



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

Sugerimos a seguinte citação para este artigo:

SOUSA, A.K.C.; CONÇALVES, D.F.; MACAMBIRA, J.B.. Caracterização petrográfica e mineralógica de cavernas desenvolvidas como produtos de alteração de rochas máficas na unidade espeleológica Carajás – sudeste do Pará. In: RASTEIRO, M.A.; SALLUN FILHO, W. (orgs.) CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 33, 2015. Eldorado. *Anais...* Campinas: SBE, 2015. p.455-460. Disponível em: http://www.cavernas.org.br/anais33cbe/33cbe_455-460.pdf>. Acesso em: *data do acesso*.

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

CARACTERIZAÇÃO PETROGRÁFICA E MINERALÓGICA DE CAVERNAS DESENVOLVIDAS COMO PRODUTOS DE ALTERAÇÃO DE ROCHAS MÁFICAS NA UNIDADE ESPELEOLÓGICA CARAJÁS – SUDESTE DO PARÁ

PETROGRAPHIC AND MINERALOGICAL CHARACTERIZATION OF CAVES DEVELOPED AS MAFIC
ROCKS CHANGE PRODUCTS IN SPELEOLOGICAL CARAJÁS UNIT - SOUTHEAST PAR

Ana Karita da Cunha SOUSA (1); Daniele Freitas GONÇALVES (2);
Joel Buenano MACAMBIRA (3)

- (1) UNIFESSPA - Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Marabá PA.
(2) VALE S.A. Parauapebas PA.
(3) UFPA - Universidade Federal do Pará, Belém PA.

Contatos: anakarita16@hotmail.com; joel@ufpa.br; daniele.freitas.goncalves@vale.com.

Resumo

O platô S11D está inserido no conjunto de 45 platôs da Serra Sul que situa-se na Província Mineral de Carajás, no sudeste do Estado do Pará. Nesta área ocorrem algumas cavidades que se desenvolveram como produtos de intemperismo de formações ferríferas e rochas associadas do Grupo Grão-Pará. O presente estudo consistiu na caracterização mineralógica e petrográfica de uma cavidade (S11D-47) localizada em Serra Sul, precisamente no platô S11D. Foram observadas cavidades circulares a subcirculares centimétricas, preenchidas por um material esbranquiçado, com textura sedosa e material gelatinoso com coloração amarelada. Mineralogicamente, a rocha constitui-se predominantemente de hematita, gibbsita, goethita. O material esbranquiçado constitui-se de montmorilonita, rancieíta e caulinita, enquanto que o material de coloração amarelada com textura gelatinosa constitui-se, predominantemente de hematita, nissonita, gibbsita e ferrowyllieita. Microscopicamente, foi observado que a hematita ocorre preferencialmente como cristais granulares dispersos em um plasma criptocristalino de goethita e apresentam-se também como finos revestimentos que circundam as bordas dos poros. A gibbsita ocorre preenchendo parcial ou totalmente os poros e preenchendo microfraturas. A goethita ocorre como um plasma criptocristalino. As texturas e assembleia mineral observadas sugerem que a mesma seja produto de uma intensa alteração supergênica e, estruturas como fraturas e falhas presentes na cavidade apontam para uma gênese fortemente favorecida pelo tectonismo da área.

Palavras-Chave: Rochas Máficas. Grupo Grão Pará. Intemperismo. Mineralogia. Cavernas.

Abstract

S11D plateau is inserted into the set of 45 plateaus of Serra Sul which is located in the Carajás Mineral Province in the southeast of Pará. In this area there is some cavities that developed as weathering products of iron formation and associated rocks from Grão Pará Group. This study consisted of mineralogical and petrographic characterization of a cavity (S11D-47) located in Serra Sul S11D precisely on the plateau. Centimeter circular cavities subcircular were observed, filled with a whitish material, with silky texture and gelatinous material with yellowish. Mineralogically, the rock is made up predominantly of hematite, gibbsite, goethite. Whitish material are of montmorillonite, and kaolinite rancieite, while the yellowish material with gelatinous texture is constituted predominantly of hematite, nissonite, gibbsite and ferrowyllieite. Microscopically, it was observed that hematite is preferably as granular crystals dispersed in a cryptocrystalline plasma goethite and is present also as thin coatings that surround the edges of the pores. Gibbsite is filling partially or completely filling the pores and microfractures. Goethite occurs as a cryptocrystalline plasma. Textures and mineral assembly observed suggest that it is the product of an intense supergene change, and structures such as fractures and faults present in the cavity link to a strongly favored by genesis area tectonics.

Key-words: Mafic rocks. Grão Pará Group. Weathering. Mineralogy. Caves.

1. INTRODUÇÃO

Este trabalho consiste, fundamentalmente, na caracterização petrográfica e mineralógica de uma caverna (S11D-47), originada a partir do intemperismo de rochas máficas do Grupo Grão Pará, mais precisamente, da Formação Parauapebas. Esta caverna está localizada na unidade espeleológica de Carajás, Província Mineral de Carajás-PA. Vale ressaltar que, o termo caverna e cavidade estão sendo aplicados de acordo com a etimologia dos mesmos.

O conhecimento geoespeleológico das cavernas em formações ferríferas-lateríticas ainda é bastante limitado, mas devido seu potencial em recursos naturais, são necessários estudos sistemáticos e aprofundados, a fim de entender e avaliar os impactos ambientais ocasionados pela implantação do projeto de exploração do minério de ferro em Carajás e criar medidas adequadas para proteção destas Unidades Espeleológicas.

2. METODOLOGIA

Os métodos desenvolvidos neste trabalho seguiram as seguintes etapas:

Ω Levantamento bibliográfico

Esta etapa consistiu no levantamento de dados bibliográficos referentes à geologia regional e local da área estudada, principalmente sobre cavernas desenvolvidas em formações ferríferas, considerada a formação com maior número de cavernas, além de cavernas desenvolvidas sobre outros litotipos, como as desenvolvidas em rochas máficas, foco do presente trabalho.

Ω Etapa de Campo

Esta etapa consistiu na visita ao campo dia 26/06/2013, com o intuito de coletar dados e amostras. Foram coletadas 7 amostras referentes a porções do teto, parede e piso da caverna S11D-47. As amostras coletadas passaram por análises macroscópicas e microscopicamente visando à observação clara e precisa das texturas, assembleia mineral e microestruturas presentes.

Ω Petrografia

Esta etapa foi de suma importância para o avanço deste trabalho. Primeiramente, foram realizadas análises macroscópicas das amostras, com a utilização da lupa binocular, onde foi possível identificar alguns minerais, a quantidade relativa dos vazios, coloração e aspectos texturais da rocha. Em seguida, foram confeccionadas cinco lâminas

delgadas no laboratório de Laminação da UFPA, entretanto, não foi possível a confecção de lâminas delgadas de duas amostras que foram coletadas (S11D-47-AM-04 e S11D-47-AM-06), a primeira, por se tratar de uma rocha friável e a segunda, por tratar-se de restos de guano, o que inviabilizou a confecção de lâmina. Em seguida, com a utilização do microscópio óptico em luz transmitida e refletida, do laboratório de mineralogia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará, realizou-se a análise microscópica das lâminas, onde foram reconhecidos os minerais e as microestruturas presentes.

Ω Difração de Raios-X (DRX)

A utilização deste método permitiu a determinação da composição mineralógica das amostras coletadas. A coloração e os aspectos texturais foram os principais critérios para a separação do material a ser analisado. Essas análises foram realizadas no laboratório de DRX da Universidade Federal do Pará (UFPA).

3. DISCUSSÃO E RESULTADOS

A caverna estudada encontra-se inserida na borda SE do platô S11D, em área de ocorrência da Formação Parauapebas, observado na figura 1. Sua entrada apresenta altitude de 725,0 m, projeção horizontal de 72,0 m e área total de 359,0 m². O padrão morfológico desta caverna se enquadra no padrão esponjiforme (PILÓ; AULER, 2009). Este padrão caracteriza-se por apresentar condutos de tamanhos variados, em alguns casos, de formato globular, que se interconectam, normalmente, por passagens mais estreitas, como poros de uma esponja (Figura 2).

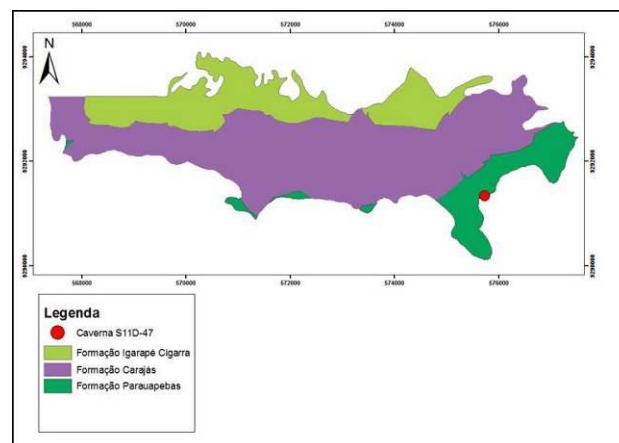


Figura 1. Mapa geológico da Serra Sul, Corpo S11D, com destaque à cavidade de estudo. Modificado de Cabral (2014).

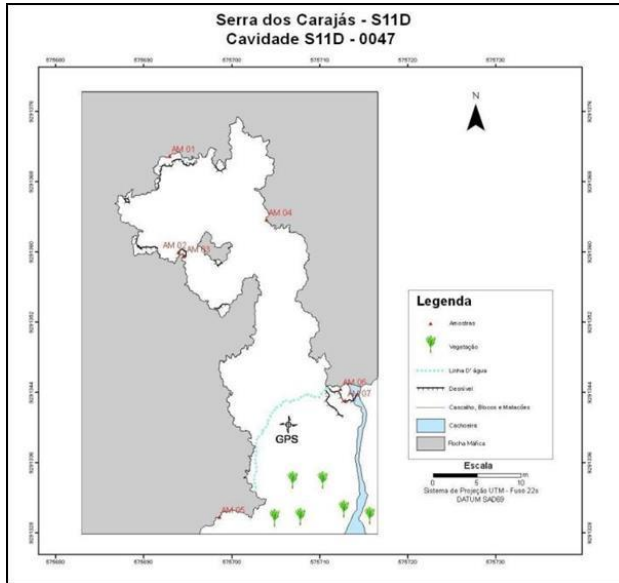


Figura 2. Planta Baixa da Caverna S11D-47 de aspecto morfológico esponjiforme, com a localização dos pontos de coleta das amostras estudadas.

3.1 Análise macroscópica

A análise macroscópica das amostras coletadas atestou que a caverna S11D-47 constitui-se (teto, parede e piso) de um material de coloração vermelho amarelada, aspecto terroso, demonstrando-se friáveis. Tal material, exibe cavidades circulares e subcirculares de 2 a 3,5 cm preenchidas por material amarelado (Figura 3A), textura gelatinosa e, localmente mostrando porção com ocorrência de crosta branca (Figura 3B). A rocha também apresenta elevado grau de porosidade (Figura 3C).

Foram ainda observadas fraturas na parede da caverna (Figura 3D). O piso exibe, por vezes, porções mais escuras devido à umidade, neste não foram identificadas a crosta branca e, tão pouco, o material amarelado com textura gelatinosa, feições essas comuns no teto e na parede, entretanto, a coloração e aspectos texturais, de modo geral, é semelhante ao restante da caverna.

3.2 Análise Microscópica

Ao microscópio, a rocha constituinte da caverna S11D-47 mostra-se bastante alterada, com textura porosa bem desenvolvida (Figura 4A). De forma geral, apresenta cristais de hematita com textura granular imersos em um plasma goethítico criptocristalino de coloração vermelho amarelado

(Figura 4B). Em algumas porções da rocha foram identificados cristais de gibbsita que preenchem parcial ou totalmente, poros e microfissuras.

Os poros dessa rocha exibem formas irregulares, por vezes arredondados e, em algumas porções, mostram-se interconectados tornando-se alongados (Figura 4A). Apresentam dimensões que variam de 0,1mm a 1mm.

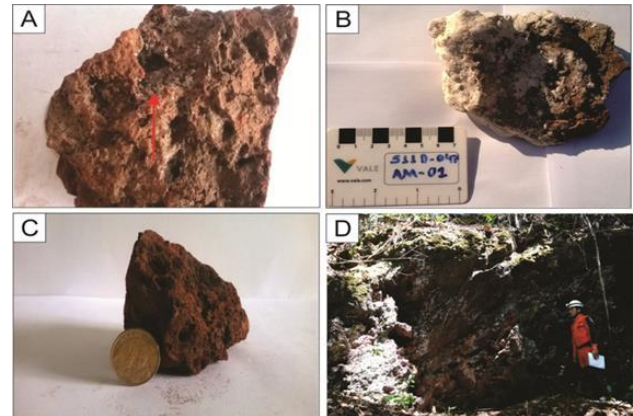


Figura 3. Aspectos gerais da caverna S11D-47.

- (A) amostra de mão evidenciando (seta vermelha) cavidades irregulares parcialmente preenchidas por material amarelado.
(B) amostra de mão mostrando a crosta branca
(C) amostra de mão com textura poroso-cavernosa.

Os cristais de hematita exibem, predominantemente, textura granular, coloração branca aczentada, birreflectância ausente. Esses cristais encontram-se, na maioria das vezes, com contornos irregulares e tamanhos que variam de 0,001mm a 2mm. Foi observado também, cristais de hematita que se apresentam como finos revestimentos que bordejam espaços vazios (Figura 4C).

A goethita mostra-se, geralmente, como um plasma criptocristalino de coloração vermelho amarelada (Figura 4D). Observa-se, pontualmente, cristais de goethita com habito fibrorradial, intercrescidos nas paredes dos vazios (Figura 4E).

Os cristais de gibbsita são subédricos, ocorrem preenchendo parcial ou totalmente zonas porosas e microfissuras, exibindo maclamento polissintético característico. Encontram-se também como cristais microcristalinos sob a forma de agregados fibrorradiados com maclamento polissintético, dispersos em um plasma goethítico (Figura 5A e Figura 5B).

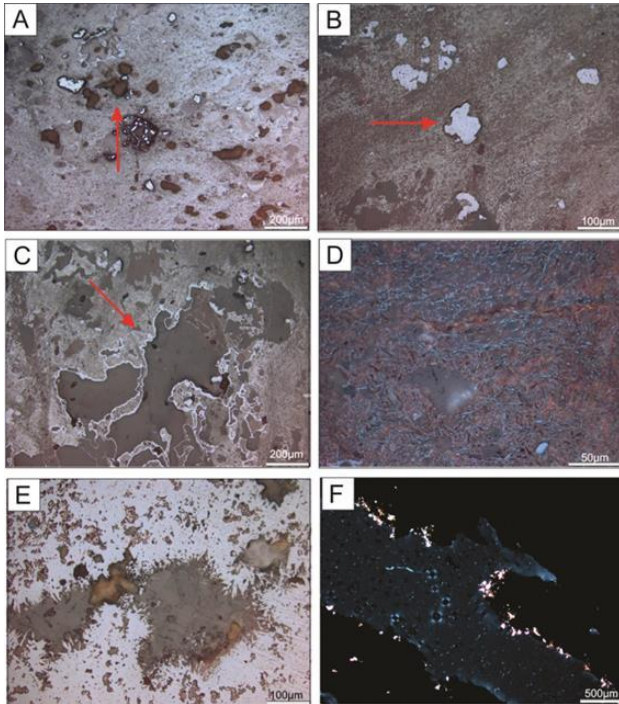


Figura 4. Características gerais da rocha estudada.

(A) Poros irregulares, arredondados e interconectado. (10X) luz refletida. (B) Hematita granular imersa em um plasma criptocristalino de goethita. (20x) Luz refletida.

Nicóis // (C) Hematita como fino revestimento bordejando espaços vazios. (20X). Luz refletida. Nicóis // (D) Plasma goethítico criptocristalino. (50X). Luz refletida. Nicóis // (E) Goethita com hábito fibrorradial intercrescida nas paredes dos poros. (20X). Luz refletida.

Nicóis // (F) Gibbsita preenchendo parcialmente microfissuras. (4X). Luz transmitida. Nicóis cruzados.

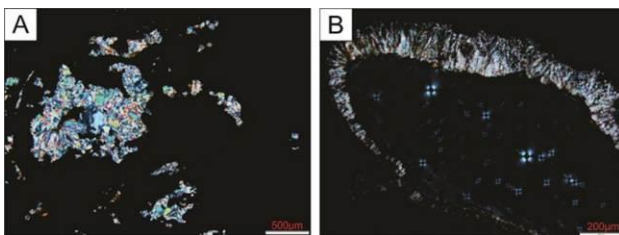


Figura 5. (A) Agregados de gibbsita com maclamento plissintético. (4X). Luz transmitida. Nicóis cruzados. (B) Agregados fibrorradiados de gibbsita intercrescida na borda da cavidade. (10x). Luz transmitida. Nicóis cruzados.

3.3 Análise por DRX

As análises por DRX foram realizadas levando-se em consideração a coloração e os aspectos texturais da rocha, com isso, as porções de coloração avermelhada, coloração branca e porções de colorção amarelada com textura gelatinosa foram submetidas a estas análises.

A porção avermelhada apresentou cristais de gibbsita ($\text{Al}(\text{OH})_3$), hematita (Fe_2O_3) e goethita ($\text{FeO}(\text{OH})$). O difratograma de raio x revelou a

presença de gibbsita em maiores quantidades e elevado grau de cristalinidade, enquanto que a hematita e goethita mostram-se em quantidades e grau de cristalinidade inferiores (Figura 6).

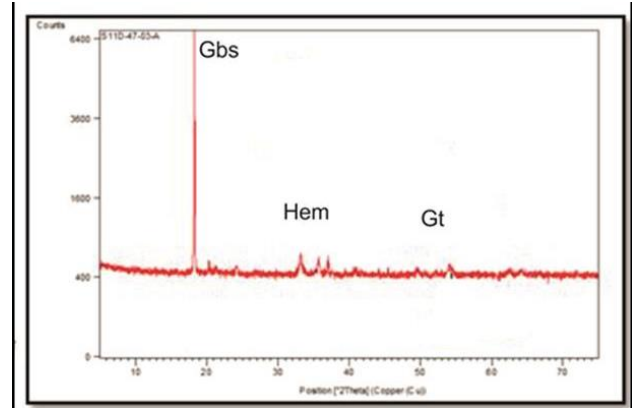


Figura 6. Difratograma mostrando o grau de cristalinidade dos minerais da porção avermelhada da caverna. (Gbs = Gibbsita, Hem = Hematita, Gt = goethita).

As análises da crosta branca permitiu a indentificação de montmorilonita ($\text{Al}(\text{OH})_2\text{Al}_2\text{SiO}_{10}(\text{OH})_2$), rancieita ($(\text{Ca}, \text{Mn})\text{Mn}_4\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) e caulinita ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$), sendo a montmorilonita o mineral com maior grau de cristalinidade, enquanto que a rancieita e a caulinita apresentaram menor grau de cristalinidade. Esses minerais não foram visualizados ao microscópio óptico, possivelmente, devido apresentarem granulação muito fina (Figura 7).

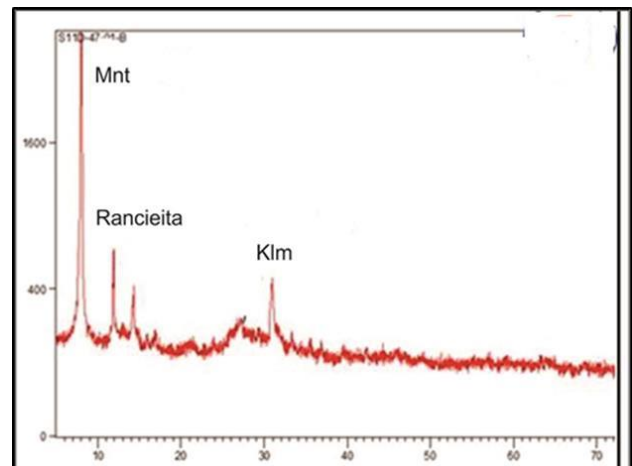


Figura 7. Difratograma mostrando o grau de cristalinidade dos minerais da crosta branca da caverna. (Mnt = Montmorilonita, Klm = Caulinita).

A porção amarelada com textura gelatinosa mostrou a presença de gibbsita ($\text{Al}(\text{OH})_3$), hematita (Fe_2O_3), ferrowillieita ($\text{AlFe}_2\text{Na}(\text{PO}_4)_3$) e nissonita ($\text{Cu}_2\text{Mg}_2(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_2(\text{H}_2\text{O})$). Sendo a

gibbsita e hematita os minerais com grau de cristalinidade mais elevado e os dois últimos minerais com grau de cristalinidade bem inferior (Figura 8).

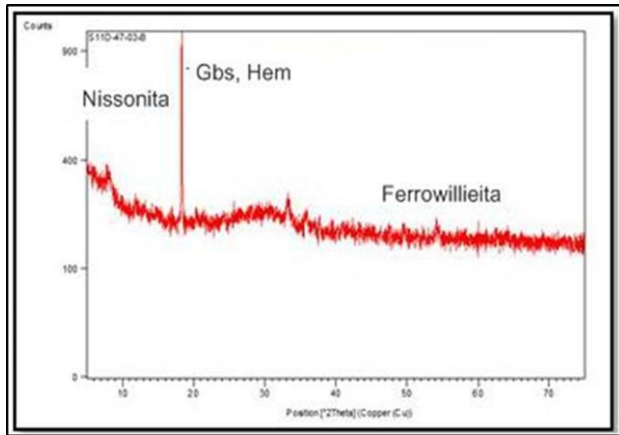


Figura 8. Difratograma mostrando o grau de cristalinidade dos minerais da porção amarelada da caverna. (Gbs = Gibbsita, Hem = Hematita).

4. CONCLUSÃO

Nesse trabalho, infelizmente, não foi possível o contato com rocha inalterada, portanto, não foi possível a identificação de minerais primários e de estruturas reliquias. Entretanto, a partir da assembleia mineralógica presente, constituída por hematita, gibbsita, goethita, montmorilonita, caulinita, ferrowillieita, nissonita, sugere-se que a rocha estudada tratava-se de uma rocha basáltica enriquecida em piroxênio e plagioclásio. Baseado em Lemos (1981), foi feita uma relação dos supostos minerais primários com os minerais secundários, estes teriam se originado a partir da intensa alteração supergênica superimposta a estas rochas. Primeiramente, os piroxênios, por serem os minerais mais instáveis com relação ao plagioclásio, nos primeiros estágios de alteração, transformaram-se em montmorilonita e, com o processo da lixiviação foi possível a formação de cristais de caulinita pouco cristalizada. O plagioclásio também pode ter sido alterado para montmorilonita e caulinita.

REFERÊNCIAS

- CABRAL, E. S. *Petrografia de formações ferríferas (bif's) associadas a cavernas da Serra Sul (Serra Dos Carajás – PA)*. 2014. 64 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geologia) – Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências e Engenharias, Marabá.
- CREUS, A. J. Rancieita, bustamita, cummingtonita y neotocita, nuevos hallazgos en la mina la Serrana, el molar, torragona. *Revista de Minerales*, Barcelona, v. 2, n. 1, p. 17-17, 2012.

Com o avanço dos processos de lixiviação, pode ter ocorrido a dessilicificação da caulinita, liberando alumina para o sistema, a qual se reprecipitou na forma de gibbsita em microfissuras e zonas porosas.

A hematita presente pode ter sido resultado da concentração do ferro ocasionada pela lixiviação dos minerais ferromagnesianos, típicos de rochas básicas. Entretanto, essa rocha apresenta quantidades de hematita elevada, o que não seria explicado, apenas, pela lixiviação de minerais primários, portanto, sugere-se que esse mineral seja, também, produto da lixiviação de formações sobrepostas.

Os minerais nissonita ($\text{Cu}_2\text{Mg}_2(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_2(\text{H}_2\text{O})$) e ferrowillieita ($\text{AlFe}_2\text{Na}(\text{PO}_4)_3$) são minerais fosfáticos. Possivelmente, a formação desses minerais se deu a partir de reações químicas entre o guano, rico em fósforo e soluções ricas em Mg, Fe, Al e Cu. A gênese de minerais fosfáticos relacionado à presença de guano foi citado por Gonçalves, (2002).

A rancieita ($(\text{Ca}, \text{Mn}) \text{Mn}_4\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$), silicato de manganês com cálcio, provavelmente formou-se a partir de processos supergênicos, onde minerais contendo manganês, em contato com a atmosfera se desestabilizaram e oxidaram. Esse processo foi citado por Creus (2012), que afirma tratar-se de uma substituição pseudomórfica por oxidação.

Quanto aos fatores que propiciaram a formação da caverna em estudo, o processo ainda é bem complexo, entretanto, sugere-se que a mesma tenha se desenvolvido, principalmente, a partir de fraturamentos preexistentes.

As fraturas serviriam como condutos para percolação de água. O avanço desse processo provocaria o alargamento das estruturas e lixiviação dos minerais primários, visto que, a caverna é gerada principalmente por intemperismo e dissolução do basalto, gerando uma rocha composta por minerais hidratados (gibbsita, goethita, caulinita, montmorilonita, rancieita e nissonita).

- GONÇALVES, D. F. *Cobertura de alteração laterítica-bauxítica da serra do Piriá e fosfatos associados – NE do estado do Pará*. 2002. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geologia) – Universidade Federal do Pará, Centro de Geociências, Belém.
- LEMONS, V. P. *Alteração supergenica das rochas básicas do Grupo Grão Pará- implicações sobre a gênese do depósito de bauxita de N5- Serra dos Carajás*. 1981 (Tese de Mestrado.)
- MACAMBIRA J. B. O ambiente deposicional da Formação Carajás e uma proposta de modelo evolutivo para a Bacia Grão Pará. 2003. 217 f. Tese (Doutorado em Metalogênese) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências, Campinas, 2003.
- MACAMBIRA, J. B.; SILVA, S. A. A. 1998. Caracterização petrográfica dos basaltos do grupo Grão Pará na Serra Norte – Carajás. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 40., 1998. Belo Horizonte, *Anais...* Belo Horizonte: SBG, 1998, p. 127.
- PILÓ, L. B.; AULER, A. Geoespeleologia das cavidades em rochas ferríferas da região de Carajás, PA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 30., 2009, Montes Claros. *Anais...* Montes Claros: SBE, 2009. p. 181-186. Disponível em: <http://www.cavernas.org.br/anais30cbe/30cbe_181-186.pdf>.