



Petrografia do minério e microestruturas de deformação em veio de quartzo no Depósito Cu-Au Serrinha do Guarantã, Setor Leste da Província Mineral de Alta Floresta – MT

Diego de Alvarenga Rodrigues; Maria José de Mesquita; Dailto Silva; Rafael Teixeira

Instituto de Geociências – Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) – Campinas, Brasil

Resumo: A Província Mineral de Alta Floresta é uma província polimetálica paleoproterozóica, historicamente importante pelo ouro e atualmente relevante pelas reservas de cobre. O setor leste hospeda uma grande quantidade de mineralizações auríferas, como o depósito Cu-Au tipo veio Serrinha do Guarantã que possui características únicas em relação aos depósitos conhecidos da província, como sua ocorrência em zona de cisalhamento de primeira ordem NW-SE, que hospedam grandes veios de quartzo encaixado em talco-filonitos e seu mineral de minério principal ser a bornita. A presente pesquisa visa compreender a associação mineralógica distinta do minério, assim como as microestruturas de deformação no quartzo dos veios e sua relação com as assembleias de inclusões fluidas. Foram identificados três domínios microestruturais distintos no veio de quartzo mineralizado: (i) reliquiar; (ii) recristalizado; e (iii) cavidades. O minério ocorre no veio preenchendo fraturas e interstícios formando malhas irregulares com duas paragéneses distintas: (i) bornita + calcocita 1 (referente a primeira geração) ± calcopirita + bismuto nativo ± galena ± teluretos de prata ± ouro; e outra supergênica: (ii) calcocita 2 (referente a segunda geração) + goethita. Apesar de não identificada no presente estudo, o ouro ocorre como *electrum* e ouro nativo inclusos em bornita e quartzo, portanto, sendo considerado como parte da paragénesis hipogênica. As associações de minerais de minério juntamente com as microestruturas de deformação encontradas indicam formações em temperaturas de 280° a 400°C com posterior enriquecimento relativo em cobre na zona supergênica. Por fim o depósito apresenta particularidades em comparação com outros depósitos conhecidos da província mostrando-se como do tipo Au-Cu polimetálico em veios de quartzo, abrindo novas possibilidades de exploração pelo entendimento das suas condições de formação.

Palavra Chave: Província Mineral de Alta Floresta, microestruturas de deformação, Cráton Amazônico.

1. Introdução

A Província Mineral de Alta Floresta (PMAF) localizada no norte do Mato Grosso é uma província polimetálica historicamente importante pela produção de ouro, responsável por torná-la uma das principais regiões auríferas do país (Dardenne & Schobbenhaus, 2001), e atualmente torna-se relevante pela descoberta de grandes reservas de cobre (Biesheuvel, 2018). Insere-se na porção sul do Cráton Amazônico entre duas províncias geocronológicas: as Províncias Tapajós-Parima (2,03-1,88 Ga) e Rondônia-Juruena (1,82-1,54 Ga), conforme Santos *et al.* (2006). Consiste de seqüências plutono-vulcânicas e vulcano-sedimentares paleoproterozóicas derivadas de eventos orogênicos sucessivos (Santos *et al.*, 2006; Paes de Barros, 2007; Silva & Abram, 2008; Assis, 2015; Assis *et al.* 2017). É limitada a sul pelo gráben do Caiabis e a norte pelo gráben do Cachimbo, que a separa da Província Aurífera do Tapajós (Paes de Barros, 2007).

Em particular, no setor Leste da PMAF (Figura 1) concentra-se a maior parte dos depósitos auríferos conhecidos, alinhados em um lineamento NW-SE, o Peru-Trairão (Paes de Barros, 2007; Miguel-Jr, 2011), com 140 km de extensão. O lineamento é caracterizado por um sistema de zonas de cisalhamento transcorrente sinistral de natureza dúctil a dúctil-rúptil (Quispe, 2016).

O depósito Serrinha do Guarantã, está localizado na porção centro-norte do setor leste da PMAF, próximo a cidade de Guarantã do Norte. A JICA/MMAJ (2000) relata o potencial para

Au-Cu do depósito, com mineralizações contidas em veios de quartzo encaixado em talco-clorita xisto e preenchendo uma zona de cisalhamento de direção NW-SE (Dardenne & Schobbenhaus, 2001; Lacerda Filho *et al.*, 2004). Rios (2019) identifica que o ouro no depósito ocorre como inclusões em quartzo e bornita na forma de ouro nativo e *electrum* e é o minério primário explorado.

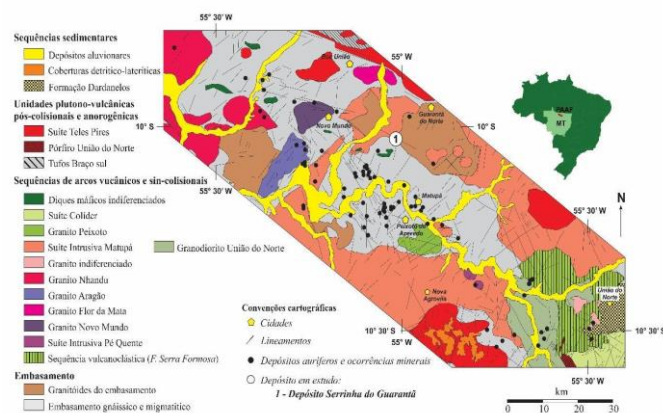


Figura 1: Mapa geológico do Setor Leste da Província Mineral de Alta Floresta (Extraído de Miguel Jr. 2011, modificado por Assis, 2015). Em destaque (número 1) o depósito Cu-Au Serrinha do Guarantã.

Além disso, o depósito possui outras características únicas, em comparação com depósitos conhecidos na província, como: espessura dos veios até 3 m; filonitos a base de talco; bornita como principal sulfeto; e orientação NW dos veios paralela às zonas de cisalhamento de primeira ordem.

Nesse contexto, a presente pesquisa teve como objetivo compreender a associação mineralógica distinta do minério, assim como as microestruturas de deformação no quartzo dos veios que alojam o minério, bem como a caracterização em temperatura ambiente das assembleias de inclusões fluidas. Desta forma, busca-se contribuir na compreensão dos sistemas hidrotermais Cu-Au, importantes no cenário atual da PMAF.

2. Metodologia

Para realizar o estudo foram confeccionadas três seções polidas do veio mineralizado e uma lâmina bi-polida. Os principais métodos aplicados foram análise petrográfica de luz refletida e luz transmitida, complementada com Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) com um EDS (*Energy Dispersive X-Ray Spectrometer*) acoplado.

Todas as preparações de amostras e análises foram realizadas nos laboratórios do Instituto de Geociências (IG) da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).

Uma etapa de microtermometria para as inclusões fluidas estava prevista, porém não foi possível ser realizada durante a vigência da iniciação científica.



2.1 Petrografia

A petrografia se deu em duas etapas, a primeira utilizando as três seções polidas para caracterizar o minério por meio de suas relações texturais e mineralógicas com utilização de microscópio petrográfico de luz refletida convencional. A segunda etapa utilizou-se uma lâmina bi-polida para caracterizar e individualizar os domínios microestruturais do quartzo e mapear as assembleias de inclusões fluidas nos domínios individualizados por meio de microscópio petrográfico de luz transmitida.

2.2. Microscopia Eletrônica de Varredura

As técnicas de MEV e EDS foram utilizadas como complemento à petrografia de luz refletida, realizada na primeira etapa petrográfica. Teve como objetivo identificar e caracterizar os minerais acessórios na assembleia de minerais de minério, assim como as composições químicas qualitativas destes.

3. Resultados

3.1 Domínios microestruturais do veio de quartzo

O veio de quartzo mineralizado é composto integralmente de quartzo, compreendendo toda a ganga do minério do Depósito Serrinha do Guarantã. Os domínios microestruturais I, II e III foram identificados e caracterizados devido à grande variação na textura, granulação e estrutura do quartzo.

O domínio I são de grãos de quartzo reliquiares. Estes são alongados de tamanhos até 1,5 mm. Ocorrem muitas vezes envoltos e cortados por *stringers* de mineralização e sendo possível observar os grãos estirados definindo uma foliação (Figura 2A). O contato entre os grãos é irregular, sendo mais comum limites compostos por quartzo recristalizado fino que caracterizam a estrutura do tipo *core-and-mantle*. Possuem extinção ondulante e lamelas de deformação, esta que apresentam-se dobradas com microestruturas tipo kink. Os eixos das kinks apresentam igualmente quartzo recristalizado fino, assim como as lamelas de deformação. (Figura 2B).

O domínio II é caracterizado por quartzo recristalizado microcristalino, que ocorre em vários sítios: nos limites dos grãos reliquiares (Figs 2A-B); ao longo dos eixos das kinks e das lamelas de deformação (Figs. 2A-B); compondo a matriz fina recristalizada (Figura 2C).

O domínio III é caracterizado por cavidade milimétrica preenchidas por quartzo e pode ou não ser envolvida por mineralização. Estas cortam o quartzo reliquiar do domínio estrutural I. Os cristais são piramidais idiomórficos límpidos de granulação média. Não apresenta microestruturas de deformação nem intra nem intercristalina. Os limites entre os grãos são retos e pode ocorrer vênulas de minério (Figura 2D).

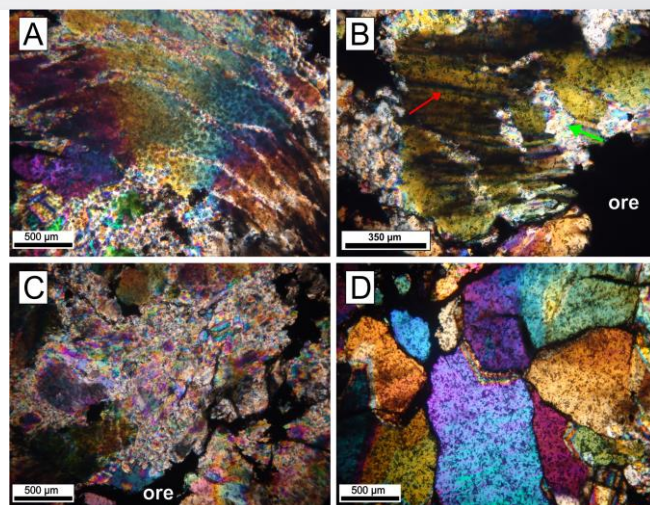


Figura 2: Fotomicrografias dos domínios microestruturais do quartzo em luz polarizada de microscópio petrográfico de luz transmitida (as cores são dadas pela espessura maior que o usual das lâminas bi-polidas): (A) Domínio microestrutural I com grãos de quartzo estirados definindo a foliação. Notar limites recristalizados dos grãos; (B) Domínio microestrutural I definido por grãos de quartzo grossos com quartzo recristalizado fino nos limites do grão. Notar lamelas de deformação (seta vermelha) e quartzo microcristalino recristalizado ao longo de eixos de kink ou bandas de deformação (seta verde); (C) Domínio microestrutural II de grãos de quartzo recristalizados muito fino a fino, formando matriz recristalizada de quartzo; (D) Cavidade do domínio microestrutural III preenchida por cristais de quartzo piramidados com limites retos entre os grãos. Legenda: Ore=Minério

3.2. Caracterização Microscópica do minério

O minério no depósito ocorre disseminado e na forma *stringers* preenchimento fraturas e interstícios formando malhas irregulares.

Microscopicamente, os principais minerais de minério identificados são: bornita (55%), calcocita (40%), bismuto nativo (2%), goethita (2%) e teluretos de prata (1%). As relações texturais principais identificadas são: (i) intercrescimento mirmequítico de bornita-calcocita de dimensões variadas (Figura 3A-B-E); (ii) auréola de calcocita nos limites de grãos da bornita; e (iii) calcocita preenchendo fraturas internas a bornita (Figura 3 C-D).

A bornita (Cu_5FeS_4) é o sulfeto mais abundante. É marrom-rosada, tem hábito maciço, anisotropia fraca e poder refletor médio. Ocorre principalmente hospedeira de calcocita, comumente formando intercrescimentos mirmequíticos (Figura 3 A-B-E).

A calcocita (Cu_2S) é o segundo mineral abundante. É branca-azulada, possui hábito maciço, anisotropia fraca e mais alto poder refletor que a bornita. Apresenta duas gerações distintas. Calcocita 1 ocorre intercrescida com bornita, e hospeda inclusões de bismuto e telureto de prata. Já a calcocita 2 ocorre em paragênese com goethita na forma de auréolas.

O bismuto é amarelo-pálido, maciço a subarredondado, com alto poder refletor (Figura 3E). Ocorre hospedado na calcocita. O telureto de prata é um sulfossil amarelo-pálido com hábito subarredondado e alto poder reflwtor. Ocorre como inclusão na calcocita (Figura 3F).

A goethita é cinza escura, apresenta hábito botrioidal e com baixo poder refletor. Forma inclusões. As inclusões de goethita cortam a bornita e calcocita 2 ocorre formando uma auréola na goethita (Figura 3G).

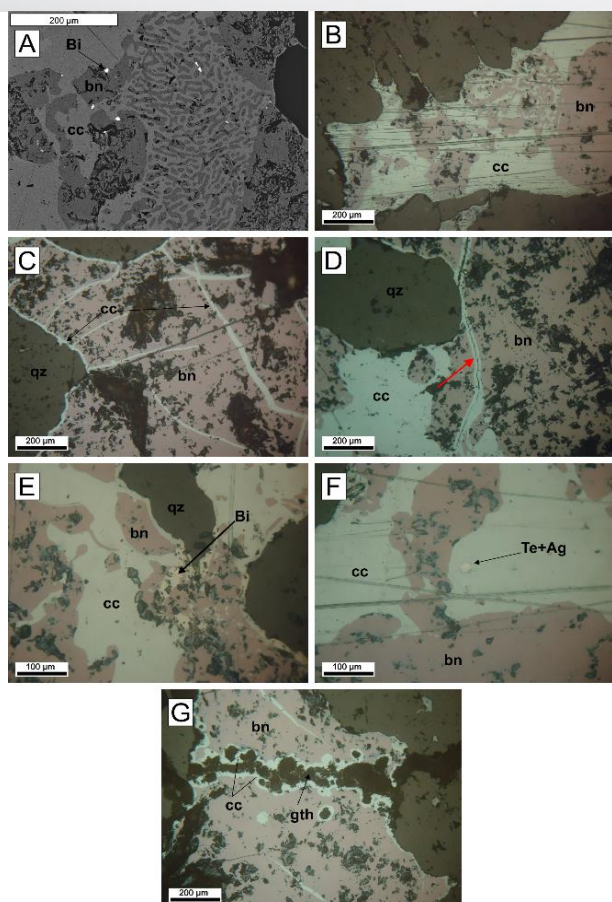


Figura 3: Fotomicrografias das relações texturais e mineralógicas do minério: (A) Imagem de MEV; (B), (C), (D), (E), (F) e (G) luz natural em microscópio de luz refletida. (A) intercrescimento mirmequítico de bornita em calcocita. Notar inclusões de bismuto nativo; (B) Intercrescimentos tipo mirmequítico de bornita em calcocita; (C) Bornita com auréola de calcocita cortada por microfraturas preenchidas por calcocita, internas aos limites da bornita; (D) Microfratura em bornita, composta por duas fases de crescimento: calcocita, com material transparente (provável quartzo) no centro; (E) Associação bornita, calcocita e bismuto nativo com contato reto entre si. Todos em contato com quartzo; (F) Inclusão de telureto de prata em calcocita; (G) Vênula irregular afetando tanto bornita quanto quartzo. A vênula é composta de calcocita nas paredes e goethita ao centro. A goethita tem hábito botrioidal. Notar inclusão de goethita botrioidal com aureola de calcocita. Legenda mineral: bn: bornita; cc: calcocita; Bi: bismuto nativo; Te+Ag: telureto de prata; gth: goethita; qz: quartzo.

Com EDS em MEV, obteve-se maior detalhe da imagem e composição das fases minerais incluídas em bornita e calcocita, como o bismuto nativo e os telureto de prata. O bismuto se concentra de duas formas: (i) bismuto e cobre nativo e; (ii) bismuto metálico (Figura 4). As inclusões de telureto de prata possuem coroa de galena (PbS).

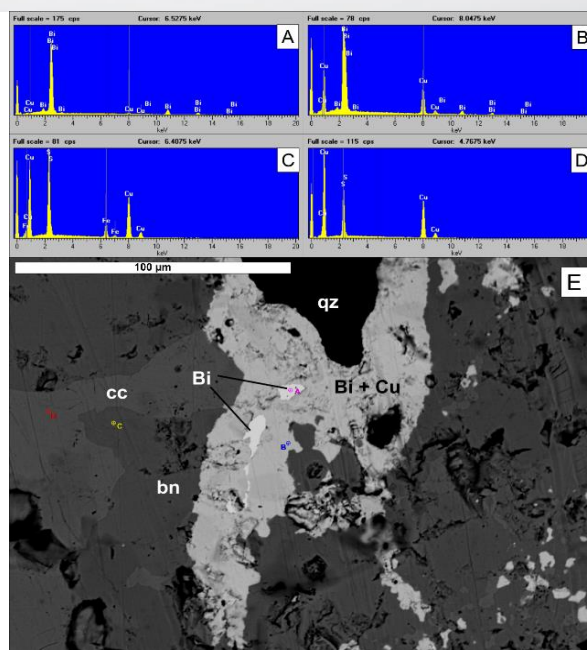


Figura 4: (A), (B), (C), (D) Espectrogramas obtidos por EDS. (E) Imagem em MEV. (A) Espectrograma obtido por análise no ponto A (rosa) com os picos característicos do Bismuto (Bi); (B) Espectrograma do ponto B (azul) com picos característicos de Bismuto (Bi) e picos médios de Cobre (Cu); (C) Espectrograma obtido em bornita no ponto C (amarelo) com picos característicos de cobre (Cu), ferro (Fe) e enxofre (S); (D) Espectrograma em calcocita com os picos característicos de cobre (Cu) e enxofre (S) no ponto D (vermelho); e (E) Imagem da associação mineral entre bismuto nativo e uma mistura de bismuto e cobre nativos, preenchendo interstícios entre bornita e calcocita, como inclusões nestes e em contato com quartzo. Legenda mineral: bn: bornita; cc: calcocita; Bi: bismuto; Cu: Cobre; qz: quartzo.

3.3. Mapeamento de inclusões fluidas no quartzo

O objetivo deste estudo foi identificar diferentes assembleias de inclusões fluidas (IF) e correlacioná-las aos três domínios microestruturais no quartzo dos veios mineralizados do depósito Serrinha do Guarantã. As inclusões foram classificadas em duas assembleias a depender do domínio estrutural. De um modo geral, as inclusões fluidas são numerosas e com tamanhos médio entre 5 e 8 μm de formato arredondado, irregular a triangular.

No quartzo reliquiar do domínio microestrutural I, as IF ocorrem em planos de diversas direções, mas preferencialmente ao longo das lamelas de deformação, indicando serem secundárias. São predominantemente bifásicas.

No quartzo idiomórfico formado nas cavidades do domínio microestrutural III, as inclusões não aparentam estar em planos preferenciais, sendo classificadas como primárias. São predominantemente monofásicas variando de arredondadas a quadráticas.

4. Discussão

De acordo com os dados das relações texturais entre os minerais de minério, é possível sugerir duas fases de mineralização para o depósito tipo veio Serrinha do Guarantã, com as seguintes paragéneses: (i) bornita + calcocita 1 (referente a primeira geração) \pm calcopirita + bismuto nativo \pm galena \pm teluretos de prata \pm ouro; e (ii) calcocita 2 + goethita.

O intercrescimento mirmequítico bornita-calcocita encontrado no veio do depósito, segundo Kostov & Minceva-Stefanova (1982), indica origem contemporânea e produto de exsolução entre os dois minerais. Craig & Scott (1982) indicam a formação desta textura a temperaturas de até 335°C, onde ocorre a quebra da solução sólida calcocita-bornita (Figura 5). Mesmo calcopirita não sendo identificada ao microscópio, sua presença é



relatada por Rios (2019), onde a calcopirita se torna mais abundante em porções mais profundas do depósito e escassa em menores profundidades. Com isso, a formação da primeira paragênese do minério pode ter se formado em temperaturas ainda maiores que 400 °C (Figueiredo, 2000).

A paragênese 2 goethita-calcocita 2, pode estar relacionada a um enriquecimento supergênico, causando um enriquecimento relativo no depósito em cobre, pela substituição de bornita e, principalmente, calcopirita por calcocita secundária e goethita, conforme descrito por Ague and Brimhall (1989). Segundo Vaughan & Craig (1978) e Figueiredo (2000), auréolas de calcocita (Cu_2S), pobre em ferro, envolvendo a bornita (Cu_5FeS_4) e associação entre calcocita e goethita ($\text{FeO}(\text{OH})$), sugerem substituição da bornita e calcopirita em condições superficiais. Ocorre por perda e posterior oxidação do ferro da bornita, gerando uma calcocita de segunda geração (calcocita 2), que indica um enriquecimento do minério do depósito em cobre. Um microfraturamento na bornita preenchido por calcocita 2 pode ter ocorrido na zona de alteração supergênica. São vênulas de calcocita formada pela passagem de um fluido de cobre sulfetado.

As microestruturas de deformação, tais como extinção ondulante, lamelas de deformação e microkinks identificadas no domínio I, são formadas pelo efeito do processo de movimento dos defeitos de rede cristalina sem fraturamento rúptil. Conhecido como deformação intracristalina plástica (Passchier & Trouw, 2005).

A matriz formada por quartzo microcristalinos e característico por gerar as estruturas do tipo *core-and-mantle* em quartzo reliquias (Passchier & Trouw, 2005; Blenkinsop, 2007) são feições típicas do domínio II. Essas estruturas são definidos por Hirth & Tullis (1992) como formação de novos grãos em regime I de deslocamento de limite de grão por deslizamento (*creep*). Segundo Stipp *et al.* (2002), tais microestruturas fazem parte da recristalização dinâmica do tipo *bulging* (BLG). Stipp *et al.* (2002) define que em condições naturais o campo de BLG domina em condições de temperatura entre 280° e 400°C, onde a BGL é o mecanismo de recristalização dinâmica que predomina.

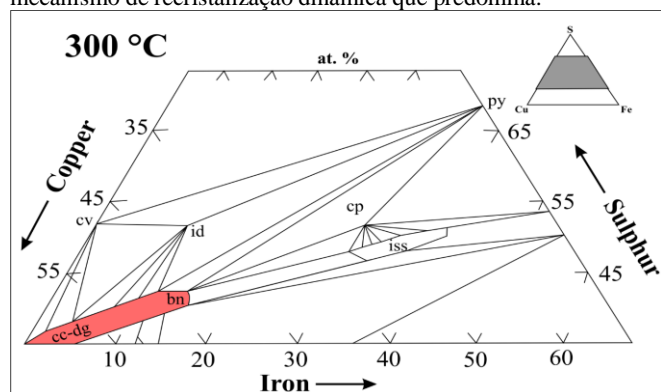


Figura 5: Diagrama de fase da parte central do sistema Cu-Fe-S a 300 °C. Destaque para o campo em equilíbrio da paragênese calcocita/digenita-bornita. Legenda mineral: cc = calcocita, dg = digenita, bn = bornita, cp = calcopirita, cv = covelita, py = pirita, id = idaíta, iss = solução sólida de transição. Modificado de Craig & Scott (1982).

O domínio microestrutural II formado por cavidades preenchidas por quartzo idiomórfico pode indicar um regime semelhante ao de falha “válvula”. Envolve um fraturamento e mineralização episódicos ao longo da zona de cisalhamento, que ocorre pelo lento aumento da pressão de fluidos, posteriormente expelido em pulsos (Sibson *et al.*, 1975; Sibson, 1981). Após fraturamento por este regime, ocorre preenchimento de cavidades por fluido rico em sílica, formando quartzo idiomórficos. Segundo Bons *et al.* (2012), a formação dos quartzo idiomórficos acontece com abertura de espaço preenchido por fluido em estágio inicial de formação de novos cristais, momento em que os cristais começam a se formar por nucleação, suprimindo um alongamento dos novos

cristais e possibilitando um crescimento do quartzo em cristais piramidais em cavidades chamado pelo autor de textura em blocos (*blocky texture*).

O mapeamento das assembleias de inclusões fluidas (FIA) realizadas nos diferentes domínios estruturais identificou assembleias com características diferentes para o quartzo idiomórfico do domínio III e relacionado a uma entrada episódica de fluidos pelo mecanismo de falha “válvula” e uma assembleia distinta para o quartzo do domínio I relacionado a fase inicial de formação do veio. Diamond & Tarantola (2015) afirmam que ao conhecer as microestruturas de deformação é possível aplicar regras experimentais a fim de reconstruir a composição química e densidade das FIA antes da deformação, e magnitude e orientação das tensões pós deformação. Combinar essas informações com informações geológicas e reconstruindo a evolução do sistema. Apesar de não ter sido realizado as análises microtermométricas é possível notar predomínio de FIA bifásicas e menores no domínio correlato ao episódio inicial de deformação do veio, enquanto a fase posterior predomina FIA monofásicas e maiores.

Portanto, duas fases de mineralização são consideradas para o depósito tipo veio Serrinha do Guarantã, um de mais alta temperatura entre 280° a 400°C, seguido por outro de menor temperatura em condições supergênicas. Baseado nas evidências petrográficas encontradas entre as relações texturais do minério de cobre e das microestruturas de deformação em quartzo do veio, o evento de mais alta temperatura forma as feições microestruturais dos domínios I, II e III e a paragênese (i): bornita + calcocita 1 (referente a primeira geração) ± calcopirita + bismuto nativo ± galena ± teluretos de prata ± ouro. O evento supergênico causa enriquecimento relativo do depósito em cobre através da paragênese: (ii) calcocita 2 (referente a segunda geração) + goethita. Além disso, ocorre um microfraturamento do minério preenchido por calcocita 2.

Por meio das evidências o Depósito Serrinha do Guarantã formou-se após rompimento e instalação de zona de cisalhamento em *trend* NW. Nessa etapa inicial de mais alta temperatura ocorre mineralização primária formada pela paragênese I de minérios. Eventos episódicos causados em regime de falha “válvula”, com aumento constante de pressão de fluidos, forma cavidades preenchidas por fluidos ricos em sílica e possível remineralização. A eficiência desse mecanismo de falha em *trend* NW é evidente pela robustez do veio do Depósito Serrinha do Guarantã. Posteriormente, uma segunda fase de evolução do depósito se dá através de exumação do corpo. Possibilitando um enriquecimento em cobre do depósito em zona supergênica. Onde ocorre quebra da calcopirita e bornita formando calcocita secundária e óxi-hidróxido de ferro, formando a paragênese II do minério. O alívio de pressão causa um microfraturamento da mineralização primária em que as vênulas são preenchidas por fluido rico em cobre sulfetado, precipitando calcocita secundária.

Por fim, as associações dos minerais de minério no depósito se apresentam como distinta na província, porém o depósito apresenta domínios estruturais com características semelhantes a outros conhecidos, tais como Luís Bastos (Frias, 2019) e Peteca (Oliveira, 2019).

5. Conclusão

Por meio da caracterização das fases de minerais de minério e dos domínios microestruturais do quartzo, foi possível compreender a evolução pelo qual o depósito passou em termos relativos a temperatura e deformação do veio em zona de cisalhamento.

Nesse contexto é possível sugerir que:

- O depósito apresenta uma fase de metais hipogênica seguida por uma fase em zona de alteração supergênica, possibilitando um enriquecimento do depósito em cobre;



- A associação mineral com diversos metais entre eles, Cu, Au, Ag, Bi, entre outros e o coloca como um importante depósito polimetálico na província.
- Sua mineralização distinta a bornita, com enriquecimento supergênico em cobre formando calcocita secundária abre novas possibilidades de exploração e reserva na província para depósitos cupríferos.

Agradecimentos

Agradecimentos pelo suporte financeiro fornecido pelo CNPq durante toda a vigência de bolsa (Processo 118158/2018-0) da presente pesquisa e a PA Gold por fornecer as amostras trabalhadas. Assim como todo o suporte do Instituto de Geociências da Unicamp.

Referências

- Ague, J. J. and G. H. Brimhall (1989) **Geochemical modeling of steady state fluid flow and chemical reaction during supergene enrichment of porphyry copper deposits**. *Economic Geology*, 84, 506-528.
- Assis R. R. 2015. **Depósitos auríferos associados ao magmatismo félsico da Província de Alta Floresta (MT), Cráton Amazônico: idade das mineralizações, geoquímica e fonte dos fluidos**. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, 363p.
- Assis, R. R., Xavier, R. P., & Creaser, R. A. 2017. **Linking the Timing of Disseminated Granite Hosted Gold-Rich Deposits to Paleoproterozoic Felsic Magmatism at Alta Floresta Gold Province, Amazon Craton, Brazil: Insights from Pyrite and Molybdenite Re-Os Geochronology**. *Economic Geology*, 112(8), 1937-1957.
- Biesheuvel, T. 2018. **Has Anglo American Found Something Big in Brazil?** Acesso em 11 de Julho de 2019. <
<https://www.bloomberg.com/news/articles/2018-07-26/has-anglo-american-found-something-big-in-brazil> >
- Blenkinsop, T. G. 2007. **Deformation microstructures and mechanisms in minerals and rocks**. Springer Science & Business Media.
- Bons, P. D., Elburg, M. A., & Gomez-Rivas, E. 2012. **A review of the formation of tectonic veins and their microstructures**. *Journal of Structural Geology*, 43, 33-62.
- Craig, J.R. & Scott, S.D. (1982) **Sulfide phase equilibria**. In: P.H. Ribbe (Ed.). *Sulfide Mineralogy*. Mineralogical Society of America, p.1-109.
- Dardenne, M. A. & Schobbenhaus, C. **Metalogênese do Brasil**. 1. ed. Brasília: Universidade de Brasília, 2001. v. 01. 349p.
- Diamond, L.W., Tarantola, A., 2015. **Interpretation of fluid inclusions in quartz deformed by weak ductile shearing: Reconstruction of differential stress magnitudes and pre-deformation fluid properties**. *Earth Planet. Sci. Lett.* 417, 107-119
- Figueiredo, B. R., 2000. **Minérios e ambiente**. Campinas, SP: Editora da Unicamp, 399 p.
- Frias, M. G., 2019. **Geoquímica e microestruturas de quartzo em veios e vênulas no depósito de metais base Luíz Bastos, setor leste da província aurífera de Alta Floresta - MT**. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação). Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Geociências
- Hirth, G., Tullis, J., 1992. **Dislocation creep regimes in quartz aggregates**. *J. Struct. Geol.* 14, 145-159.
- Hurai, V., Huraiová, M., Slobodník, M., & Thomas, R. (2015). **Geofluids: developments in microthermometry, spectroscopy, thermodynamics, and stable isotopes**. Elsevier.
- JICA/MMAJ - Japan International Cooperation Agency / Metal Mining Agency of Japan. 2000. **Report on the mineral exploration in the Alta Floresta area, Federative Republic of Brazil**: Tokyo, Final Report, 137 p.
- Kostov, I. & Minceva-Stefanova, J. (1982) **Sulphide Minerals. Crystal Chemistry, Parageneses and Systematics**. Stuttgart, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele u. Obermiller). 213p.
- Lacerda Filho, J. V.; Filho, W. A.; Valente, C. R.; Oliveira, C. C.; Albuquerque, M. C. 2004. **Geologia e Recursos Minerais do Estado de Mato Grosso**. Esc. 1:1.000.000. Goiânia: CPRM. (Convênio CPRM/SICME) 252 p.+ mapas.
- Miguel-Jr, E. 2011. **Controle Estrutural das mineralizações auríferas e idades U-Pb das rochas encaixantes ao longo do Lineamento Peru-Trairão: Província Aurífera de Alta Floresta, Mato Grosso**. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas. 81p.
- Oliveira, L. B., 2019. **Sistema de fluidos no depósito de Au Peteca (MT): Uma análise das inclusões fluidas em veios e vênulas**. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação). Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Geociências
- Paes de Barros, A. J. 2007. **Granitos da região de Peixoto de Azevedo – Novo Mundo e mineralizações auríferas relacionadas – Província Aurífera Alta Floresta (MT)**. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, 154p.
- Passchier, C. W., & Trouw, R. A. 2005. **Microtectonics**. Springer Science & Business Media.
- Quispe, P. 2016. **Geologia, geoquímica e geocronologia U-Pb dos granitoides foliados e rochas subvulcânicas da região de Peixoto de Azevedo, Província Aurífera de Alta Floresta, Brasil**. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas. 121p.
- Rios, F. S. (2019). **O depósito de Au (Cu-Ag) Serrinha de Guarantã, cráton Amazônico, Brasil: um depósito aurífero não-convencional associado ao sistema pórfiro-epitermal paleoproterozóico Juruena-Teles Pires**. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília - Unb
- Santos, J.O.S., Hartmann, A. L.; Faria, M. S.; Riker, S. R.; Souza, M. M.; Almeida, M. E.; McNaughton, N. J., 2006 **A Compartimentação do Cráton Amazonas em Províncias: avanços ocorridos no período 2000-2006**. In: Simposio De Geologia Da Amazônia, 9., Belém: SBG Núcleo Norte. p. 1 CD-ROM
- Sibson, R. H. (1981). **Fluid flow accompanying faulting: field evidence and models**. *Earthquake prediction: an international review*, 4, 593-603.
- Sibson, R. H., Moore, J. M. M., & Rankin, A. H. (1975). **Seismic pumping—a hydrothermal fluid transport mechanism**. *Journal of the Geological Society*, 131(6), 653-659.
- Silva M.G. & Abram M.B. 2008. **Projeto metalogenia da Província Aurífera Juruena-Teles Pires, Mato Grosso**. Goiânia, Serviço Geológico Brasileiro, CPRM, 212p
- Stipp, M., Stünitz, H., Heilbronner, R., Schmid, S.M., 2002. **Dynamic recrystallization of quartz: Correlation between natural and experimental conditions**. *Geol. Soc. Spec. Publ.* 200,171.
- Vaughan, D. J. & Craig, J. R. (1978). **Mineral chemistry of metal sulfides**. Cambridge [Eng.]; New York: Cambridge University Press.