



## ANAIS do 33º Congresso Brasileiro de Espeleologia

Eldorado SP, 15-19 de julho de 2015 - ISSN 2178-2113 (online)



O artigo a seguir é parte integrando dos Anais do 33º Congresso Brasileiro de Espeleologia disponível gratuitamente em [www.cavernas.org.br/33cbeanais.asp](http://www.cavernas.org.br/33cbeanais.asp)

Sugerimos a seguinte citação para este artigo:

ALBUQUERQUE, A.R.L.; GONÇALVES, D.F.; SANTOS JUNIOR, A.E.A.. Petrografia e geoquímica de espeleotemas em cavidades naturais, N4E-08 E N4WS-72, em formações ferríferas da região de Carajás – unidade geomorfológica Serra Norte. In: RASTEIRO, M.A.; SALLUN FILHO, W. (orgs.) CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 33, 2015. Eldorado. *Anais...* Campinas: SBE, 2015. p.615-622. Disponível em: <[http://www.cavernas.org.br/anais33cbe/33cbe\\_615-622.pdf](http://www.cavernas.org.br/anais33cbe/33cbe_615-622.pdf)>. Acesso em: *data do acesso*.

Esta é uma publicação da Sociedade Brasileira de Espeleologia.  
Consulte outras obras disponíveis em [www.cavernas.org.br](http://www.cavernas.org.br)

## PETROGRAFIA E GEOQUÍMICA DE ESPELEOTEMAS EM CAVIDADES NATURAIS, N4E-08 E N4WS-72, EM FORMAÇÕES FERRÍFERAS DA REGIÃO DE CARAJÁS – UNIDADE GEOMORFOLÓGICA SERRA NORTE

PETROGRAPHY AND GEOCHEMICAL ON SPELEOTHEMS OF CAVES, N4E-08 AND N4WS-72, ON IRON FORMATIONS ON CARAJÁS REGION – NORTH MOUNTAINS GEOMORPHOLOGICAL UNIT

Alan Rodrigo Leal de ALBUQUERQUE (1); Daniele Freitas GONÇALVES (2);  
Antônio Emídio Araújo dos SANTOS JÚNIOR (3)

(1) Universidade Federal do Pará, Belém PA.

(2) Vale S.A – Departamento Ferrosos Norte, Parauapebas/PA.

(3) Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Marabá/PA.

Contatos: [alanalbuquerque16@hotmail.com](mailto:alanalbuquerque16@hotmail.com); [daniele.freitas.goncalves@vale.com](mailto:daniele.freitas.goncalves@vale.com);  
[emidiosantos@unifesspa.edu.br](mailto:emidiosantos@unifesspa.edu.br).

### Resumo

A região de Carajás, sudeste do estado do Pará, comporta uma das maiores unidades espeleológicas do Brasil, com grande quantidade de cavidades formadas em minério de ferro. A região está inserida no Planalto Dissecado do Sul do Pará e é caracterizada como maciço residual na forma de platôs (Serras Norte, Leste, Bocaina, Tarzan e Sul). As serras são sustentadas por uma espessa cobertura laterítica (canga), formada sobre as rochas vulcânicas e Formações Ferríferas Bandadas (FFB) do Grupo Grão Pará. A cobertura laterítica mostra comumente feições pseudocársticas, que ocorrem normalmente na interface jaspilite/canga. Com o intuito de caracterizar e tecer considerações a respeito da gênese dos espeleotemas coraloide, coloforme e crosta branca, foram realizadas análises petrográficas e geoquímicas nos referidos depósitos químicos, oriundos das cavidades N4E-08 e N4WS-72, Unidade Geomorfológica Serra Norte. O coraloide é constituído por sílica amorfa, goethita, hematita e alunita, bem como fragmentos de jaspilite, os quais foram gerados pela degradação da formação ferrífera, por meio da ação química de soluções fluidas nos planos de bandamento da rocha, falhas e fraturas. Os espeleotemas coloforme e crosta branca são constituídos por cristais de leucofosfita de origem coprogênica, com o guano de morcego, como a principal fonte de fósforo.

**Palavras-Chave:** Formação Ferrífera. Cavidades. Espeleotema. Carajás.

### Abstract

*The Carajás region is located in southeast of the Pará State. It has one of largest Brazilian speleological units, where several cavities were formed in iron ore. In this region landforms are characterized by residual plateaus of the south of Pará State, locally named Carajás Mountains, which is divided in North, East, Bocaina, Tarzan and South Mountains. The plateaus of the Carajás are covered by a thick lateritic iron crust, which is generated of volcanic rocks and banded iron formations (BIF) of Grão Pará Group. The lateritic cover usually shows karst features and typically occur at the interface jaspilite/lateritic crust. With the aim of characterize and make considerations about the genesis of coraloide, coloforme and white crust speleothems, petrographic and geochemical analyzes were realized these chemical deposits, coming from the N4E-08 and N4WS-72 cavities, North Mountains Geomorphological Unit. The coraloide consists of amorphous silica, goethite, hematite, alunite and fragments of jaspilite, which were generated by the degradation along iron formations, through the action of chemical solutions flowing in the banding planes, faults, and fractures. The coloforme and white crust speleothems consists of leucophosphite crystals of coprogenic origin, with the bat guano as the main source of phosphorus.*

**Key-words:** Iron formation. Caves. Speleothems. Carajás.

### 1. INTRODUÇÃO

As cavidades naturais são componentes de um sistema geomorfológico denominado “carste”, o qual é formado por complexos e constantes processos químicos no substrato rochoso

(dissolução e precipitação), através da ação da água (GILBERT *et al.*, 1994). As cavidades são comumente formadas nos interstícios das rochas carbonáticas ou mesmo daquelas menos suscetíveis aos processos de dissolução: quartzitos, dolomitos,

arenitos e formações ferríferas (GINÉS; GINÉS, 1992; WHITE; CULVER, 2005).

Os espeleotemas são depósitos cristalinos gerados no interior das cavidades, por precipitação a partir de soluções aquosas (AULER; ZOGBI, 2011; WHITE, 1976). A diversidade de formações de espeleotemas se deve aos diversos regimes de gotejamento, fluxo, armazenamento, capilaridade e exsudação de soluções ricas principalmente em  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  e  $\text{HCO}_3^-$ , além de outros materiais, como fosfatos, nitratos e óxidos hidratados (AULER; ZOGBI, 2011; BARBIERI, 1993).

Existem atualmente no Brasil duas regiões que comportam a quase totalidade das cavidades desenvolvidas em minério de ferro: o Quadrilátero Ferrífero, centro-sul do estado de Minas Gerais; e a Serra dos Carajás, sudeste do Pará (AULER; PILÓ, 2005). Nesta última região, localiza-se a Unidade Espeleológica de Carajás, na qual se encontra as cavidades N4E-08 e N4WS-72 (Figura 1).

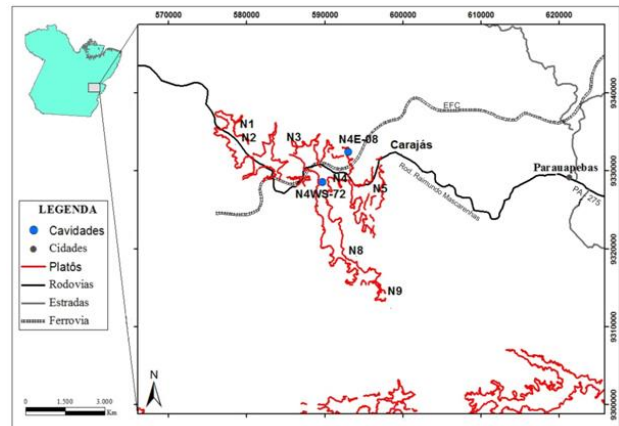
A Serra dos Carajás está inserida no Planalto Dissecado do Sul do Pará e é caracterizada como maciço residual na forma de platôs (Serras Norte, Leste, Bocaina, Tarzan e Sul). As serras são sustentadas por uma espessa cobertura laterítica comumente denominada de canga, formada sobre as rochas vulcânicas e Formações Ferríferas Bandadas (FFB) do Grupo Grão Pará. A cobertura laterítica mostra comumente feições pseudocársticas, que ocorrem normalmente na interface jaspilito/canga, sugerindo assim, origem por intemperismo/degradação destes litotipos (PILÓ; AULER, 2009; MAURITY; KOTSCHOUBEY, 1995; ARAÚJO; MAIA, 1991; MACAMBIRA, 2002).

Os espeleotemas formados na Serra dos Carajás, especialmente na Unidade Geomorfológica Serra Norte, exibem diferentes composições e morfologias. Contudo, neste trabalho foram discriminados apenas os espeleotemas coraloide e crosta branca, gerados na superfície do jaspilito e da canga, respectivamente. Quanto ao depósito químico desenvolvidos nas microcavidades de dissolução da canga, este é denominado como espeleotema coliforme.

## 2. MÉTODO

Para a caracterização petrográfica e geoquímica dos espeleotemas coraloide, coliforme e crosta branca das cavidades naturais N4E-08 e N4WS-72, foram empregados os seguintes métodos:

Difração de Raios-X (DRX) para identificação das fases mineralógicas dos espeleotemas, bem como do substrato (jaspilito e canga), esta análise foi realizada no Laboratório de Difração de Raios-X da Universidade Federal do Pará (UFPA); e microscopia óptica em lâminas delgadas e polidas para identificação textural e mineralógica, a qual foi realizada no Laboratório de Petrografia da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (UNIFESSPA).



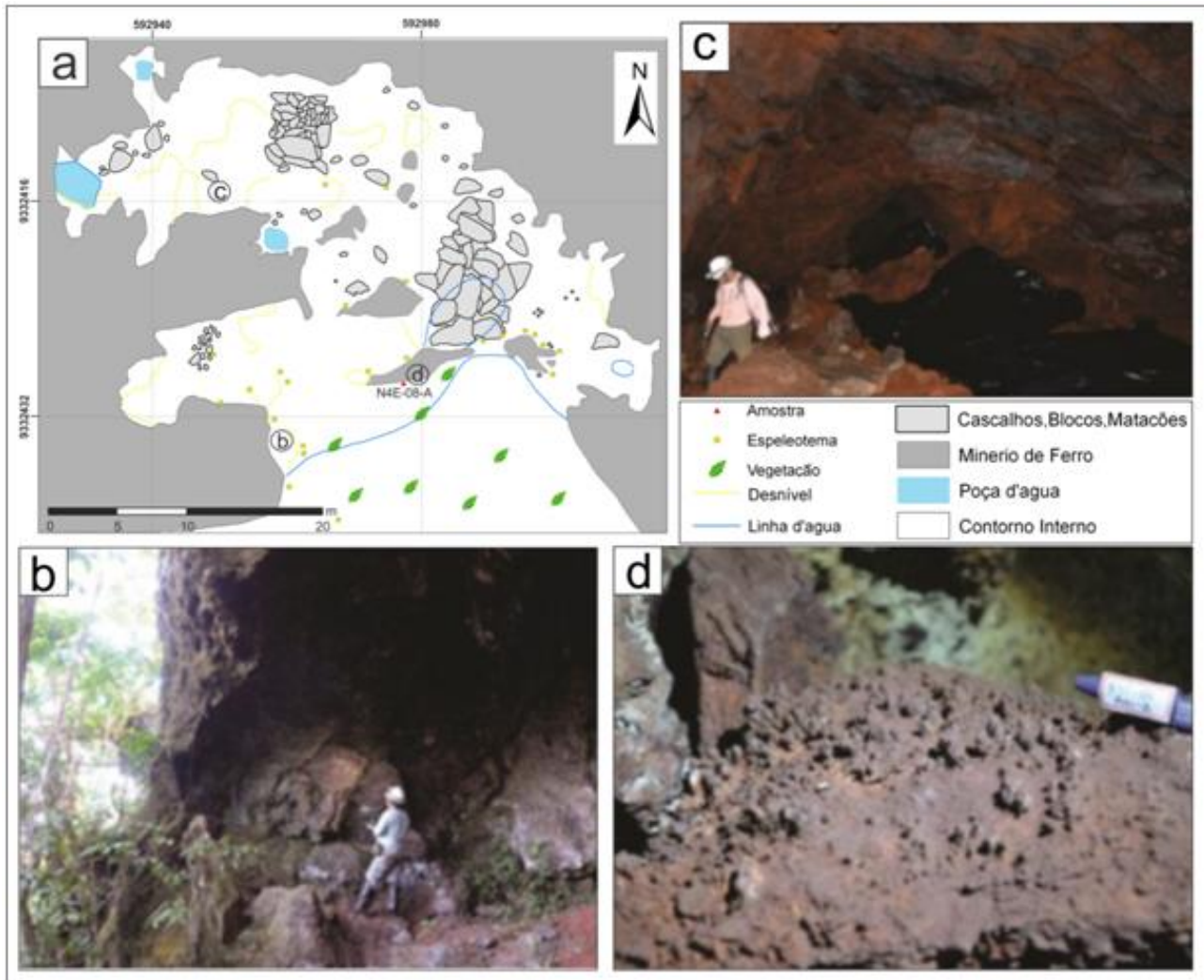
**Figura 1.** Mapa de localização e acesso da Unidade Geomorfológica Serra Norte, no qual estão inseridas as cavidades naturais N4E-08 e N4WS-72.

## 3. RESULTADOS

Neste trabalho foram estudadas os espeleotemas coraloide, coliforme e crosta branca, os quais são provenientes das cavidades N4E-08 e N4WS-72, Unidade Geomorfológica Serra Norte – Carajás.

### 3.1 Caverna natural N4E-08

A caverna N4E-08 ocorre sobre jaspilito, a 649 m de altitude. Apresenta padrão planimétrico do tipo esponjiforme, caracterizado por formas irregulares, com condutos geralmente globulares de tamanho variado, que se interconectam por passagens estreitas (AULER; COELHO, 2012) (Figura 2). Esta caverna exibe feições hidrológicas resultantes de gotejamento, condensação e empoçamento, o que permite a formação dos espeleotemas coraloide, crosta de óxido-hidróxido, crosta branca, escorrimento e microtravertino (AULER; COELHO, 2012). Neste trabalho foi estudado somente o espeleotema coraloide.



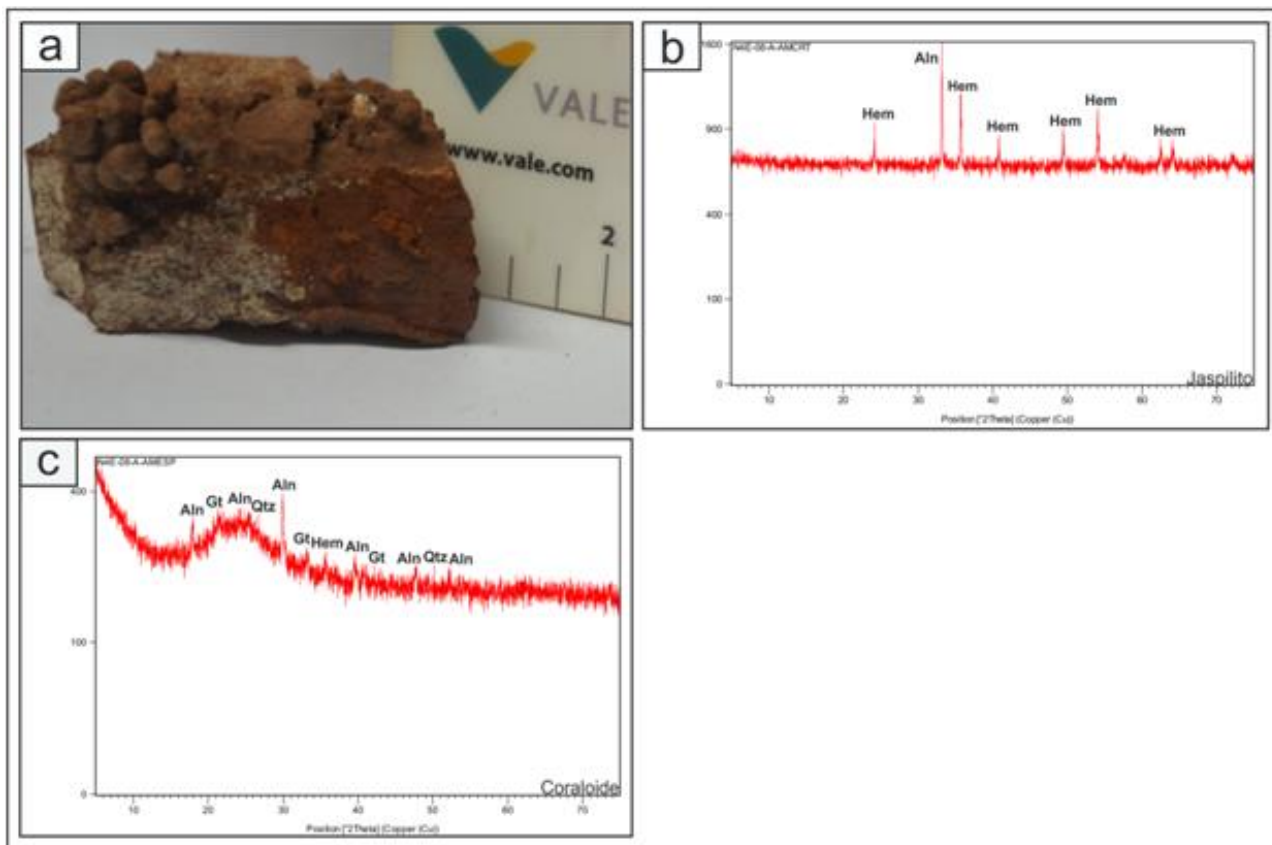
**Figura 2.** Aspectos geológicos da cavidade natural N4E-08; a) Planta baixa da cavidade N4E-08, com padrão planimétrico esponjiforme; b) Vista da entrada da cavidade; c) Parte interna da cavidade contendo blocos oriundos do colapso do teto; d) Amostra de espeleotemas coraloide, coletada da parede da cavidade.

### 3.1.1 Espeleotema coraloide

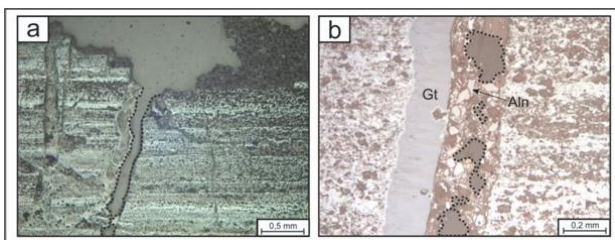
O espeleotema coraloide, extraído da parede da cavidade N4E-08-A, exibe coloração marrom-avermelhado, hábito botroidal, padrão ligeiramente amorfo, composto por hematita ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), goethita ( $\text{FeO}(\text{OH})$ ), alunita ( $\text{K}(\text{Al}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6)$ ) e quartzo ( $\text{SiO}_2$ ). Este espeleotema ocorre sobre a Formação Ferrífera Bandada (jaspilito) de coloração marrom-avermelhada, com laminações milimétricas e composta essencialmente por hematita e subordinadamente por alunita (Figura 3).

Microscopicamente, o jaspilito preserva sua estrutura primária, a qual é caracterizada pela

alternância de bandas silicosas e bandas de minerais opacos, com até 0,25mm de espessura. As bandas silicosas são compostas essencialmente de chert e jaspe e as bandas opacas por óxido-hidróxido de ferro. O jaspilito exibe microcavidades de dissolução que ocorrem paralelas ou perpendiculares ao seu bandamento por meio de fraturas, formando microcanalículos de aspecto cavernoso, os quais são preenchidos parcialmente por cimento de goethita e hematita, sílica amorfa e partículas sílticas (~0,5 mm) de alunita, quartzo e fragmentos do jaspilito (Figura 4).



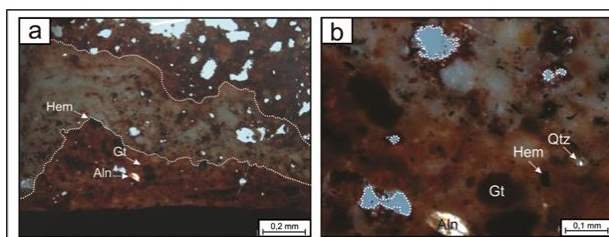
**Figura 3.** Imagem macroscópica e composição mineralógica do jaspilito e do espeleotema coraloide; a) Amostra coletada da parede da cavidade N4E-08 correspondente a jaspilito com formação de espeleotemas coraloide; b) Difratoograma da composição mineralógica do jaspilito; c) Difratoograma da composição mineralógica do coraloide, o qual exibe caráter amorfo (Hem: hematita, Aln: alunite, Gt: goethita, Qtz: quartzo).



**Figura 4.** Fotomicrografias da amostra N4E-08-A; a) Jaspilito com laminações plano-paralelas marcada pela alternância de bandas silicosas e bandas de minerais opacos, seccionadas por microfraturas em destaque (luz refletida, natural); b) Fratura perpendicular a laminação do jaspilito, preenchida por óxido-hidróxido de ferro, partículas sílicas de alunite e fragmentos de jaspilito; em destaque as microcavidades de dissolução vazias (luz refletida, natural) (Gt: goethita, Aln: alunite).

Microscopicamente, o espeleotema coraloide exibe forma zonada, marcada pela alternância na concentração de sílica e ferro nas bandas amorfas, acompanhada pela mudança de coloração, avermelhada no contato com o jaspilito, creme-amarronzado na porção intermediária e a borda avermelhada. O coraloide é composto

essencialmente por sílica amorfa, cimentando grãos subangulosos a subarredondados de hematita, goethita, alunite e quartzo, que variam entre 0,1 a 0,2 mm e apresentam feições de dissolução (Figura 5).

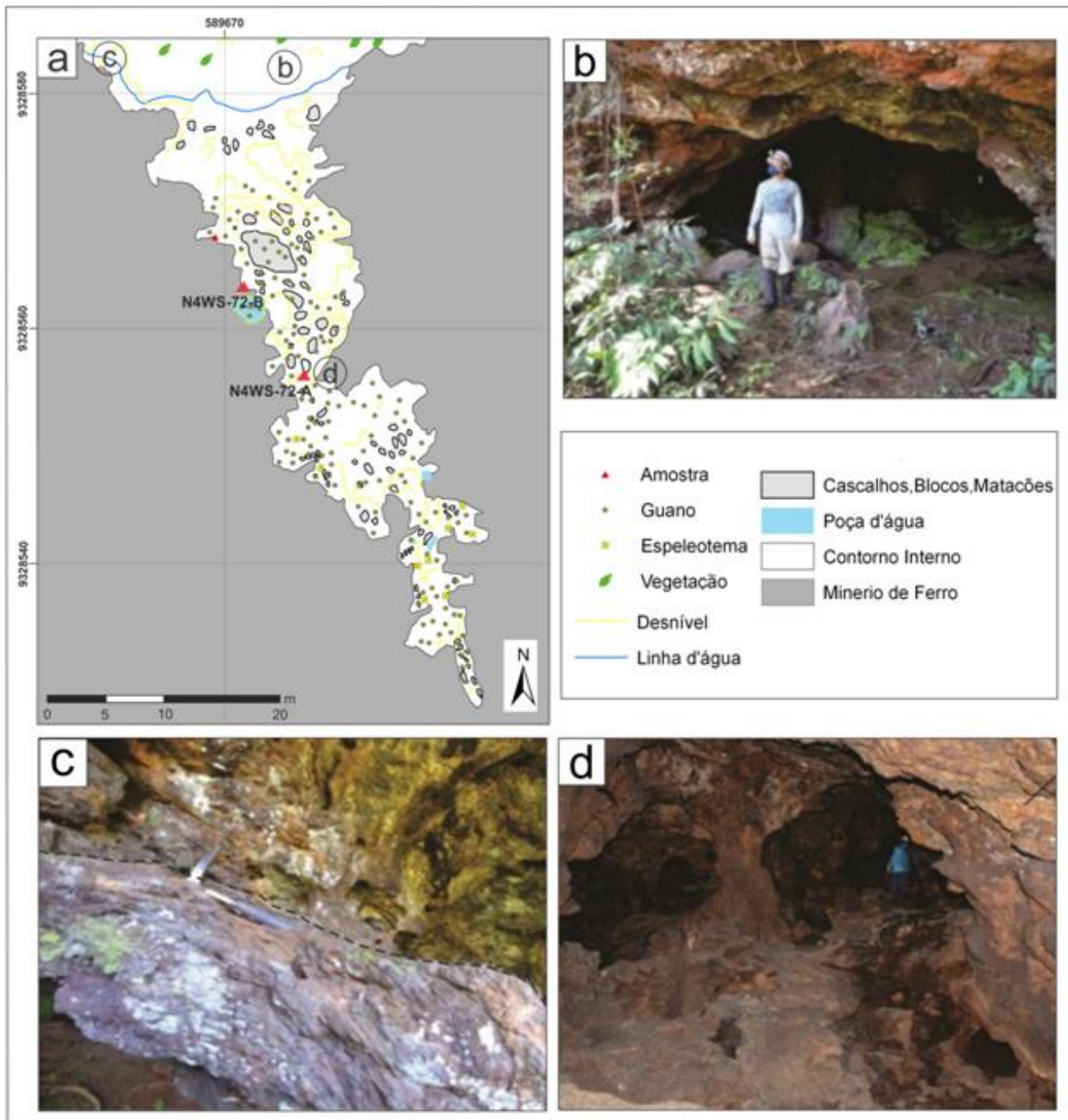


**Figura 5.** Fotomicrografias do espeleotema coraloide; a) Coraloide de sílica amorfa com coloração avermelhada no contato com o jaspilito, acinzentada na porção intermediária e avermelhada na borda, e fragmentos de quartzo, alunite, goethita e hematita, com feições de dissolução (luz transmitida, nicóis cruzados); b) Massa amorfa de sílica com partículas detríticas e feições de dissolução em destaque (luz transmitida, nicóis) (Hem: hematita, Gt: goethita, Aln: alunite, Qtz: quartzo).

### 3.2 Caverna natural N4WS-72

A caverna N4WS-72 formou-se sobre jaspilito e canga, a 631 m de altitude, e exibe padrão planimétrico retilíneo, sendo caracterizado por condutos simples, com direção preferencial, geralmente orientada por fraturas, juntas ou planos inclinados do bandamento da rocha (AULER; COELHO, 2012) (Figura 6).

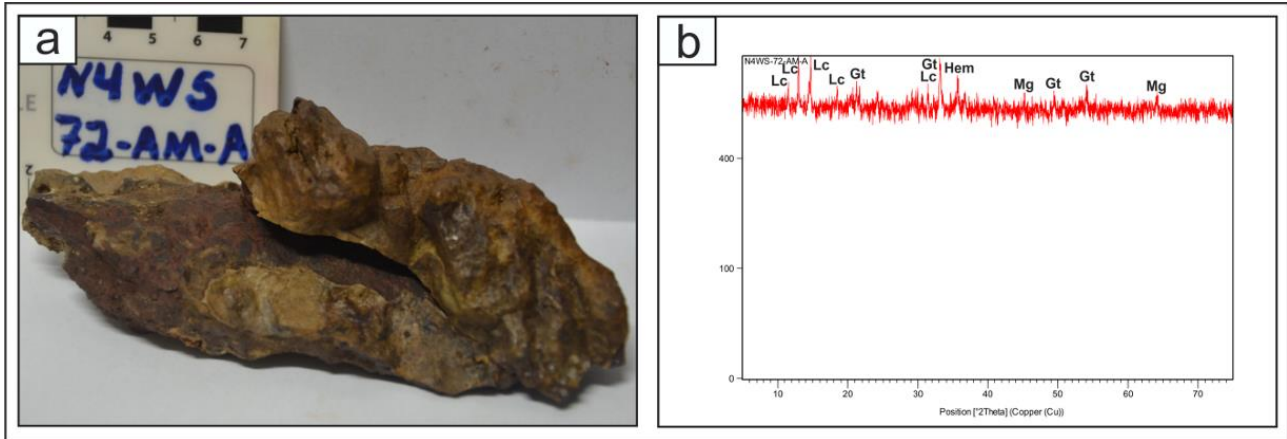
Na caverna N4WS-72, os padrões hidrológicos ocorrem por gotejamento, condensação e infiltração, e apresenta espeleotemas coraloide, escorrimento, crosta óxido-hidróxido, microtravertino, estalactite, estalagmite, coluna e crosta branca, sendo este último depósito estudado neste trabalho, além do espeleotema coliforme.



### 3.2.1 Espeleotema coloforme e crosta branca

O espeleotema crosta branca ocorre sobre a canga laterítica de coloração cinza escura, brilho graxo e aspecto bechoide, com clastos de jaspilito. A canga é composta essencialmente por hematita

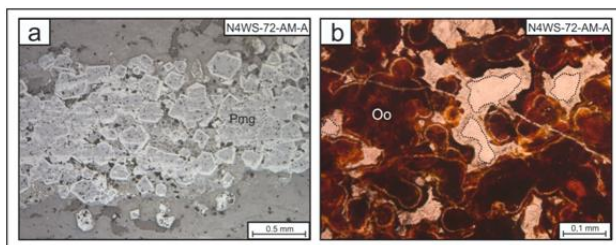
( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), goethita ( $\text{FeO}(\text{OH})$ ) e cristais de pseudomagnetita, e o espeleotema crosta branca é constituído por cristais de leucofosfita ( $\text{KFe}_2(\text{PO}_4)_2\text{OH}\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) (Figura 7).



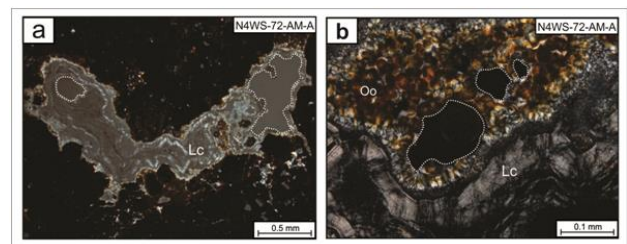
**Figura 7.** Imagem macroscópica e composição mineralógica da canga e do espeleotema crosta branca; a) Amostra de canga com aspecto brechoide, revestida por espeleotema crosta branca; b) Difratoograma correspondente à composição total da amostra de canga e do espeleotema (Hem: hematita, Gt: goethita, Mg: magnetita, Lc: leucofosfita).

Microscopicamente, a canga exibe aspecto brechoide, constituída por clastos de jaspilito (~1,5 mm), contendo cristais de pseudomagnetita (0,1 a 0,5 mm), os quais são angulosos, hexagonais e parcialmente martitizados, com bordas de hematita de coloração cinza esbranquiçado e centro de magnetita de coloração cinza azulado. A canga apresenta aspecto cavernoso a irregular, com microcavidades de dissolução formadas principalmente ao longo das laminações da rocha, onde ocorre microcanalículos interconectados, os quais são preenchidos parcialmente ou totalmente por massa amorfa de óxido/hidróxido de ferro, minerais neoformados de leucofosfita e, subordinadamente, oólitos (~0,1 mm) (Figura 8).

O espeleotema coloforme é caracterizado por sucessivas camadas milimétricas, intercaladas, de leucofosfita amorfa e leucofosfita de hábito fibroso/cristalino, apresenta coloração creme e birrefringência baixa a moderada, e ocorre preenchendo as microcavidades de dissolução (Figura 9).



**Figura 8.** Fotomicrografias de Canga; a) Canga com clastos de jaspilito constituído essencialmente por pseudomagnetita (luz refletida, natural); b) Oólitos preenchendo microcavidades e revestidos por leucofosfita, destacando-se as microcavidades de dissolução vazias (luz transmitida, natural) (Pmg: pseudomagnetita, Oo: Oólito).

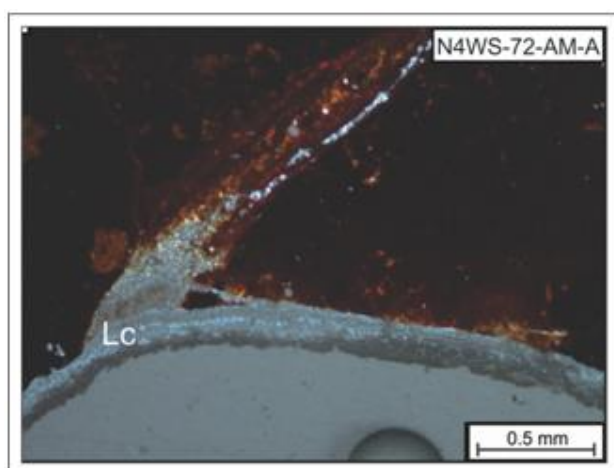


**Figura 9.** Fotomicrografias do espeleotema coloforme; a) Espeleotema coloforme preenchendo microcavidade de dissolução (luz transmitida, nicóis cruzados); b) Preenchimento de microcavidade em destaque, por cristais de leucofosfita e oólitos (luz transmitida, nicóis cruzados) (Lc: leucofosfita, Oo: oólito).

O espeleotema crosta branca ocorre sobre a canga laterítica, com espessura de, aproximadamente, 0,4 mm. Este espeleotema é caracterizado por cristais de leucofosfita, com birrefringência baixa a moderada e textura coloforme, com laminações alternadas (Figura 10).

#### 4 DISCUSSÃO

Os espeleotemas da Unidade Espeológica de Carajás desenvolveram-se ao longo das zonas porosas e permeáveis no jaspilito e na interface canga/jaspilito, através da ação conjunta de soluções percolantes ricas em Fe, Si, Al, P e fluxos laterais de águas subterrâneas. Os processos de dissolução seguida por precipitação geraram espeleotemas constituídos de óxido-hidróxidos de ferro, fosfatos e sulfatos de Fe e Al (MAURITY, 1995).



**Figura 10.** Fotomicrografia do espeleotema crosta branca constituída por cristais de leucofosfita (Lc) coliforme sobre a canga laterítica (luz transmitida, nicóis cruzados).

O espeleotema coraloide formou-se ao longo dos planos de bandamento da Formação Ferrífera Bandada (FFB), falhas e fraturas, nas quais a ação da água promoveu a remoção e migração de finas partículas sólidas, como produto da progressiva dissolução dos constituintes minerais da FFB (AULER; ZOGBI, 2011; MAURITY, 1995). A alternância de períodos de saturação e de estagnação da água, com períodos de percolação, controlado por mudanças climáticas sazonais, desempenhou papel relevante na destruição dos minerais, sobretudo dos ferrosos, devido às variações nas condições de oxidação do meio laterítico (MAURITY, 1995). Sendo assim, o espeleotema coraloide advém de material autogênico, representado por sílica amorfa, minerais de goethita, hematita e alunita, bem como fragmentos de jaspilito, os quais são gerados pela degradação da própria formação ferrífera. A fonte

do enxofre dos sulfatos (alunita) pode estar atrelada aos sulfetos disseminados nas rochas encaixantes das cavidades, uma vez que os sulfetos ao sofrerem oxidação em condições intempéricas, o enxofre é liberado na forma de sulfatos a se combinar com outros elementos (MAURITY, 1995).

O espeleotema coliforme e crosta branca são depósitos essencialmente alogênicos, admitindo-se origem coprogênica, como o principal fornecedor de fósforo para a formação de compostos químicos fosfáticos, haja vista que a crosta residual sobre a formação ferrífera e os xistos vulcânicos da Serra Norte apresenta teores de  $P_2O_5$  que dificilmente ultrapassam 1% em peso (BEISIEGEL, 1982; COELHO, 1986; KRONBERG *et al.*, 1982; SOUZA; 1993). Acredita-se que, embora apresente teores mensuráveis de fósforo, o meio laterítico dificilmente pode ser considerado como fonte de fosfatos dos espeleotemas. Deste modo os expressivos depósitos de guano de morcego no interior das cavidades, sugerem forte relação genética com os espeleotemas fosfáticos, que por meio da lixiviação do guano pela água de percolação, o nitrogênio é parcial ou inteiramente eliminado junto com os elementos mais solúveis, permanecendo apenas o fósforo, combinando-se em diversas proporções com íons hidroxila e outros elementos (HILL; FORTI, 1986).

#### 5. CONCLUSÃO

As análises de petrografia convencional e DRX permitiram tecer considerações a cerca da gênese e evolução dos espeleotemas coraloide, coliforme e crosta branca:

- Ω No caso do espeleotema coraloide, constituído por sílica amorfa, minerais de goethita, hematita e alunita, bem como fragmentos de jaspilito, foi gerado pela degradação da própria formação ferrífera, por meio da ação química de soluções fluidas nos planos de bandamento do jaspilito, falhas e fraturas;
- Ω O espeleotema coliforme e crosta branca são constituídos por cristais de leucofosfita, admitindo-se origem coprogênica, com o guano de morcego, como a principal fonte de fósforo.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AULER, A.; ZOGBI, A. Espeleologia: noções básicas. 2ª ed. São Paulo, Redespeleo Brasil, 2011. p. 11-34.



- AULER, A. S.; COELHO, A. Diagnóstico Geoespeleológico e Biológico e Análise de Relevância. Belo Horizonte, CARTE-VALE, 2012. p. 47-119.
- AULER, A.S; PILÓ, L. B. Introdução às cavernas em minério de ferro e canga. O Carste. 2005. 17(3): 70-72.
- BARBIERI, A. J. Depósitos Minerais Secundários das Cavernas Santana, Pérolas e Lage Branca, Município de Iporanga – São Paulo. Dissertação (Mestrado) São Paulo: IGC-USP, 1993.
- BEISIEGEL, V.R. Distrito Ferrífero da Serra dos Carajás. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 1., Anais, Belém, SBG. 1982. p.21-46.
- COELHO, C. E. S. Depósito de ferro da Serra dos Carajás. Brasília, DNPM. 1986. V.2, p.29-64.
- GINÉS, A.; J. GINÉS. Las Coves del Drac (Manacor, Mallorca). Apuntes históricos y espeleogenéticos. Endins, 1992. 17/18, 5-20.
- HILL, C.A., FORTI, P. Cave Minerals of the World, first edition: Huntsville, Ala., National Speleological Society, 1986. 238 p.
- KOTSCHOUBEY, B.; LEMOS, V. P. considerações sobre a origem e gênese das bauxitas da Serra dos Carajás. In Simp. Geol. Amaz., 1, Belém. 1995. Anais. Belém, SBG/NO. V. 3, 48-61.
- KRONBERG, B. I.; FYFE, W. S.; McKINNON, B. J.; COUNSTON, J. F.; STILIANIDI FILHO, B.; NASH, R. A. Model for bauxite formation: Paragominas (Brazil). Chem. Geol. 1982. 35(3/4): 311-320.
- MACAMBIRA J.B.; SCHRANK A. Químio-estratigrafia e Evolução dos Jaspilitos da Formação Carajás (Pa). Revista Brasileira de Geociências, 2002. 32(4):567-578.
- MAURITY, C. W. Evolução recente da cobertura de alteração no Platô N1 Serra dos Carajás. Belém, Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências, 1995. 95p. Tese mestrado em geoquímica. UFPA. 1995.
- MAURITY, C. W.; KOTSCHOUBEY, B. Evolução Recente da Cobertura de Alteração no Platô NI – Serra dos Carajás – PA. Belém: Bol. Mus. Paraense Emílio Goeldi, série ciências da Terra, 1995. P. 331-362.
- PILÓ, L. B.; AULER, A. Geoespeleologia das cavernas em rochas ferríferas da Região de Carajás, PA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 30, 2009, Montes Claros. Anais... Montes Claros, MG: SBE/Grucav/Unimontes, 2009. Disponível em: <[http://cavernas.org.br/anais30cbe/30cbe\\_181-186.pdf](http://cavernas.org.br/anais30cbe/30cbe_181-186.pdf)>.
- SOUZA, C. I. J. Estudo da cobertura laterítica ferro-aluminosa da aba norte da Serra dos Carajás (Pará). Belém, Universidade Federal do Pará. Tese (Mestrado em Geociências) Centro de Geociências. 1993. 152 p.
- WHITE, W. B. Cave minerals and speleotems. In: FORD, T. D.; CULLINFOR, C. H. D. (eds). The science of Speleology. London, Academic Press, 1976. cap. 8. p.
- WHITE, W.B.; CULVER, D.C. Encyclopedia of caves: San Diego, Elsevier/Academic Press, 2005. p. 696.