located proximately to the

São Miguel river and Patos stream is characterized by the predominant occurrence of moderately deformed rocks. This deformation is characterized by the occurrence of decimeter to metric folds, open to closed cylindrical folds like kink, chevron, box and normal folds. The general morphology of these domain cavities is characterized by low plants branched and linear, horizontal and inclined profiles secondarily edified and predominantly irregular and ellipsoidal cuts. Eventually some conduits and galleries are controlled for the fold axes characterized before.

Key-words: Proape; Speleogenetical Domains I e II; Arcos-Pains-Doresópolis.

1. INTRODUÇÃO

O objetivo Geral do Projeto Arcos Pains Espeleologia – Proape (SEE, 2012) – foi a elaboração de um diagnóstico geoambiental da região do distrito espeleológico de Arcos-Pains-Doresópolis-Iguatama, destacando os seguintes aspectos:

1. Estudo do relevo cárstico das suas feições internas (endocarste) e externas (exocarste) e mapeamento espeleológico (mapa de ocorrência de cavernas, abismos, abrigos, áreas de recarga, sumidouros e ressurgências);
2. Caracterização geoambiental desse distrito espeleológico, numa área total de 130.000 ha.

O presente trabalho, realizado com base nos resultados do Proape, tem por objetivo fazer uma

correlação entre o contexto geológico de dois dos domínios espeleológicos identificados (referidos como I e II) e o seu controle no desenvolvimento das principais cavidades que aí ocorrem.

Esses domínios localizam-se no polígono compreendido pelos vértices opostos de coordenadas UTM: 396.000E / 7.760.000N e 646.000E / 7.734.000N (Figura 1), totalizando cerca de 130.000 ha. Esse polígono abrange partes dos municípios de Pains, Arcos, Dorésópolis, Iguatama, Córrego Fundo, Formiga, Piumhi e Bambuí, no estado de Minas Gerais. O acesso à área se faz pela rodovia BR-381 (Rodovia Fernão Dias) até Betim. No trevo com a BR-262, toma-se esta rodovia até o trevo com a MG 050. Através da MG 050 chega-se ao local.

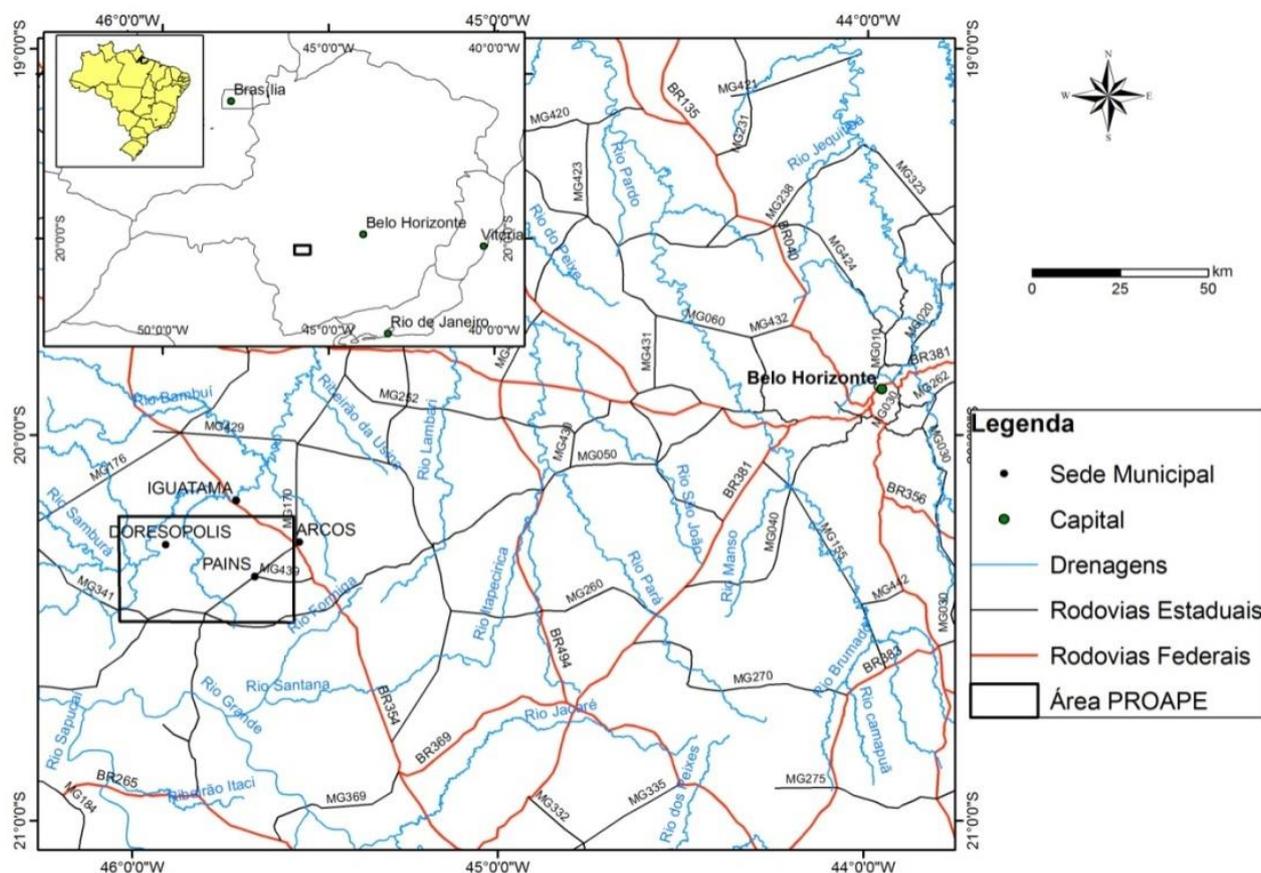


Figura 1 – Mapa de localização e acesso ao polígono proposto para a área do Proape.

2. METODOLOGIA

As observações sobre a geologia local, realizadas durante os trabalhos do Proape, evidenciaram basicamente três contextos estruturais nas rochas carbonáticas e pelíticas do Grupo Bambuí. Um contexto em que as rochas tectonicamente estão praticamente indeformadas, um segundo contexto em que essas mesmas rochas estão medianamente deformadas e um terceiro onde as rochas estão mais deformadas.

Estes contextos foram aqui denominados de domínios espeleogenéticos: Domínio Espeleogenético I, Domínio Espeleogenético II e Domínio Espeleogenético III.

O Espeleogenético Domínio Espeleogenético I, situado a leste do Rio São Miguel, caracteriza-se pela ocorrência predominante de rochas indeformadas. O Domínio Espeleogenético II, situado aproximadamente entre o rio São Miguel e o ribeirão dos Patos, caracteriza-se pela ocorrência

predominante de rochas medianamente deformadas. O Domínio Espeleogenético III, situado a oeste do ribeirão dos Patos e englobando o canyon do rio São Francisco, caracteriza-se pela ocorrência de rochas mais deformadas. Esse último domínio não será abordado por conter poucas cavidades estudadas.

Todos esses domínios foram subdivididos em subdomínios, a fim de facilitar a abordagem didática dos mesmos. Os domínios e subdomínios espeleogenéticos foram divididos irregularmente de maneira que envolvessem os aglomerados, ou nuvens, de ocorrências de cavidades nos mesmos maciços ou em maciços vizinhos com mesmas características geomorfológicas (Figura 2).

Cada domínio tem, então, características geológicas próprias, no que se refere a litologia ou litofácies, distribuição espacial e arranjo das estruturas. Estas características geológicas vão influenciar de maneira significativa a espeleogênese local.

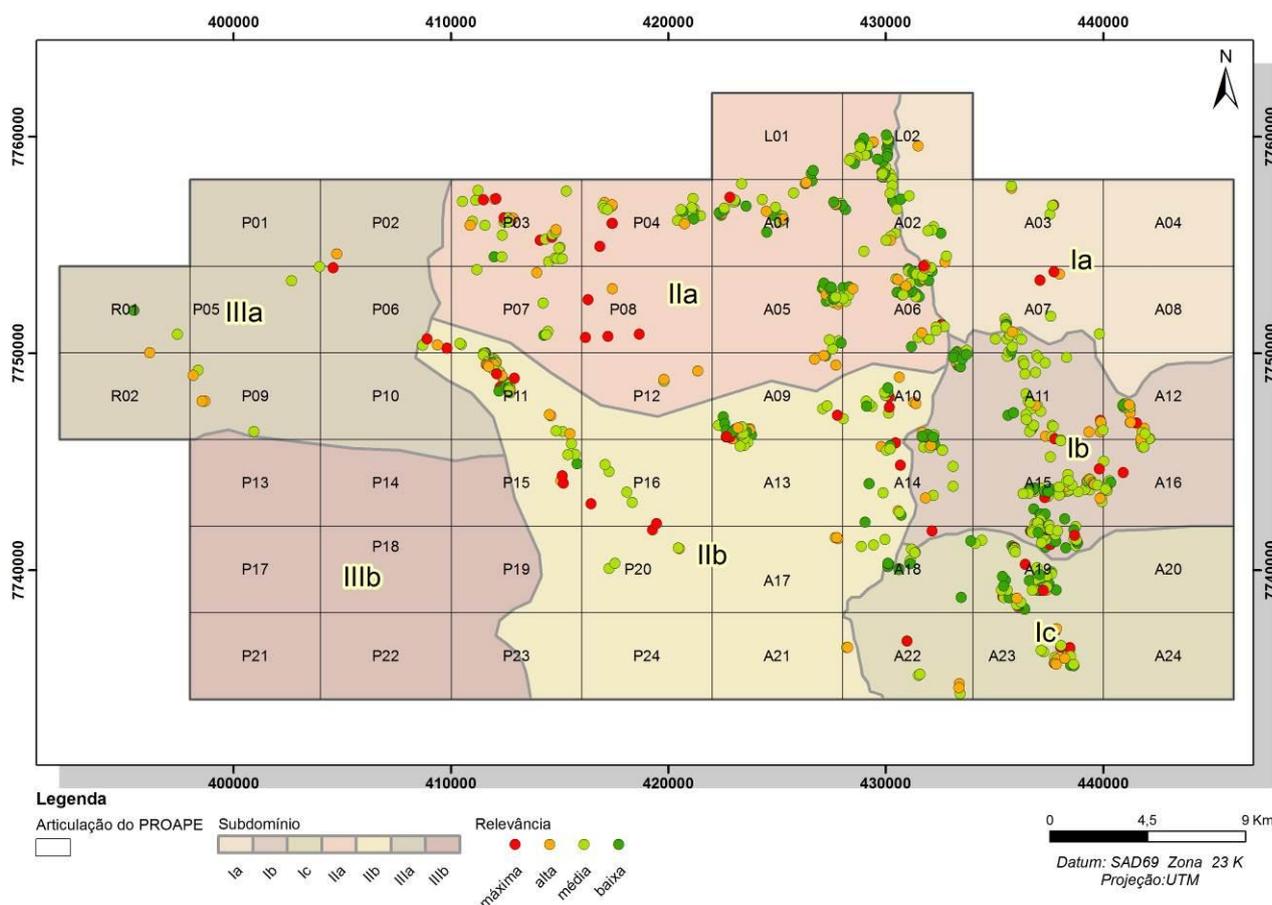


Figura 2 – Distribuição das cavidades nos subdomínios, classificadas por grau de relevância: máximas – pontos vermelhos, alta – pontos laranjas, média – pontos verde claro e baixa – pontos verdes.

3. CONTEXTO GEOLÓGICO

Esta região, onde ocorrem as rochas do Grupo Bambuí, enquadra-se na extremidade sudoeste da

unidade geotectônica denominada Bacia Intracratônica do São Francisco que, por sua vez, constitui a parte sul do cráton homônimo. O Cráton

do São Francisco (ALMEIDA, 1977) representa uma unidade geotectônica estabilizada no final do ciclo Transamazônico e que está margeada por faixas de dobramentos do Neoproterozóico (ciclo Brasileiro).

Alkmim & Martins-Neto (2001) consideram o Grupo Bambuí, uma sequência plataformal, a unidade característica da bacia. Esta sequência marcaria para estes autores uma transgressão marinha generalizada sobre o Cráton do São Francisco, além de uma completa mudança no comportamento da sua parte sul, que passaria a funcionar como sítio receptor dos sedimentos provenientes das áreas soerguidas nas suas vizinhanças.

Estratigraficamente, Muzzi-Magalhães (1989) dividiram as rochas do Grupo Bambuí em quatro fácies que, da base ao topo, são: Conglomerática, Pelítica, Carbonática e Psamo-pelítica. A Fácies Conglomerática basal é composta principalmente por ortoconglomerados e paraconglomerados, sendo que, na parte superior, ocorrem intercalações de siltitos e argilitos. A Fácies Pelítica é formada predominantemente por argilitos com laminação plano-paralelas, que apresentam localmente intercalações de siltito. A Fácies Carbonática é composta essencialmente por margas, calcilitos,

calcarenitos e dolarenitos. A Fácies Psamo-pelítica é formada por uma sequência com argilitos na base, passando para argilitos com intercalações de siltito e, raramente, arenitos no topo.

A análise estrutural executada em detalhe por Muzzi-Magalhães (1989), nas rochas do Grupo Bambuí da região, possibilitou a determinação de uma fase principal de deformação, que pode ser subdividida em duas etapas distintas. A primeira etapa originou falhas inversas de empurrão com planos de descolamentos e dobras flexurais, enquanto a segunda gerou zonas de falhas transcorrentes sinistrais, responsáveis pela rotação das estruturas preexistentes.

Em 2008 a CPRM publicou a “Geologia da Folha de Piumhi SF.23-V-B-II” dentro do Programa de Levantamentos Geológicos Básicos (RIBEIRO *et al.*, 2008). Ocorrem nesta Folha 1:100.000, de leste para oeste, em ordem tectonoestratigráfica, ortognaisses granitóides arqueanos do embasamento do Cráton do São Francisco; sucessões neoproterozóicas carbonáticas plataformais rasas da Formação Sete Lagoas com pelitos e calcipelitos na base e calcários cinzentos no topo; sucessões de fluxos gravitacionais com ruditos e pelitos incluídos na Formação Samburá. A figura 3 representa o mapa geológico da CPRM, adaptado à área estudada.

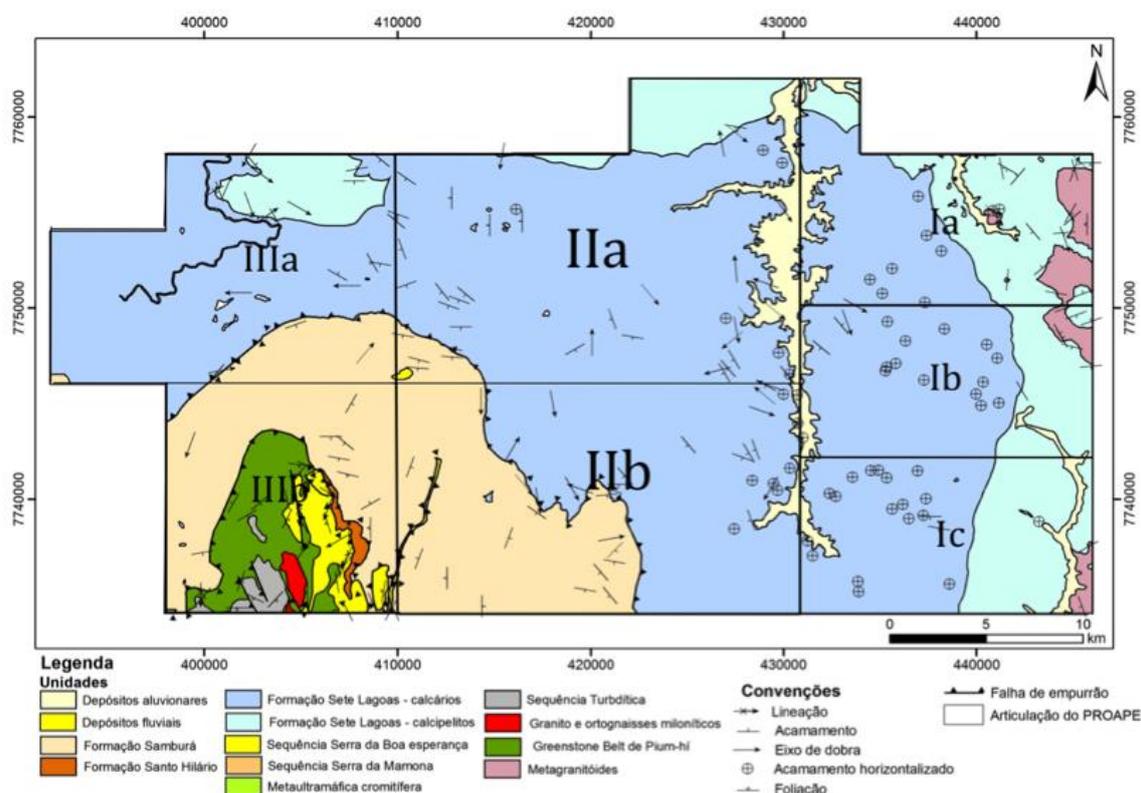


Figura 3 – Domínios e subdomínios espeleogenéticos, da esquerda para a direita: Domínio I, com os subdomínios Ia, Ib, e Ic; Domínio II, com os subdomínios IIa e IIb; Domínio III, com os subdomínios IIIa e IIIb.

Estruturas resultantes de atividade neotectônica, como falhas normais em depósitos cenozóicos, foram registrados por diversos autores na região (MUZZI-MAGALHÃES, 1989; RIBEIRO *et al.*, 2008). Saadi *et al.* (1998) notificaram a importância da atividade neotectônica na morfogênese regional e nos processos de carstificação da área cárstica de Arcos-Pains-Doresópolis. Segundo eles, as estruturas de distensão correspondem às direções preferenciais da carstificação, nas direções N30W e N40W. Ainda, como resultado da atividade neotectônica, as estruturas pré-cambrianas teriam se reativado, nas direções N00-30E, N70E e N50E, e a direção NS, de desenvolvimento predominante das cavidades, corresponderia ao papel do soerguimento.

4. DOMÍNIO ESPELEOGENÉTICO I

Esse Domínio está constituído pela parte leste das quadrículas: L02, A02, A06, A10, A14, A18 e A22, pela faixa NS das quadrículas A03, A07, A11, A15, A19, A23 e pela faixa NS das quadrículas A04, A08, A12, A16, A20 e A24.

Nesse domínio é onde as rochas carbonáticas estão mais aflorantes, devido, provavelmente, a um maior soerguimento desta área, em relação às demais e, conseqüentemente, maior atuação dos fenômenos erosivos.

A fim de facilitar a descrição e o entendimento da geologia deste domínio o mesmo foi subdividido em subdomínios menores de ocorrências de rochas com características estratigráficas estruturais típicas: Subdomínio Ia - Arcos, Subdomínio Ib - Leste de Pains e Subdomínio Ic - Córrego Fundo (Figuras 2 e 3).

O subdomínio Ia - Arcos engloba as quadrículas: L02 leste, A02 leste, A06 leste, A03, A04, A07 e A08. O Subdomínio Ib - Leste de Pains engloba as quadrículas A10 leste, A11, A12, A14 leste, A15 e A16. O Subdomínio Ic - Córrego Fundo engloba as quadrículas A18 leste, A19, A20, A22 leste, A23 e A24.

No Domínio Espeleogenético I foram classificadas 349 cavidades, sendo 30 com grau de relevância máximo, 50 com alta relevância, 226 com média relevância e 43 com grau de relevância baixo (Tabela 1).

4.1 Subdomínio Ia – Arcos

Nessa região ocorre predominantemente a Litofácies Calcário Calcítico Laminado (CCL) e

Calcário Cristalino Homogêneo (CCH) com intercalações da Litofácies Calcário Dolomítico Estromatolítico (CDE). Essas litofácies apresentam-se indeformadas, com o acamamento sub-horizontalizado nas cores cinza médio e localmente aparecem fraturas subverticais e níveis de brechas intraformacionais. Essas brechas constituem-se de fragmentos centimétricos monomictos de formas retangulares achatadas.

No subdomínio Ia foram registradas e classificadas quatro cavidades com grau de relevância máximo, seis com grau de relevância alta, 17 de média relevância e sete de baixa relevância, totalizando 34 cavidades classificadas.

Tabela 1 – Distribuição numérica das cavidades do Domínio I, por grau de relevância nos subdomínios.

Subdomínio	Máxima	Alta	Média	Baixa
Ia	04	06	17	07
Ib	13	32	159	06
Ic	13	12	50	30
Totais	30	50	226	43

4.2 Subdomínio Ib – Leste de Pains

Na região a leste e sudeste da cidade de Pains, nas quadrículas acima citadas, ocorre a sequência de rochas carbonáticas também indeformadas onde predominam os Calcários Cristalinos Laminados, litofácies CCL, em contato com a litofácies CDL, ambos com intercalações de brechas laminares e níveis da litofácies CDE. A deformação nesses litotipos está limitada aos altos topográficos e de ocorrência restrita onde a sequência superior encontra-se dobrada e às vezes cisalhada em frentes de cisalhamento reverso com mergulho para oeste.

Dois locais ilustram esse tipo de deformação: na Gruta do Paiol, situado no alto do maciço da mina da Ical; e na Fazenda Amargoso, ao sul da Ical (Quadrícula A15). Estes pontos podem fazer parte de uma mesma zona de cisalhamento, que a partir da mina da Ical, parece prosseguir para noroeste segundo um lineamento bem nítido na imagem de satélite do Google.

Outra característica geológica dessa região é o contato geológico bem marcado entre o nível dolomítico superior (pedra cascuda) e o nível calcítico inferior (pedra lisa) que ocorre nos locais das minas da Ducal e Cal Ferreira, parte sudoeste da quadrícula A12. Este contato, neste local, fica na região de afloramentos com as cotas mais elevadas de toda a área do Projeto e em uma das regiões de beleza cênica mais expressiva pela ocorrência de torres de rochas calcárias isoladas entre a vegetação

arbórea e dos corredores de diáclases conectados por condutos freáticos.

No contexto deste contato ocorrem diversas cavidades nessa região, como: Gruta Jardim Suspenso, Gruta Dinamite, Gruta Joinha, Gruta da Cortina, Gruta do Capão, Gruta do Marco 5, e Gruta Q110. Esta última nas proximidades de uma cava predatória no alto do maciço. Aliás, essa região está caminhando para um processo de depredação total, caso medidas de contenção e de fiscalização não se efetivem aí, no sentido de conter a destruição de um importante sítio espeleológico.

No subdomínio Ib foram registradas e classificadas 13 cavidades com grau de relevância máximo, 32 com grau de relevância alto, 159 de média relevância e 61 de baixa relevância, totalizando 265 cavidades classificadas.

4.3 Subdomínio Ic – Córrego Fundo

Ocorrem nessa região sequências de rochas carbonáticas das litofácies Calcário Calcítico Laminado (CCL), Calcário Cristalino Homogêneo (CCH), Calcário Dolomítico Estromatolítico (CDE) e Calcário Laminado Silexítico (CLS) sub-horizontalizados e localmente perturbados tectonicamente. As principais feições estruturais que ocorrem nessa região são os dobramentos decimétricos de dobras cilíndricas com eixos caindo para sudeste, dobras de arrasto associadas a zonas de cisalhamentos reversos com caimento para oeste e calcários silexíticos, cisalhados, com níveis de silexito boudinados e isolados e, também, rotacionados, associados a veios de quartzo remobilizados (Figura 4a e Figura 4b). Além de fraturamentos abertos, em forma de diáclases de direções NW-SE, bem marcadas na imagem de satélite da quadrícula A19.

No subdomínio Ic foram registradas e classificadas 13 cavidades com grau de relevância máximo, 12 com grau de relevância alta, 50 de média relevância e 30 de baixa relevância, totalizando 105 cavidades classificadas.

5. DOMÍNIO ESPELEOGENÉTICO II

O Domínio Espeleogenético II, situado aproximadamente entre o rio São Miguel e o ribeirão dos Patos, caracteriza-se pela ocorrência predominante de rochas carbonáticas e pelíticas medianamente deformadas.

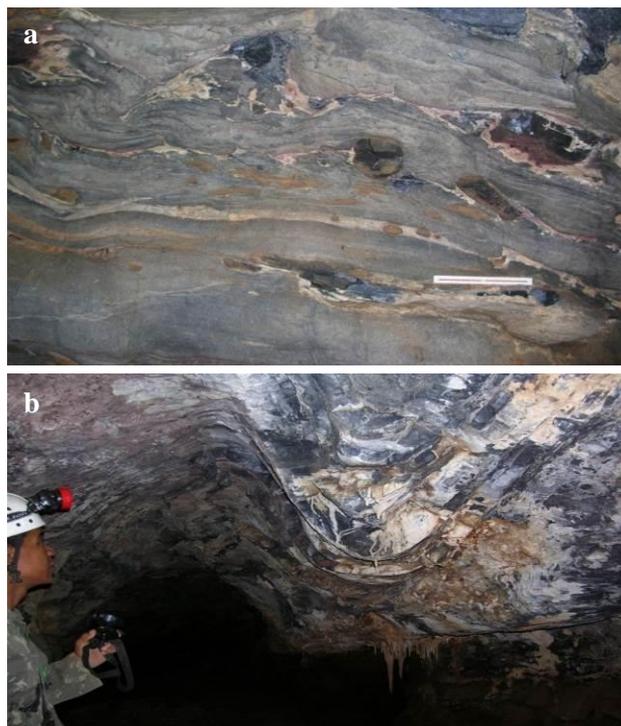


Figura 4 – Gruta Cascavel (S048): a) aspecto do calcário laminado, silexítico, com níveis de silexito boudinados e isolados e, também, rotacionados, visto para sul; b) dobramentos decimétricos controlando o desenvolvimento de condutos com eixos caindo para SE, vista para SE.

Nesse domínio as rochas carbonáticas aflorantes, principalmente, nas margens dos rios São Miguel e dos Patos estão separadas, entre estes, por uma região onde o carste está, ainda, soterrado ou encoberto. No primeiro caso, pelas rochas pelíticas de topo e, no segundo caso, pelo solo de alteração destas rochas e, também, pelo solo de alteração das próprias rochas carbonáticas.

A principal litofácies que ocorre nesse domínio é a CCL – Calcário Cristalino Laminado, dobrado, com intercalações de biolitos ou leitos de calcários estromatolíticos e passagens mais carbonosas escuras. Essa litofácies caracteriza-se por apresentar uma laminação paralela-ondulada, com leitos que variam de espessuras centimétricas (5 a 10 cm) a decimétricas (20 a 50 cm). Normalmente encontram-se intercalações de níveis silexíticos centimétricos que podem estar boudinados e eventualmente em forma de concreções lenticulares isoladas. Podem ocorrer, também, intraclastos lenticulares centimétricos. Esse domínio foi subdividido em subdomínios menores de ocorrências de rochas com características estratigráficas estruturais típicas: Subdomínio IIa - Norte, e Subdomínio IIb - Sul (Figuras 2 e 3).

O subdomínio IIa – Norte – compõe-se da parte centro norte das quadrículas do PROAPE, ao todo compreende a totalidade das quadrículas P03, P04, L01, A01, P08 e A05; a parte norte das quadrículas A09, P12 e A10, e a parte nordeste das quadrículas P11 e P17.

O subdomínio IIb – Sul – compõe-se da parte centro sul das quadrículas do PROAPE, ao todo compreende a totalidade das quadrículas P16, P20, P24, A13, A17 e A21, a parte leste das quadrículas P15, P19 e P23; a parte oeste das quadrículas A14, A18 e A22, a parte sul das quadrículas P12 e A09, a extremidade sudoeste (SW) da quadrícula A10, a parte central da quadrícula P11 e a junção das quadrículas P06, P07 e P10.

No Domínio Espeleogenético II foram classificadas 438 cavidades sendo 38 com grau de relevância máximo, 62 com alta relevância, 197 com média relevância e 141 com grau de relevância baixo (Tabela 2).

Tabela 2 – Distribuição numérica das cavidades do Domínio II, por grau de relevância nos subdomínios.

Subdomínio	Máxima	Alta	Média	Baixa
IIa	14	35	126	94
IIb	24	27	71	47
Totais	38	62	197	141

5.1 Subdomínio IIa – Norte

Nas quadrículas ao Norte, L02 oeste, P04 e A01, essa litofácies encontra-se dobrada e fraturada. As dobras variam em tamanho e forma. Normalmente o que se observa são dobramentos decimétricos e métricos a decamétricos com dobramentos parasíticos, internos às grandes dobras, de dimensões centimétricas a decimétricas. As formas mais comuns são dobras cilíndricas abertas e em *chevron*, mais fechadas. Eventualmente esses

dobramentos estão fraturados na zona de charneira, como é o caso do ponto E012 (quadrícula L02), onde uma grande dobra decamétrica ($A = 30\text{m}$ e $\lambda = 100\text{m}$) em *chevron* tem o eixo, em fratura, com caimento de direção NW (320/20).

O conjunto de medidas polares, do acamamento (S_0) dobrado, representado no estereograma da figura 5a, evidenciam uma concentração de valores para 215/24 e uma concentração secundária para 270/30-80, média de 270/55, para um universo de 46 medidas. Essa última concentração estaria relacionada às frentes de falhas inversas do primeiro evento de deformação que afetou a área, na concepção de Muzzi-Magalhães (1989).

O estereograma para as medidas dos pólos dos eixos permite uma interessante dedução, mesmo com o número reduzido de 29 medidas. Observando-se o diagrama podemos ver a existência de um dobramento, de direção geral NNW-SSE, com concentração máxima em 145/60 e em 300/30, sendo redobrado e gerando outros eixos com caimentos para NW e SE (Figura 5b). Hipoteticamente podemos deduzir, com base nestes dados, a existência de um esforço (E1) de direção ENE-WSW, gerando os dobramentos de direção geral NNW-SSE, e, posteriormente, estes dobramentos sendo redobrados, devido à atuação de um segundo esforço (E2) de direção NNW-SSE.

O diagrama de roseta obtido para as medidas das fraturas (Figura 5c) mostra um par de concentrações nas direções NNE-SSW e WNW-ESE, que poderiam muito bem representar um par de fraturas cisalhantes conjugado, cujo vetor de esforço máximo estaria posicionado na direção NNW-SSE. O número de medidas de fraturas foi de 17.

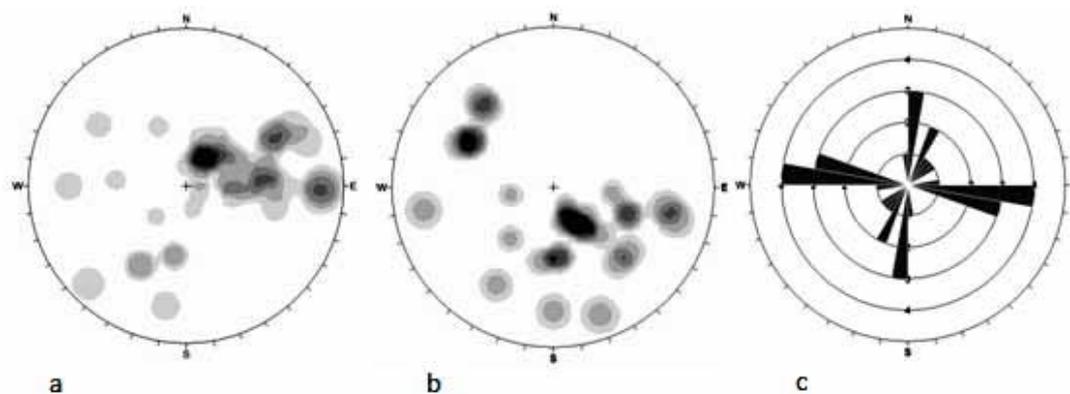


Figura 5 – a) estereograma para as medidas do acamamento (S_0) evidenciando uma concentração maior em 215/24 e outra menor em 270/55; b) estereograma das medidas polares dos eixos de dobramentos; c) diagrama de roseta para as medidas de fraturas com concentrações em NNE-SSW e WNW-ESE.

Na área de Doresópolis – quadrículas P03, P04 e P07 –, as litofácies estão fraturadas, dobradas e tectonicamente perturbadas. As dobras são de dimensões centimétricas a decamétricas e de diversos tipos como: assimétricas, *kinks* e em caixa. O acamamento (S_0), dobrado, pode apresentar mergulhos de baixo ângulo (50°) até mergulhos significativos em torno dos 800° (Figura 6a). Esses mergulhos maiores parecem estar associados a frentes de empurrões ou falhamentos locais desse tipo. O estereograma polar (Figura 6a) das medidas de S_0 indica que as camadas mergulham preferencialmente para NE e secundariamente para SW, formando sinformes com eixos (pontos no estereograma) de direções NW-SE. As juntas (Figura 6b) formam pares cisalhantes conjugados típicos, nas direções NNE-SSW e E-W, com direção do esforço principal (σ_1) segundo NE-SW.

Essas feições planares (acamamento e juntas) e lineares (eixos de dobramentos) condicionam as principais cavidades encontradas na área. Essas feições estruturais se devem, provavelmente, à

atuação da “Zona Transcorrente Doresópolis-Pains” de Muzzi-Magalhães (1989). No entanto, segundo os resultados estatísticos do estudo de Teixeira-Silva *et al.* (2005) parecem apontar para a existência de um sistema transpressivo ao invés de um sistema transcorrente simples, como postulado pelos autores citados.

Neste subdomínio foram registradas e classificadas 14 cavidades com grau de relevância máximo, 35 com grau de relevância alta, 126 de média relevância e 94 de baixa relevância, totalizando 269 cavidades classificadas.

5.2 Subdomínio IIIb – Sul

Para o sul do Domínio II, subdomínio IIIb, em uma pedra abandonada o calcário da litofácies CCL apresenta-se com uma cor cinza escura e dobrado em dobras decimétricas dos tipos *kink* e *chevron* (Figura 7a e Figura 7b), onde os eixos das dobras caem para SSE com mergulhos de 20° a 40° (185-195/20-40).

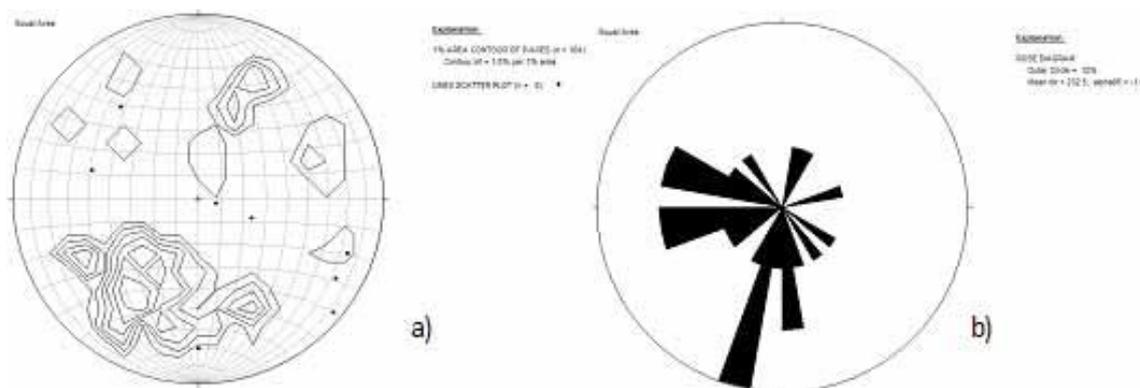


Figura 6 – a) Estereograma das medidas de acamamento (S_0) com os pólos dos eixos de dobramentos; b) diagrama em roseta das fraturas para a área de Doresópolis (Segundo TEIXEIRA-SILVA *et al.* 2005).

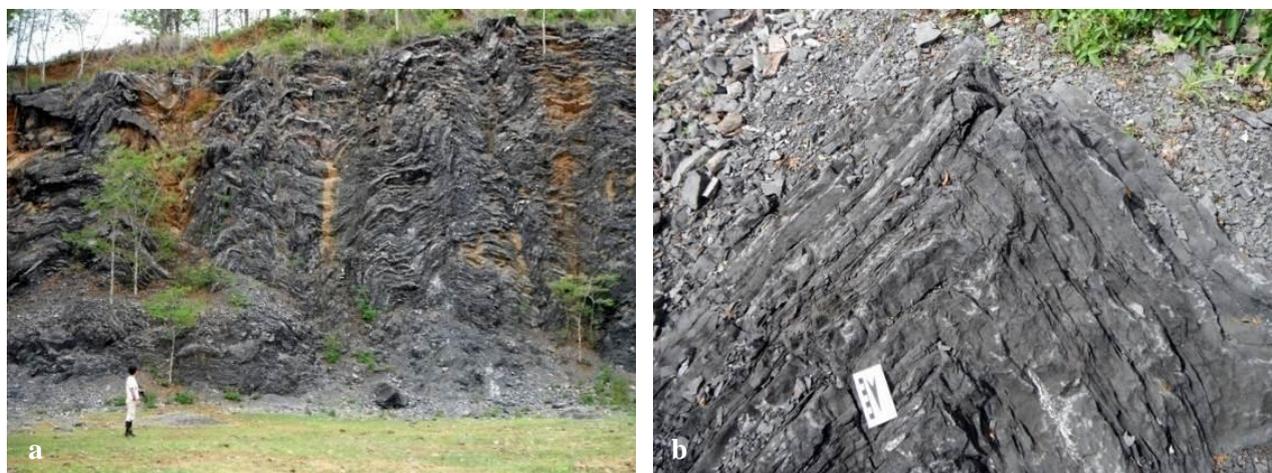


Figura 7 – Afloramento em pedra abandonada da litofácies CCL com dobras decimétricas caindo para SSE; a) vista parcial da pedra para SW (N225) e b) detalhe de uma dobra vista de topo cujo eixo mede 197/23 (ponto N042 / P16).

Algumas cavidades possuem condutos controlados por eixos de dobramentos com caimento para NW, como é o caso da Gruta Aspargo (P07) e da Gruta do Zezinho Beraldo (P11), onde dobras métricas ocorrem na litofácies CCL. Na Gruta Aspargo foram medidos eixos caindo para NW (310/25) e para SSE (170/58). A atitude do acamamento medido na boca da cavidade foi 290/40. Na Gruta Zezinho Beraldo o eixo da dobra medido (Figura 8) tem atitude caindo para SE (125/10) e amplitude (A) de cerca de 4 metros e comprimento de onda (λ) de cerca de 5 metros.



Figura 8 – Litofácies CCL com dobra métrica caindo para SE (125/10), vista para SE, na Gruta Zezinho Beraldo (S054 / P11).

A litofácies Metapelítica (MP) de topo ocorre neste subdomínio, mas como ela é de pouco interesse para nosso estudo essencialmente espeleológico, poucos foram os afloramentos descritos. Normalmente ela apresenta-se muito alterada, formando um solo areno-argiloso, de coloração amarelada, bem distinto dos solos argilosos marrom avermelhados, de alteração das rochas calcárias. Eventualmente essa litofácies pode ser individualizada em meta-argilito e metassiltito.

No subdomínio Iib foram registradas e classificadas 24 cavidades com grau de relevância máximo, 27 com grau de relevância alto, 71 de média relevância e 47 de baixa relevância, totalizando 169 cavidades classificadas.

6. CONCLUSÕES

As observações sobre a geologia local, realizadas durante os trabalhos do Proape, evidenciaram basicamente três contextos estruturais nas rochas carbonáticas e pelíticas do Grupo Bambuí. Um contexto em que as rochas

tectonicamente estão praticamente indeformadas, um segundo contexto em que essas mesmas rochas estão medianamente deformadas e um terceiro onde as rochas estão mais deformadas.

Estes contextos foram denominados de domínios espeleogenéticos, devido às suas características geológicas exercerem controle sobre a espeleogênese da região. São eles: Domínio Espeleogenético I, Domínio Espeleogenético II e Domínio Espeleogenético III.

O Domínio Espeleogenético I, situado a leste do rio São Miguel, caracteriza-se pela ocorrência predominante de rochas indeformadas. Nesse domínio é onde as rochas carbonáticas estão mais aflorantes, devido, provavelmente, a um maior soerguimento desta área, em relação às demais e, conseqüentemente, maior atuação dos fenômenos erosivos.

A característica principal das litofácies, neste domínio, é o acamamento sub-horizantalizado. Eventualmente podem ser observadas dobras abertas e zonas de cisalhamento reversas nos níveis mais elevados e, também nas proximidades do limite oeste do domínio.

As principais cavidades deste domínio são secas e possuem normalmente plantas baixas lineares ou meandranes com perfil horizontal e, também, edificado com predominância de cortes elipsoidais verticais. Essas características evidenciam um forte controle dos planos de acamamento das rochas sub-horizantalizadas, eventualmente fraturadas, que hoje se encontram na zona vadosa.

O Domínio Espeleogenético II, situado aproximadamente entre o rio São Miguel e o ribeirão dos Patos, caracteriza-se pela ocorrência predominante de rochas medianamente deformadas.

A deformação das rochas carbonáticas nesse domínio caracteriza-se predominantemente pela ocorrência de dobramentos dessimétricos a métricos, abertos a fechados, de diversos tipos, como: *kink*, *chevron*, caixas e normais.

A morfologia geral das cavidades deste domínio é caracterizada por plantas baixas ramificadas e lineares, perfis horizontais e inclinados, secundariamente edificados e cortes predominantemente irregulares e elipsoidais.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao pessoal do Ibama (Paulo Sérgio, Ubaldina, Flávio e Fernando), ao pessoal da FEAM (Elói, Daniele, Leandro e Andréia), ao pessoal do EPA (Celinho e Cia.), aos demais estagiários do Proape (Bruna, Silas, Tatiana, Frederico, Guilherme, J. Carlos, Giordano, Júlia e

Fabrício), ao Departamento de Geologia da EM/UFOP (Issamu e M. Augusta), à SEE, à GEOEMP (Thiago), à SPELAYON (Mariana e Rubens), à Machina Mundi (Luciano), à FEOP, à Prefeitura de Pains (Dirceu e Mário) e aos alunos da disciplina Espeleologia da UFOP, que atuaram na área.

BIBLIOGRAFIA

- ALKMIM, F. F.; MARTINS-NETO, M. A. A bacia intracratônica do São Francisco: Arcabouço estrutural e cenários evolutivos. In: Pinto, C. P. e Martins-Neto, M. A. (Eds.) **Bacia do São Francisco: Geologia e Recursos Naturais**. SBG-MG. Belo Horizonte, p. 9-30. 2001.
- ALKMIM, F. F.; CHEMALE JR., F.; BACELLAR, L. A.; OLIVEIRA, J. P.; MAGALHÃES, P. M. Arcabouço estrutural da porção sul da Bacia do São Francisco. In: SBG/Núcleo MG, Simpósio de Geologia de Minas Gerais, 5. Belo Horizonte, 1989. **Anais...** p. 289-293. 1989.
- ALMEIDA, F.F.M de. O Cráton do São Francisco. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 7, n. 4, p. 349-364. 1977.
- MARTINS-NETO, M. A.; ALKMIM, F. F. Estratigrafia e Evolução Tectônica das Bacias Neoproterozóicas do Paleocôntinente São Francisco e suas Margens: Registro da Quebra de Rodínia e Colagem de Gondwana. Bacia do São Francisco. In: Pinto, C. P. e Martins-Neto, M. A. (Eds.) **Bacia do São Francisco: Geologia e Recursos Naturais**. SBG-MG. Belo Horizonte, p. 31-54. 2001.
- MINAS GERAIS. **Termo de Referência para Elaboração de Estudos de Impacto Ambiental Para Atividades Minerárias em Áreas Cársticas no Estado de Minas Gerais**. FEAM/IBAMA, Belo Horizonte, MG, 2005. 28p.
- MUZZI-MAGALHÃES, P. **Análise Estrutural Qualitativa das Rochas do Grupo Bambuí na porção Sudoeste da Bacia do São Francisco**. 1989. 100 f. Dissertação de Mestrado - Departamento de Geologia, Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 1989.
- PINTO, C. P.; MARTINS-NETO, M. A. **Bacia do São Francisco: Geologia e Recursos Naturais**. SBG, Núcleo MG. Belo Horizonte, 349p. 2001.
- RIBEIRO, A.; PACIULLO, F. V. P.; SENRA, A. S.; VALERIANO, C. M.; TROUW, R. A. J. **Geologia da Folha Piumhi- SF.23-V-B-II, escala 1:100.000: nota explicativa**. Minas Gerais: UFRJ/CPRM, 50p. 2008.
- SAADI, A.; MORAIS, M. S.; CARDOSO, G. G. C. Evolução Morfotectônica e Carstogênese na região de Arcos-Pains-Doresópolis. In: Simpósio Nacional de Geomorfologia, 2, 1998. Florianópolis. **Anais...**1998.
- SEE – Sociedade Excursionista Espeleológica. **Projeto Arcos Pains Espeleologia – Proape – Área Cárstica de Pains**. MPF/Ibama/FEAM/UFOP/FEOP/SEE. DEGEO/EM/UFOP. Ouro Preto, agosto de 2012. 549 p. + 8 apêndices. Disponível em: <www.feam.br/images/stories/producao_sustentavel/publicacoes>. Acesso em: 15 mai. 2013.
- TEIXEIRA-SILVA, C. M.; COSTA JÚNIOR, I. A. Método de prospecção espeleológica preliminar. Exemplo de aplicação em Arcos/MG. In: SBE/SEE, Congresso Brasileiro de Espeleologia, 24. Ouro Preto, 1997. **Anais...** p.75-86. 1997.