



35^o
Bonito - MS

ANAIS do 35^o Congresso Brasileiro de Espeleologia
19 - 22 de julho de 2019 - ISSN 2178-2113 (online)



O artigo a seguir é parte integrando dos Anais do 35^o Congresso Brasileiro de Espeleologia disponível gratuitamente em www.cavernas.org.br.

Sugerimos a seguinte citação para este artigo:

TOTARO, J.H.R. et al. Resgate de rochas e espeleotemas em cavernas do complexo Abóboras (Etapa 1), Rio Acima, Minas Gerais, Brasil. In: ZAMPAULO, R. A. (org.) CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 35, 2019. Bonito. *Anais...* Campinas: SBE, 2019. p.91-98. Disponível em: <http://www.cavernas.org.br/anais35cbe/35cbe_091-098.pdf>. Acesso em: *data do acesso*.

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

RESGATE DE ROCHAS E ESPELEOTEMAS EM CAVERNAS DO COMPLEXO ABÓBORAS (ETAPA 1), RIO ACIMA, MINAS GERAIS, BRASIL

*ROCKS AND SPELEOTHEMS RESCUE IN CAVES OF THE ABÓBORAS COMPLEX (PHASE 1), RIO
ACIMA, MINAS GERAIS, BRAZIL*

**João Henrique Rettore TOTARO (1); Juliana Barbosa TIMO (2); Luiz Eduardo Panisset
TRAVASSOS (3); Mariana Barbosa TIMO (2)**

- (1) Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Pós-graduação em Geografia
- (2) Spelayon Consultoria EPP
- (3) Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Pós-graduação em Geografia, Bolsista de Produtividade em Pesquisa (PQ-2) do CNPq

Contatos: juliana.spelayon@gmail.com; mariana@spelayonconsultoria.com.br.

Resumo

O Estado de Minas Gerais abriga patrimônio espeleológico expressivo e diversificado, sendo notáveis as ocorrências em rochas carbonáticas, siliciclásticas e ferríferas. A caracterização geológica associada aos estudos mineralógicos e geoquímicos pode ajudar no entendimento da gênese dos espeleotemas e dos processos espeleogenéticos para os litotipos ferruginosos, uma vez que os espeleotemas podem registrar processos deposicionais pretéritos e, assim, elucidar questões paleoambientais. Durante o resgate espeleológico, foram coletadas 28 amostras, entre rochas e espeleotemas, em 5 cavidades localizadas na área de influência do Projeto Abóboras, localizado em Rio Acima, Minas Gerais. A análise por FRX foi realizada em 21 amostras e por DRX, em 10 amostras. Descrições macro- e mesoscópicas de detalhe, com auxílio de lupa com aumento de até 35x, foram realizadas para 15 amostras e, destas, foram selecionadas 5 amostras para a descrição microscópica em lâmina delgada. Os espeleotemas analisados são compostos basicamente por hematita e goethita. Em lâmina delgada também foi identificada a lepidocrocita nas amostras. Os hidróxidos de ferro são reciclados da matriz hospedeira sob a forma de goethita e lepidocrocita, preenchendo os vazios. A lepidocrocita é formada secundariamente a partir da goethita.

Palavras-Chave: resgate; rocha; espeleotema; mineralogia.

Abstract

The state of Minas Gerais is home to expressive and diversified speleological heritage, with notable occurrences in carbonate, siliciclastic and iron rocks. The geological characterization associated to mineralogical and geochemical studies can help to understand the genesis of speleothems and the speleogenetic processes for the iron lithotypes. Since speleothems can record past depositional processes, elucidating questions about past landscapes and dynamics. During the speleological rescue, 28 samples, characterized by rock and speleothems, were collected in 5 caves located in the influence area of the Abóboras Project, located in Rio Acima, Minas Gerais. The FRX analyses were performed on 21 samples, and DRX analyses were performed on 10 samples. Macro and mesoscopic detail descriptions were made with use of a magnifying glass with an magnification of up to 35x were performed for 15 samples, of which 5 samples were selected for the microscopic description in thin section. The speleothems analyzed are basically composed of hematite and goethite. The Lepidocrocite was also identified in thin slides. The iron hydroxides are recycled from the host matrix in the form of goethite and lepidocrocite, filling the voids. Lepidocrocite is formed secondarily from goethite.

Keywords: rescue; rock; speleothem; mineralogy.

1. INTRODUÇÃO

O Estado de Minas Gerais abriga patrimônio espeleológico expressivo e diversificado, sendo notáveis as ocorrências em rochas carbonáticas,

siliciclásticas e ferríferas. Na região do Quadrilátero Ferrífero (QF) ocorre a segunda maior concentração de cavernas de Minas Gerais, expressa na forma de cavidades em rochas ferríferas, como a canga,

minério de ferro, itabirito, hematita compacta e a laterita. Os depósitos de minério de ferro do QF estão distribuídos segundo o condicionamento determinado por fatores tectônicos, litológicos e morfoclimáticos, onde as coberturas de canga/laterita são responsáveis pela existência da maioria das cavernas neste grupo (OLIVEIRA et al., 2011). De acordo com Cavalcanti et al. (2012), a região apresenta intensa atividade minerária e alta densidade populacional, de que decorre elevado potencial de impactos ambientais e conflitos socioeconômicos.

A caracterização geológica associada a estudos mineralógicos e geoquímicos pode ajudar no entendimento da gênese dos espeleotemas e dos processos espeleogenéticos para os litotipos ferruginosos, uma vez que os espeleotemas podem registrar processos deposicionais pretéritos, esclarecendo questões sobre paisagens e dinâmicas passadas. Depósitos químicos em cavernas ferruginosas são recorrentes, englobando mineralogia diversificada do grupo dos oxi-hidróxidos de ferro (e.g. hematita, goethita, maghemita), óxidos de alumínio (e.g. gibbsita), fosfatos (e.g. leucofosfita, variscita, estrengita e fosfoferrita), sulfatos (e.g. aluminita, gipsita), além de quartzo.

O Projeto de Ampliação da Mina de Abóboras/Complexo Vargem Grande (Rio Acima, MG) tem como objetivo viabilizar a continuidade das atividades minerárias desenvolvidas na mina de Abóboras, aproveitando as estruturas existentes e evitando impactos em novas áreas (Figura 1).

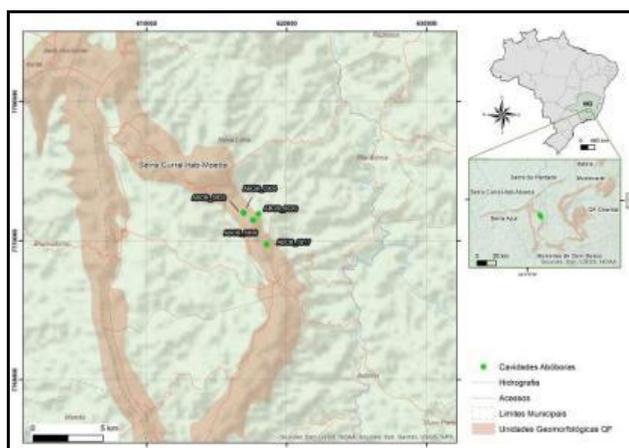


Figura 1: Mapa de localização das cavidades do Complexo Abóboras no Quadrilátero Ferrífero.

Além disso, visa garantir a qualidade ambiental, a manutenção de empregos e a arrecadação de impostos e investimentos na região. No Projeto em licenciamento está prevista a

supressão de 7 cavidades naturais subterrâneas que se encontram na Área Diretamente Afetada (ADA) do empreendimento. Cabe ressaltar que todas as cavernas foram classificadas como de alta relevância e a sua supressão será compensada com a preservação de outras 14 cavidades naturais subterrâneas distribuídas em áreas pertencentes à Vale, dentro dos limites do QF.

O resgate espeleológico está previsto para ser realizado em duas etapas, sendo que os resultados apresentados neste trabalho se referem à Etapa 1.

2. METODOLOGIA

Inicialmente realizou-se um levantamento bibliográfico com busca extensiva por informações a respeito dos tipos de amostras e procedimentos de coleta. Foram pesquisados os tipos de análises que poderiam ser realizadas no material coletado, os laboratórios que realizam a preparação das amostras e os equipamentos necessários, além dos profissionais com conhecimento para interpretar e trabalhar com os resultados obtidos.

Em 2018, as cavernas foram visitadas. Foi realizada a descrição dos espeleotemas e depósitos de sedimentos, bem como a coleta das amostras de rochas e espeleotemas. Os locais com ocorrência de depósitos químicos mais representativos foram caracterizados, bem como a rocha na qual as cavidades se desenvolvem. Devido ao fato de ocorrer impacto irreversível nos locais pesquisados, coletou-se a maior quantidade possível de cada tipo de espeleotemas, depósitos químicos e rochas.

As amostras foram coletadas com auxílio de ponteiros e talhadeiras, além de martelo. Após a coleta, as amostras foram condicionadas em sacos plásticos transparentes e resistentes para que pudessem receber uma identificação. Cada amostra foi fotografada, descrita e cadastrada.

As amostras de mão foram então submetidas à descrição petrográfica. A descrição ocorreu inicialmente com o auxílio de lupa com aumento de até 35x, para descrição macro e mesoscópicas. Nas amostras de rocha e espeleotemas também foram realizadas descrições de lâminas delgadas, análise por Difração de Raio X (DRX) e análise por Fluorescência de Raio X (FRX).

As lâminas delgadas foram preparadas para 5 amostras na FIEMG (Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais), a partir de orientações do profissional que coletou as amostras. As descrições

e identificações dos minerais foram realizadas pela geóloga M.Sc. Paula Mendes Serrano, professora do Departamento de Geologia da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

Para determinar as fases cristalinas presentes em diversos materiais, a Difração de Raios X (DRX) é a mais indicada e se enquadra nos métodos clássicos para caracterização mineralógica. Foi realizada análise por DRX em 10 amostras no Laboratório de Caracterização Tecnológica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP). O material analisado foi preparado previamente de acordo com norma específica, utilizando-se o método do pó. A identificação das fases cristalinas foi obtida por comparação do difrato-grama da amostra com os bancos de dados PDF-2 do ICDD (*International Centre for Diffraction Data*) e ICSD (*Inorganic Crystal Structure Database*). A quantificação das amostras foi efetuada pelo método de *Rietveld*, utilizando as estruturas cristalinas do ICSD.

Para a análise dos litotipos e espeleotemas também foi utilizada a metodologia de Espectrometria de Fluorescência de Raios X (FRX). Nesta técnica é analisada a porcentagem absoluta de Fe em relação a contaminantes (SiO₂, Al₂O₃, P, Mn, CaO, MgO, TiO₂) no minério de ferro. A função de um espectrômetro de raios X é induzir uma amostra a emitir radiações características, bem como isolar e medir a intensidade desta radiação. As análises foram realizadas pela SGS GEOSOL Laboratórios Ltda.

Foram feitas coletas de rochas e espeleotemas em todas as cavidades. Para cada amostra foi dada nomenclatura com o nome da cavidade seguido da sigla ROC, no caso de amostras de rocha, e sigla ESP, no caso de amostra de espeleotema. Após a identificação do nome da cavidade e a sigla, foi atribuído um sequenciamento numérico.

Durante o resgate foi coletado um total de 28 amostras, sendo que para todas foi feita uma descrição macroscópica sucinta. Para as amostras mais representativas do ambiente cavernícola, e de melhor potencial para caracterização dos depósitos no interior das cavidades, foram realizadas descrições e análises mais detalhadas. As amostras foram depositadas na Fundação Casa de Cultura de Marabá.

Análise por FRX foi realizada em 21 amostras, que se somam as análises por DRX realizadas em 10 amostras. Descrições macro- e mesoscópicas de detalhe, com auxílio de lupa com

aumento de até 35x, foram realizadas para 15 amostras, das quais 5 foram selecionadas para a descrição microscópica em lâmina delgada.

3. DESCRIÇÃO DAS AMOSTRAS COLETADAS

A seguir será apresentada a descrição macro-, meso- e microscópica das principais amostras, considerando-se também o resultado das análises químicas.

Na cavidade ABOB_0003 foram coletadas 4 amostras, sendo uma de sedimentos detríticos, duas de espeleotemas e uma de rocha. A amostra ABOB_0003-ROC1 foi descrita como sendo um itabirito finamente laminado que caracteriza o maciço que comporta a cavidade. A rocha encontra-se friável, em decorrência da percolação de água em seu interior. O processo provoca a remoção da sílica e, conseqüentemente, a hidratação da hematita na forma de goethita e enriquecimento relativo em ferro. Os resultados de DRX evidenciaram que a amostra tem 82% de hematita, 17% de goethita e 1% de quartzo, o que confirma a descrição.

A amostra de espeleotema ABOB_0003-ESP1 foi descrita como sendo um clúster coraloide ferruginoso que se desenvolve na superfície dos itabiritos nessa cavidade. São coraloídes subcentimétricos cuja formação implica necessariamente, além da mobilização da sílica, a hidratação do ferro e sua combinação com os traços de fósforo presentes no sistema. A composição cristalina predominante nessas feições foi apontada no perfil de DRX: 81% classificado como sendo uma fase amorfa, 16% como sendo hematita, 2% como sendo quartzo e 1% fosfossiderita produzida pela incorporação do fósforo. Além disso, uma quantidade pouco expressiva de calcita foi identificada.

A amostra exibe aparência zonada, marcada por bandamento cíclico de precipitados químicos alternados de sílica e ferro nas bandas amorfas (Figura 2 A e B), acompanhada pela mudança de coloração, que passa de avermelhada nas bordas (chert e jaspe) e creme-amarronzada nas porções intermediárias (óxido-hidróxido de ferro). Ocorrem, ainda, microcavidades de dissolução paralelas ou perpendiculares ao bandamento preenchidas parcialmente por cimento goethítico, fragmentos de itabirito, hematita compacta, sílica amorfa e quartzo (Figura 2C). A amostra analisada advém de material autogênico, representado por sílica amorfa, hematita

e goethita, bem como fragmentos de rocha gerados pela degradação da própria formação ferrífera.

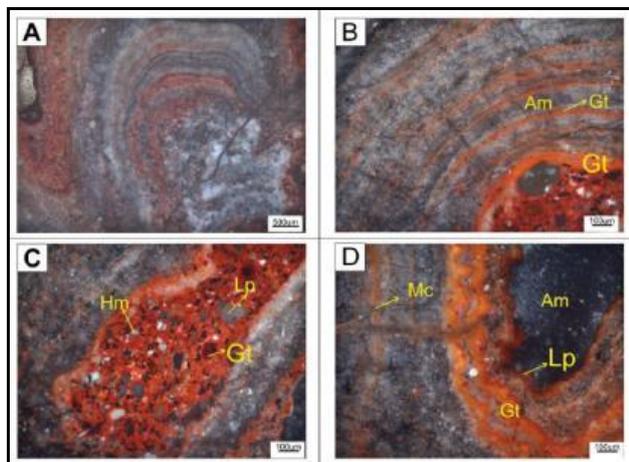


Figura 2: A) Imagem geral do coraloide, evidenciando seu crescimento concêntrico; B) Detalhe para o bandamento cíclico de precipitados químicos alternados de sílica e ferro; C) Fase de deposição de fragmentos clásticos (quartzo, lepidocrocita e hematita) cimentados por goethita; D) Crosta botroidal de goethita e lepidocrocita envolvida por material amorfo. (Am = Material amorfo; Gt = Goethita; Hm = Hematita; Lp = Lepidocrocita).

Na Figura 2-D é possível reconhecer a crosta botroidal de goethita e lepidocrocita envolta por material amorfo. A pequena fonte de fosfato (fosfossiderita) pode estar associada a depósitos essencialmente alogênicos, admitindo-se origem coprogênica como o principal fornecedor de compostos químicos fosfáticos. Essa hipótese carece de determinação mineralógica em outros setores do maciço para verificação da extensão da presença de fósforo em formações não-superficiais.

Na cavidade ABOB_0004 foram coletadas 2 amostras, sendo uma de espeleotema e uma de rocha. A amostra ABOB_0004-ROC1 evidencia a mobilização de fragmentos angulosos de itabirito finamente laminado e friável, acompanhada de sua posterior cimentação ferruginosa. Os clastos de hematita se encontram dispostos segundo a direção do fluxo. O absoluto enriquecimento relativo em ferro, facilitado pela remoção da sílica do itabirito, bem como a hidratação mais intensiva da hematita nessa fração da cavidade, são atestados pelos perfis de fluorescência de raios-X (XRF79C) e de difratometria das amostras. Os resultados evidenciaram 77% de hematita, 22% de goethita e 1% de quartzo. A amostra ABOB_0004-ESP1 (Figura 3) é de um conjunto de espeleotemas ferruginosos de forma semiesférica, os quais se desenvolvem à superfície do itabirito e guardam praticamente as mesmas características

mineralógicas de sua matriz itabirítica. Apresentam-se como agregados de grânulos em estrutura concêntrica de poucos centímetros de diâmetro, o que sugere um processo genético peculiar em meio ferruginoso.



Figura 3: Detalhe da amostra ABOB_004-ESP1.

Na cavidade ABOB_0009 foram coletadas 5 amostras, sendo duas de espeleotema e três de rocha. A amostra ABOB_0009-ROC1 representa a canga ferruginosa detrítica que é formada principalmente por material mobilizado e muito empobrecido em sílica, como indica o perfil de fluorescência. Os clastos subcentimétricos e o material intersticial que os agrega também é ferruginoso, e comporta pequenos vazios que reduzem a densidade da peça. A amostra é friável e apresenta pequenos coraloídes superficiais (possivelmente em fosfossiderita). A rocha tem hábito botroidal evidente, aspecto brechóide, constituída por cimento goethítico, fragmentos milimétricos de itabirito pouco alterado, hematita compacta e agregados de cristais muito pequenos de lepidocrocita, os quais comumente envolvem cristais de hematita e goethita. Suas relações geométricas e distribuição espacial na amostra indicam ter-se formado a partir da hidratação da goethita. O cimento de hidróxido de ferro materializa-se como uma grande massa mosqueada de cor avermelhada, com inúmeros vazios, por vezes preenchidos por goethita e lepidocrocita. Por vezes, esses hidróxidos originam estruturas concêntricas dadas pela alternância de finas camadas de goethita de cores, ora mais claras, ora mais escuras.

A amostra ABOB_0009-ESP2 é de espeleotema. É constituída de canga ferruginosa detrítica, na qual se instalam cavidades de diferentes dimensões, o que confere aspecto e estrutura porosa ao material. A elevada contribuição de minerais ferruginosos indica a mobilização anterior da sílica, e a intensa hidratação do cimento é atestada pelo difratograma obtido para a mesma peça. Microscopicamente, a amostra exibe aspecto brechóide, constituída por cimento goethítico,

fragmentos milimétricos de itabirito pouco alterado, hematita compacta e agregados de cristais muito pequenos de lépido-crocita, os quais comumente envolvem cristais de hematita e goethita. O cimento de hidróxido de ferro materializa-se como uma grande massa mosqueada de cor avermelhada, com inúmeros vazios, por vezes preenchidos por goethita e lepidocrocita. Esses hidróxidos originam, recorrentemente, estruturas concêntricas caracterizadas pela alternância de finas camadas de goethita de cores variegadas. Nota-se, ainda, a presença de fosfato possivelmente formado a partir de material alogênico de origem coprogênica.

Na cavidade ABOB_0017 foram coletadas 8 amostras, sendo cinco de espeleotema e três de rocha. A amostra de rocha ABOB_0017-ROC1 consiste de um itabirito fino maciço, em bandas milimétricas a submilimétricas de hematita finamente granulada alternadas com bandas milimétricas a submilimétricas de sílica fina. Identificam-se na amostra dobramentos suaves de amplitude da ordem de 8cm a 10cm, restritos a algumas poucas bandas de sílica e hematita, i.e., não envolvem todo o volume da peça, o que confere à mesma um aspecto laminar nos planos limitantes superior e inferior não-perturbados. Microcavidades se desenvolvem em diversos pontos da amostra, aparentemente associadas à remoção dos níveis quartozos; a combinação dessas estruturas pode facilmente levar à instalação de cavidades de maior volume que passam a receber, como as superfícies expostas em afloramento, material solubilizado e carregado por soluções aquosas que percolam internamente através do maciço.

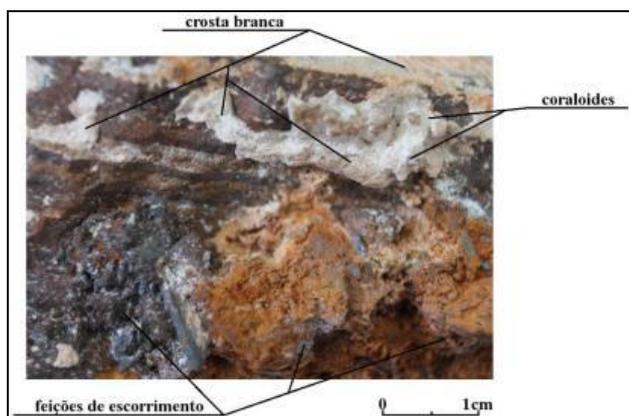


Figura 4: Detalhe em que é possível observar diversas estruturas superficiais características de processos de mobilização de compostos hidrossolúveis e de materiais detríticos. Crostas brancas e coraloides silicáticos são o resultado da recristalização de sílica coloidal removida do itabirito por águas de circulação interna, à semelhança de feições classicamente associadas a ambientes carbonáticos. Ao par dessas estruturas, há também feições de

escorrimento constituídas de material clástico a que confere coesão um cimento ferruginoso.

A amostra ABOB_0017-ROC2 que consiste em canga ferruginosa detrítica formada por fragmentos tabulares angulosos mal selecionados e da mesma natureza itabirítica da rocha matriz, cimentada principalmente por limonita e goethita. É comum identificar-se a direção do fluxo responsável pela formação de grandes volumes desse material, que permite inferir também a respeito da friabilidade com que o itabirito se oferece ao fluxo local de água.

A cavidade ABOB_0017 abriga uma variedade de espeleotemas ferruginosos. Apropriando de modo puramente descritivo do termo aplicado a espeleotemas carbonáticos, i.e., cuidando unicamente da forma e não da gênese dessa superfície, a amostra ABOB_0017-ESP1 trata-se de um travertino ferruginoso composto de lâminas milimétricas subparalelas de hematita compacta em cimento ferruginoso, apoiado sobre canga detrítica. A peça exibe ainda caneluras de eixo perpendicular às cristas formadas pelas lâminas de hematita e que alcançam amplitude de até 5cm. A exemplo de outros espeleotemas de composição ferruginosa em ABOB_0017, há reduzida contribuição siliclástica na amostra, como indicam os resultados de fluorescência de raios-X (6,31% de SiO₂). A amostra ABOB_0017-ESP2 é descrita com feições de escorrimento de canga ferruginosa detrítica que podem, em função das características combinadas da superfície e do material em fluxo, levar à formação de espeleotemas morfológicamente similares aos encontrados no carste clássico. Descrevem-se, apenas a partir desse critério, cortinas, destacando-se, também para essa peça, o caráter preponderantemente ferruginoso e a depleção em sílica promovida pela água em circulação no sistema. A amostra tem traços distintivos em relação às demais, indicados pelo enriquecimento relativo em manganês apontado pelo perfil obtido por FRX (0,31% de MgO). Na amostra de espeleotema ABOB_0017-ESP3, a friabilidade do itabirito, que predispõe à mobilização da sílica tanto nas superfícies da cavidade quanto no interior dos maciços e em paralelo à recristalização dos hidróxidos de ferro, leva à formação de feições de escorrimento que conferem densidade relativamente baixa a várias porções da canga ferruginosa. Na peça coletada há vazios delimitados por paredes de goethita, hematita e limonita. A sílica, ainda facilmente desagregada, se encontra preferencialmente no interior de alguns desses vazios. A baixa proporção relativa de sílica diante

dos compostos de ferro é atestada pelo perfil de fluorescência de raios-X obtido para essas amostras, acompanhando a composição dos espeleotemas já descritos nas amostras coletadas nesta cavidade.

A amostra ABOB_0017-ESP4 é distinta das demais. Um processo diferente leva à formação de frágeis coraloides silicáticos, os quais ocorrem como agregados coliformes de coloração esbranquiçada a cinzenta, de estrutura concêntrica, neoformados sobre matriz ferruginosa detrítica fina. Dada a baixa solubilidade relativa da sílica, a gênese dessas feições pode ser explicada pela circulação lenta de água através da matriz ferruginosa de maneira a mobilizar a sílica na forma de gel coloidal, que recristaliza, por sua vez, nas cavidades existentes na rocha (CRAIG; VAUGHAN, 1994:129; KUZNETSOVA; KHOKHLOVA, 2010).

análise	SiO ₂	Fe	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	TiO ₂	Na ₂ O	K ₂ O	P	Mn
LD	0.10	0,007	0.10	0,01	0.1	0.01	0.1	0.01	0,005	0,008
%	30,70	44,600	1,32	0,14	<0,1	0,05	<0,1	0,08	0,320	0,580

Figura 5: Perfil FRX da amostra ABOB_0017-ESP4.

O perfil químico dessa amostra indica marcante diferença em relação aos demais espeleotemas da mesma cavidade, haja vista a elevada proporção de sílica presente nesses coraloides que, associada a seu desenvolvimento seguramente mais lento e dependente de volumes livres maiores, indica um processo geoquímico distinto daquele responsável pela formação dos espeleotemas ferruginosos.

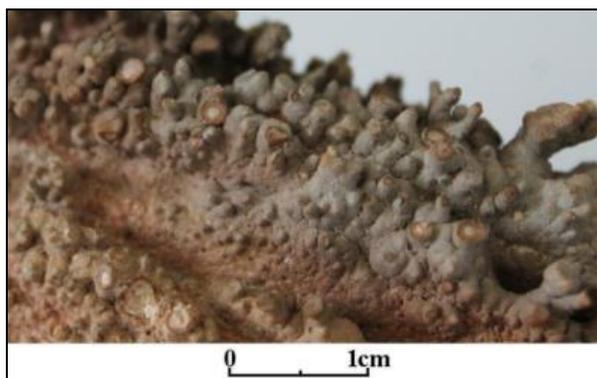


Figura 6: Detalhe da amostra ABOB_0017-ESP4.

A amostra ABOB_0017-ESP5 evidencia feições de escorrimento de material clástico, majoritariamente ferruginoso na composição dos clastos e do cimento. Há, por certo e naturalmente, alguma variabilidade na distribuição percentual das frações silicática e metálica, mas os resultados oferecidos pelos testes de fluorescência de raios-X (XRF79C) e de difratometria de raios-X são claros quanto à mineralogia dessas estruturas, em que

predominam óxidos e hidróxidos de ferro. Trata-se de agregados não-estratificados eminentemente formados por óxidos e hidróxidos de ferro e proporções muito variáveis de quartzo frequentemente de granulação fina, separados por uma complexa rede de canais e de cavidades resultantes da acumulação subaérea de material produzido pelo desmonte de itabiritos, que ainda são identificados na forma de clastos angulosos. Identifica-se ainda facilmente o desenvolvimento de concreções de goethita e de limonita de estrutura concêntrica como limitantes de várias das cavidades das peças, construídas, portanto, por processos de mobilização mecânica e de cimentação ferruginosa. A sílica fina preenche preferencialmente os muitos vazios deixados pelos clastos e pelo cimento ferruginoso.

Na cavidade ABOB_0020 foram coletadas 8 amostras, sendo quatro de espeleotema e quatro de rocha. Esta cavidade se desenvolve em litologia distinta das demais descritas neste trabalho, desenvolvendo-se em quartzitos de granulometria média, frequentemente micáceos, de coloração branca a cinzenta ou localmente avermelhada. A amostra ABOB_0020-ROC1 apresenta xistosidade incipiente facilitada pela orientação dos filossilicatos. Em superfícies recentemente expostas, podem-se identificar com facilidade grãos de quartzo característicos de zonas de deformação, o que se reflete na coloração acinzentada e no arredondamento desses mesmos cristais. As amostras dessa cavidade apresentam perfis de fluorescência e de difração de raios-X compatíveis com o exame macroscópico e acrescentam-lhe o refinamento da identificação de pirofilita (92% de quartzo, 6% de pirofilita e 2% de muscovita). Trata-se de um quartzito dotado de textura granoblástica com níveis lepidoblásticos subordinados de pirofilita (Figura 7 C, E e F).

Os cristais de quartzo, em média, possuem diâmetro de 1mm e estão comumente envolvidos por cimento silicoso (Figura 7 A e B). Exibem ainda contatos entre grãos variando de retilíneos a sinuosos, e extinção ondulante. Nas microfraturas é possível observar lâminas de pirofilita e hidróxido de ferro (Figura 7 C a F). Nota-se ainda a presença diminuta de cristais de microclina, bem como de minerais de alteração como a caulinita. Coraloides finos, milimétricos, de estrutura colunar e extremamente frágeis cobrem as superfícies de várias peças desses quartzitos, indicando condições de recristalização de sílica coloidal. A mobilização de sílica coloidal em presença de outros cátions e de água conduz, por certo, a alguma diversidade

mineralógica entre esses espeleotemas e sua matriz, que também comporta, naturalmente, frações heterogêneas. Essas observações são suportadas pelo perfil difratométrico da peça ABOB_0020-ESP1, ao mesmo tempo em que indicam identidade entre os quartzitos micáceos e os espeleotemas que em sua superfície se desenvolvem geoquimicamente.

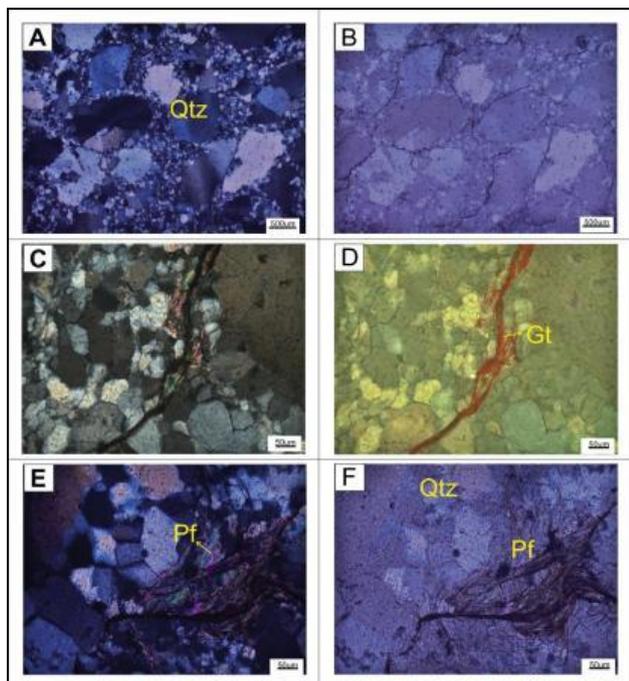


Figura 7: A) Detalhe para o aspecto geral da amostra ABOB_0020-ROC1, bem como para os cristais de quartzo e de seu cimento silicoso. B) Idem à imagem 5.A, porém com nicóis paralelos; C), D), E) e F) Detalhe para microfaturas preenchidas por pirofilita e goethita.

4. CONCLUSÕES

Os espeleotemas analisados são compostos basicamente por hematita e goethita. Em lâmina delgada também foi identificada a lepidocrocita nas amostras. Os hidróxidos de ferro são reciclados da

matriz hospedeira sob a forma de goethita e lepidocrocita, preenchendo os vazios. A lepidocrocita é formada secundariamente a partir da goethita.

Nos coraloídes amostrados, a DRX identificou a hematita e a goethita. Em lâmina delgada foi possível identificar a lepidocrocita. Em lâmina delgada foi possível ainda visualizar a estrutura de crescimento dos coraloídes, em camadas concêntricas. São concreções de forma botroidal com crescimento de camadas finas de um material amorfo (orgânico?) intercaladas com filmes de hidróxido de ferro vermelho (goethita).

Nas bordas das concreções ocorre cristalização de goethita e lepidocrocita em plaquetas finas. A deposição dessas concreções é devida à circulação de hidróxidos de ferro em forma coloidal derivados da oxidação da hematita em condições intempéricas. A recristalização de hidróxidos de ferro conduz a formação de goethita e alguma lepidocrocita que, claramente, preenchem todos os vazios. A lepidocrocita ocorre também em palhetas finas e é formada nos vazios da rocha.

Há, por certo, vários processos concorrentes na formação de espeleotemas em cavidades ferruginosas, o que não apenas eleva seu interesse científico como aponta a necessidade de sua conservação pela geodiversidade que representam.

5. AGRADECIMENTOS

A toda a equipe envolvida na coleta e tratamento dos dados, à Spelayon Consultoria, aos professores da PUC Minas, fundamentais para a realização deste trabalho, e à Vale, pelo subsídio financeiro.

REFERÊNCIAS

- ATIVO AMBIENTAL. **Projeto relevância complexo Vargem Grande - Mina de Abóboras: Diagnóstico Geoespeleológico.** Relatório Técnico, Belo Horizonte, 2014. 92p.
- CAVALCANTI, Lindalva Ferreira et al. Plano de ação nacional para a conservação do patrimônio espeleológico nas áreas cársticas da Bacia do Rio São Francisco. Brasília: **Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade**, Instituto Chico Mendes, 2012. 140p.
- CRAIG, James R.; VAUGHAN, David J. **Ore microscopy and ore petrography.** NY: John Wiley & Sons, Inc., 1994. 129p.
- KUZNETSOVA, A. M.; KHOKHLOVA, O. S. Morphology of carbonate neof ormations in soils of various types. **Lithology and Mineral Resources**, v. 45, n.1, p. 89-100, 2010.

OLIVEIRA, O. B.; OLIVITO, J. P.; RODRIGUES-SILVA, D. Caracterização da Unidade Espeleológica e das Unidades Geomorfológicas da Região do Quadrilátero Ferrífero – MG, **Revista Espeleo-Tema**, Brasília, v.22, n.1, p. 61-80, 2011. Disponível em: http://www.sbe.com.br/espeleo-tema/espeleo-tema_v22_n1_061-080.pdf.

SPELAYON – SPELAYON CONSULTORIA EPP. **Resgate Espeleológico do Projeto Abóboras: Etapa 1.** Relatório Técnico, Belo Horizonte, 2019. 151p.