

Trabalho de Conclusão de Curso

Curso de Graduação em Geologia

**Caracterização petrográfica da alteração hidrotermal do minério de cobre e ouro  
do Alvo Suruca SW, Alto Horizonte (GO).**

Taís Bischof Pian

Orientador: Prof. Dr. Rafael Rodrigues de Assis

Rio Claro (SP)

2017

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
Instituto de Geociências e Ciências Exatas  
Câmpus de Rio Claro

Taís Bischof Pian

**Caracterização petrográfica da alteração hidrotermal do minério de  
cobre e ouro do Alvo Suruca SW, Alto Horizonte (GO)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas -  
Câmpus de Rio Claro, da Universidade Estadual  
Paulista Júlio de Mesquita Filho, para obtenção  
do grau de Geólogo.

Rio Claro - SP

2017

549 Pian, Taís Bischof  
P581c Caracterização petrográfica da alteração hidrotermal do minério de  
cobre e ouro do Alvo Suruca SW, Alto Horizonte (GO) / Taís Bischof  
Pian. - Rio Claro, 2017  
162 f. : il., figs., tabs.

Trabalho de conclusão de curso (Geologia) - Universidade Estadual  
Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas  
Orientador: Rafael Rodrigues de Assis

1. Mineralogia. 2. Suruca. 3. Faixa Brasília. 4. Arco magmático Mara  
Rosa. 5. Depósitos cupro-auríferos. 6. Pórfiro. I. Título.

TAÍS BISCHOF PIAN

**CARACTERIZAÇÃO PETROGRÁFICA DA ALTERAÇÃO HIDROTHERMAL DO  
MINÉRIO DE COBRE E OURO DO ALVO SURUCA SW, ALTO HORIZONTE (GO).**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas -  
Câmpus de Rio Claro, da Universidade Estadual  
Paulista Júlio de Mesquita Filho, para obtenção  
do grau de Geólogo.

Comissão Examinadora

Rafael Rodrigues de Assis (orientador)

Igor Araujo Pimentel Barbosa

Washington Barbosa Leite Junior

Rio Claro, 08 de dezembro de 2017.

Assinatura da aluna

Assinatura do orientador

## **Agradecimentos**

Agradeço aos meus pais, Mary e Cezar, pelo amor e apoio incondicional, por toda a paciência e suporte necessário para que essa etapa fosse concluída. Também a minha irmã, Lívia, pelos diversos ensinamentos e diversões conjuntas. Também agradeço Lucas e Rafa por todo o apoio, aconchego e amor canino fornecido, principalmente, nesse semestre.

Ao meu orientador, Rafael, por aceitar a orientação desse projeto. Pela paciência, e por toda a luz de conhecimento fornecido durante a graduação e ao longo da confecção desse trabalho.

À toda a equipe de exploração de Chapada e a Mineração Maracá, do grupo YamanaGold, pela oportunidade do estágio e suporte dado para a confecção desse trabalho. Além de toda experiência profissional e pessoal proporcionados nos últimos meses.

Nesse viés agradeço ao Matheus pela amizade formada, conselhos e por todas as conversas e canas compartilhadas durante o estágio.

As meninas da rep. Casa da Mãe pelos anos morados e por sempre estarem dispostas a me receber, vocês são lindas. Em especial, a Gi por me 'salvar' em diversos momentos e não hesitar em me ajudar. A Ju por aguentar meus cafés, e ao Hashtag pelas dezenas de caronas compartilhadas.

E, por fim, agradeço a todos que fizeram parte desse ciclo, funcionários, técnicos e professores da Unesp; a turma Geová; e a todos os amigos (as) e unespianos (as) que passaram por essa trajetória e me fizeram ser quem sou hoje.

## Resumo

O depósito magmático-hidrotermal de Chapada representa uma das principais minas de cobre e ouro do Arco magmático de Goiás, localizada no norte do estado de Goiás. Nesse contexto, o Alvo Suruca SW localiza-se a nordeste da Mina Chapada e hospeda mineralizações de Cu e Au em rochas da sequência metavulcano sedimentar Mara Rosa. Trabalhos na literatura para o Alvo são escassos, dessa forma, esse trabalho tem como objetivo principal a caracterização da alteração hidrotermal do Alvo Suruca SW, tais como a descrição petrográfica da rocha hospedeira e dos tipos e estilos da mineralização, além de relacionar os teores de Cu e Au com as litologias e alterações descritas. Com isso, definiu-se 6 tipos de alterações hidrotermais para o Alvo, temporalmente representadas por: biotitização, muscovitização, epidotização, alteração propilítica, muscovitização 2 e silicificação, sendo as 5 primeiras em estilo pervasivo e a última em estilo confinado. As rochas hospedeiras das mineralizações são metavulcânicas intermediárias e metaquartzo-diorito porfiritico. A mineralização ocorre em dois estilos: disseminada, associada a epidotização e alteração propilítica, subordinadamente, associada a biotitização e muscovitização; e confinada a vênulas de quartzo, associada a silicificação, essa que denota ao depósito os melhores intervalos de teores. Como principais minerais de minério têm-se a calcopirita e, secundariamente, a pirita. Já o ouro está intimamente ligado aos sulfetos (calcopirita e pirita), na qual ocorre incluso, nos interstícios ou nas suas bordas, e também ocorre intersticial a cristais de quartzo, mas ainda adjacentes aos cristais de sulfetos. Dados geoquímicos permitem correlacionar e evidenciar a forte relação das mineralizações auríferas com as cupríferas no Alvo. Por fim, são diversas as discussões a respeito do modelo genético acerca do alvo Suruca SW, em que engloba sistemas do tipo pórfiro, skarn proximais, sistemas epitermais e sistemas deformacionais. Dessa forma, o Alvo Suruca SW pode ter sido gerado a partir de um sistema magmático-hidrotermal similar ao do tipo Cu-Au pórfiro, no entanto, posteriormente remobilizado pela deformação regional imposta pela Zona de Cisalhamento Rio dos Bois.

**Palavras chaves:** Faixa Brasília, Arco Magmaico Mara Rosa, Depósitos cupro-auríferos, Pórfiro.

## **Abstract**

The Chapada magmatic-hydrothermal deposit represents one of the main copper and gold mines of the Goiás Magmatic Arc, located in the northern part of the state of Goiás. In this context, Suruca SW target is located northeast of Chapada Mine and hosts copper mineralizations and gold on the metavolcanic - sedimentary sequence of Mara Rosa. Studies in literature, in relation to host rock, hydrothermal alteration and target mineralization styles are scarce. Thus, this work has as main objective the characterization of the hydrothermal alteration of the Suruca SW target, such as the petrographic description of the host rock and the types and styles of the mineralization, besides relating the best Cu and Au contents with the lithologies and changes described. Thus, 6 types of hydrothermal alterations were defined for the target, temporally represented by: biotitization, muscovitization, epidotization, propylitic alteration, muscovitization 2 and silicification, the first 5 in a pervasive style and the last in a confined style. The host rocks of the mineralizations are metavolcanic intermediary and metaquartz porphyritic diorites. The mineralization takes place in two styles: pervasive, associated to epidotization and propylitic alteration, subordinately, associated to biotitization and muscovitization; and confined to quartz venules, associated with silicification, which denotes the deposit the best ranges of contents. The main ore minerals are chalcopyrite and, secondarily, pyrite. Gold, on the other hand, is closely related to the sulfides (chalcopyrite and pyrite), which occurs even in the interstices or at its edges, and also interstitial to quartz crystals, but still adjacent to the crystals of sulphides. Geochemical data allow to correlate and evidence the strong relationship of auriferous mineralizations with copper in the target. Finally, there are several discussions about the genetic model about the Suruca SW target, which includes porphyry, skarn proximal, epithermal systems and deformation systems. It is believed that the Survival Target SW may have been generated from a hydrothermal magmatic-hydrothermal system similar to the Cu-Au porphyry type, however, later remobilized by the regional deformation imposed by the Rio dos Bois Shear Zone.

**Key words:** Brasília Belt, Goiás Magmatic Arc, copper-gold deposits, porphyry.

## Índice de Ilustrações

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1. O depósito de Chapada está localizado a 3 km de Alto Horizonte (Chapada), norte do estado de Goiás. A nordeste do depósito de Chapada está localizado o Alvo Suruca.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 15 |
| Figura 2. Modelo esquemático que relaciona o sistema pórfiro (Cu±Au±Mo), com os sistemas epitermal e skarn carbonático proximal (Cu-Au) e distal (Au+Zn-Pb), (Sillitoe, 1995, 1999, 2000). .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 21 |
| Figura 3. Modelo esquemático de zoneamento hidrotermal para um sistema pórfiro, segundo Sillitoe, 2010. O gráfico indica a sequência da alteração em um sistema pórfiro de cobre em relação a profundidade e idade do sistema. Nota-se que a sequência da alteração potássica até a propilítica periférica, passando por sericítica a argilica, resulta em aumento da acidificação e diminuição da temperatura do fluido hidrotermal, o que interfere na precipitação da gama metalífera observada nesse sistema magmático-hidrotermal (Sillitoe, 2000; Sillitoe 2010). ..... | 24 |
| Figura 4. Estágios de desenvolvimento de skarns, em função do tempo e temperatura do sistema. 1-calcita, diopsídio; 2- calcita, diopsídio, wollastonita, vesuvianita, grossulária; 3- andradita, diopsídio-hedenbergita, epidotos, powelita; 4- quartzo, calcopirita, scheelita; 5- anfibólio, calcita, epidoto, quartzo; 6- zeólitas. (Brown et al., 1985). .....                                                                                                                                                                                                            | 25 |
| Figura 5. Esquema do zoneamento hidrotermal ideal entre um sistema pórfiro relacionado a um skarn. A- alteração argilica; QSP- alteração filica/sericítica; P- alteração propilítica; K- alteração potássica. (Einaudi, 1982, Pirajno 2009).....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 26 |
| Figura 6. Mapa Geológico da porção centro-leste da Província Tocantins, com a localização aproximada do depósito de Cu e Au de Chapada. (Pimentel et al., 2004). .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 28 |
| Figura 7. Mapa Geológico do Arco Magmático de Mara Rosa, com destaque para a localização da Mina de Chapada. (Oliveira, 2015). .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 29 |
| Figura 8. Modelo de evolução geológica da Província Tocantins. (Pimentel et al., 2000). .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 37 |
| Figura 9. Mapa de Localização dos furos de sondagens utilizados no trabalho (SU_939, SU_941, SU_943, SU_952), dos quais foram escolhidas 10 amostras para confecção de lâminas delgada-polidas (SU_939, SU_941a, SU_941b, SU_941c,                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |    |

SU\_941d, SU\_943a, SU\_943b, SU\_943c, SU\_952a, SU\_952b). Os pontos em vermelhos correspondem às locações de furos de sondagem do grupo de exploração da YamanaGold. A demarcação em vermelho refere-se a envoltória cubada da zona mineralizada ( $\text{Cu} > 0,1\%$ ), indicando, portanto, que as amostras foram coletadas em zona mineralizada (Fonte: YamanaGold).....40

Figura 10. Seção geológica A-A' confeccionada a partir dos furos de sondagem: SU\_953, SU\_952 (amostras SU\_952a e SU\_952b) e SU\_977. Nota-se que as perfilagens tranpassaram distintos litotipos e alterações hidrotermais.....41

Figura 11. Seção geológica B-B' a partir dos furos SU\_186, SU\_174, SU\_151, SU\_945, SU\_941 (amostras SU\_941a e SU\_941b, SU\_941c, SU\_941d), SU\_9120, SU\_943 (amostras SU\_943a, SU\_943b, SU\_943c), SU\_262, SU\_154. Nota-se que as amostras coletadas inserem-se no pacote mineralizado em cobre (e ouro), conforme a envoltória modelada para  $\text{Cu} > 0,1\%$ . .....42

Figura 12. Seção geológica C-C' confeccionada a partir dos furos de sondagem: SU\_54, SU\_146, SU\_35, SU\_939 (amostra SU\_939), SU\_142, SU\_33, SU\_139 e SU\_31. Nota-se que as perfilagens tranpassaram distintos litotipos e alterações hidrotermais e que a amostra coletada está locada em área mineralizada.....43

Figura 13. A e B) Fotomicrografias que exibem o bandamento gnáissico com textura lepidgranodoblástica característicos do gnaiss (lâmina SU\_939); C). Metavulcânica intermediária com fraco bandamento gnáissico e incipiente xistosidade (furo SU\_939). LEGENDA: biotita (bt), calcopirita (cpy), clinozoisita (czo), muscovita (ms), quartzo (qtz), plagioclásio (plg), pirita (py), nicois descruzados (nd) e nicóis cruzados (nc). .47

Figura 14. A e B) Fotomicrografias do característico bandamento gnáissico e textura lepidgranodoblástica da metavulcânica intermediária (lâmina SU\_941a). Em A) nicóis descruzados e B) nicóis cruzados com o traço da foliação Sn. LEGENDA: biotita (bt), calcopirita (cpy), clinozoisita (czo), muscovita (ms) e quartzo (qtz).....48

Figura 15. Fotomicrografias do biotita-muscovita-quartzo xisto com textura granolepidoblástica (lâmina SU\_952b). (a) nicóis descruzados e (b) nicóis cruzados. LEGENDA: biotita (bt), epídoto (ep), muscovita (ms), plagioclásio (plg), quartzo (qtz) e sericita (ser).....48

Figura 16. (A) Quartzo-diorito porfírico com fenocristais de coloração leitosa preservados em matriz de granulação fina a média; (B e C) Fotomicrografias que

ilustram a trama subdioblástica a xenoblástica dos cristais, com detalhe para cristal de carbonato em contatos retos com os demais minerais, indicativo de provável fenocristal reliquiar substituído por carbonato. Em (B) nicóis descruzados e (C) nicóis cruzados. Lâmina SU\_943c. LEGENDA: biotita (bt) e carbonato (cb), clinozoisita (czo), epídoto (ep), muscovita (ms), plagioclásio (plg) e quartzo (qtz). .....50

Figura 17. Evolução paragenética do paleosistema hidrotermal do Alvo Suruca SW. ....52

Figura 18. Evolução das da alteração hidrotermal no alvo Suruca SW: (A) Predomínio da biotitização pervasiva com biotita; (B) muscovitização controlada pela foliação do gnaiss; (C) Sobreposição da muscovitização, posteriormente, pela alteração propilítica e/ou epidotização. Silicificação confinada (vênulas de quartzo) ocorre em B e C. Seta indica evolução do sistema. ....52

Figura 19. (A) Forte biotitização com fraca precipitação de sulfetos, responsável pela tonalidade enegrecida das hospedeiras. Fotomicrografias em luz natural da (B-D) biotitização eminentemente representada por biotitas euheudrais a subheudrais que marcam a foliação principal, além de cristais sobrepostos à foliação (lâminas SU\_952a e lâmina SU\_952b); (E) Fraca alteração potássica pervasiva com cristais de biotita sobre a foliação principal; LEGENDA: biotita (bt), calcopirita (cpy), epídoto (ep), muscovita (ms), plagioclásio (plg), quartzo (qtz) e sericita (ser).....54

Figura 20. Em (A) Alteração pervasiva a base de muscovita grossa responsável pelas tonalidades esbranquiçadas da MVI (furo SU\_943b). Fotomicrografias de: (B) Muscovita de maior granulação que se sobrepõe a incipiente foliação da hospedeira (lâmina SU\_941c); (C-G) Muscovita euhedral de textura radial (lâminas SU\_941d e lâmina SU\_943b); (D) A muscovita metamórfica ocorre exclusivamente contida na foliação metamórfica (lâmina SU\_952b) e sericita hidrotermal não orientada pela foliação; (E) Zona de forte alteração a base de muscovita subeuhédrica que trunca e oblitera a foliação das hospedeiras (lâmina SU\_943c) e oblitera os demais halos; (F) Muscovita radial associada com calcopirita (lâmina SU\_943b); Nicóis descruzados (Nd); nicóis cruzados (nd) LEGENDA: biotita (bt); calcopirita (cpy); epídoto (ep); muscovita (ms); plagioclásio (plg); quartzo (qtz) e sericita (ser).....56

Figura 21. Em (A) Muscovitização pervasiva truncada pela epidotização responsável pelas tonalidades esverdeadas às hospedeiras (amostra SU\_941 com); (B)

epidotização obliterada pela silicificação e muscovitização (amostra SU\_941). Fotomicrografias: (C) Forte epidoto associada a calcopirita disseminada. Nota-se cristais em contatos discordantes com muscovita e minerais da matriz (lâmina SU\_941d); (D) Fraca epidotização que se sobrepõe à muscovitização (lâmina SU\_952b); (E e F) Epidotização associada à calcopirita (lâmina SU\_941b); Nicóis descruzados (Nd); nicóis cruzados (nc); LEGENDA: quartzo (qtz); plagioclásio (plg); biotita (bt); muscovita (ms); epídoto (ep); hornblenda (hb); e calcopirita (cpy).....58

Figura 22. A) Alteração propilítica pervasiva dominada por epídoto + clorita + sulfetos, que se sobrepõem a zonas de forte alteração com muscovita. Fotomicrografias em B) cloritização da biotita com formação de pseudomorfos, além de epídoto associado à pirita + calcopirita (lâmina SU\_943a); C) Fotomicrografia de epídoto com sulfetos associados (lâmina SU\_941c); Nicóis descruzados (nd). LEGENDA: biotita (bt); clorita (clt); calcopirita (cpy); epídoto (ep); plagioclásio (plg); e pirita (py) e quartzo (qtz). ..60

Figura 23. Em A) Alteração propilítica com sulfetos disseminados e silificação tardia (amostra SU\_943c) Fotomicrografias da lâmina SU\_943c: B) Cloritização seletiva da biotita, com sulfetos associados à clorita e clinozoisita); C) clinozoisita associada à sulfetação disseminada e cloritização seletiva da biotita. D) destaque para sulfetos interplanares a clorita radial com clinozoisita associada; E) Fotomicrografia de calcopirita e pirita em paragênese com clinozoisita e clorita (lâmina SU\_939). Nicóis descruzados (nd). LEGENDA: biotita (bt); clinozoisita (czo); clorita (clt); calcopirita (cpy); plagioclásio (plg); pirita (py); quartzo (qtz) e titanita (ttn).....61

Figura 24. A) e B) Amostras macroscópicas com forte silicificação confinada unidirecionais com sulfetos associados; (C) Fotomicrografia em luz refletida mostrando a paragênese mineral quartzo + pirita + calcopirita da alteração hidrotermal de (lâmina SU\_941c). Fotomicrografias em luz transmitida com vênulas de quartzo deformado que truncam minerais de matriz (D – E: lâmina SU\_941b; F: lâmina SU\_941c). Nicóis descruzados (nd); nicóis cruzados (nc). LEGENDA: biotita (bt); calcopirita (cpy); hornblenda (hb); muscovita (ms); plagioclásio (plg); pirita (py) e quartzo (qtz). .....63

Figura 25. Fotomicrografias do minério disseminado do Alvo Suruca SW: A (lâminas SU\_941a) e B (lâmina SU\_952a) associação paragenética dos principais minerais de minério (calcopirita e pirita) com magnetita, detalhe em (B) para a textura de penetração; (C) Calcopirita e pirita disseminadas associadas ao epídoto (lâmina

SU\_941c); (D) Pirita euhedral associada a alteração com epídoto (lâmina SU\_941a); (E) (lâmina 941d) e (F) (lâmina SU\_943c) minério disseminado associado à alteração propilítica e epidotização; (G) e (H) calcopirita e pirita associada a alteração propilítica, detalhe para calcopirita interplanar a clorita (lâminas SU\_943c). A, B, C, E, F e H em luz refletida; D e G em luz transmitida com nicóis descruzados. LEGENDA: calcopirita (cpy), clinozoisita (czo), clorita (clt), epídoto (ep), magnetita (mag), muscovita (ms), plagioclásio (plg), pirita (py) e quartzo (qtz).....65

Figura 26. Fotomicrografias de elétrons retroespalhados (lâmina SU\_941a: A, B, C e D; e lâmina SU\_943c: E e F). Em (A) e (D) prata inclusa em cristais de calcopirita e, em (D) inclusa na galena; (B) esfalerita e galena associadas aos cristais de epídoto; (C) pirita inclusa na calcopirita com cristais de prata e molibdênio em suas bordas; (E) Monazita nas bordas de cristais de epídoto; e (F) prata e cádmio na borda de pirita em contato com mica. LEGENDA: biotita (bt), cádmio (Cd), calcopirita (cpy), epídoto (ep), esfalerita (sph), galena (gn), molibdênio (mo), muscovita (ms), monazita (mnz), pirita (py), prata (Ag) e quartzo (qtz). .....67

Figura 27. Monazita associada ao minério disseminado. Os gráficos (001 e 002) mostram a composição da monazita a partir do espectro EDS. Fotomicrografia em elétrons retroespalhados. LEGENDA: calcopirita (cpy).....68

Figura 28. Em (A) e (B) ocorrência de ouro nas bordas da pirita associada à alteração propilítica, em (B) detalhe para o cristal ovalado de ouro (lâmina SU\_941d); (C) ocorrência de ouro na bordada calcopirita em contato com quartzo; e (D) liga de Mo+Ag+Au inclusa na pirita. A e B fotomicrografias em luz refletida; C e D imagens de elétrons retroespalhados. LEGENDA: calcopirita (cpy), epídoto (ep), muscovita (ms), molibdênio (Mo), ouro (Au), pirita (py) prata (Ag) e quartzo (qtz). .....69

Figura 29. Em (A) e (B) galena em vênula de quartzo (lâmina 941c e 943c). (C) vênula de quartzo com calcopirita e pirita associados a epídoto, remobilizadas (lâmina 941c). (D) com calcopirita e pirita muito finas entre grãos de quartzo e micas (lâmina 941a). (E) e pirita e calcopirita em vênula de quartzo (lâmina 941c); (F) esfalerita associada nas bordas do quartzo e pirita (lâmina 941c). (G) associação de pirita + calcopirita +magnetita com textura de substituição (lâmina 952a); e (H) calcopirita inclusa em pirita subhedral (lâmina 952a). A, E, G, e H tiradas em luz refletida; B, D e F em Microscópio eletrônico de varredura (MEV); e C em luz transmitida. LEGENDA: biotita

(bt), calcopirita (cpy), esfalerita (sph) galena (gn), epídoto (ep), muscovita (ms), plagioclásio (plg), pirita (py), e quartzo (qtz).....71

Figura 30. Imagens de elétrons retroespalhados da presença de fases ricas em Ni + As + Ag na borda da pirita, além de fases ricas em Ag e Bi em fraturas intracristalinas da pirita. Ao lado, estão os espectros EDS que permitiram a identificação dessa assinatura geoquímica. ....72

Figura 31. Gráficos de eds (A, C, E, F) oriundos de análises no Microscópio Eletrônico de Varredura indicam as relações de Au e Ag nas ligas electrum de ouro. Em (B) e (D) relação quantitativa de Ag e Au nas ligas (lâmina SU\_941<sup>a</sup>). (A, B, C, D) lâmina SU\_941; (E) lâmina SU\_941c; e (F) lâmina Su\_943b. ....73

Figura 32. Imagens de elétrons retroespalhados em Microscópio eletrônico de varredura (Mev); Em (A) cristal de pirita com ouro adjacente inclusos em calcopirita na vênula de quartzo (lâmina SU\_943b); (B) liga de ouro e prata na borda de cristal de calcopirita em vênula de quartzo (lâmina SU\_941a); (C) visão em detalhe do ouro em B; (D) Inclusão de liga de Au e Ag em cristal euhedral de calcopirita (lâmina SU\_941c); Em (E) associação de calcopirita com pirita e epídoto em vênula de quartzo, com ouro, e prata ocorrendo adjacente a pirita (lâmina SU\_941a). (F) visão de detalhe do ouro em E; (G) associação de ouro com quartzo em fratura contida em cristal de quartzo adjacente a pirita (lâmina SU\_943c); (H) ouro livre em quartzo adjacente a sulfetos (lâmina SU\_943b). LEGENDA: quartzo (qtz), epídoto (ep), ouro (Au), calcopirita (cpy), pirita (py) e prata (Ag). ....74

Figura 33. Gráficos de correlação dos teores de Au e Cu (ppm) em função da profundidade dos testemunhos do alvo Suruca SW: furos (A) SU\_939; (B) SU\_941; (C) SU\_943 e (D) SU\_952. ....76

Figura 34. Gráfico de correlação elementar entre os teores de Au (ppm) e Cu (%) das zonas mineralizadas dos furos SU\_939 (A), SU\_941 (B), SU\_943 (C) e SU\_952 (D). ....77

Figura 35. Gráfico de dispersão relacionando teores de Au e Ag das zonas mineralizadas dos furos SU\_939 (A), SU\_941 (B), SU\_943 (C) e SU\_952 (D). ....77

Figura 36. Gráficos de dispersão relacionando teores de Au e Zn das zonas mineralizadas dos furos SU\_939 (A), SU\_941 (B), SU\_943 (C) e SU\_952 (D). ....78

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 37. Gráficos de dispersão relacionando teores de Au e Pb das zonas mineralizadas dos furos SU_939 (A), SU_941 (B) e SU_943 (C). .....                                                                                                                                                    | 79 |
| Figura 38. Gráficos de dispersão relacionando teores de Au e Pb das zonas mineralizadas do furos SU_952, em A) gráfico feito sem o intervalo com valor fora do padrão do furo e B) gráfico que apresenta boa correção devido ao valor de teor alto e fora do padrão dos valores analisados..... | 79 |
| Figura 39. Gráfico de dispersão relacionando teores de Au (ppm) e Fe (%) das zonas mineralizadas dos furos SU_939 (A), SU_941 (B), SU_943 (C) e SU_952 (D).....                                                                                                                                 | 80 |
| Figura 40. Gráficos de dispersão relacionando teores de Au e Mo das zonas mineralizadas dos furos SU_939 (A), SU_941 (B), SU_943 (C) e SU_952 (D).....                                                                                                                                          | 81 |

## Sumário

|                                                                  |     |
|------------------------------------------------------------------|-----|
| 1. Introdução .....                                              | 14  |
| 1.1 Problemática e Justificativa .....                           | 16  |
| 1.2 Objetivos .....                                              | 17  |
| 2. Materiais e Métodos .....                                     | 18  |
| 3. Depósitos do Tipo Pórfiro vs Epitermal e Skarns .....         | 20  |
| 4. Contexto Geológico Regional .....                             | 27  |
| 3.1 Arco Magmático de Mara Rosa .....                            | 28  |
| <b>4.1.2 Principais Unidades Litoestratigráficas</b> .....       | 30  |
| 3.2. Geologia Estrutural .....                                   | 34  |
| 3.3 Evolução Geológica da Área .....                             | 36  |
| 3.4 Geologia do Alvo Suruca .....                                | 37  |
| 5. Resultados .....                                              | 40  |
| 5.1 Seções Geológicas analisadas .....                           | 40  |
| 5.2 Petrografia das rochas hospedeiras .....                     | 44  |
| 5.3 Alteração Hidrotermal .....                                  | 51  |
| 5.4 Tipos e estilos da Mineralização – Zonas Mineralizadas ..... | 64  |
| 5.5 Geoquímica do Minério .....                                  | 75  |
| 6. Discussões .....                                              | 82  |
| 7. Conclusões .....                                              | 90  |
| 8. Referências Bibliográficas .....                              | 92  |
| APÊNDICE I – DESCRIÇÕES PETROGRÁFICAS .....                      | 96  |
| APÊNDICE II – TABELA DE ANÁLISES GEOQUÍMICAS .....               | 134 |

## 1. Introdução

Depósitos de cobre tipo pórfiro correspondem a importantes sistemas magmático-hidrotermais e são principais fontes de Cu do planeta. Caracterizam-se por apresentarem grandes tonelagens (ca.  $10^6$  -  $10^9$  t), porém, com moderados a altos teores de Cu (ca. 0,7% a 1,1% @ Cu), ao qual Mo, Au e Ag podem ocorrer como subprodutos. A maioria dos depósitos ocorre em cinturões orogênicos pós-Paleozoicos, porém, nas últimas décadas, vários depósitos pré-cambrianos foram reconhecidos e datados, apesar das dificuldades relacionadas ao seu reconhecimento frente a deformação, metamorfismo e intemperismo, além do seu difícil registro frente aos processos erosivos. Além disso, os depósitos pórfiros de cobre e ouro em todo o mundo têm uma forte tendência a ocorrerem relacionados a outros sistemas como *skarn*, *carbonate-replacement*, em locais cada vez mais periféricos; e depósitos epitermais de *alta- e-intermediária-sulfetação* (Sinclair, 2007; Sillitoe, 2010).

O depósito magmático-hidrotermal de Cu-Au de Chapada, localizado a 3 km do município de Alto Horizonte (GO) (Figura 1) é a principal jazida mineral encontrada no Arco Magmático de Mara Rosa. Este depósito foi descoberto em 1973 pela INCO Ltda durante campanha de exploração regional, em que sedimentos de corrente indicaram a ocorrência de ouro na área e, assim, foi largamente pesquisado e sondado por diversas empresa na década de 1990. Em Julho de 2003 o depósito de Chapada foi adquirido pela empresa Yamana Gold que iniciou suas atividades na área com abertura de mina e com a produção comercial do concentrado de minério em 2007.

Os trabalhos até então realizados no entorno da Mina de Chapada têm sido executados pela equipe de exploração com o objetivo de ampliar e reavaliar o potencial metalogenético dos depósitos minerais do Arco Magmático de Mara Rosa. Em 2009, foi descoberto a mineralização do Suruca, a 7 km da mina de Chapada, no município de Alto Horizonte (GO). Esse novo alvo correspondente à uma antiga área de garimpo de ouro (Garimpo do Suruca) (Figura 1).

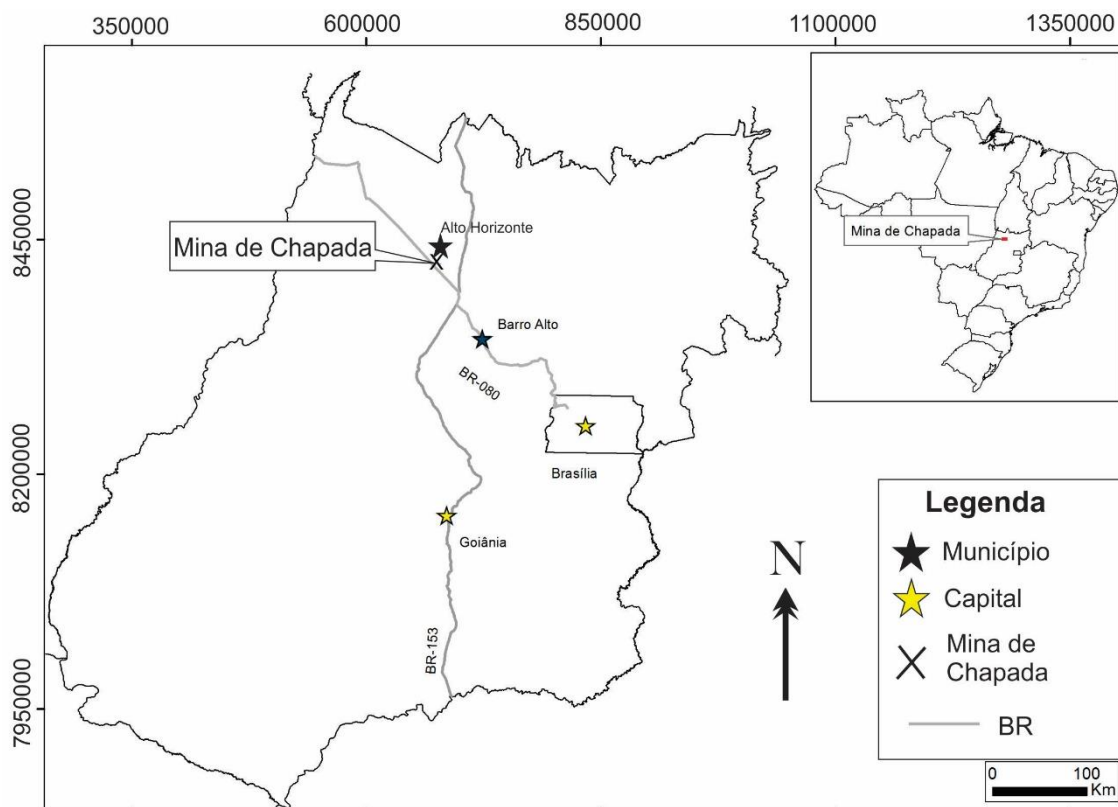


Figura 1 O depósito de Chapada está localizado a 3 km de Alto Horizonte (Chapada), norte do estado de Goiás. A nordeste do depósito de Chapada está localizado o Alvo Suruca.

O depósito de Chapada e o Alvo Suruca são interpretados como pertencentes a um arco de ilha intra-oceânico com deformação e metamorfismo do Ciclo Brasileiro no neoproterozóico (Oliveira, 2009). As interpretações para a gênese do depósito de Chapada são variadas: Kuyumjian (1989, 1991) considera como uma origem vulcânica exalativa, enquanto Richardson et al. (1986) o caracterizou como depósito Au-Cu tipo pórfiro. Atualmente, o modelo genético mais recente e aceito para Chapada é o de Oliveira et al. (2015), que dita uma mineralização primária magmática-hidrotermal Au-Cu pórfiro com posterior re-mineralização orogênica, similar ao modelo genético para Au orogênico/lode ou *Intrusion Related*.

O Alvo Suruca SW, objeto de estudo desse trabalho, possui escassos estudos na literatura a respeito do seu modelo genético. Atualmente, o Alvo é interpretado como pertencente a um sistema skarn (*relatório interno YamanaGold, 2014*) hospedado em rochas metavulcânicas intermediária, intrusões dioríticas e metassedimentos (metapelitos granadíferos e metagrauvacas) enriquecidos em epidoto e calcita. Acredita-se que os níveis de epidoto+calcita sejam antigos Skarns cálcicos que foram expostos a metamorfismo nas fácies anfibolito e posteriormente

ao metamorfismo nas fácies xisto-verde. Nota-se um claro zoneamento metálico no Alvo Suruca, onde na porção nordeste predomina uma zona de Zinco-Chumbo-Ouro com esfalerita, pirita e galena, e na porção sudoeste predomina uma de zona de Cobre-Ouro com agregados de calcopirita e pirita. A transição entre essas zonas é marcada, a princípio, pela mudança de um antigo ambiente skarn proximal para um distal (*Relatório interno YamanaGold, 2014*).

Por fim, o presente trabalho tem como principal foco a porção sudoeste do Alvo Suruca, com principal objetivo na caracterização petrográfica das tipologias e estilos da alteração hidrotermal, dos eventuais zoneamentos metalíferos ao longo de furos de sondagem a partir de geoquímica de rocha total, assim como a paragénese mineral da zona mineralizada. Em adicional, obter vetores minerais e/ou geoquímicos que condicionem e controlem a concentração do Au e Cu dentro da evolução paragenética da alteração hidrotermal do Alvo Suruca.

### **1.1 Problemática e Justificativa**

A geologia de exploração é de extrema importância para avaliação e descoberta de novas jazidas minerais. Trabalhos que envolvam mapeamento geológico regional e de detalhe, geofísica, descrição de furos de sondagens, análises geoquímicas e petrografias, são essenciais para a caracterização e desenvolvimentos dos diferentes alvos exploratórios.

O Alvo Suruca, trata-se de um sistema complexo localizado próximo a mina de Chapada (GO). É interpretado como uma mineralização tipo *skarn* que na porção sudoeste possui zoneamento Cu-Au associado a intrusões dioríticas (por vezes porfíricas) que sugerem um centro pórfiro discreto independente, ao invés de uma manifestação periférica relacionada ao pórfiro primário da Mina de Chapada. O Alvo Suruca possui zoneamento metálico ao longo da direção principal: na região nordeste (Suruca NE) ocorre a mineralização de  $Au + Ag \pm Zn \pm Pb$ , enquanto que na região sudoeste (Suruca SW) as zonas mineralizadas são representadas pela associação metalífera  $Au + Cu \pm Mo$ . Além disso, na região sudoeste observa-se um zoneamento metálico ao longo da seção transversal, de modo que a mineralização de  $Au + Cu \pm Mo$  restringe-se ao núcleo, ao passo que nas bordas (*hangwall e footwall*) predomina a associação exclusiva de Au (*Au only*).

O foco deste trabalho se dá na região sudoeste do alvo Suruca, denominada de Suruca SW, caracterizada pela existência de mineralizações de cobre e ouro. Esse alvo possui o potencial de ser processado, se econômico, na planta de beneficiamento da mina de Chapada e para tal é essencial a caracterização do ouro e suas associações petrográfica com a paragênese sulfetada (pirita e calcopirita) e da alteração hidrotermal, da correlação do metal com diversos outros (vetores geoquímicos), além de uma melhor compreensão da distribuição do minério no depósito.

Nessa temática, há uma importante questão relacionada à geometalurgia do depósito, visto que a planta de beneficiamento de Chapada ser baseada na flotação da calcopirita, com produção de um concentrado de Au e Cu, com recuperação aproximada de 60% do ouro total, o que implica na perda do Au associado a outros minerais (e.g. pirita), já que na sua maioria o ouro associa-se ao mineral de minério calcopirita. Deste modo, no alvo Suruca SW, a caracterização dos modos de ocorrência de ouro pode fornecer subsídios a uma nova forma de recuperação do minério na planta de beneficiamento atual.

Com isso, esse trabalho vem a colaborar com os estudos de detalhe do Alvo Suruca SW, desenvolvidos pelo grupo de exploração geológica da Yamana Gold.

## **1.2 Objetivos**

Esse trabalho tem por principais objetivos:

- (1) A caracterização petrográfica das tipologias da alteração hidrotermal e da paragênese do minério do Alvo Suruca SW, e subordinadamente, de suas hospedeiras.
- (2) Caracterizar controles mineralógicos que condicionem a ocorrência do Au (e.g. tipo de alteração hidrotermal, paragênese hidrotermal e sulfetada) nos níveis de Cobre-Ouro do Alvo Suruca SW. Em adicional, definir a distribuição do ouro no depósito.
- (3) E relacionar os litotipos mineralizados e as alterações hidrotermais com faixas de teor de Cu (baixa  $<0.2\%$ ; média  $0.2 - 0.4$ ; e alta  $>0.4\%$ ) e verificar a relação entre o cobre e ouro ( $Au > Cu$ ,  $Au \sim Cu$  e  $Au < Cu$ ) nas amostras analisadas.
- (4) Definir possíveis vetores geoquímicos associados às zonas mineralizadas a partir de geoquímica de rocha total (diagramas binários, razões elementares, diagramas de correção entre elementos, etc).

## **2. Materiais e Métodos**

Depósito Selecionado: para o desenvolvimento deste trabalho foram utilizadas amostras de rochas oriundas de furos de sondagem diamantada do Alvo Suruca SW, localizado no distrito mineiro de Chapada (GO). Foram selecionadas amostras representativas da alteração hidrotermal, hospedeira e das zonas mineralizadas a Au e Cu. Com isso, 10 amostras foram escolhidas para a aplicação da metodologia, e consequente confecção de lâminas.

Revisão Bibliográfica: a primeira etapa do projeto é destinada à revisão da geologia regional e dos modelos genéticos propostos para os depósitos auríferos/cupríferos do Arco Magmático de Mara Rosa (Au-Cu relacionados a sistemas graníticos: Au-Cu pórfiro e Skarns cupro-auríferos).

Petrografia de luz transmitida e refletida: enfatizou a descrição petrográfica e caracterização das principais zonas de alteração hidrotermal associadas as zonas mineralizadas de Au e Cu, além da definição da paragênese mineral da zona mineralizada (minério sulfetado) do alvo selecionado. Em adicional, foram descritos os modos de ocorrência do Au no decorrer da evolução paragenética do processo hidrotermal (*distintas fases de precipitação?*). Para a descrição petrográfica foram confeccionadas seções delgadas, as quais foram descritas ao microscópio petrográfico convencional, utilizando-se de luz transmitida e refletida. Os estudos microscópicos de luz refletida e transmitida foram realizados, em microscópio binocular Zeiss (Axioskop 40) com aumentos de 2,5x, 5x, 10x, 20x, 50x; no Laboratório de Microscopia do Departamento de Petrologia e Metalogenia (DPM), na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP, Rio Claro).

Microscópio Eletrônico de Varredura: a petrografia convencional foi refinada com o auxílio do microscópio eletrônico de varredura (MEV). Seu principal objetivo esteve na determinação das fases minerais sulfetadas não reconhecidas durante a petrografia convencional, eventuais zoneamentos, complementação dos modos de ocorrência do Au, sua composição, assim como dos metais a ele associados (e.g. Ag, Bi, Cu, Te). Para o uso do MEV as seções polidas, previamente analisadas ao microscópio petrográfico, foram metalizadas com carbono. As leituras foram efetuadas em equipamento da marca JEOL, modelo JSM-6010LA no Laboratório de Microscopia Eletrônica de Varredura do Departamento de Petrologia e Metalogenia (DPM) da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP, Rio Claro).

Geoquímica: para análise das relações entre as mineralizações de cobre e ouro com demais elementos foram utilizados resultados de geoquímica de quatro furos de sondagens distintos: SU\_939 (profundidade do furo de 98,47m com 101 intervalos amostrados), SU\_941 (profundidade do furo de 223,81m com 231 intervalos amostrados), SU\_943 (profundidade do furo de 180,51m e 188 intervalos amostrados) e SU\_952 (profundidade do furo de 160,24 m e 161 intervalos amostrados). Os elementos analisados e utilizados nesse trabalho foram: Au, Cu, Ag, Bi, Cd, Co, Cr, Fe, La, Li, Mn, Mo, Ni, Pb, Sr, Ti, Zn e Zr. O método de leitura utilizado foi para o cobre: AAS40b - Determinação por digestão multiácida, com limite de detecção de 2-5000 ppm; para o ouro: FAA505 – *Au Fire Assay testemunho* – Fusão de 50g, com limite de detecção de 5 ppb; e para os demais elementos: ICP12b – Determinação por digestão em água régia invertida e determinada por *inductively coupled plasma – emission spectroscopy* (ICP-OES) com limites de até 1000 ppm. Todas as análises foram realizadas por SGS GEOSOL LABORATÓRIOS LTDA com procedimentos analítico credenciados pela ISO 14001:2004, ISO 9001:2008 e ISO 17025:2005.

### 3. Depósitos do Tipo Pórfiro vs Epitermal e Skarns

Os depósitos de cobre tipo Pórfiro são caracterizados por apresentarem grandes tonelagens (ca.  $10^6$  -  $10^9$  t) com baixos teores de Cu (ca. 0,7 – 1,1% em peso) (Sillitoe, 2010). É muito comum possuir Mo, Au e Ag como mineralizações secundárias. São localizados em cinturões orogênicos, geralmente, pós-paleozoicos, porém, vários depósitos vêm sendo reconhecidos do pré-cambriano, apesar das dificuldades no reconhecimento causadas por eventos de deformação e metamorfismo. Os depósitos pórfiros de cobre e ouro em todo o mundo têm uma forte tendência a ocorrer relacionados a outros sistemas como *skarn* (Figura 2), *carbonate-replacement*, em locais cada vez mais periféricos; e depósitos epitermais de *alta-* e *-intermediária-sulfetação* (Sillitoe, 2010).

Depósitos do tipo Pórfiro são, essencialmente, mineralizados em Mo-Cu-Au, sendo seus produtos o principal fator de classificação. São formados a partir de sistemas magmático-hidrotermais, através da percolação de soluções aquosas de alta temperatura, e consequente precipitação de minério (sulfetos e/ou óxidos), originados pela cristalização de magmas cálcio alcalinos, oxidados e hidratados (eg. Granitos Tipo I) que, geralmente, possuem textura porfirítica, da qual deriva a nomenclatura do depósito. São comumente encontrados em ambientes colisionais, como arcos magmáticos vulcânicos/cinturões orogênicos (Sillitoe, 1972, Richardson 2003), como se observa no depósito de Chapada (Oliveira, 2009). Os sulfetos ocorrem disseminados e também na forma de veios e *stockworks*, sendo que para sistemas cupro-auríferos, a paragénese do minério é usualmente representada por sulfetos de Cu (calcopirita, pirrotita, bornita, tennantita) + Au + pirita + telureto (Sillitoe, 2010). No depósito de Cu-Au de Chapada, por exemplo, o minério é disseminado e constituído pela associação calcopirita -pirita-bornita -magnetita, sendo a pirita o mineral mais

abundante, enquanto a calcopirita representa o principal e único mineral de minério importante pela associação de teor (Oliveira, 2009).

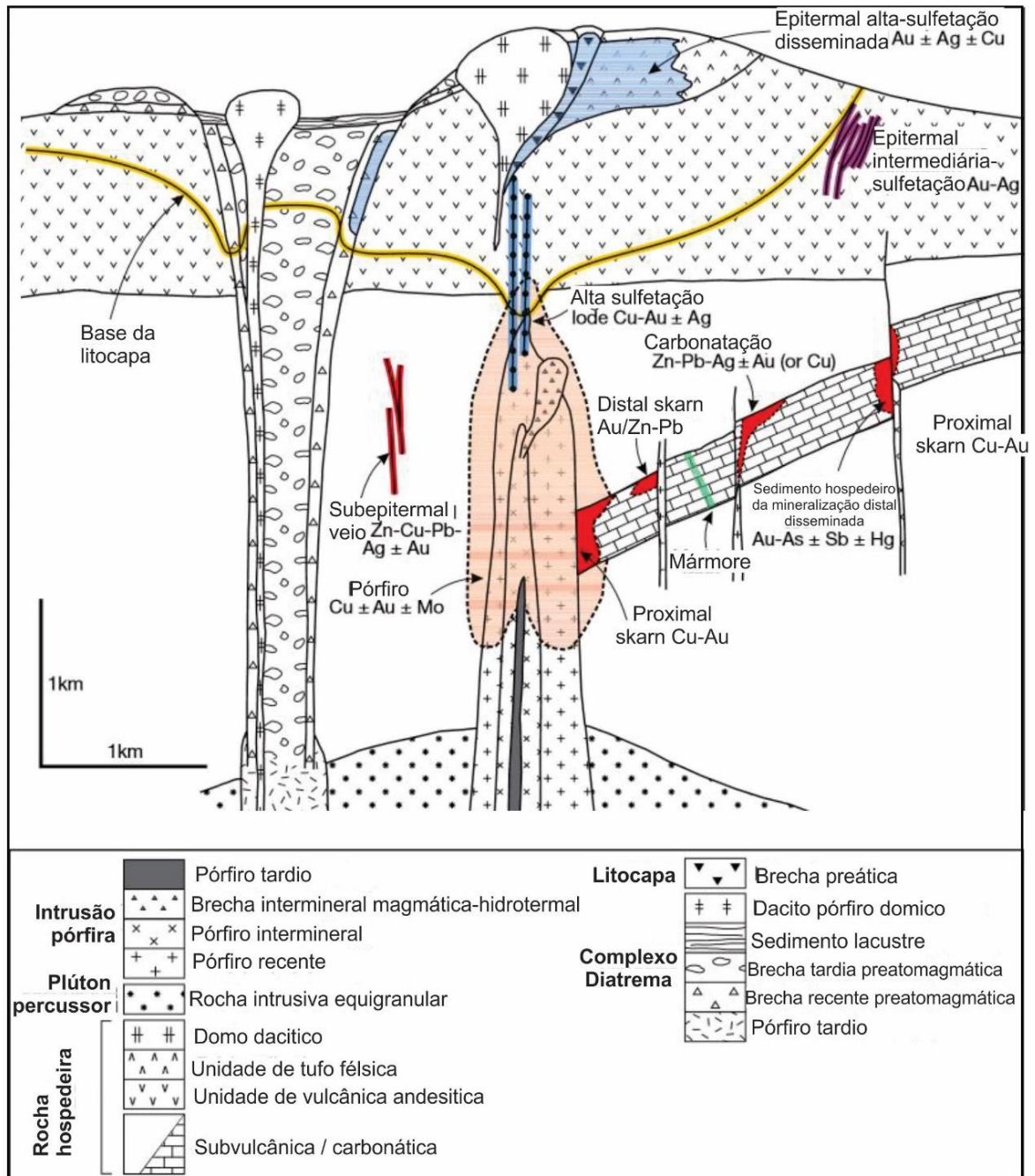


Figura 2. Modelo esquemático que relaciona o sistema pórfiro (Cu±Au±Mo), com os sistemas epitermal e skarn carbonático proximal (Cu-Au) e distal (Au+Zn-Pb), (Sillitoe, 1995, 1999, 2000).

Sistemas pórfiros podem ter diversas fases de intrusões, mineralizações e consequentes alterações, sendo as primeiras usualmente estéreis. As estruturas (veios, vênulas, brechas, sistema *stockwork*), a alteração hidrotermal e até a

mineralização (relação de teores) são os principais guias que separam as diferentes fases.

Por vezes as rochas encaixantes de uma intrusão ígnea podem influenciar a intensidade da mineralização. Depósitos de alta-sulfetação e grandes tonelagens são comumente associadas a rochas epiclásticas ou piroclásticas intensamente fraturadas, especialmente se considerado o modelo magmático-hidrotermal mais raso do tipo epitermal, como mostra a Figura 2. As principais características que definem um sistema epitermal (high sulfidation) são: rochas hospedeiras (vulcânicas alcalinas a cálcio-alcalinas); são formados em profundidades rasas (1-2km); geralmente em regimes de tectônica convergente (arcos de ilhas); mineralizações de Ag+Au+metais bases (Pb-Zn); os fluidos hidrotermais possuem temperaturas entre 200°C a 300°C, são reconhecidos como magmáticos oxidados com influência baixa de fluidos meteóricos e são ácidos (pH 0-2); estilo da mineralização confinada a vênulas e veios de quartzo e também disseminado; em relação a alteração hidrotermal o sistema possui mineralização associada a zonas ácidas (adularia, calcita ou illita) que bordejam veios e vênulas de quartzo, e ainda, pode ocorrer alteração argílica (caulinita e illita) próxima a mineralização e em zonas mais distais há um zoneamento de alteração propilítica típica (White & Hedenquist, 1995).

Ainda, quando rochas carbonáticas/cálcio-silicatadas intercaladas com rochas impermeáveis (siltitos) estão associadas a intrusão de um pórfiro, um sistema skarn pode ser desenvolvido (Sillitoe, 2010). Dessa forma, quando um sistema Skarn é formado adjacente a intrusão, é comum haver um zoneamento hidrotermal no depósito, de modo que nas proximidades ao corpo ígneo concentram-se skarns de Cu+Au, enquanto que nas porções distais, skarns de Au+Zn-Pb (Figura 2) (Meinert, 2000; Meinert et al., 2005; Sillitoe, 2010).

Com isso, Pirajno (2009) relacionou depósitos tipo pórfiro com mineralizações de depósitos tipo Skarn. Skarns são litologias com mineralogia cálcio-silicatada formada devido ao metamorfismo de contato proveniente de intrusões ígneas em rochas sedimentares, geralmente, carbonáticas. Sendo que a mineralização é decorrente da percolação de fluidos de origem magmática do plúton intrudido. São classificados como endoskarn, quando o protólito/mineralização está contido na hospedeira ígnea, e exoskarn quando contida na encaixante sedimentar. Os dois estilos, portanto, podem ocorrer em um mesmo depósito. Exoskarns podem ser

divididos em skarns cálcicos e skarns magnesianos, de acordo com sua assembleia mineralógica (Einaudi, 1982). Quando cálcicos, as rochas intrudidas são carbonatos e o skarn possui assembleia mineral composta por granada (andradita-grossulária), clinopiroxênios (diopsídio), wollastonita, escapolita, epidoto e magnetita. Quando magnesianos, a rocha intrudida é dolomítica e possui assembleia mineral composta por diopsídio, forsterita, serpentina, magnetita, talco e sílica (Einaudi, 1982; Pirajno, 2009). Ainda, há o tipo sílica-pirita skarns que está intimamente ligado a depósitos do tipo Pórfiro segundo Einaudi (1982).

As mineralizações, quando relacionadas com o modelo de depósito tipo Pórfiro, são zonadas: enriquecidas em Cu+Au em área proximal a intrusão, e mineralizações de Au+Zn-Pb são comuns nos membros distais (Figura 2; Meinert, 2000; Meinert et al., 2005; Sillitoe, 2010). Esse zoneamento ocorre devido ao decréscimo de ferro para zonas distais da intrusão e conjunta diminuição de temperatura, isso denota também a oxidação do sistema skarn. Em adicional, esse zoneamento pode ser mapeado como a transição de um endoskarn para o exoskarn (Einaudi, 1982). A qualidade da mineralização de um sistema conjunto de pórfiro e skarn depende, principalmente, da rocha encaixante, sendo sua permeabilidade, mineralogia (carbonática) e presença de estruturas os fatores mais importantes (Einaudi, 1982).

Em sistemas do tipo pórfiro, os skarns cálcicos são os mais comuns e apresentam uma mineralogia composta por granada + clinopiroxênio e wollastonita + granada + idocrásio, com mineralizações de óxidos e sulfetos disseminados, em veios ou maciça em rochas carbonáticas.

Outra relação íntima entre depósitos pórfiros e skarns é a formação da sílica-pirita. Essas são precipitadas durante os estágios avançados do hidrotermalismo em um skarn, a exemplo do que ocorre nas alterações argílica e fílica, comuns nas porções intermediárias do sistema mineral do tipo pórfiro (Einaudi, 1982). Com isso, sílica-pirita skarns possuem assembleia mineral de pirita, quartzo, opala e/ou cristobalita, argilas (montmorillonita, nontronita), clorita e talco.

As principais tipologias da alteração hidrotermal para o modelo tipo pórfiro, são espacial e temporalmente zonadas, e englobam: alteração potássica, composta por feldspato potássico e/ou biotita ± anfibólio ± magnetita ± anidrita; alteração propilítica, mais externa, composta por quartzo + clorita + epidoto + calcita ± albita ± pirita; alteração sericítica, intermediária ao corpo, composta quartzo + sericita + pirita;

alteração argílica, composta por quartzo + illita + pirita ± caulinita ± esmectita ± montmorillonita ± calcita; e alteração sódica, profunda e incomum, composta por albita + quartzo (Guilbert & Park, 1986). Sillitoe (2010) atribui diversas outras alterações para esse sistema, sendo elas: sódica-cálcica, potássica, cloritica-sericita, sericitica e argílica, além das tradicionais alterações propílica e cloritica, ambas de natureza distal (Figura 3).

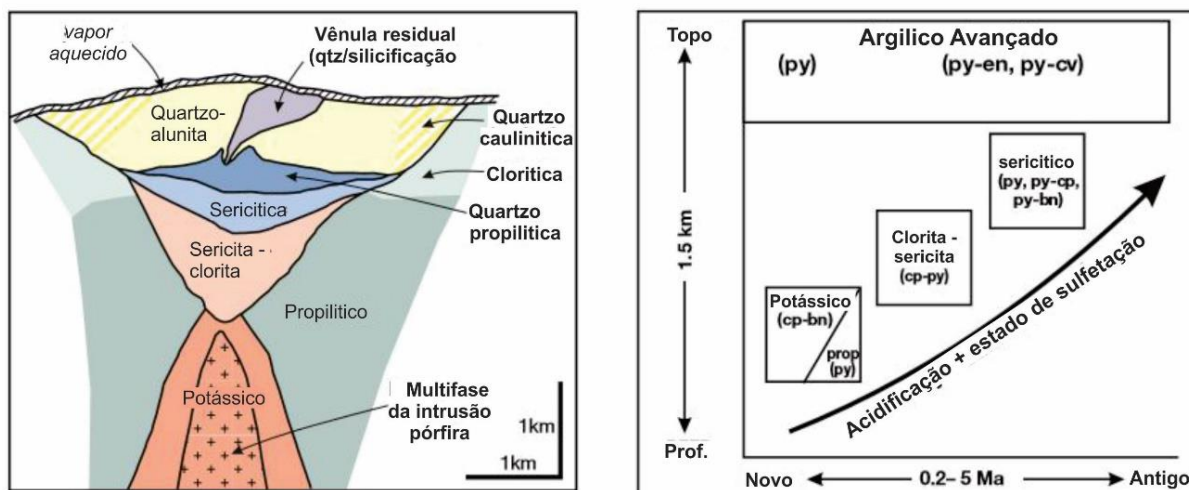


Figura 3. Modelo esquemático de zoneamento hidrotermal para um sistema pórfiro, segundo Sillitoe, 2010. O gráfico indica a sequência da alteração em um sistema pórfiro de cobre em relação a profundidade e idade do sistema. Nota-se que a sequência da alteração potássica até a propílica periférica, passando por sericitica a argílica, resulta em aumento da acidificação e diminuição da temperatura do fluido hidrotermal, o que interfere na precipitação da gama metalífera observada nesse sistema magmático-hidrotermal (Sillitoe, 2000; Sillitoe 2010).

Em relação ao Skarn, a alteração hidrotermal acompanha reações isoquímicas (sistema progradante) de um metamorfismo de contato inicial (Figura 4), e nas fases finais a mineralogia é registrada pelo retrometamorfismo do sistema (sistema retrogradante), devido à instalação de um sistema hidrotermal decorrente de fluidos magmáticos (com pequenas contribuições de fluidos externos) (Figura 4). Os valores de temperatura para o sistema, variam de 700 a 200° C com pressões entre 0,3 a 3 kbar, com salinidades de 10 a 45 wt.% eq. NaCl (Pirajno, 2009).

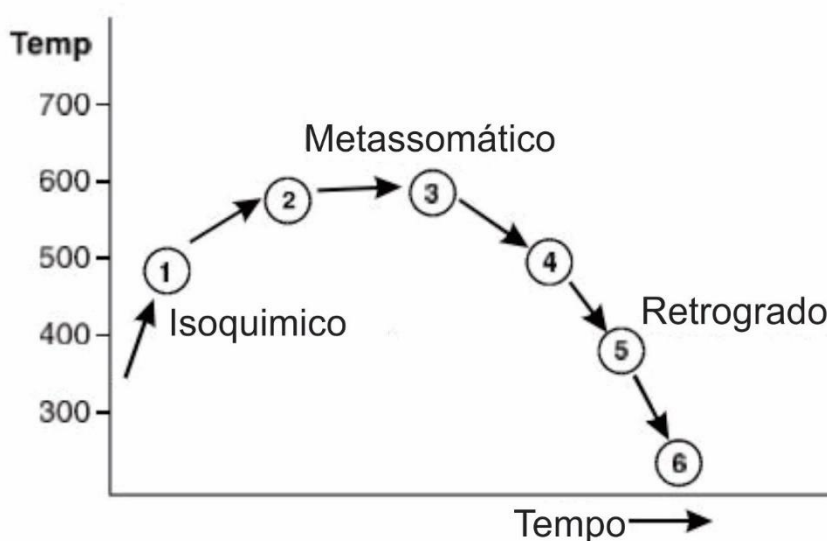


Figura 4. Estágios de desenvolvimento de skarns, em função do tempo e temperatura do sistema. 1-calcita, diopsídio; 2- calcita, diopsídio, wollastonita, vesuvianita, grossulária; 3- andradita, diopsídio-hedenbergita, epidotos, powelita; 4- quartzo, calcopirita, scheelita; 5- anfibólio, calcita, epidoto, quartzo; 6- zeólitas. (Brown et al., 1985).

Quando um sistema pórfiro está relacionado ao desenvolvimento do skarn (Figura 5), o primeiro estágio progradante do skarn está diretamente correlacionado às primeiras etapas da alteração potássica/hidrolítica tardia do pórfiro. Sendo que a alteração potássica do pórfiro é relacionada ao desenvolvimento de uma assembleia mineral no skarn composta por: magnetita, quartzo, pirita e calcita  $\pm$  calcopirita, também relaciona a alteração quartzo, pirita e sericita em um pórfiro ( $500^{\circ} < T < 300^{\circ}\text{C}$ ). O último estágio da alteração (retrograda) é caracterizada pela assembleia mineral argilas (caulinita, montmorilonita, nontronita), clorita, calcita, quartzo, hematita, pirita, e localmente sílica-pirita; com mineralizações de pirita, esfalerita e galena (distais), coincidente com a alteração sericítica e argilica presente em sistemas tipo pórfiro. Sendo que a mineralização é representada por sulfetos em estilo disseminado e/ou confinado a veios (Einaudi, 1982; Pirajno, 2009).

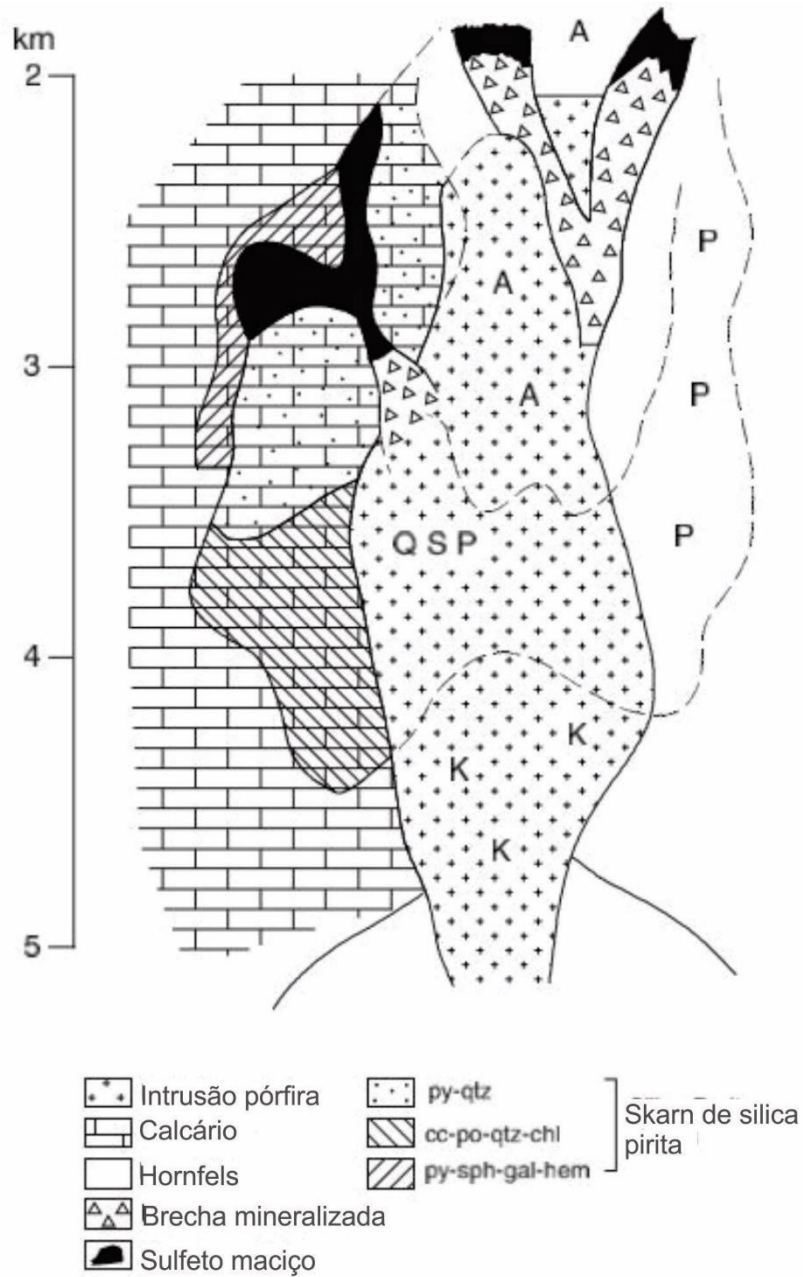


Figura 5. Esquema do zoneamento hidrotermal ideal entre um sistema pórfiro relacionado a um skarn. A- alteração argílica; QSP- alteração filica/sericítica; P- alteração propilítica; K- alteração potássica. (Einaudi, 1982, Pirajno 2009).

#### **4. Contexto Geológico Regional**

A Província Tocantins (Figura 6), localizada na porção central do Brasil, é reconhecida como um sistema orogênico neoproterozóico que teria se desenvolvido nos eventos colisionais de amalgamação do supercontinente Gondwana (Almeida *et al.*, 1977). Está limitada entre os crátons Amazônicos, a oeste, do São Francisco, a leste, a norte pela Bacia do Parnaíba e a sul pela Bacia do Paraná (Valeriano *et al.*, 2004). Com 2000 km de comprimento e 800 km de largura, em um *trend* principal norte-sul, é composta por três faixas orogênicas: Faixa Brasília a leste e a Faixas Araguaia e Paraguai a oeste. A Faixa Brasília é, em síntese, uma sequência espessa de rochas metassedimentares com uma grande influência de rochas vulcânicas de um arco neoproterozóico juvenil, denominadas de Arco Magmático de Goiás (Valeriano *et al.*, 2004; Almeida *et al.*, 1977).

A área de estudo situa-se em uma das compartimentações tectônicas da Faixa Brasília, denominada de Arco Magmático de Goiás, a qual corresponde a um arco magmático juvenil neoproterozóico, formado entre 880 e 640 Ma (Valeriano *et al.*, 2004). O Arco Magmático de Goiás ocupa a região ocidental da Faixa Brasília (Figura 6), desde a cidade de Arenópolis até Porangatu-Mara Rosa. Está compartimentado em dois domínios principais: (1) Arco Magmático de Arenópolis, a sul, e (2) Arco Magmático de Mara Rosa, na região norte, onde localiza-se o Alvo Suruca, objeto de estudo deste trabalho (Pimentel & Fuck, 1992; Pimentel *et al.* 1997).

## Legenda

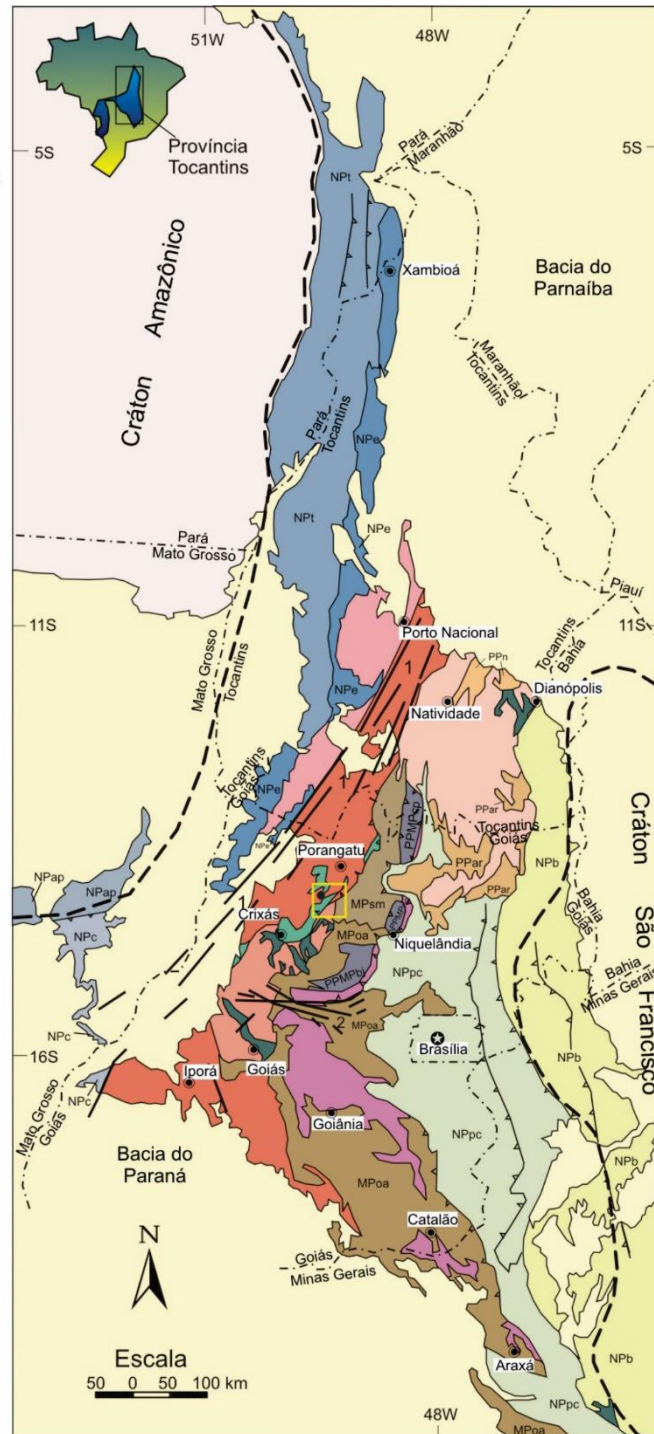


Figura 6. Mapa Geológico da porção centro-leste da Província Tocantins, com a localização aproximada do depósito de Cu e Au de Chapada. (Pimentel et al., 2004).

### 3.1 Arco Magmático de Mara Rosa

O Arco Magmático de Mara Rosa é representado por estreitas e anastomosadas seqüências metavulcano-sedimentares, com direção principal NNE,

intercaladas com ortognaisses tonálticas a dioríticos, além de intrusões tardi- a pós-orogênicas (Figura 7) (Pimentel *et al.*, 1997).

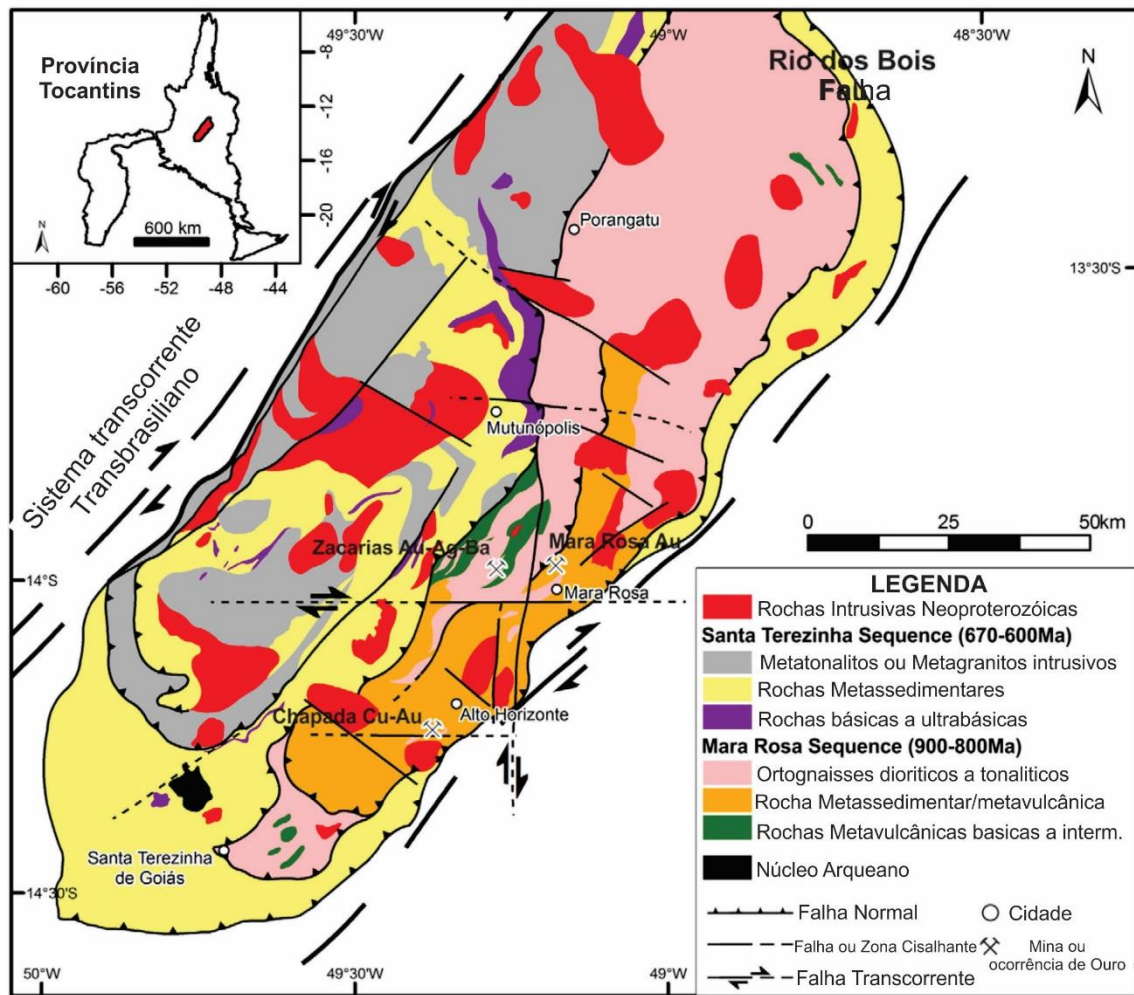


Figura 7. Mapa Geológico do Arco Magmático de Mara Rosa, com destaque para a localização da Mina de Chapada. (Oliveira, 2015).

A Faixa Brasília possui um sistema de falhas reversas e de empurrão, com vergência tectônica em sentido leste, ao cráton São Francisco. Em resposta a essa movimentação, as feições estruturais encontradas no Arco Magmático de Mara Rosa compõem um sistema regional de zonas de cisalhamento reversas oblíquas e/ou de empurrão com alto ângulo, com direção geral NE. Na região, essa estrutura é denominada como falha Rio dos Bois, além de outras falhas discretas de cisalhamento direcional com direção NW (Ramos Filho *et al.*, 2003).

Por fim, são reconhecidas diversas mineralizações no Arco, sendo quatro as associações principais: Depósito de Zacarias (Au-Ag-Ba), Depósito de Chapada (Cu-

Au), Depósito de Posse (Au-Cu-Bi) e ocorrência de Mundinho (Au-Cu) (Oliveira *et al.*, 2004).

As principais unidades litoestratigráficas do Arco Magmático de Mara Rosa serão descritas a seguir, e foram baseadas de acordo com os trabalhos de Arantes *et al.* (1991) e Relatório da Folha de Campinorte da CPRM (Oliveira *et al.*, 2007).

#### **4.1.2 Principais Unidades Litoestratigráficas**

##### ***3.1.2.1 Sequência metavulcano-sedimentar Mara Rosa – NP1mr***

Essa sequência de rochas supracrustais foi inicialmente descrita por Arantes *et al.* (1991) que as compartimentou em três faixas estreitas e anastomosadas de direção geral NE: faixas leste, central e oeste. Essas faixas são individualizadas entre si por metatonalitos/metadioritos também alongados. Todas as faixas são compostas em proporções distintas por associações de metabasaltos, metatufos intermediários a félsicos, metaultramáficas, metagrauvacas finas a médias, metacherts, formações ferríferas e metassedimentares psamo-pelíticas metamorizadas em fácies xisto verde a anfibolito. As faixas leste e oeste são dominadas pelos metassedimentos e a faixa central pela sequência metavulcano-sedimentar com metavulcânicas básicas e ortognaisses tonalíticos. A CPRM (2007) em mapeamento da Folha de Campinorte descreveu os principais litotipos (subunidades) da sequência metavulcano-sedimentar Mara Rosa, que serão detalhadas a seguir (Oliveira *et al.*, 2007).

##### ***Subunidade metavulcânicas básicas – NP1mr1***

Essa subunidade possui características geomorfológicas de superfície peneplanizada encoberta por concreções lateríticas ferruginosas, e aflora a oeste de Mara Rosa e Alto Horizonte (Chapada). É composta pela associação de metavulcânicas e metaplutônicas básicas, além de metassedimentares químicas e pelíticas subordinadas. As metavulcânicas básicas são representadas por anfibolitos finos com mineralogia composta por hornblenda e plagioclásio, enquanto as metaplutônicas básicas (metagabro-dioritos) são representadas por anfibolitos, quartzo anfibolitos, quartzo-biotita-granada anfibolito com foliação difusa, bandamento incipiente a intenso e granulação média. Embora o metamorfismo tenha atingido fácies anfibolito, domínios com fácies xisto verde podem ocorrer, e são marcados pela presença de actinolita, clorita, epídoto e carbonato, resultantes de retrometamorfismo.

Adicionalmente, corpos menores de metatonalitos, metadioritos e hornblenditos intrusivos pouco deformados ocorrem de modo subordinado (Oliveira *et al.*, 2007).

Datações U-Pb em zircão (TDM) por amostras de anfibolito forneceram idades de  $603 \pm 6$  Ma e  $638 \pm 2$  Ma (Junges *et al.* (2003)).

#### *Subunidade metassedimentar – NP1mr2*

É composta por rochas metassedimentares psamo-pelíticas encaixadas em uma intrusão granítica (Granito Faina), a NW de Alto Horizonte. Exibem alto ângulo e direção principal NE. São compostas de granada-estaurolita-plagioclásio-quartzo-muscovita-biotita-xisto, cianita-granada-biotita xisto, biotita-quartzo xisto. O metamorfismo teria atingido fácies anfibolito. Ainda, intercalada a essas rochas ocorrem metassedimentos químicos representados por gonditos e metacherts (CPRM, 2007).

Sugere-se que as áreas fontes dessas rochas teriam sido sedimentos imaturas derivados da erosão de material neoproterozóico juvenil provenientes do próprio arco magmático. São, portanto, caracterizados por metagrauvacas oriundas de sedimentos de erosão de tonalitos presentes na região (Viana *et al.*, 1995; Junges, 1998).

#### *Subunidade metavulcano-sedimentar – NP1mr3*

É composta por uma gama de rochas metavulcânicas ácidas e metassedimentares psamo pelíticas e químicas, além de produtos hidrotermais associados às mineralizações de Cu-Au de Chapada e de Au de Mundinho, Viúva e Suruca. São elas: estaurolita-cianita anfibolito, quartzo epidositos, pirita-quartzo-sericita-xistos, muscovita-biotita xisto feldspáticos, muscovita-biotita-plagioclásio-microclinio gnaiss e gedrita-antofilita xisto. As rochas metavulcânicas básicas são representadas por anfibolito finamente bandados com variações de granada anfibolito, biotita anfibolito, antofilita anfibolito e epídoto anfibolito. As metavulcânicas ácidas a intermediárias (metariodacitos, metadacitos, metatufos andesíticos) são identificadas como biotita-microclínio gnaisses, epídoto-biotita-plagioclásio gnaisses, muscovita-plagioclásio gnaisses e cianita-biotita-plagioclásio gnaiss. A sequência de metassedimentares psamo-pelíticas são representadas essencialmente por biotita-xisto e biotita xisto feldspático que compõem-se essencialmente de biotita, quartzo, plagioclásio com combinações variáveis de anfibólio, epídoto, clorita, feldspato potássico, granada, estaurolita, cianita e muscovita. São ainda comuns como

intercalações quartzitos e metagrauvacas intercaladas por metavulcânicas básicas principalmente a sudeste de Mara Rosa. Intercalados com as metavulcânicas intermediárias a ácidas são descritos quartzitos e anfibólitos xistos, cianita-quartzo-muscovita xistos e quartzo xisto afloram também (Oliveira *et al.*, 2007).

Pimentel *et al.* (1997) datou um granito intrusivo dessa subunidade com idade U-Pb em zircão de  $862 \pm 8$  Ma, sendo essa a sua idade de cristalização. Análise da titanita em mesmo contexto exibiu cristalização em  $632 \pm 4$  Ma, interpretada como idade do último evento metamórfico e deformacional da sequência Vulcano-sedimentar Mara Rosa.

Pelo método Sm-Nd análises das rochas metassedimentares da faixa oeste da sequência vulcano-sedimentar de Mara Rosa, geraram idades modelo ( $T_{DM}$ ) entre 0,9 e 1,2 Ga, indicativas de retrapalhamento das rochas do próprio arco (Pimentel *et al.*, 1997; Junges *et al.*, 2003). Em adicional, Junges *et al.* (2002) afirmam que a deposição dos sedimentos originais pode ter ocorrido em ambiente de bacia oceânica, distante das fontes continentais.

### 3.1.2.2 Ortognaisses - NP1 $\gamma$ 1gnt

São essencialmente representado por biotita gnaisses de composição tonalítica, de granulação média e coloração cinza claro a médio. Exibem foliação difusa e macroestrutura bandada devido a alternância de bandas quartzo-feldspáticas com diferente quantidade de biotita. Quando locados próximos as zonas de cisalhamento esses corpos possuem forma alongada e sigmoidal e migmatização incipiente. Esses gnaisses possuem, por vezes, xenólitos de anfibolitos (Oliveira *et al.*, 2007).

Geoquímica de rocha total indica que essa unidade exhibe teores de SiO<sub>2</sub> entre 52% e 60%, compatíveis aos encontrados para rochas intermediárias metaluminosas. Adicionalmente, afinidade cálcica a cálcio-alcálica, visto exibirem baixas concentrações de Rb, Nb, Y, Zr e ETR (Viana *et al.*, 1995, Pimentel *et al.*, 1997). Esses teores são similares à granitóides do tipo M, provenientes de arcos de ilhas imaturos (Viana *et al.*, 1995, Pimentel *et al.*, 1997). De acordo com Kuyumjian (1989), tonalitos expostos próximos de Chapada (aproximadamente 40 Km a sudoeste de Mara Rosa) tem a mesma assinatura geoquímica primitiva.

Segundo Melo (2006), datação de U-Pb (SHRIMP) em zircão de gnaiss tonalito do depósito de Zacarias demonstra idade de  $845 \pm 5$  Ma. Tal resultado aproxima-se

com a idade dos metatonalitos de Posse e elas registram um importante evento gerador de rochas no arco magmático de Goiás.

### 3.1.2.3 Sequência metavulcano-sedimentar Santa Terezinha de Goiás - NP2st

É composta por rochas de origem supracrustal incluindo produtos derivados de atividade vulcânica, seja derrames ou rochas piroclásticas e derivados de erosão de depósitos vulcânicos do arco magmático. Compreendem amplo conjunto de rochas, tais como quartzito, clorita muscovita xisto, clorita xisto, anfibólio xisto e xisto feldspático. Em sua maioria, representam litotipos paraderivados, porém, com significativa contribuição vulcânica (Oliveira *et al.*, 2007).

Idades de 660-670 Ma, a partir de datação U-Pb (zircão - Shrimp), de rochas vulcânicas indicam que a sequência metavulcano-sedimentar Santa Terezinha é cerca de 200 Ma mais jovem que a sequência metavulcano-sedimentar Mara Rosa. Idades  $T_{DM}$  de rochas vulcânicas desta sequência mostram variação de 0,8 e 1,9 Ga e valores  $\epsilon Nd(t)$  entre 0 e +5, sugestivos de material de contribuição mantélica. Entretanto, idades modelo  $T_{DM}$  de rochas metassedimentares apresentam uma gama mais ampla, entre 0,95 e 2.42 Ga. Idades modelo mais antigas e menores valores  $\epsilon Nd(t)$  entre -5.3 e -15.1, são mais comuns na porção oeste desta sequência, e sugerem duas fontes para a sedimentação da bacia precursora: (1) uma mais antiga, paleoproterozóica ou arqueana, e (2) uma segunda neoproterozóica, proveniente do arco magmático. Por fim, valores  $\epsilon Nd(t)$  entre -2,4 e +3.5, também foram obtidos, e indicam fontes mantélicas com contribuição crustal, possivelmente do próprio arco magmático (Fuck *et al.*, 2006).

### 3.1.2.4 Intrusões Tardi a Pós Orogênicas

Rochas ígneas tardi-pós tectônicas, de composição básica a ácida, intrudem os ortognaisses e rochas supracrustais do Arco Magma de Goiás (Viana *et al.*, 1995, Pimentel *et al.*, 2004). Na região de Chapada há um corpo de olivina-gabro intrusivo na sequência Vulcano-sedimentar de Mara Rosa, que apresenta auréola de metamorfismo de contato de cornubianito cálcio-silicático.

Na região de Mara Rosa, Viana (1995) descreve duas tipologias de corpos intrusivos pós-tectônicos: dioritos e intrusões graníticas. Os corpos dioríticos possuem composição quartzo-diorítica, granulação grossa e foliação incipiente marcada por biotita e hornblenda. As intrusões graníticas exibem grandes dimensões, com

predominância de biotita granitos leucocráticos. Os granitos mais conhecidos (Amador, Faina, Angelim e Estrela) possuem composição intermediária a ácida, são cálcio alcalinos e pós-orogênicos do Ciclo Brasileiro, em torno de 600 Ma (Pimentel *et al.*, 2004). O Granito Faina possui datação de 576 ± 6 Ma (Junges *et al.*, 2002), enquanto as idades  $T_{DM}$  entre 1,1 e 1,5 Ga (Viana *et al.*, 1995, Junges *et al.*, 2002).

### **3.2. Geologia Estrutural**

A região possui complexo contexto estrutural devido a evolução tectônica da Província Tocantins, que inclui as Faixas Paraguai, Araguaia e Brasília. Essas faixas são produtos da orogenia neoproterozóica do Ciclo Brasileiro, que envolveu o Cráton Amazonas, a oeste e o cráton São Francisco, a leste (Fonseca *et al.*, 1995, Almeida *et al.*, 1977).

A Faixa Brasília é composta por rochas metassedimentares e de arcos magmáticos neoproterozóicos na sua maioria. No seu interior as principais estruturas penetrativas são grandes zonas de cisalhamento de empurrão ou reversas com vergência para SE, ou seja em direção ao cráton São Francisco. Essas estruturas separam a sequência Vulcano-sedimentar Mara Rosa dos terrenos granito-*greenstone* arqueanos de Crixás-Hidrolina e das sequências metassedimentares do Grupo Serra da Mesa (Fonseca *et al.*, 1995).

A Zona de Cisalhamento Rio dos Bois, na região de Alto Horizonte, corresponde a principal estrutura regional, e está delineada pelo rio homônimo. Ela é responsável pela justaposição tectônica dos domínios neoarqueanos-paleoproterozóico (complexo Hidrolina e sequência Vulcano-sedimentar Campinorte) e neoproterozóica (sequência vulcano-sedimentar Mara Rosa). Corresponde a uma zona de cisalhamento reversa com obliquidade alta e disposição geral N20-40E/20-40NW com transporte tectônico para SE, sentido cráton São Francisco (Oliveira *et al.*, 2007). A falha Rio dos Bois é a principal estrutura relacionada a remineralização do depósito de Chapada (Oliveira, 2015).

São reconhecidas cinco fases deformacionais/metamórficas principais para a região segundo a Folha de Campinorte (Oliveira *et al.*, 2007) e estão associadas com dois eventos regionais de deformação ( $E_{n-1}$  e  $E_n$ ). Entretanto, somente as três últimas fases são observadas na sequência metavulcano-sedimentar neoproterozoica de

Mara Rosa, sendo as duas primeiras fases de idade paleoproterozóica, e observadas no complexo Hidrolina e na sequência metassedimentar Campinorte.

Assim, Oliveira (2009) mostrou que os episódios de deformação mais significativos para o depósito de Cu-Au de Chapada estariam compreendidos em três fases deformacionais ( $D_n$ ,  $D_{n+1}$ ,  $D_{n+2}$ ), associadas ao evento regional de deformação ( $E_n$ ). Tais fases serão descritas a seguir, segundo Oliveira, *et al.* (2009):

*D<sub>n</sub>*: a primeira fase é caracterizada por dobramentos sub-isoclinais a isoclinais recumbentes, seguidos de redobramento assimétrico aberto coaxial com vergência para E/SE. A foliação  $S_n$  está transposta pelas deformações  $S_{n+1}$  e  $S_{n+2}$  com mudança de atitude e mergulho do plano de foliação. A paragênese plagioclásio-hornblenda indica metamorfismo na fácies anfibolito para  $D_n$ . Os elementos estruturais indicam esforços compressivos E-W a NW-SE para o evento deformacional  $E_n$ . Segundo Junges *et al.* (2002) o pico metamórfico dessa fase teria ocorrido em torno de 760 Ma.

*D<sub>n+1</sub>*: caracterizada pelo falhamento reverso dúctil a dúctil-rúptil com retrometamorfismo na fácies xisto verde, com biotitização associada a mineralização (remobilização de sulfetos) do depósito de Chapada, sericitização do feldspato e silicatos aluminosos, além de cloritização e epidotização sobre o anfibólio e plagioclásio. Exibe dobramento assimétrico apertado com vergência para SE. Fase deformacional responsável pela estruturação da Falha Rio dos Bois, com caráter compressivo orientada na direção  $N30^\circ-60^\circ/20^\circ-30^\circ NW$ . Nessa fase foram geradas diversas estruturas associadas a um sistema de empurrão, tais como dobras de arrasto; dobras assimétricas e inclinadas; dobras recumbentes e parasíticas. O metamorfismo referente a esta fase teria ocorrido até 600 Ma para Junges *et al.* (2002), segundo idades Sm-Nd de pares de granada e rocha total de metassedimentos da sequência metavulcano - sedimentar Mara Rosa.

*D<sub>n+2</sub>*: essa fase é caracterizada por dobramentos simétricos tardios aos quais se associam sinclinais e anticlinais com eixos ortogonais E-W e N-S e falhas normais dúctil-rúptil, controlados pela ascensão do complexo Hidrolina e consequente deslocamento das unidades de cobertura. Alguns dados estruturais indicam ter ocorrido dobramentos regional aberto da foliação em duas direções, E-W e N-S, o que resulta em um padrão de interferência de domos e bacias.

### **3.3 Evolução Geológica da Área**

A Evolução geológica da área é similar ao modelo de evolução magmática de um cinturão colisional proposto por Harris *et al.* (1986). O modelo é baseado na evolução de placas colisionais divididas em quatro estágios com diferentes atividades magmáticas associadas: 1) estágio de subducção; 2) estágio de magmatismo colisional *sin*-tectônico. 3) estágio de magmatismo colisional pós- tectônico, e 4) estágio de extensão pós-orogênico (Oliveira, 2009).

O primeiro estágio (Figura 8A) de subducção (1) intraoceânica teria ocorrido entre 0,8-0,9 Ga. É marcado por vulcânicas toleíticas e rochas plutônicas cálcio-alcálicas (granitos tipo M e I) de arcos de ilha e bacias de retro-arco. O Depósito de Cu+Au de Chapada teria sido gerado nesse primeiro estágio (Richardson *et al.*, 1986; Oliveira, 2009).

No próximo estágio (2) (Figura 8C) ocorreu o espessamento crustal, que coincide com o pico do metamorfismo regional em 630 Ma, ou seja, no final da orogenia brasileira. Esse evento é relacionado com o desenvolvimento da zona de cisalhamento Rio dos Bois e outras estruturas similares e também mineralizadas.

Há indicativos de dois eventos metamórficos: um primeiro em 760-730 Ma (Figura 8B), interpretado como a acreção de terrenos de arcos de ilha; e um segundo em 610 -604 Ma (Figura 8C), associado ao fechamento do oceano Brasileiro e à momentânea colisão dos continentes Amazônico e São Francisco (Junges *et al.*, 2002).

Por fim após o espessamento crustal, houve uma intensa atividade magmática pós-tectônica. Esse evento está intensamente registrado através da colocação de granitos alcalinos (biotita granitos, leucogranito), gabros, dioritos entre 590 e 560 Ma (Junges *et al.*, 2002).

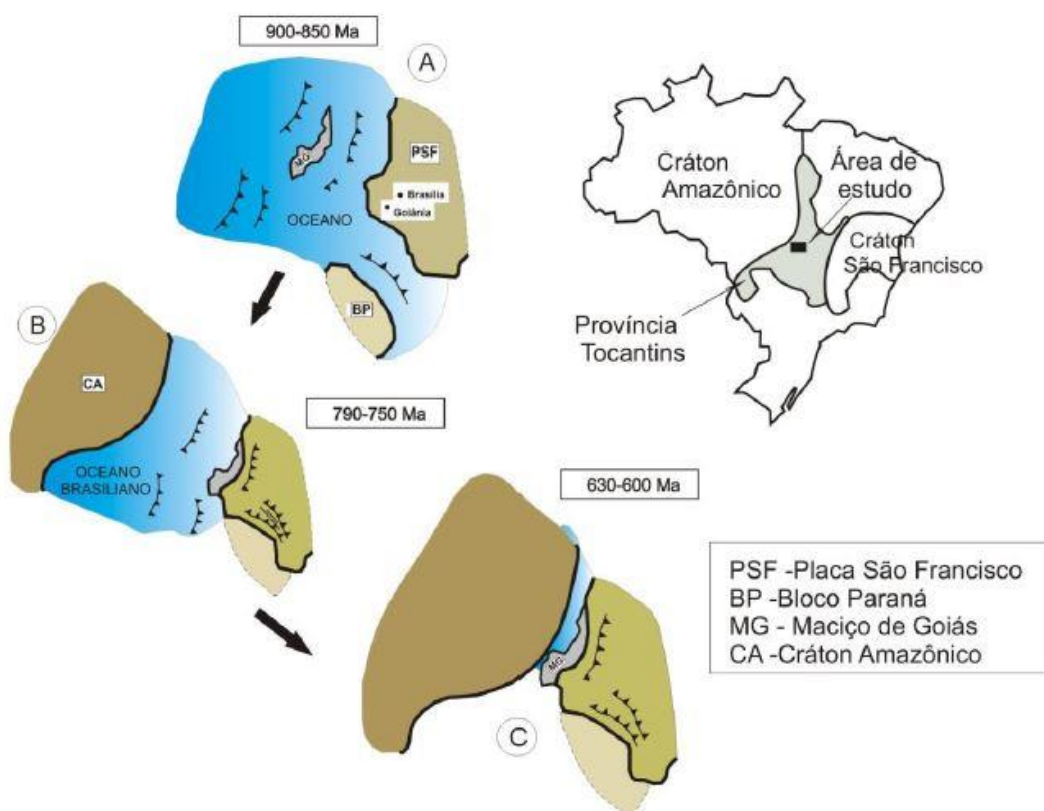


Figura 8. Modelo de evolução geológica da Província Tocantins. (Pimentel et al., 2000).

### 3.4 Geologia do Alvo Suruca

O Alvo Suruca é estudado desde a abertura da Mina de Chapada, no ano de 2007. Canesin (2010) descreve três unidades litológicas principais no Alvo Suruca, informalmente chamadas de A, B e C, todas correlacionadas a subunidade metavulcano-sedimentar da Sequência metavulcano-sedimentar Mara Rosa. A seguir a descrição das três unidades segundo Canesin (2010):

*Unidade A:* composta majoritariamente por hornblenda gnaiss, ocorre com bandas quartzo-feldspáticas e veios de quartzo concordantes e discordantes a foliação. Também são descritos quartzo-epidoto com granada, sendo as granadas produtos do retrometamorfismo em fácies xisto-verde superior do litotipo hornblenda gnaiss. Em adicional, muscovita-epidoto-biotita-hornblenda gnaiss milonítico, muscovita-biotita gnaiss epidotizado, granada-biotita-epidoto-hornblenda gnaiss cisalhado e biotita gnaiss epidotizado e muscovitizado também foram descritos na unidade. É comum notar estruturas de fluxos e miloníticas nas análises microscópicas. Essa unidade

equivale aos anfibolitos reconhecidos na sequência metavulcano-sedimentar Mara Rosa. De acordo com Oliveira (2009), de rochas básicas (basaltos a basaltos andesíticos) corresponderiam ao protólito dos corpos anfibolíticos, enquanto que para Canesin (2010), essa Unidade possui origem e composição intermediária, entre andesitos a tonalitos.

*Unidade B:* é composta pelos seguintes litotipos: biotita gnaiss, epidoto-muscovita gnaiss, epidoto biotita gnaiss, biotita gnaiss epidotizado e muscovitizado, magnetita-muscovita xisto e cianititos/cianita quartzitos. Segundo Oliveira (2009) este litotipo se adaptaria às metassedimentares existentes na região. O autor ainda discute que a sequência metassedimentar psamo-pelítica apresenta ampla variação petrográfica, com destaque para o grupo de biotita xistos e biotita xistos feldspáticos, essencialmente compostos por biotita, quartzo, plagioclásio, com combinações variáveis de anfibólio, epidoto, clorita, feldspato potássico, granada, estauroilita, cianita e muscovita. Porém, visto o arco vulcânico ter contribuído com sedimentos imaturos, as unidades descritas exibem grande semelhança química e petrográfica com sedimentos grauvaqueanos. Entretanto, a classificação dessas unidades é comprometida em decorrência dos diferentes eventos metamórficos que teriam afetado tais sedimentos. O magnetita-muscovita xisto paraderivado, sugere protólito aluminoso, provavelmente composto por cianita e granada, visto que as rochas sedimentares de arco magmático são sedimentos imaturos e não possuem altos valores de alumínio na sua gênese. Admitindo o modelo de mineralizações tipo Cu-Au pórfiro, tal litologia poderia ser resquício de halo argílico, que após o metamorfismo e retrometamorfismo permitiu a formação do muscovita xisto. Próximo ao corpo de magnetita-muscovita xisto ocorre bloco de cianitito e outros litotipos com cianita, que corroboram a ideia mencionada. Para os cianititos, Palermo (1996), os descreve como resultado de atividades hidrotermais ocorridas anteriormente aos eventos metamórficos brasileiros, que teriam produzido litotipos aluminosos, que após o metamorfismo em fácies anfibolito e retrometamorfismo em fácies xisto verde, teriam desenvolvido rochas com cianita.

*Unidade C:* essencialmente composta por quartzo epidosito e muscovita-quartzo xisto. Ambos são resultados de intensos processos de alteração hidrotermal, com difícil reconhecimento do protólito. No muscovita-quartzo xisto a mineralização aurífera é comum e ocorre de forma disseminada e associada à pirita, esfalerita e galena. Três

composições litológicas podem ser observadas para esse litotipo: actinolita-muscovita-epidoto-quartzo-plagioclásio xisto, pirita-clorita-epidoto-muscovita quartzo xisto e pirita-quartzo-epidoto-plagioclásio-muscovita xisto.

O muscovita-quartzo xisto é basicamente composto por minerais secundários, formados por retrometamorfismo em fácies xisto verde. Tal fato dificulta sua classificação quanto ao protólito devido à intensa alteração hidrotermal, metamorfismo e retrometamorfismo atuantes. A remobilização da mineralização e instalação neste litotipo hospedeiro relaciona-se aos eventos metamórficos com pico em fácies anfibolito e retrometamorfismo em fácies xisto verde. A alteração hidrotermal nessa unidade, segundo Canesin (2010), está relacionada temporal e espacialmente ao modelo pórfiro de cobre e ouro.

## 5. Resultados

### 5.1 Seções Geológicas analisadas

Para a realização desse trabalho foram selecionadas 10 amostras, de 4 furos de sondagens distintos (Figura 9), consideradas representativas dos estilos de mineralização do Alvo Suruca. A partir da descrição destes furos de sondagens, em conjunto com as descrições petrográficas realizadas pelo grupo de pesquisa de exploração geológica de Chapada-YamanaGold, foi possível a confecção de três seções geológicas. Ressalta-se que para que os objetivos desse trabalho fossem alcançados, foram selecionadas amostras representativas das zonas mineralizadas a Cu+Au. Portanto, dados de análises química internos foram utilizados como um dos critérios de seleção, ou seja, teores de Cu > 0,1% (*low grade*) foram considerados para escolha.

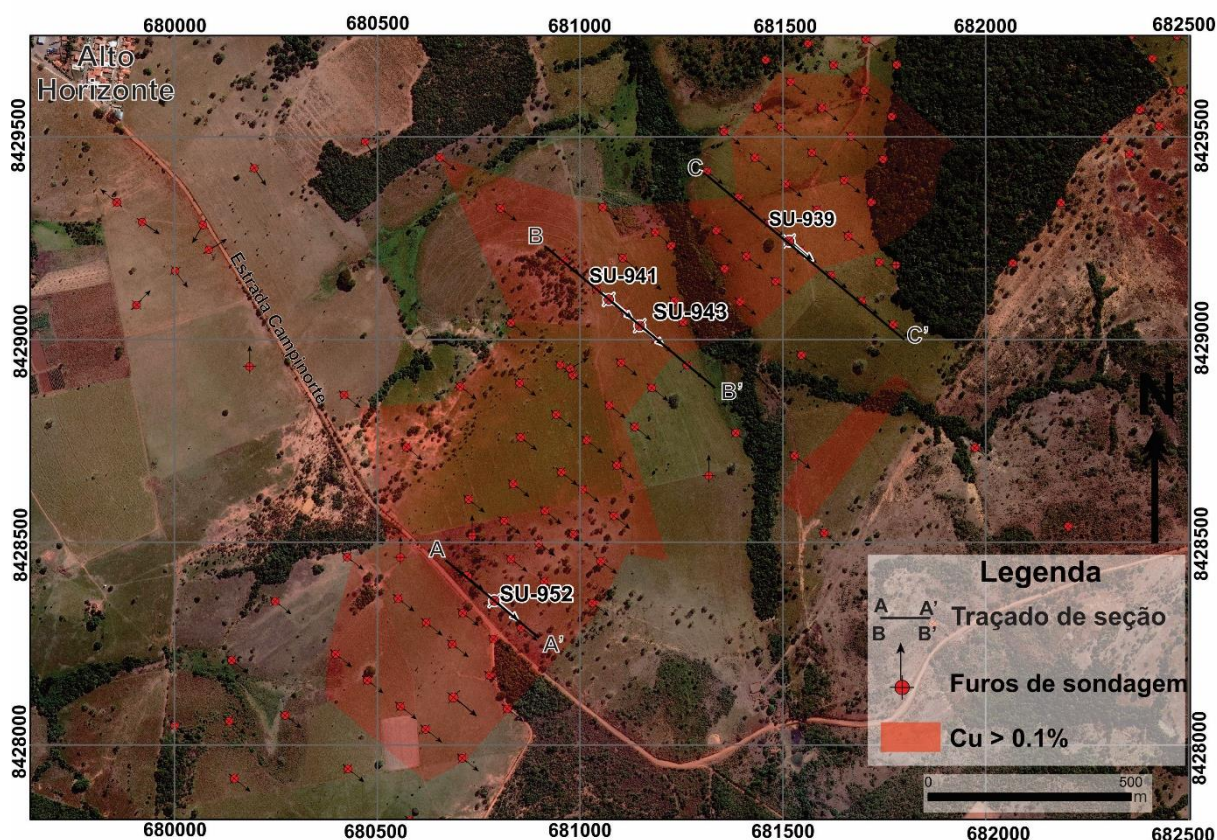


Figura 9 Mapa de Localização dos furos de sondagens utilizados no trabalho (SU\_939, SU\_941, SU\_943, SU\_952), dos quais foram escolhidas 10 amostras para confecção de lâminas delgada-polidas (SU\_939, SU\_941a, SU\_941b, SU\_941c, SU\_941d, SU\_943a, SU\_943b, SU\_943c, SU\_952a, SU\_952b). Os pontos em vermelhos correspondem às locações de furos de sondagem do grupo de exploração da YamanaGold. A demarcação em

vermelho refere-se a envoltória cubada da zona mineralizada ( $\text{Cu} > 0,1\%$ ), indicando, portanto, que as amostras foram coletadas em zona mineralizada (Fonte: YamanaGold).

A Figura 10 mostra a seção A-A', onde estão locados os furos de sondagens: SU\_953, SU\_952 (amostras SU\_952a e SU\_952b) e SU\_977. A exemplo do caso anterior, observa-se que as amostras coletadas enquadram-se na envoltória mineralizada da seção e em litotipos e alterações hidrotermais distintas (com base nas descrições macroscópicas).

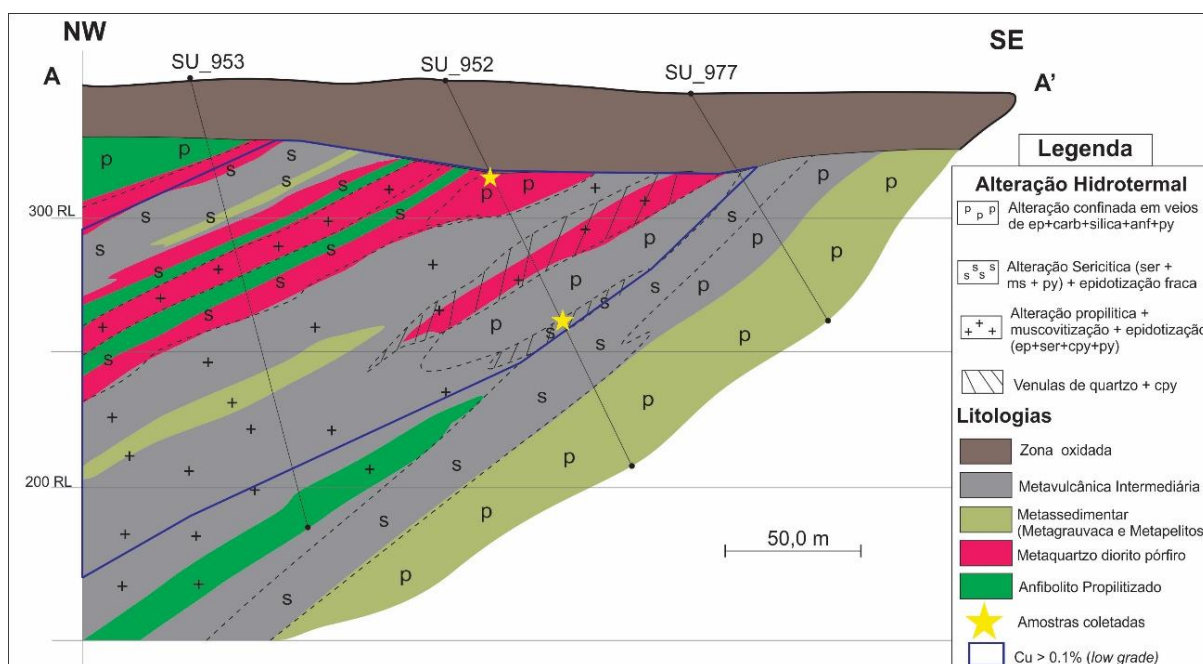


Figura 10 Seção geológica A-A' confeccionada a partir dos furos de sondagem: SU\_953, SU\_952 (amostras SU\_952a e SU\_952b) e SU\_977. Nota-se que as perfilagens tranpassaram distintos litotipos e alterações hidrotermais.

A Figura 11 mostra a Seção Geológica B-B', na qual estão locados os furos de sondagens: SU\_186, SU\_174, SU\_151, SU\_945, SU\_941 (amostras SU\_941a e SU\_941b, SU\_941c, SU\_941d), SU\_120, SU\_943 (amostras SU\_943a, SU\_943b, SU\_943c), SU\_262, SU\_154. Nota-se que as amostras selecionadas estão dentro da envoltória mineralizada da seção. Observa-se também que as amostras distinguem-se tanto em relação a alteração hidrotermal quanto da hospedeira presentes (a partir das descrições macroscópicas).

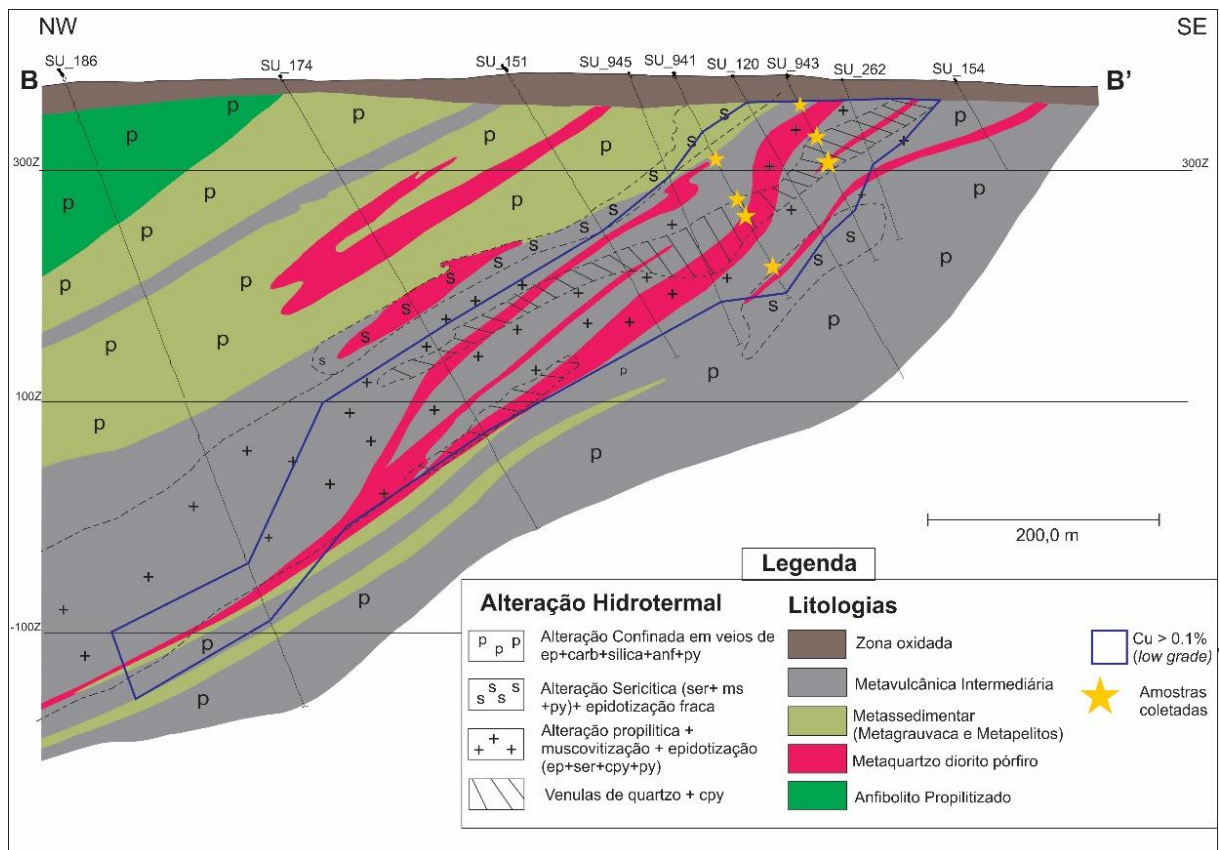


Figura 11 Seção geológica B-B' a partir dos furos SU\_186, SU\_174, SU\_151, SU\_945, SU\_941 (amostras SU\_941a e SU\_941b, SU\_941c, SU\_941d), SU\_9120, SU\_943 (amostras SU\_943a, SU\_943b, SU\_943c), SU\_262, SU\_154. Nota-se que as amostras coletadas inserem-se no pacote mineralizado em cobre (e ouro), conforme a envoltória modelada para  $Cu > 0,1\%$ .

A Figura 12 mostra a seção C-C', onde estão locados os furos de sondagens: SU\_54, SU\_146, SU\_35, SU\_939 (amostra SU\_939), SU\_142, SU\_33, SU\_139 e SU\_31. A exemplo do caso anterior, observa-se que as amostras coletadas enquadram-se na envoltória mineralizada da seção e em litotipos e alterações hidrotermais distintas (com base nas descrições macroscópicas).

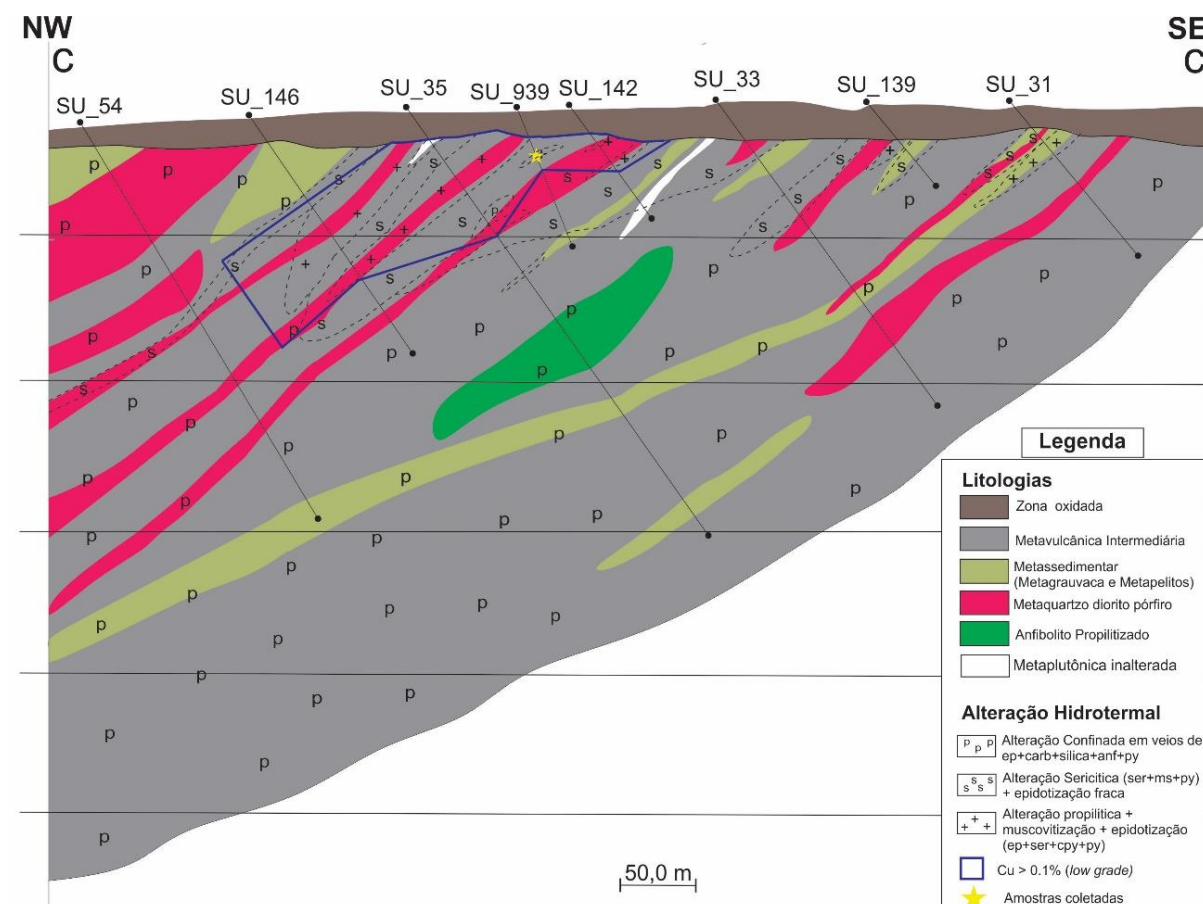


Figura 12 Seção geológica C-C' confeccionada a partir dos furos de sondagem: SU\_54, SU\_146, SU\_35, SU\_939 (amostra SU\_939), SU\_142, SU\_33, SU\_139 e SU\_31. Nota-se que as perfilagens tranpassaram distintos litotipos e alterações hidrotermais e que a amostra coletada está locada em área mineralizada.

Pela análise das três seções (Figura 10, 11 e 12) nota-se que os litotipos possuem direção de mergulho para NW e as alterações hidrotermais possuem, no geral, a mesma direção. Em adicional, verifica-se que a mineralização não exibe controle litológico e que ocorrem na maioria tanto nos metaquartz diorito pórfiro (QDP), quanto na metavulcânica intermediária (MVI).

Foram descritas nesse trabalho seis alterações hidrotermais distintas descritas no capítulo 5.3 a seguir. Porém, a fim de simplificação e melhor visualização nas seções geológicas, tais alterações foram agrupadas em 3 estilos devido ao processo de telescopagem e superposição dos halos. Com isso, em regiões de topo e base das seções (*hangwall* e *footwall*) ocorre alteração (1) confinada marcada por veios de epídoto + quartzo + pirita ± anfibólio; comumente com mineralizações de somente ouro (*Au-only*) e/ou de baixo teor de cobre (<0,1%); como essa alteração não perfaz as mineralizações de cobre e ouro, ela não foi diferenciada e estudada

petrograficamente. Associada a ela, pode ocorrer obliterada a biotitização com consequente mineralização de cobre e ouro, como ocorre na amostra Su\_952a, na seção A-A' (Figura 10). Outro estilo (2) agrupado é a alteração marcada pela muscovitização obliterado por fraca epidotização, que ocorre, como exemplo, na amostra SU\_952b na seção B-B' (Figura 11). Por fim, o último estilo (3) agrupado e que contém as melhores mineralizações, é composto pela obliteração da muscovitização com forte epidotização e/ou forte alteração propilítica, ocorrendo nas amostras dos furos SU\_941, SU\_943 e SU\_939 (Figura 11). Por fim, a silicificação confinada é marcada e está associada as melhores mineralizações.

Ainda, percebe-se claro zoneamento das alterações, onde (1) ocorre em áreas de topo e base (*hangwall* e *footwall*) na forma de um envelope externo e mais regional, enquanto a (3) ocorre na porção central, associada a envoltória mineralizada, parcialmente envolvida por (2), também mineralizada. Apesar de corresponder a um dos modelos mais aceitos até o momento, é possível visualizar que ocorrem halos hidrotermais (e.g. lentes) que não seguem o zoneamento padrão do depósito. Essas divergências, contudo, possivelmente estejam associadas a reologia das hospedeiras, mas principalmente, ao processo de telescopagem, ao qual pulsos hidrotermais recorrentes permitem a sobreposição de padrões da alteração hidrotermal. Além disso, é possível extrapolar a interpretação das seções geológicas e do zoneamento das alterações hidrotermais em escala de mapa do Suruca SW, onde no sentido sudoeste do alvo há a ocorrência de biotitização e nordeste do Alvo Suruca SW a biotitização diminui e os dois eventos de muscovitização tornam-se mais intensos tais como a epidotização e alteração propilítica. Marcando assim, uma variação lateral de intensidade das alterações hidrotermais ao longo do depósito, além do possível caminhamento do fluido hidrotermal.

## **5.2 Petrografia das rochas hospedeiras**

Foram analisadas 10 amostras oriundas de furos de sondagem do Alvo Suruca SW, o que permitiu o reconhecimento de dois litotipos principais: (1) rocha metavulcânica intermediária (MVI) e (2) metaquartzito diorito porfirítico (QDP); cujas descrições encontram-se no APÊNDICE I. Em adicional, foram reconhecidas cinco alterações hidrotermais, temporalmente representadas por: (1) biotitização; (2)

muscovitização (antiga alteração sericítica macroscopicamente reconhecida); (3) epidotização; (4) alteração propilítica e; (5) silicificação.

A Tabela 1 sintetiza as principais características das amostras a partir das descrições macroscópica petrográficas, além da relação de teores de Au (ppm) e Cu (%) provenientes da litogeoquímica (ICP-OES), fornecida pela empresa Yamana Gold.

**Tabela 1.** Relação de Amostras com descrição e classificação da rocha de acordo com atual nomenclatura do projeto Chapada.

| Testemunho | Amostra | Profundidade (m) | Litotipo | Descrição macroscópica                                                                                | sucinta       |
|------------|---------|------------------|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| SU_939     | SU_939  | 37,23            | MVI      | Metavulcânica com alteração sericítica e vênulas de quartzo granular (Au>Cu).                         | intermediária |
| SU_941     | SU_941a | 82,44            | MVI      | Metavulcânica com epidoto e sericita em estilos pervasivo (Au=Cu).                                    | intermediária |
| SU_941     | SU_941b | 133,18           | QDP/MVI  | Metaquartzo diorito porfirítico com epidoto e sericita pervasivos e vênulas de quartzo fumê, (Au>Cu). |               |
| SU_941     | SU_941c | 150,00           | QDP/MVI  | Metaquartzo diorito porfirítico com epidoto e sericita pervasivos (Au>Cu).                            |               |
| SU_941     | SU_941d | 201,47           | MVI      | Metavulcânica com epidoto e sericita pervasivos (Cu>Au).                                              | intermediária |
| SU_943     | SU_943a | 32,22            | MVI      | Metavulcânica com epidoto e quartzo (Au≥Cu).                                                          | intermediária |
| SU_943     | SU_943b | 57,00            | MVI      | Metavulcânica com epidoto e sericita                                                                  | intermediária |

|        |         |        |     |                                                                                                      |
|--------|---------|--------|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|        |         |        |     | pervasivos e vênulas de quartzo (Cu≥Au).                                                             |
| SU_943 | SU_943c | 125,70 | QDP | Metaquartzo diorito porfirítico com epídoto e sericita pervasivos e vênulas de quartzo fumê (Au>Cu). |
| SU_952 | SU_952a | 40,80  | MVI | Interface óxido sulfeto em metavulcânica intermediária com epídoto e sericita pervasivos (Au<Cu).    |
| SU_952 | SU_952b | 101,28 | MVI | Metavulcânica intermediária com alteração sericitica e vênulas de quartzo fumê (Au=Cu).              |

A rocha *metavulcânica intermediária* é fanerítica fina, de coloração cinza clara a escura, e composta por quartzo, plagioclásio, biotita e anfibólio, esses últimos responsáveis pela xistosidade (Figura 13c). Macroscopicamente é difícil visualizar texturas ígneas primárias preservadas, assim como suas relações mineralógicas, visto exibir granulação muito fina e intensa alteração hidrotermal. Microscopicamente são descritas e reconhecidas em 9 litologias nesse trabalho, cujas descrições encontram-se no APÊNDICE I. São elas: biotita-muscovita gnaiss (lâmina 939); biotita gnaiss epidotizado (lâmina 941a); muscovita-quartzo xisto epidotizado (lâmina 941b); Muscovita-gnaiss propilitizado (lâmina 941c); biotita-epídoto-muscovita-quartzo xisto (lâmina 941d); metavulcânica epidotizada (lâmina 943a); biotita-muscovita-quartzo xisto (lâmina 943b); muscovita-gnaiss potassificado (lâmina 952a); e biotita-muscovita xisto (lâmina 952b).

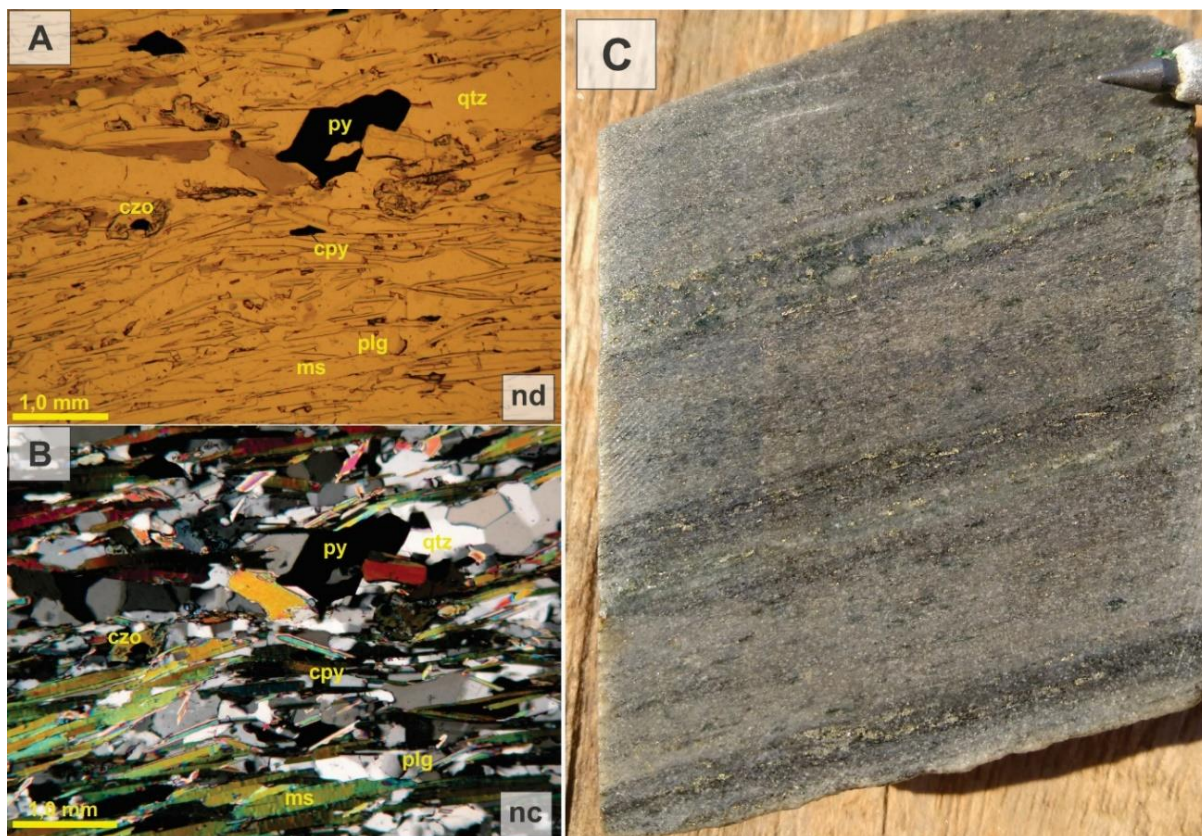


Figura 13. A e B) Fotomicrografias que exibem o bandamento gnáissico com textura lepidogranoblástica característicos do gnaiss (lâmina SU\_ 939); C). Metavulcânica intermediária com fraco bandamento gnáissico e incipiente xistosidade (furo SU\_939).  
 LEGENDA: biotita (bt), calcopirita (cpy), clinozoisita (czo), muscovita (ms), quartzo (qtz), plagioclásio (plg), pirita (py), nicóis descruzados (nd) e nicóis cruzados (nc).

Os litotipos gnaisses apresentam sutil bandamento gnáissico marcado por quartzo e plagioclásio (andesina) granulares, além de biotita e muscovita que definem uma fraca xistosidade. Exibe textura lepidogranoblástica (Figuras 13 a, b; Figura 14 a, b) e, também inequigranular bimodal para uma única litologia (lâmina 941c). Seus cristais são inequigranulares, na maioria subidioblásticos a xenoblásticos, de granulação fina a muito fina e fina a média (Figura 14). No geral, a mineralogia modal é representada por quartzo (28~32%), andesina (22~26%), muscovita (14~17%), epidoto (5~9%), biotita (7~18%), clinozoisita (7~13%), hornblenda (0~2%), clorita (traços-2%), titanita (1~2%), carbonato (traços), apatita (traços) e minerais opacos: pirita (2~5%), calcopirita (2~4%), magnetita (traços), pirrotita (traços) e galena (traços).

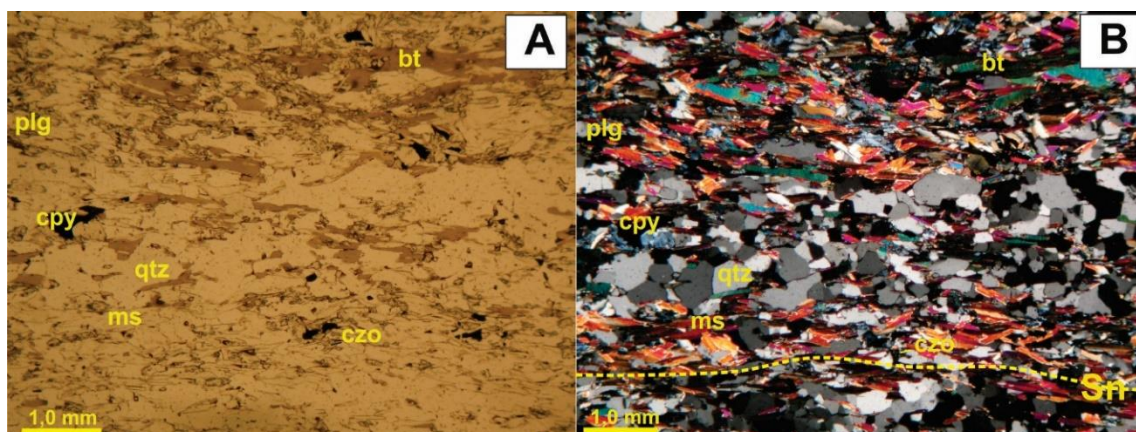


Figura 14. A e B) Fotomicrografias do característico bandamento gnáissico e textura lepidgranodoblástica da metavulcânica intermediária (lâmina SU\_941a). Em A) nicóis descruzados e B) nicóis cruzados com o traço da foliação Sn. LEGENDA: biotita (bt), calcopirita (cpy), clinozoisita (czo), muscovita (ms) e quartzo (qtz).

Os litotipos descritos como “xistos” são representados pelos seguintes litotipos: muscovita-quartzo-xisto epidotizado (lâmina 941b); biotita-epídoto-muscovita-quartzo xisto (lâmina 941d); biotita-muscovita-quartzo xisto (lâminas 943b; 952b). Corresponde a rochas inequigranulares, de granulação fina a média e cristais subidioblásticos a xenoblásticos, com texturas granolepidoblásticas (Figura 15 a, b) (941d; 941b; 952b) até granoblásticas, na forma de mosaico (943a). Apresentam xistosidade marcada por biotita e/ou muscovita (Figura 15). Sua composição mineralógica modal média é representada por quartzo (25~40%), plagioclásio (andesina; 16~18%), muscovita (18~24%), biotita (8~12%), epídoto (2~15%), hornblenda (0~10%), carbonato (2~5%), titanita (1~2%), apatita (traços), pirita (3~2%), calcopirita (4~5%), magnetita (traços-1%).

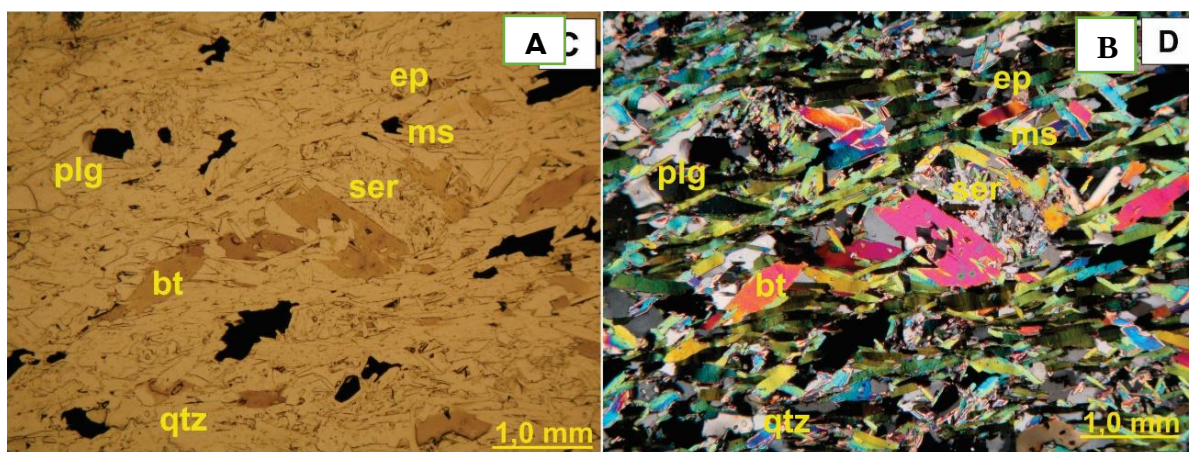


Figura 15. Fotomicrografias do biotita-muscovita-quartzo xisto com textura granolepidoblástica (lâmina SU\_952b). (a) nicóis descruzados e (b) nicóis cruzados.

LEGENDA: biotita (bt), epídoto (ep), muscovita (ms), plagioclásio (plg), quartzo (qtz) e sericita (ser).

No entanto, Medeiros (2017) descreve petrograficamente os litotipos que hospedam as mineralizações do Alvo Suruca SW que neste estudo foram citadas como Metavulcânica Intermediária (MVI) e Metaquartzo diorito porfirítico (QDP). Em relação à metavulcânica intermediária, Medeiros (2017) descreve-o como de composição dacítica, que mediante atuação de processos metamórficos e hidrotermais, teria gerado dois litotipos principais: (1) epídoto-biotita-muscovita-quartzo xisto e (2) epídoto-anfibólio-biotita xisto. Contagem modal de porções menos alteradas do MVI, efetuadas por Medeiros (2017), indicam composição primária representada por quartzo (28-15%), plagioclásio (32-23%) indicativa de composição quartzo-andesítica.

O epídoto-biotita-muscovita-quartzo xisto é inequigranular, granoblástico, de granulação muito fina a fina, de textura xistosa. Ocorre truncado por venulações de quartzo poligonal. É composto por quartzo (28%), plagioclásio-andesina (23%), muscovita (21%), biotita (15%), epídoto (10%), minerais opacos (3%) apatita e titanita (traços). O epidoto-anfibólio-biotita xisto, por sua vez, apresenta textura lepidogranoblástica de granulação fina a média, com cristais de biotita alongados e estirados ao longo da foliação. Os cristais granulares são xenomórficos e exibem incipientes a ausente deformação. Sua composição modal é conferida por plagioclásio (32%), biotita (25%), quartzo (15%), hornblenda (10%), epídoto (8%), muscovita/sericita (5%), minerais opacos (5%), clorita e apatita (traços).

O *metaquartzo - diorito porfirítico* é fanerítico fino a médio, apresenta coloração cinza clara e granulação que varia de fina a moderada (Figura 16a). Os porfiroblastos são representados por quartzo anédrico milimétrico. A biotita denota uma leve foliação, enquanto o quartzo da matriz por vezes ocorre estirado, sugerindo processos de deformação dinâmica. Estruturas reliquias (e.g. porfirítica) são microscopicamente reconhecidas em apenas uma lâmina (943c). De modo geral, a rocha é isotrópica a levemente anisotrópica, fanerítica fina a média, com cristais inequidimensionais, subdioblásticos a xenoblásticos. Possui textura lepidogranoblástica marcadas por cristais de biotita, quartzo e plagioclásio. Vênulas de quartzo inequigranular bimodal ocorrem discordantes e deformados.

Adicionalmente, os fenocristais de quartzo e plagioclásio encontram-se totalmente substituídos por carbonato, e denotam textura reliquiar porfirítica (Figura 16 b, c).

A mineralogia é composta por quartzo (32%), plagioclásio (20%), muscovita (15%), biotita (11%), epídoto (8%), clorita (5%), clinozoisita (2%), carbonato (3%), apatita (traços), titanita (traços) e minerais opacos: pirita (2%) e calcopirita (5%). Embora sua classificação petrográfica seja a de um biotita-muscovita-gnaiss propilitizado, no conjunto, suas relações petrográfica e mineralógicas indicam como protólito um provável quartzo monzodiorito.

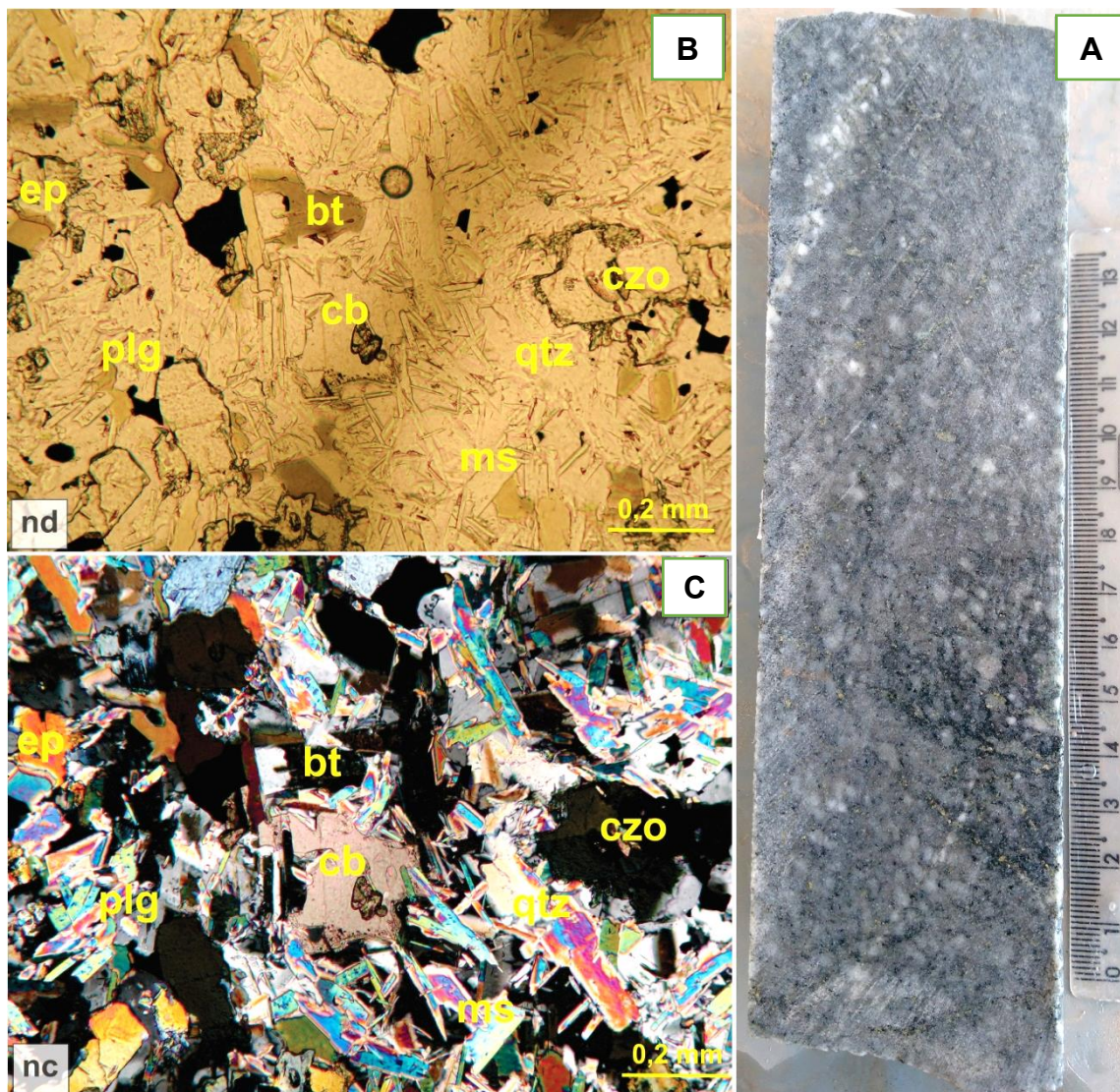


Figura 16. (A) Quartzo-diorito porfirítico com fenocristais de coloração leitosa preservados em matriz de granulação fina a média; (B e C) Fotomicrografias que ilustram a trama subidioblástica a xenoblástica dos cristais, com detalhe para cristal de carbonato em contatos retos com os demais minerais, indicativo de provável fenocristal reliquiar substituído por carbonato. Em (B) nicóis descruzados e (C) nicóis cruzados. Lâmina SU\_943c. LEGENDA:

biotita (bt) e carbonato (cb), clinozoisita (czo), epídoto (ep), muscovita (ms), plagioclásio (plg) e quartzo (qtz).

Para Medeiros (2017-*inédito*) o QPP pode ser subdividido em duas litologias principais, ambos de composição quartzo monzodiorítica: (1) biotita-epídoto-sericita-quartzo-muscovita xisto e (2) biotita-epídoto-muscovita-quartzo-sericita xisto. Ambos apresentam textura granolepidoblástica inequigranular muito fina a média, com cristais geralmente hipidiomórficos, fraca foliação marcada por filossilicatos. Os fenocristais reliquiais estão intensamente saussuritizados. Para (1), a composição mineralógica é dada por muscovita (30%), quartzo (23%), sericita (19%), epídoto (8%), plagioclásio (8%), biotita (5%), opacos (5%), titanita (1%), clorita e carbonato (traços). Em (2), a mineralogia é composta por sericita (35%), quartzo (18%), muscovita (13%), epídoto (12%), biotita (10%), plagioclásio (9%), titanita (1%) e minerais opacos (2%). Deste conjunto, muscovita, epídoto, opacos e titanita correspondem às fases hidrotermais cristalizada.

Por fim, Tanto para o MVI quanto para QDP, processos hidrotermais obliteram as estruturas e mineralogia primárias da rocha original, dificultando o reconhecimento do protólito. Neste contexto, muscovita, epídoto, clinozoisita, clorita, titanita, carbonato, sulfetos e parte da biotita e do quartzo são reconhecidos em ambos os litotipos como produtos hidrotermais. Portanto, tais minerais não compõem a paragênese mineralógica primária mas representariam distintos sequenciamentos da alteração hidrotermal.

### **5.3 Alteração Hidrotermal**

As rochas hospedeiras do Alvo Suruca SW foram intensamente afetadas por processos hidrotermais, temporalmente representados por seis tipologias principais: (1) biotitização; (2) muscovitização (3) epidotização; (4) alteração propilítica; (5) muscovitização 2 e (6) silicificação. A evolução paragenética do sistema hidrotermal, consta na Figura 17 e em exemplares macroscópicos na figura 18.

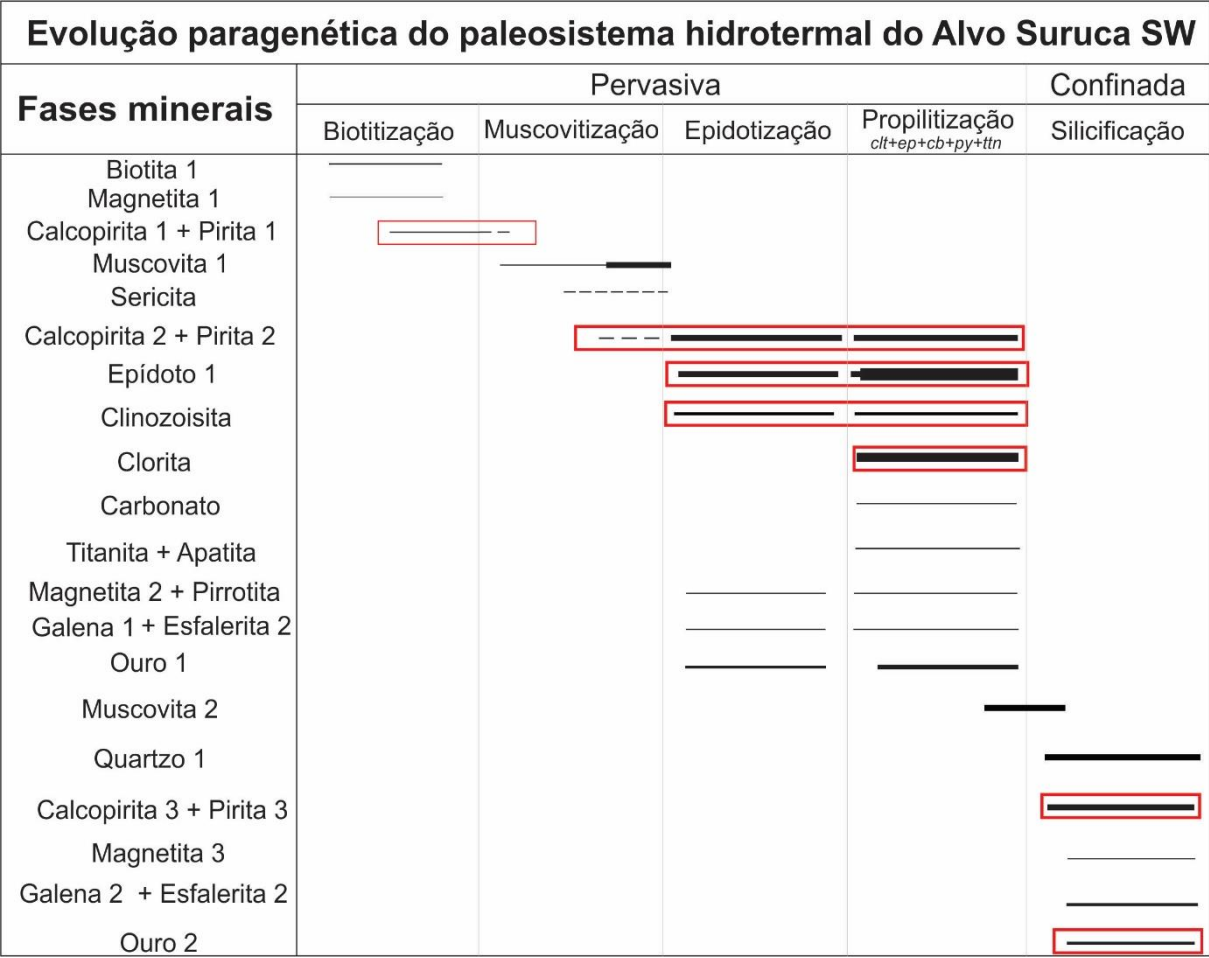


Figura 17. Evolução paragenética do paleosistema hidrotermal do Alvo Suruca SW.

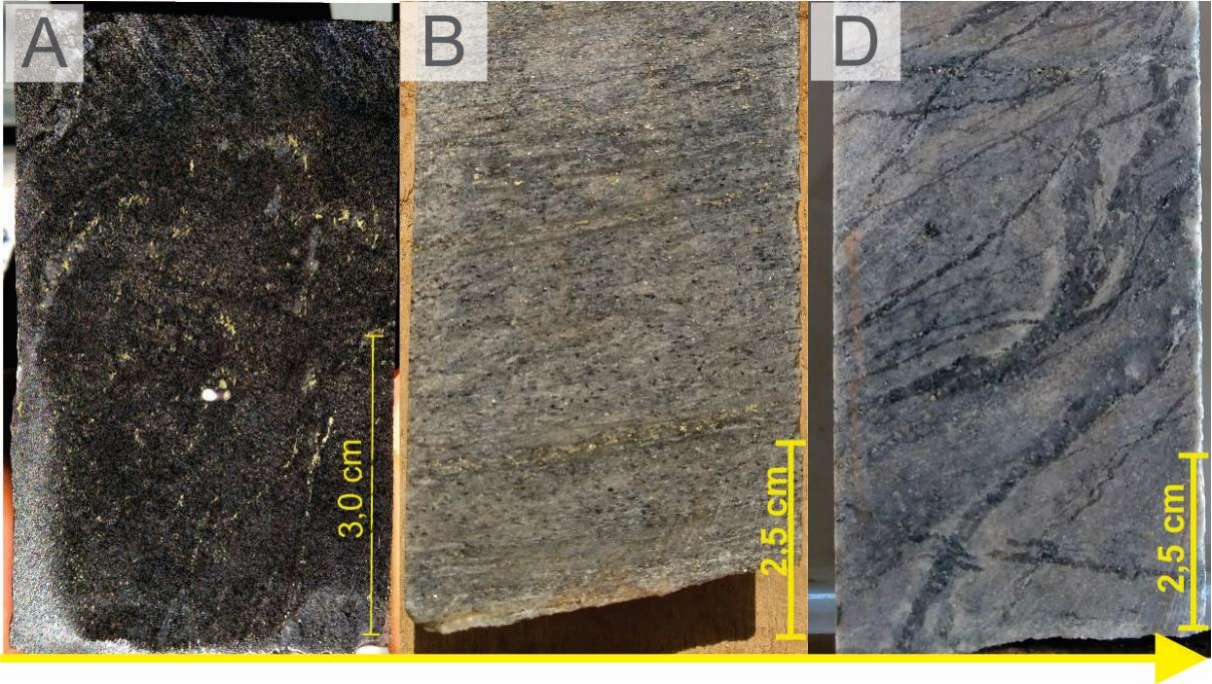


Figura 18. Evolução das da alteração hidrotermal no alvo Suruca SW: (A) Predomínio da biotitização pervasiva; (B) muscovitização controlada pela foliação do gnaiss; (C)

*Sobreposição da muscovitização, posteriormente, pela alteração propilítica e/ou epidotização. Silicificação confinada (vênulas de quartzo) ocorre em B e C. Seta indica evolução do sistema.*

#### **Biotitização:**

A biotitização corresponde ao primeiro estágio da alteração hidrotermal reconhecida no alvo Suruca SW (Figura 17). É representada pela paragênese biotitas  $\pm$  pirita  $\pm$  calcopirita, responsável pelas tonalidades cinza escura aos litotipos (Figura 19 a). Está principalmente marcada pela fraca a moderada geração de biotita em estilo pervasivo, porém, controlada pela incipiente foliação das hospedeiras (Figura 19 b, c, d). Entretanto, biotita formadas após a formação da foliação  $S_n$  ( $D_n$ ) (“sobre a foliação”), também são reconhecidas (Figura 19 c, e). Quando presente, o sulfeto exibe tímida associação a essa alteração, visto sua remobilização pelos estágios posteriores. Em sua maioria, a biotita hidrotermal é subheudrica a euhedral, e ocorre sobre a foliação metamórfica existente. Distingue-se da biotita metamórfica em virtude desta exibir tonalidade marrom escura a verde escura, essa última, associada aos minerais da matriz através de bordas serrilhadas e/ou corroídas, além de não estarem associadas à sulfetação (Figura 19 c, e). A amostra SU\_952a apresenta forte biotitização hidrotemal (figura 19 b, d).

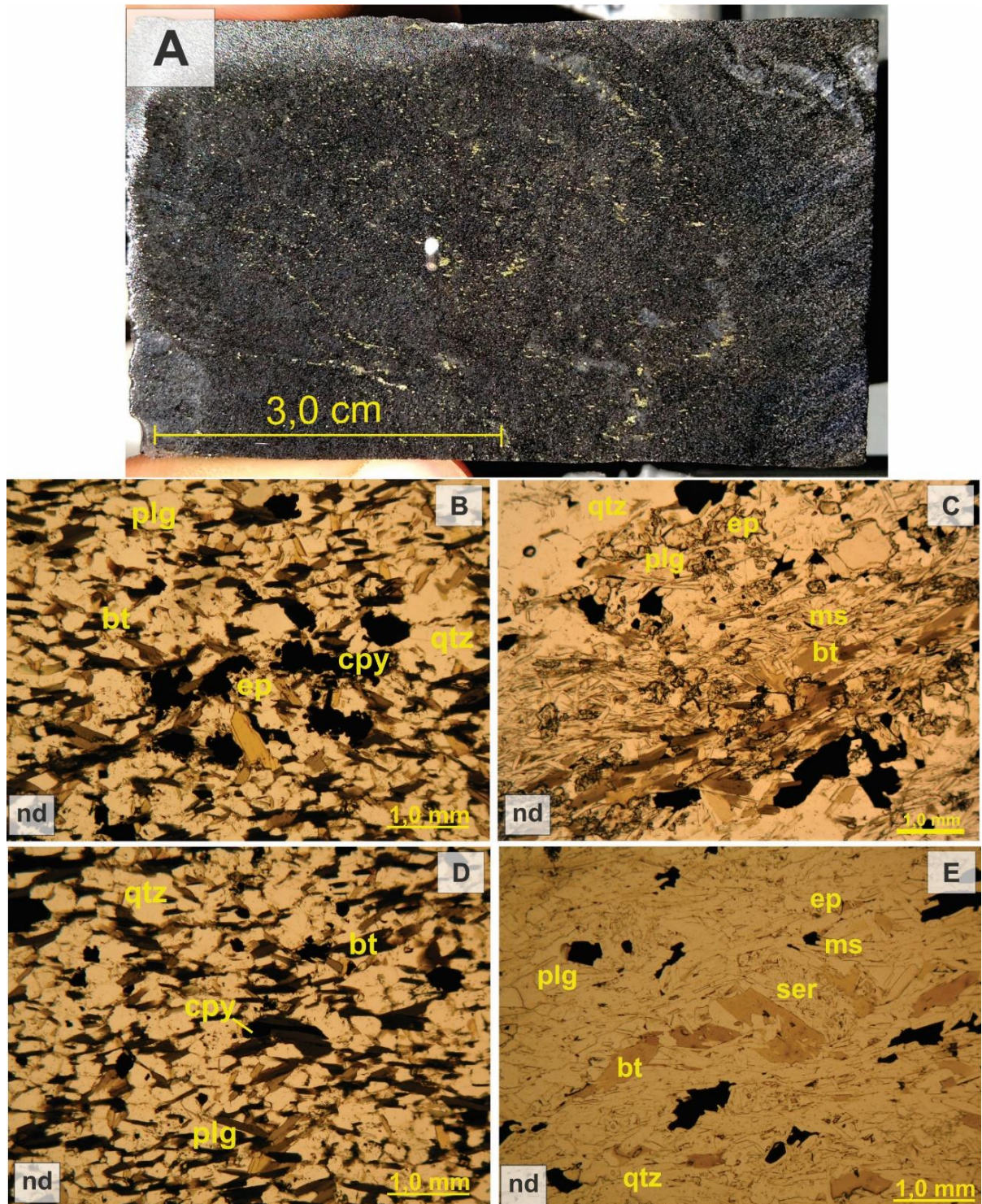


Figura 19. (A) Forte biotitização com fraca precipitação de sulfetos, responsável pela tonalidade enegrecida das hospedeiras. Fotomicrografias em luz natural da (B-D) biotitização eminentemente representada por biotitas euheudrais a subheudrais que marcam a foliação principal, além de cristais sobrepostos à foliação (lâminas SU\_952a e lâmina SU\_952b); (E) Fraca alteração potássica pervasiva com cristais de biotita sobre a foliação principal;

*LEGENDA: biotita (bt), calcopirita (cpy), epidoto (ep), muscovita (ms), plagioclásio (plg), quartzo (qtz) e sericita (ser).*

### Muscovitização

A muscovitização foi caracterizada como o segundo evento hidrotermal que teria atingido, em estilo pervasivo, as rochas do Alvo Suruca SW (Figura 17) Esse halo é reconhecido em amostras macroscópicas pela sua coloração cinza clara, granulometria muito fina e fraco desenvolvimento (Figura 20 a), o que teria levado em um primeiro momento, a designação de “alteração sericítica” para o respectivo halo hidrotermal.

A paragênese mineral é formada por muscovita  $\pm$  sericita  $\pm$  pirita  $\pm$  calcopirita. A muscovita exibe fraco pleocroísmo para verde claro e cristais subidioblásticos com hábitos tabulares. Muscovita em textura radial, não associada a foliação metamórfica, é comum nas hospedeiras do alvo supracitado (Figuras 20 b, c, d, e, g). A sericita é restrita e subordinada às zonas de ocorrência da muscovita (Figura 20 d). Em relação aos sulfetos (pirita e calcopirita), ocorrem remobilizadas para os planos de foliação da mica.

A lâmina SU\_943c evidencia uma segunda geração de muscovita (muscovita 2 – figura 17), em que oblitera os minerais das paragêneses da epidotização e alteração propilítica (descritas a seguir), como mostra a figura 20e, portanto, tal alteração é posterior a essas alterações, denotando um segundo evento de muscovitização menos intenso para o Alvo.

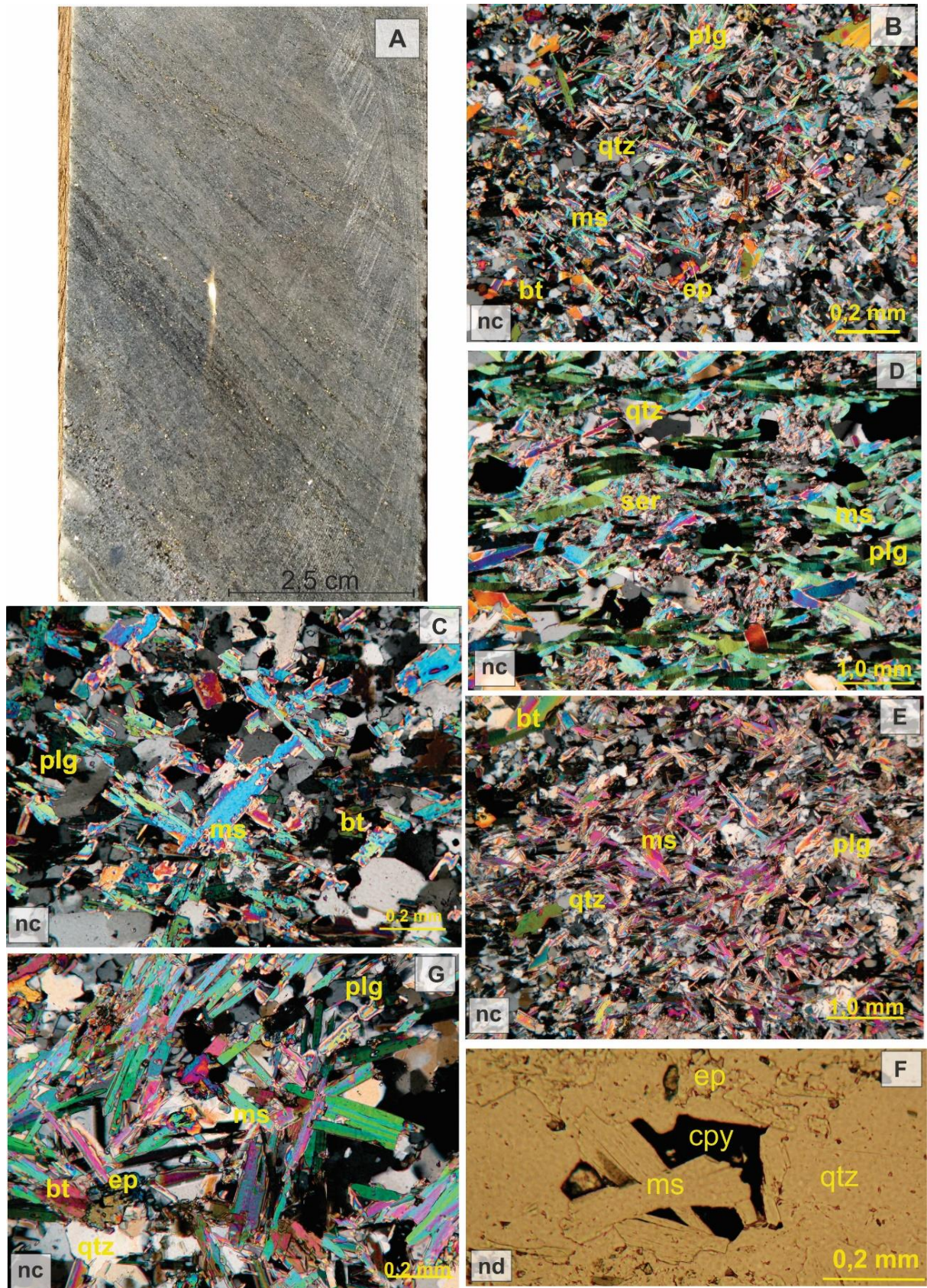


Figura 20. Em (A) Alteração pervasiva a base de muscovita grossa responsável pelas tonalidades esbranquiçadas da MVI (furo SU\_943b). Fotomicrografias de: (B) Muscovita de maior granulação que se sobrepõe a incipiente foliação da hospedeira (lâmina SU\_941c); (C-

G) *Muscovita euhedral de textura radial (lâminas SU\_941d e lâmina SU\_943b); (D) A muscovita metamórfica ocorre exclusivamente contida na foliação metamórfica (lâmina SU\_952b) e sericita hidrotermal não orientada pela foliação; (E) Zona de forte alteração a base de muscovita subeuhédrica que trunca e oblitera a foliação das hospedeiras (lâmina SU\_943c) e oblitera os demais halos; (F) Muscovita radial associada com calcopirita (lâmina SU\_943b); Nicóis descruzados (Nd); nicóis cruzados (nd) LEGENDA: biotita (bt); calcopirita (cpy); epidoto (ep); muscovita (ms); plagioclásio (plg); quartzo (qtz) e sericita (ser).*

### Epidotização

A epidotização é interpretada como o terceiro evento hidrotermal que ocorre no Alvo Suruca SW (figura 17). Esse halo ocorre de forma pervasiva e denota tonalidades ligeiramente esverdeadas aos litotipos hospedeiros (figura 21 a, b), essencialmente em decorrência do epidoto. Por vezes, esse estágio pode ocorrer de forma recorrente, confinado a vênulas ligeiramente orientadas e preenchidas por epidoto (figura 21bf). A intensidade da alteração varia de fraca (figura 21 d) para alta (figura 21 a, b, f), e usualmente associada com a muscovitização de forma a telescopa-la (figura 21 c, d, e).

No conjunto, epidoto + clinozoisita + pirita  $\pm$  calcopirita representam a paragênese mineral deste estágio hidrotermal. Epidoto e a clinozoisita ocorrem como cristais subdioblásticos a xenoblásticos, de hábito granular. Pirita  $\pm$  calcopirita exibem granulação fina a média, e ocorrem disseminadas na matriz dominada por epidoto + clinozoisita, em texturas de interpenetração (figura 21 e, f).

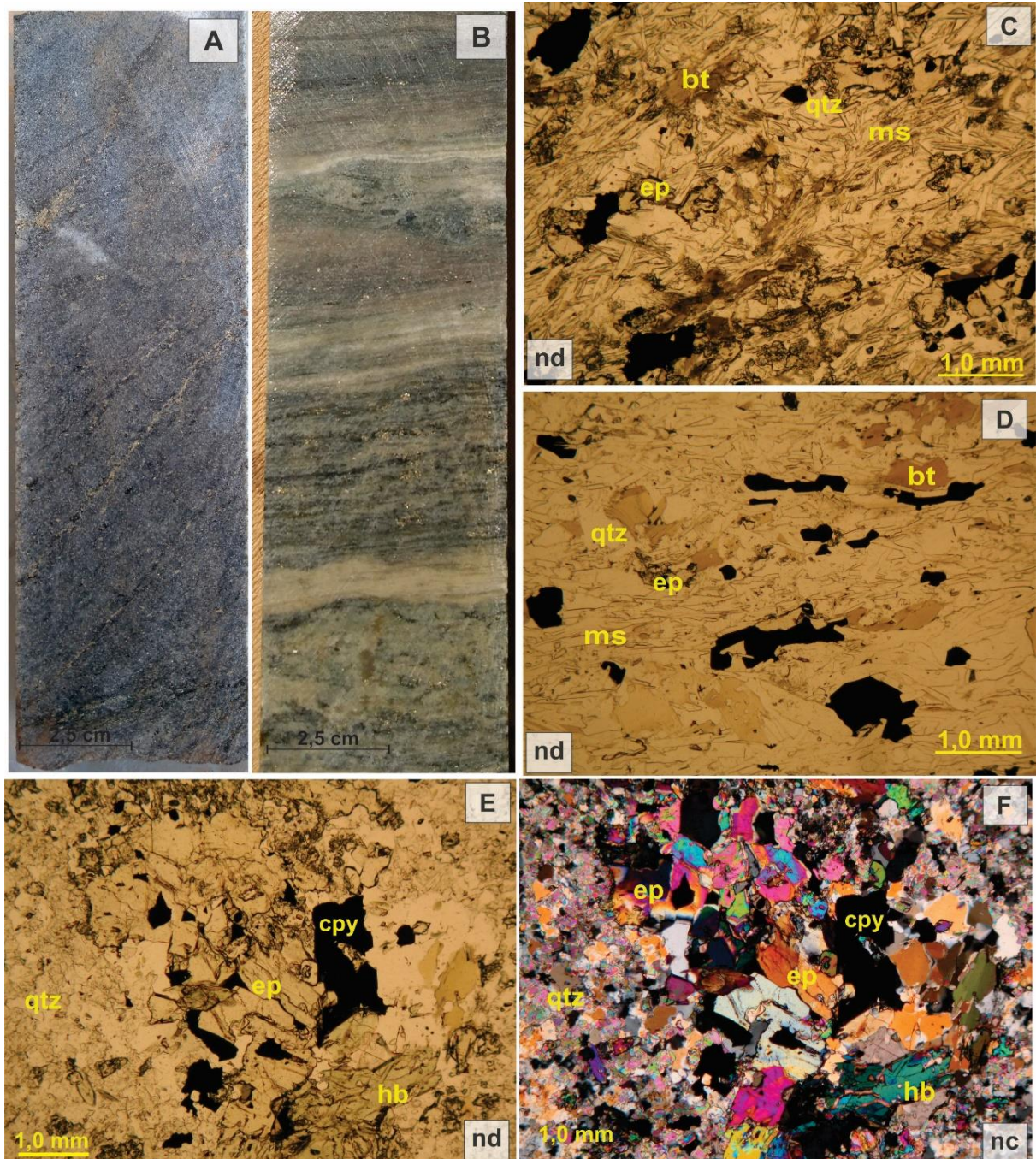


Figura 21. Em (A) Muscovitização pervasiva truncada pela epidotização responsável pelas tonalidades esverdeadas às hospedeiras (amostra SU\_941 com); (B) epidotização obliterada pela silicificação e muscovitização (amostra SU\_941). Fotomicrografias: (C) Forte epidoto associada a calcopirita disseminada. Nota-se cristais em contatos discordantes com muscovita e minerais da matriz (lâmina SU\_941d); (D) Fraca epidotização que se sobrepõe à muscovitização (lâmina SU\_952b); (E e F) Epidotização associada à calcopirita (lâmina SU\_941b); Nicóis descruzados (Nd); nicóis cruzados (nc); LEGENDA: quartzo (qtz); plagioclásio (plg); biotita (bt); muscovita (ms); epídoto (ep); hornblenda (hb); e calcopirita (cpy).

### Alteração propilítica:

A alteração propilítica é o último estágio hidrotermal que ocorre de forma pervasiva. Ela é caracterizada pela paragênese mineral epidoto + clinozoisita + clorita + calcita + titanita + calcopirita + pirita  $\pm$  apatita  $\pm$  magnetita  $\pm$  pirrotita  $\pm$  galena  $\pm$  esfalerita (Figura 17).

A alteração propilítica é reconhecida pela sua coloração esverdeada a cinza clara e granulação fina a média (Figura 22 a; Figura 23 a). Em adicional, exibe natureza isotrópica, embora uma sùtil orientação possa ser observada, devido a foliação pré-existente e por substituir minerais que nela se enquadram (Figura 22 b, c). A epidotização e a alteração propilítica são de difícil diferenciação na escala macroscópica, visto a similaridade em seus estilos, de sua paragênese mineral e, principalmente, pela coloração que ela denota a rocha. E, ainda torna-se mais complexo sua diferenciação em virtude da sobreposição aos estágios hidrotermais precedentes.

Epídoto e clinozoisita (Figura 22 b, c) são os minerais mais abundantes, e ocorrem como cristais subdioblásticos a xenoblásticos, com hábito granular. Epídoto possui pleocroísmo amarelo pálido para verde claro, enquanto a clinozoisita não possui pleocroísmo. A clorita é verde clara, xenomórfica, possui sulfetos interplanar (Figura 23 b, c, d, e; Figura 23 e) e comumente associada à substituição da biotita na forma de pseudomorfos (substituição seletiva) (Figura 23 b, c). Calcita é mais restrita, é anhédrica e não possui relação espacial direta com os sulfetos. A titanita está espacialmente associada ao epídoto, na forma de cristais idioblásticos (Figura 23 d, e). A apatita é restrita, fina e incipiente.

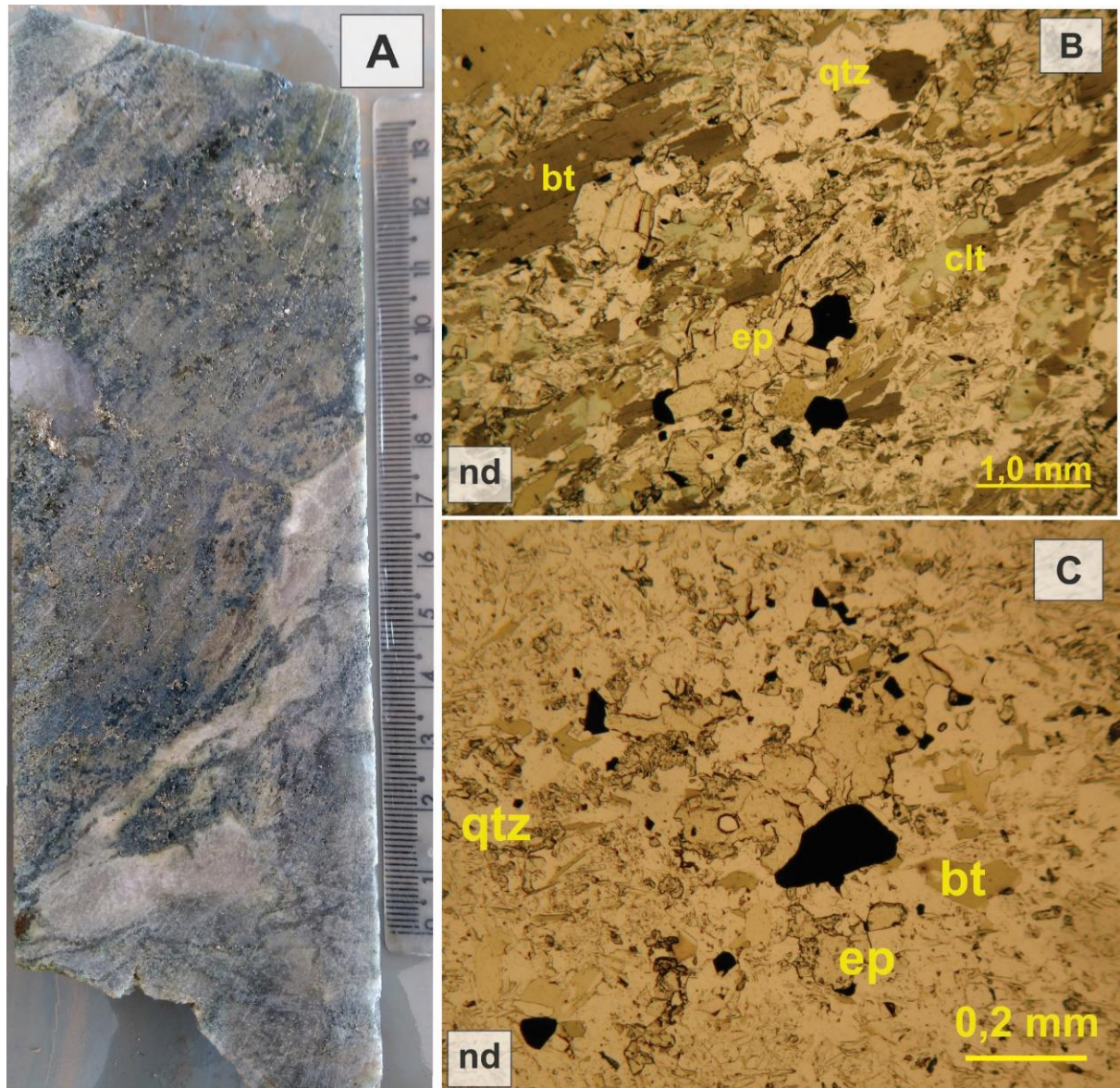


Figura 22. A) Alteração propilítica pervasiva dominada por epídoto + clorita + sulfetos, que se sobrepõem a zonas de forte alteração com muscovita. Fotomicrografias em B) cloritização da biotita com formação de pseudomorfos, além de epídoto associado à pirita + calcopirita (lâmina SU\_943a); C) Fotomicrografia de epídoto com sulfetos associados (lâmina SU\_941c); Nicóis descruzados (nd). LEGENDA: biotita (bt); clorita (clt); calcopirita (cpy); epídoto (ep); plagioclásio (plg); e pirita (py) e quartzo (qtz).

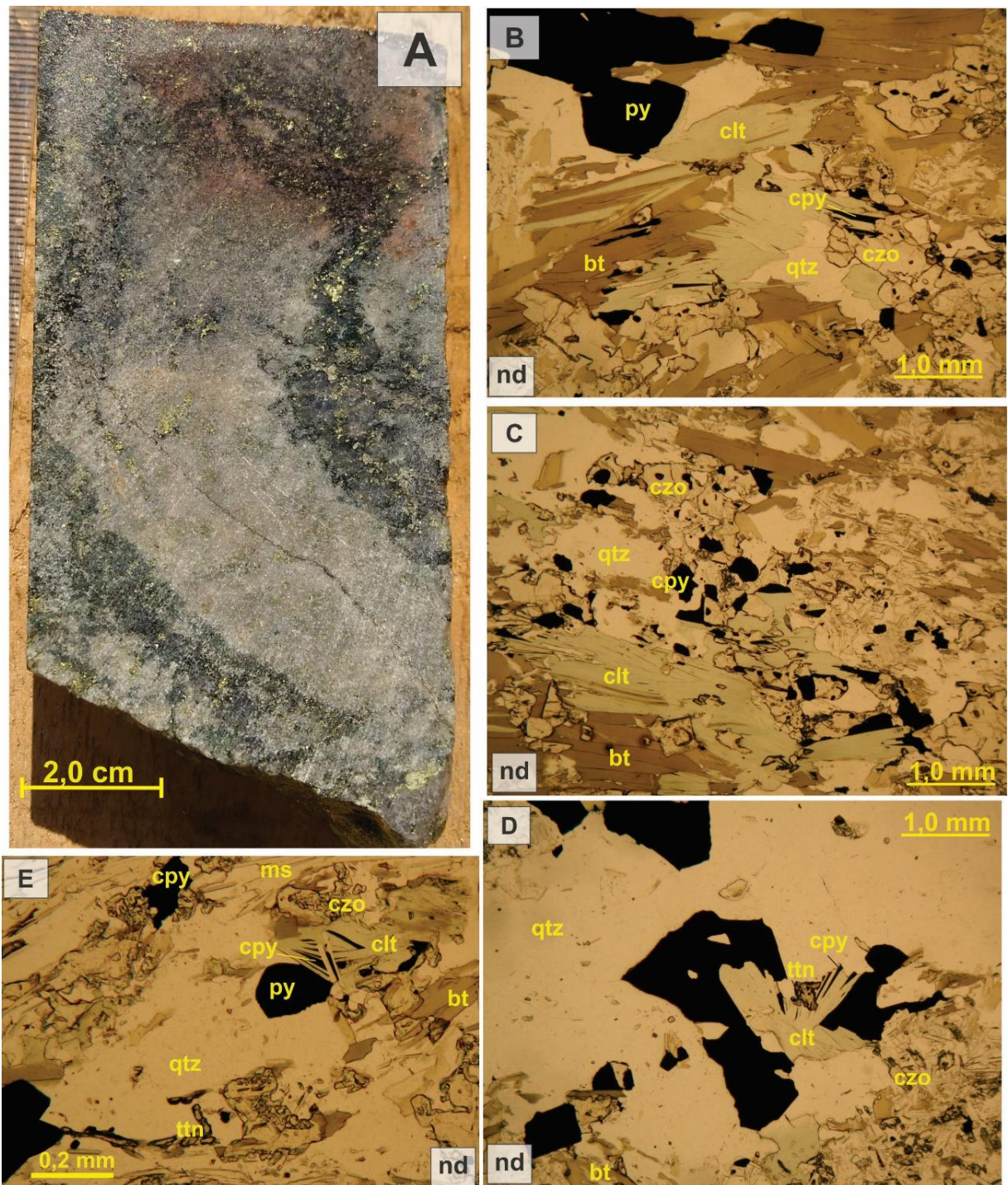


Figura 23. Em A) Alteração propilítica com sulfetos disseminados e silificação tardia (amostra SU\_943c) Fotomicrografias da lâmina SU\_943c: B) Cloritização seletiva da biotita, com sulfetos associados à clorita e clinozoisita); C) clinozoisita associada à sulfetação disseminada e cloritização seletiva da biotita. D) destaque para sulfetos interplanares a clorita radial com clinozoisita associada; E) Fotomicrografia de calcopirita e pirita em parágênese com clinozoisita e clorita (lâmina SU\_939). Nicóis descruzados (nd). LEGENDA: biotita (bt); clinozoisita (czo); clorita (clt); calcopirita (cpy); plagioclásio (plg); pirita (py); quartzo (qtz) e titanita (ttn).

### Silicificação

A silicificação corresponde ao evento hidrotermal tardio do Alvo Suruca SW (figura 17). Diferente das alterações precedentes, exibe estilo confinado a vênulas de 1,0 a 2,0 mm, orientadas segundo uma direção preferencial (Figura 24 a, b), sub concordantes à foliação principal, ou então, em padrão *stockwork*. Sua paragênese mineral é composta por quartzo + pirita + calcopirita  $\pm$  galena  $\pm$  magnetita. Em amostras macroscópicas o quartzo é granular incolor a fumê (Figura 24 a, b), enquanto que ao microscópio, apresenta-se anhedral e extinção ondulante moderada, com restrito estiramento mineral (figura 24 d, e, f). Por vezes exibe contatos discordantes, e trunca os minerais da matriz (Figura 24 e, f). Está sempre associado à calcopirita e pirita (Figura 24 c), e subordinadamente a galena, esfalerita e pirrotita.

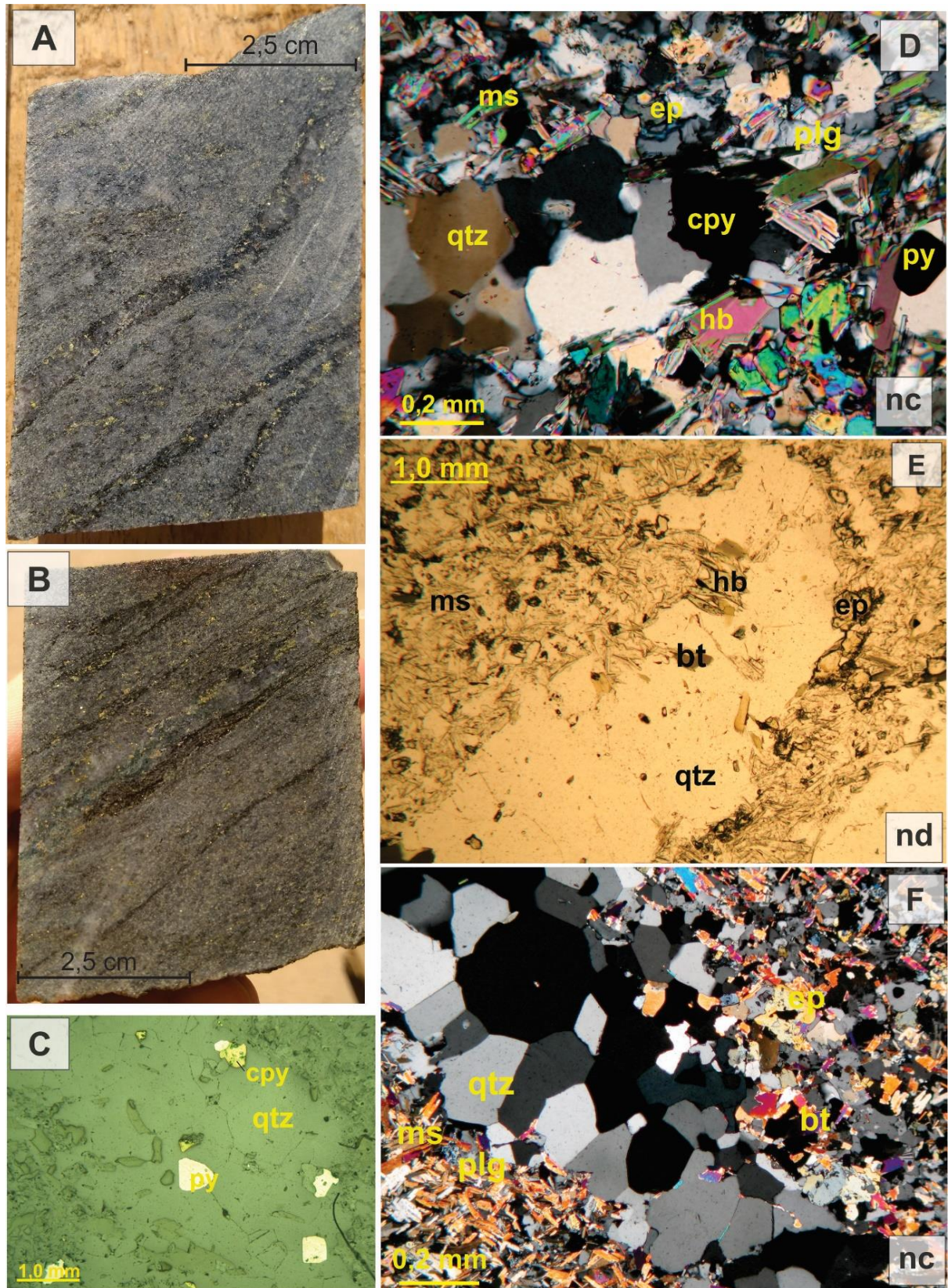


Figura 24. A) e B) Amostras macroscópicas com forte silicificação confinada unidirecionais com sulfetos associados; (C) Fotomicrografia em luz refletida mostrando a paragénese mineral quartzo + pirita + calcopirita da alteração hidrotermal de (lâmina SU\_941c).

*Fotomicrografias em luz transmitida com vênulas de quartzo deformado que truncam minerais de matriz (D – E: lâmina SU\_941b; F: lâmina SU\_941c). Nicóis descruzados (nd); nicóis cruzados (nc). LEGENDA: biotita (bt); calcopirita (cpy); hornblenda (hb); muscovita (ms); plagioclásio (plg); pirita (py) e quartzo (qtz).*

#### **5.4 Tipos e estilos da Mineralização – Zonas Mineralizadas**

Dois estilos principais para a mineralização do Alvo Suruca SW foram observados: (1) minério disseminado, sub paralelo à foliação; e (2) minério venular, confinado a vênulas de quartzo granular e/ou quartzo fumê. A calcopirita é o principal mineral de minério tanto no disseminado como no confinado a vênulas e, portanto, relaciona-se aos melhores teores de Cu e Au ( $>0,1\%$  Cu e  $>0,1$  ppm Au) do Alvo Suruca SW.

##### Minério disseminado

O minério disseminado corresponde a o principal estilo mineralizador no Alvo Suruca SW. Exibe paragênese mineral composta por calcopirita (principal mineral de minério) + pirita  $\pm$  magnetita  $\pm$  pirrotita  $\pm$  galena  $\pm$  esfalerita, tanto em áreas de baixos teores ( $\leq 0,3\%$  Cu e  $\leq 0,3$  ppm de Au), quanto em áreas de alto teor ( $>0,4\%$  Cu e  $>0,4$  ppm de Au). A alteração propilítica (Figura 25 f, g, h) e a epidotização correspondem às tipologias associadas ao minério disseminado, embora também possa estar, de modo subordinado, relacionado à muscovitização (Figura 17).

A calcopirita ocorre como cristais subeuhédricos a anhédracos, de hábito granular, granulação de no máximo 2,0 mm, que se dispõem ao longo da foliação principal da hospedeira (Figura 25 c, e). Cristais finos (entre 0,1mm e até 0,4-0,5 mm) podem estar presentes. Inclusões de pirita, magnetita, pirrotita, ouro (Figura 25) e apatita são comuns na calcopirita. Pirita e magnetita nas bordas da calcopirita são comuns, e perfazem texturas de substituições e de penetração (Figura 25 a, b).

A pirita é subeudral a euhedral, forma cristais que atingem até 0,5 mm, embora cristais inferiores a 0,2 mm também estejam presentes (Figura 25 d). Corresponde a um mineral de minério secundário, visto estar associada apenas a mineralização aurífera (Figura 25 a, b). Inclusões de calcopirita, magnetita e silicatos são comuns na pirita. Também ocorre com calcopirita nas suas bordas como mostra a figura 25 e.

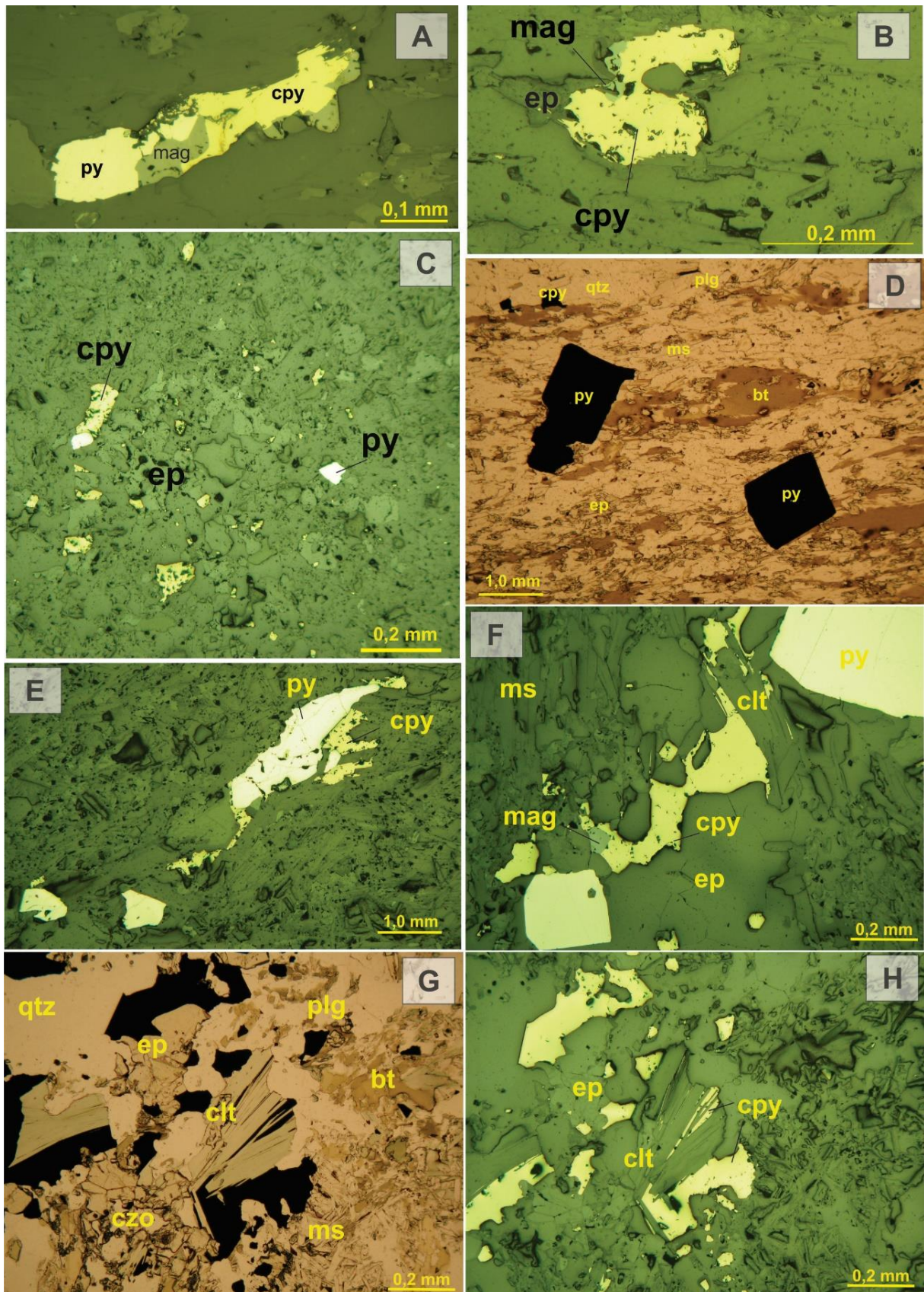


Figura 25. Fotomicrografias do minério disseminado do Alvo Suruca SW: A (lâminas SU\_941a) e B (lâmina SU\_952a) associação paragenética dos principais minerais de minério

(*calcopirita e pirita*) com *magnetita*, detalhe em (B) para a *textura de penetração*; (C) *Calcopirita e pirita disseminadas associadas ao epídoto* (lâmina SU\_941c); (D) *Pirita euhedral associada a alteração com epídoto* (lâmina SU\_941a); (E) (lâmina 941d) e (F) (lâmina SU\_943c) *minério disseminado associado à alteração propilítica e epidotização*; (G) e (H) *calcopirita e pirita associada a alteração propilítica, detalhe para calcopirita interplanar a clorita* (lâminas SU\_943c). A, B, C, E, F e H em luz refletida; D e G em luz transmitida com nicóis descruzados. LEGENDA: *calcopirita (cpy)*, *clinozoisita (czo)*, *clorita (clt)*, *epídoto (ep)*, *magnetita (mag)*, *muscovita (ms)*, *plagioclásio (plg)*, *pirita (py)* e *quartzo (qtz)*.

*Figura 1.*

Com o auxílio do Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) foi possível identificar galena, esfalerita, monazita, ouro, prata, molibdênio/molibdenita e greenockita (CdS) associadas ao minério disseminado (Figura 26). A galena é anhedral, com formatos ovais a ondulados, e por vezes ‘estirado’, e ocorre nas bordas dos cristais de pirita e calcopirita e livre (Figura 26 b, d). A esfalerita é subeuhedral a anhedral, fina, e ocorre sempre associada a galena (Figura 26 b). A monazita ocorre como cristais prismáticos, muito finos, associada ao quartzo e epídoto (Figura 26 e; Figura 27). A molibdenita ocorre associada a calcopirita, ouro e prata (Figura 26 c). A prata ocorre inclusa e nas bordas da calcopirita e pirita, além da forma nativa, imersa na matriz (Figura 26 a, c, d).

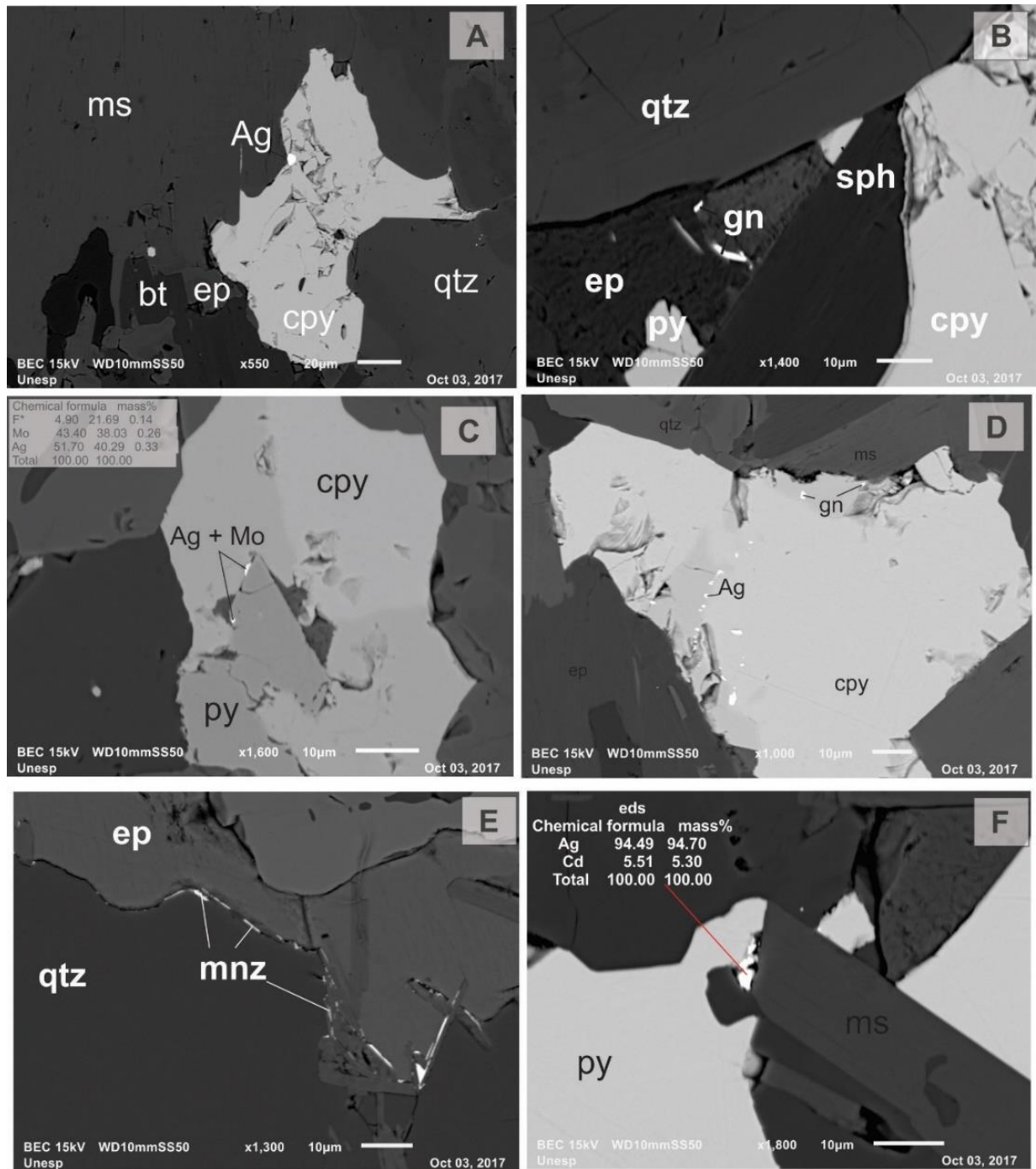


Figura 26. Fotomicrografias de elétrons retroespalhados (lâmina SU\_941a: A, B, C e D; e lâmina SU\_943c: E e F). Em (A) e (D) prata inclusa em cristais de calcopirita e, em (D) inclusa na galena; (B) esfalerita e galena associadas aos cristais de epídoto; (C) pirita inclusa na calcopirita com cristais de prata e molibdênio em suas bordas; (E) Monazita nas bordas de cristais de epídoto; e (F) prata e cádmio na borda de pirita em contato com mica. LEGENDA: biotita (bt), cádmio (Cd), calcopirita (cpy), epídoto (ep), esfalerita (sph), galena (gn), molibdênio (mo), muscovita (ms), monazita (mnz), pirita (py), prata (Ag) e quartzo (qtz).

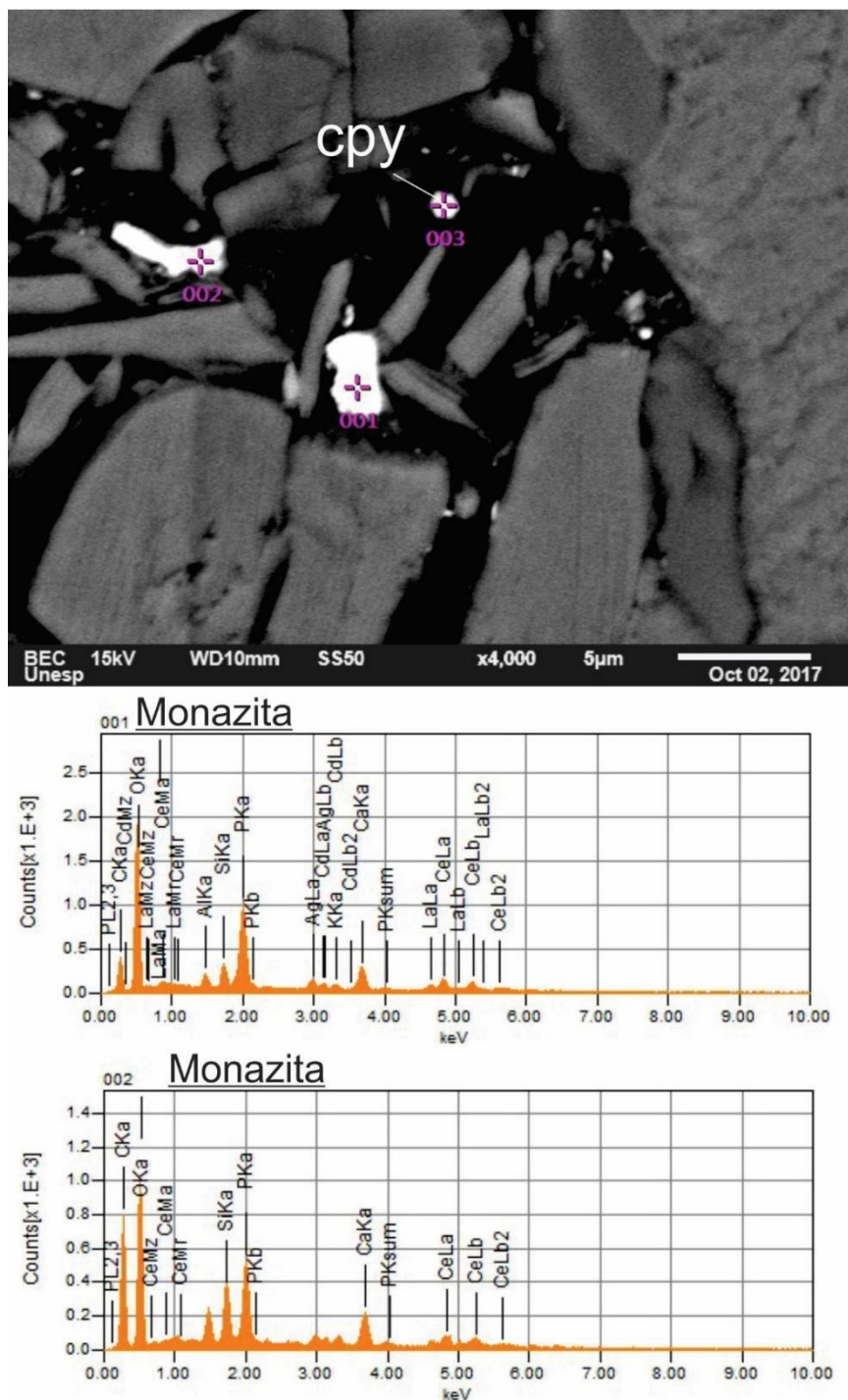


Figura 27. Monazita associada ao minério disseminado. Os gráficos (001 e 002) mostram a composição da monazita a partir do espectro EDS. Fotomicrografia em elétrons retroespalhados. LEGENDA: calcopirita (cpy).

Em relação ao ouro ocorre este ocorre exsolvido a prata (electrum), com relações de ~27 a 30% de Ag e 70 a 73% de Au (figura 28 c e d), possui tamanhos que variam de 3,0  $\mu\text{m}$  a 10,0  $\mu\text{m}$ , pode estar incluso nos cristais de calcopirita, na

maioria dos casos, e na pirita (Figura 28 a), e também ocorrer associado a esses sulfetos com contatos ondulados a retos (Figura 28 a, b, c).

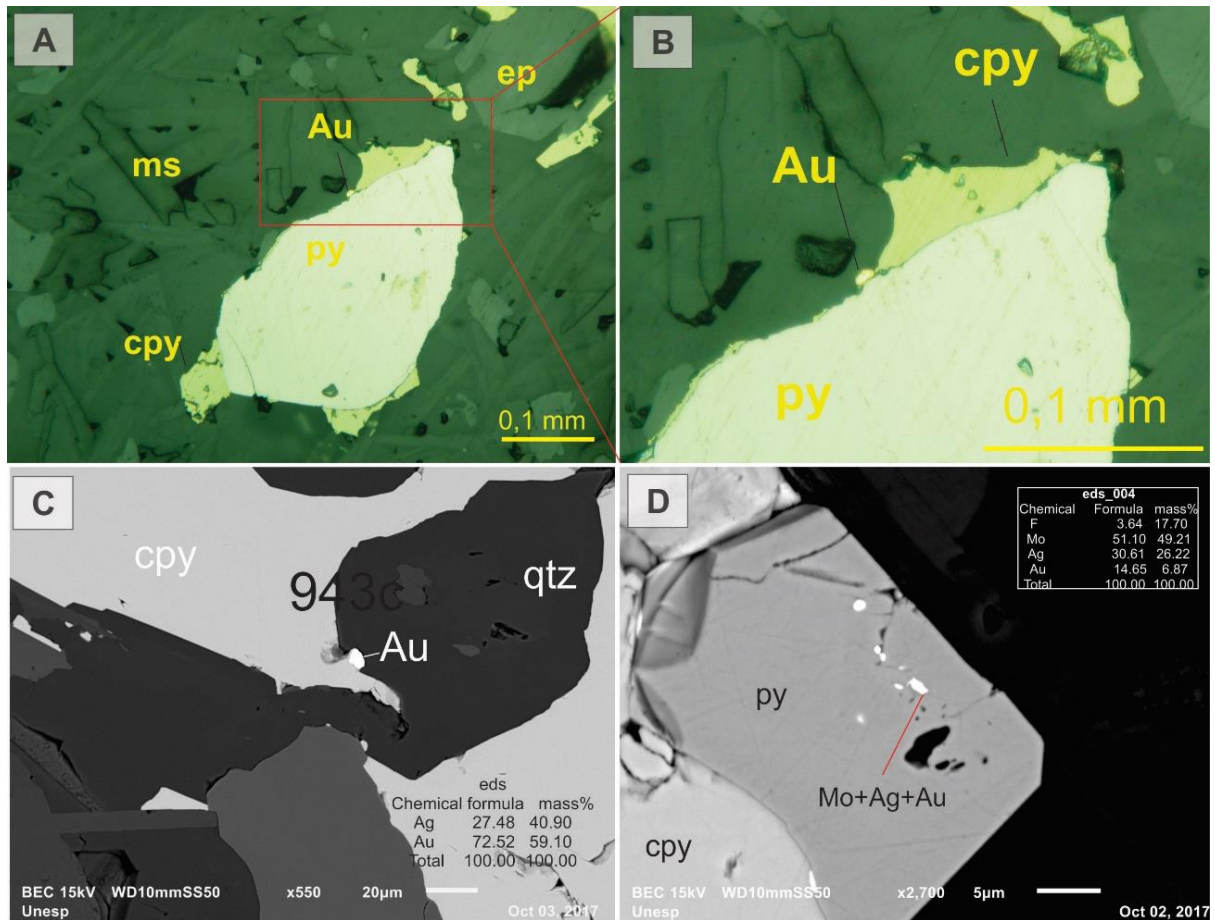


Figura 28. Em (A) e (B) ocorrência de ouro nas bordas da pirita associada à alteração propilítica, em (B) detalhe para o cristal ovalado de ouro (lâmina SU\_941d); (C) ocorrência de ouro na bordada calcopirita em contato com quartzo; e (D) liga de Mo+Ag+Au incluída na pirita. A e B fotomicrografias em luz refletida; C e D imagens de elétrons retroespalhados. LEGENDA: calcopirita (cpy), epídoto (ep), muscovita (ms), molibdênio (Mo), ouro (Au), pirita (py) prata (Ag) e quartzo (qtz).

### Minério confinado

O minério confinado é representado pela paragênese mineral calcopirita + pirita  $\pm$  galena  $\pm$  esfalerita  $\pm$  magnetita que ocorre em vênulas e veios de quartzo  $\pm$  plagioclásio subconcordantes a foliação principal e/ou em padrões stockwork. Tais venulações são aqui interpretadas como um estágio tardio da alteração hidrotermal (silicificação; Figura 17), visto truncar os estágios precedentes da alteração hidrotermal.

Nesse estágio os minerais de minério estão majoritariamente representados por calcopirita e, subordinadamente, por pirita. A calcopirita normalmente associa-se a magnetita e forma cristais na maioria subeuhédricos a anhédracos, com dimensões de até 1,0 mm, embora cristais menores que 0,2 mm também estejam presentes (Figura 29 d, e, h). A pirita forma cristais na maioria euhédricos a subeuhédricos, de dimensões superiores as da calcopirita, ocorre com inclusões calcopirita na e/ou com essa nas bordas (Figura 29 h). A galena é muito fina, anhedrica, com formatos ovais a ondulados, e por vezes 'estirado', e ocorre associada tanto aos minerais de minério como livre entre os cristais de quartzo (Figura 29 a, b). Também ocorre esfalerita na borda da pirita (Figura 24 f), associada a galena e inclusa na calcopirita com cristais anhédracos de até 24  $\mu\text{m}$ .

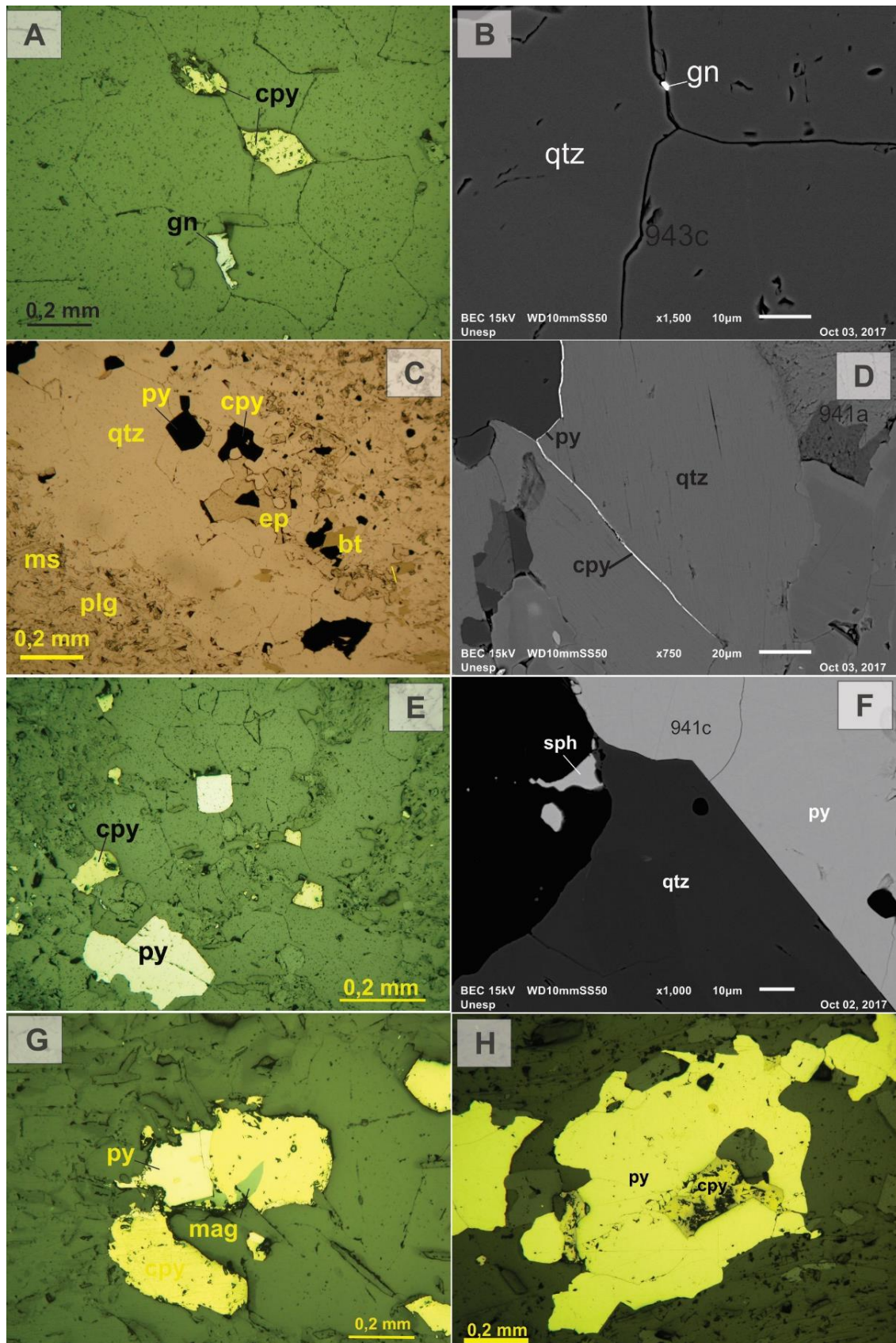
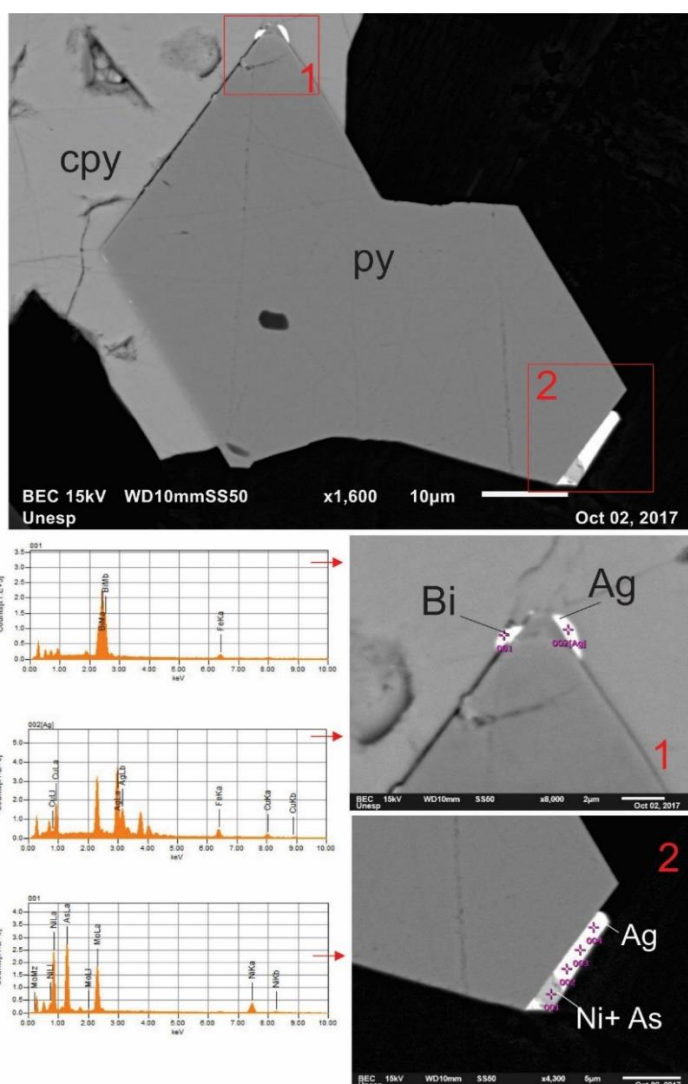


Figura 29. Em (A) e (B) galena em vênula de quartzo (lâmina 941c e 943c). (C) vênula de quartzo com calcopirita e pirita associados a epídoto, remobilizadas (lâmina 941c). (D) com

calcopirita e pirita muito finas entre grãos de quartzo e micas (lâmina 941a). (E) e pirita e calcopirita em vênula de quartzo (lâmina 941c); (F) esfalerita associada nas bordas do quartzo e pirita (lâmina 941c). (G) associação de pirita + calcopirita + magnetita com textura de substituição (lâmina 952a); e (H) calcopirita inclusa em pirita subhedral (lâmina 952a). A, E, G, e H tiradas em luz refletida; B, D e F em Microscópio eletrônico de varredura (MEV); e C em luz transmitida. LEGENDA: biotita (bt), calcopirita (cpy), esfalerita (sph) galena (gn), epídoto (ep), muscovita (ms), plagioclásio (plg), pirita (py), e quartzo (qtz).

O Microscópio eletrônico de Varredura (MEV) permitiu a identificação de fases exsolvidas e ricas em bismuto (Figura 30), prata (Figura 30), ouro, níquel e antimônio (Figura 30). A prata é abundante e ocorre livre entre cristais de quartzo, associada a pirita e calcopirita, ou então, como ligas de Au-Ag (electrum) (Figura 31; Figura 32).



*Figura 30. Imagens de elétrons retroespalhados da presença de fases ricas em Ni + As + Ag na borda da pirita, além de fases ricas em Ag e Bi em fraturas intracristalinas da pirita. Ao lado, estão os espectros EDS que permitiram a identificação dessa assinatura geoquímica.*

O ouro ocorre na forma de electrum (exsolvido à Ag) em proporções que exibem teores de 66,6 % de Ag e 17,44% Au até 34,6 % Ag e 65,40 % Au (Figura 31). Está usualmente incluso na calcopirita, além de também se concentrar nos limites da pirita, porém, de modo subordinado. Ouro livre, especialmente relacionado ao quartzo venular, também pode ser observado, no entanto, de modo bastante restrito e sempre nas proximidades com os sulfetos (Figura 32).

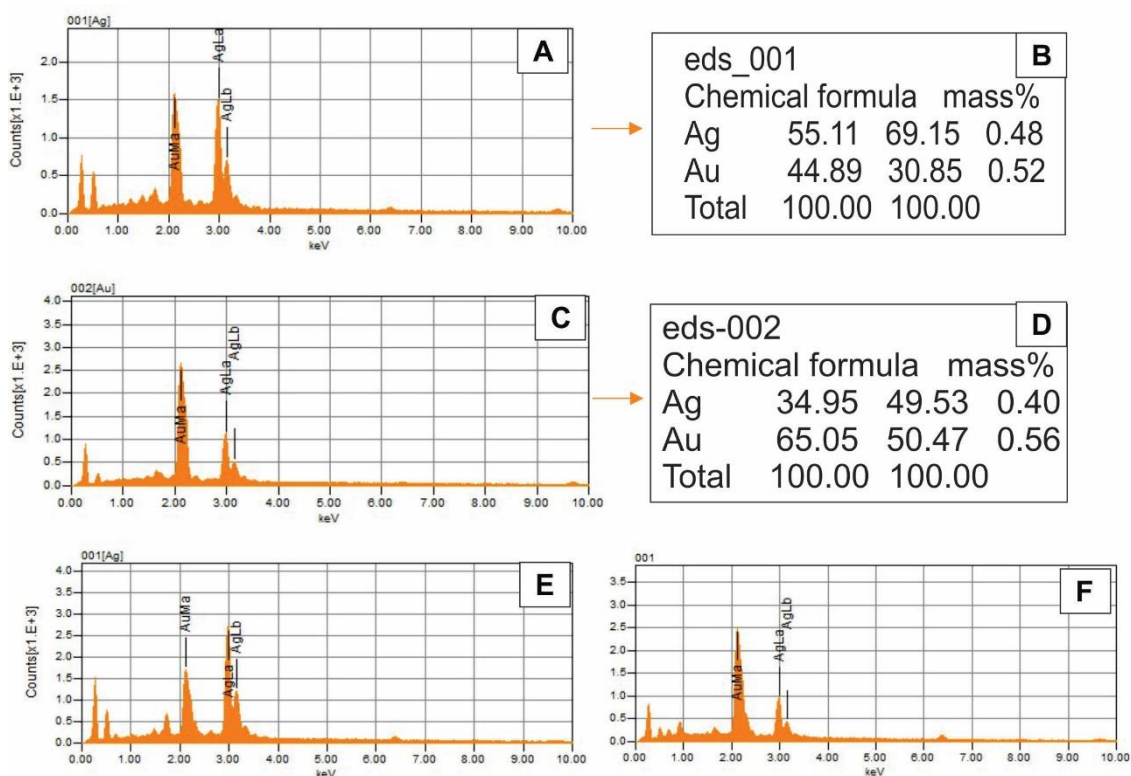


Figura 31. Gráficos de eds (A, C, E, F) oriundos de análises no Microscópio Eletrônico de Varredura indicam as relações de Au e Ag nas ligas electrum de ouro. Em (B) e (D) relação quantitativa de Ag e Au nas ligas (lâmina SU\_941<sup>a</sup>). (A, B, C, D) lâmina SU\_941; (E) lâmina SU\_941c; e (F) lâmina Su\_943b.

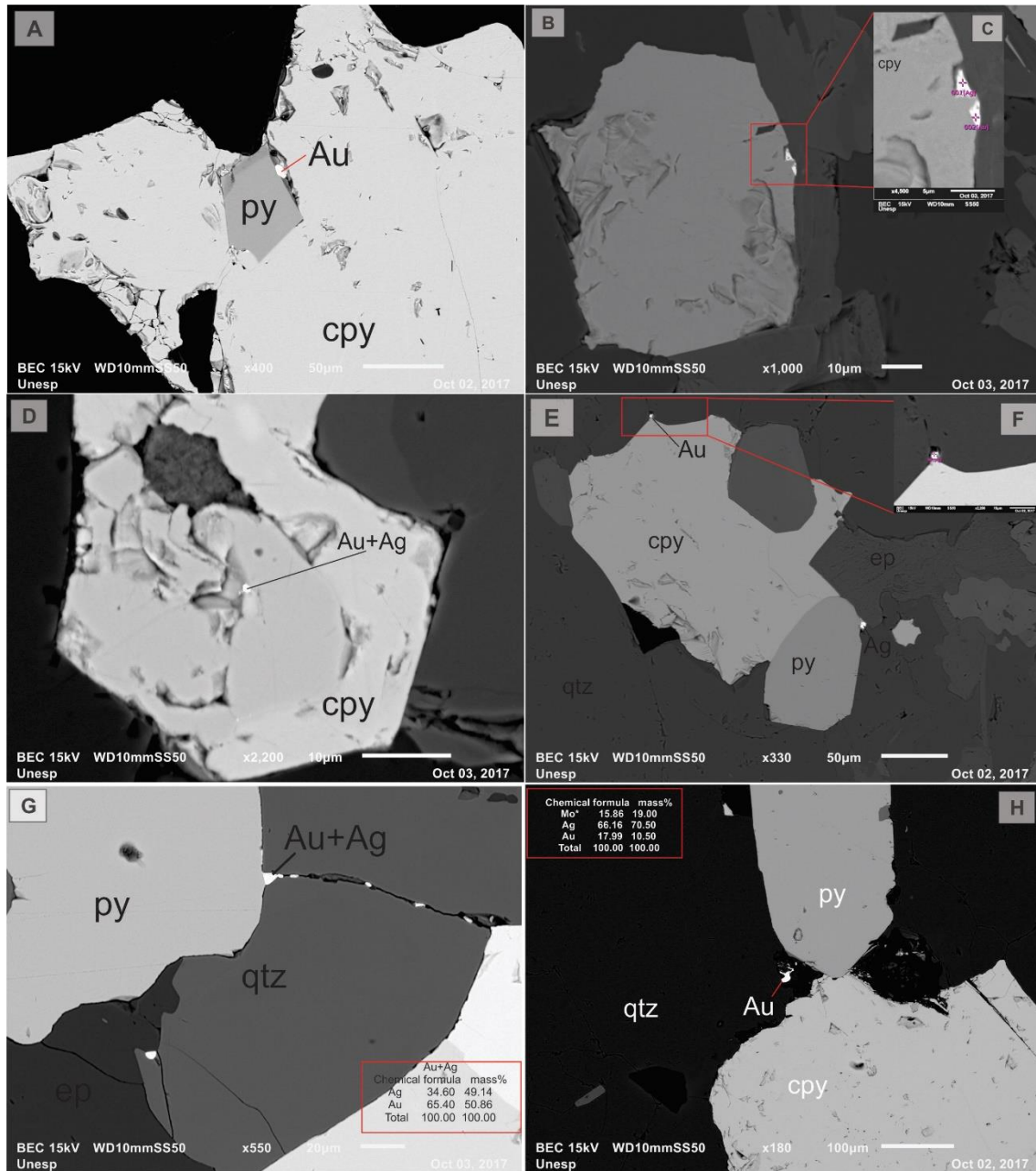


Figura 32. Imagens de elétrons retroespalhados em Microscópio eletrônico de varredura (Mev); Em (A) cristal de pirita com ouro adjacente inclusos em calcopirita na vênula de quartzo (lâmina SU\_943b); (B) liga de ouro e prata na borda de cristal de calcopirita em vênula de quartzo (lâmina SU\_941a); (C) visão em detalhe do ouro em B; (D) Inclusão de liga de Au e Ag em cristal euédrico de calcopirita (lâmina SU\_941c); Em (E) associação de calcopirita com pirita e epidoto em vênula de quartzo, com ouro, e prata ocorrendo adjacente a pirita (lâmina SU\_941a). (F) visão de detalhe do ouro em E; (G) associação de ouro com quartzo em fratura contida em cristal de quartzo adjacente a pirita (lâmina SU\_943c); (H) ouro livre em quartzo adjacente a sulfetos (lâmina SU\_943b). LEGENDA: quartzo (qtz), epidoto (ep), ouro (Au), calcopirita (cpy), pirita (py) e prata (Ag).

Por fim, observa-se que os teores de Au e Cu no Alvo Suruca SW estão diretamente relacionados a intensidade do padrão de venulação. Veios e vênulas de quartzo (granular ou fumê) unidirecionais ou em padrão *stockwork* ocorrem associados a todas as alterações hidrotermais. Em adicional, percebe-se que o Au (sem cobre) está diretamente associado aos setores em que apenas pirita teria se precipitado, de forma que os maiores teores ( $> 0,4$  ppm de Au e  $0,4\%$  Cu) relacionam-se à alteração propilítica.

### 5.5 Geoquímica do Minério

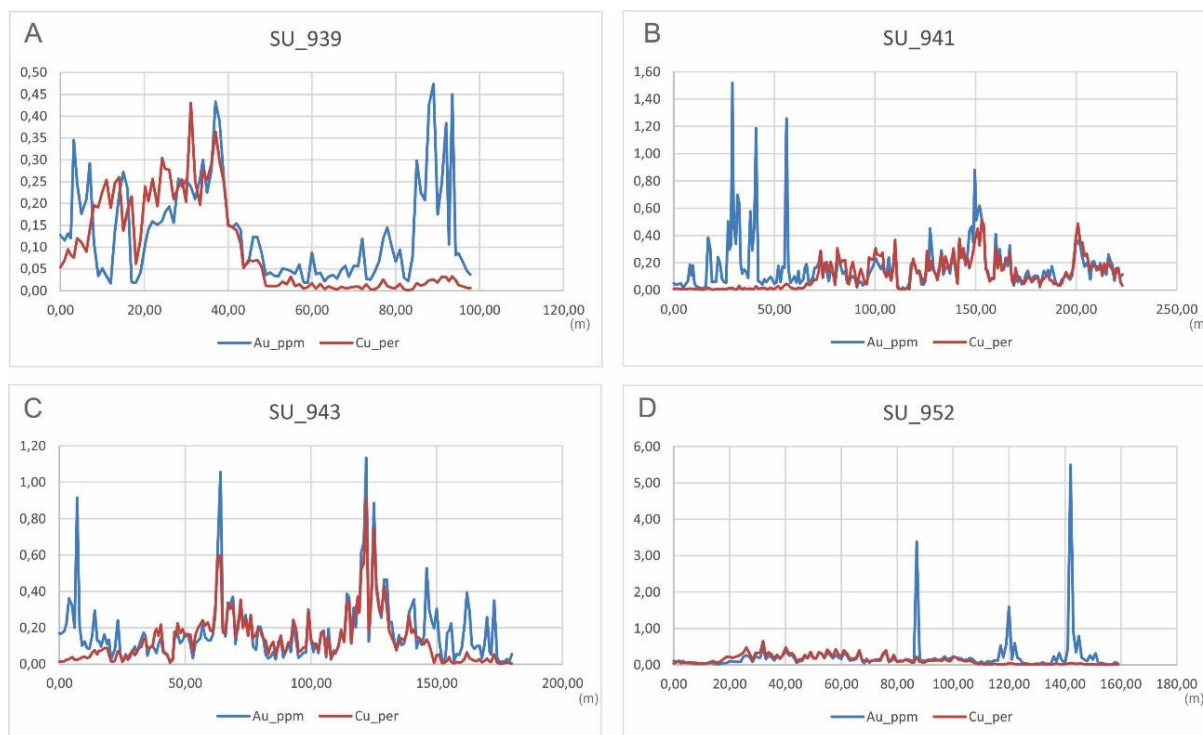
Foram analisados elementos traço (e.g. Au, Cu, Ag, Bi, Cd, Co, Cr, Fe, La, Li, Mn, Mo, Ni, Pb, Sr, Ti, Zn e Zr) por ICP-OES, em rocha total em amostras provenientes de quatro furos de sondagens (mesmos utilizados na petrografia deste trabalho: testemunhos SU\_939, SU\_941, SU\_943 e SU\_952). Essas análises permitiram a caracterização das relações do Cu e Au com demais elementos ao longo dos testemunhos, assim como correções elementares. Os dados encontram-se reunidos no APÊNDICE II.

Para os furos analisados nota-se que os teores de Au variam desde  $0,01 - 0,6$  ppm, com intervalos pontuais de  $1,0 - 5,4$  ppm; para o Cu os teores variam de  $0,01$  a  $0,6\%$  Cu, com intervalos pontuais de  $0,7 - 0,9\%$  Cu. Os furos que apresentam melhores valores de teores e mais contínuos são o SU\_941 e SU\_943, seguidos do SU\_952 e SU\_939. Para o SU\_939 nota-se que os valores de teores são mais constantes e estão locados nas porções mais rasas (até  $\sim 40$  m).

A Figura 33 exibe a forte correlação positiva entre os teores de ouro e cobre para 4 testemunhos analisados, em função da profundidade dos testemunhos do Alvo Suruca SW. Essa relação entre os teores ocorre principalmente nas áreas centrais dos furos com observado na figura 33.

Em adicional, os gráficos também indicam intervalos monominerálicos, ou seja, porções em que apenas um dos elementos (Au) exibe altos teores (. Neste contexto, nota-se que o ouro tende a exibir maiores concentrações em zonas mais profundas (Figura 33 a, c, d), mas também nas porções mais rasas como mostra a figura 33 (a, b, c). Tais intervalos de *Au only* possui valores que variam de  $0,1$  a  $1,5$  ppm de Au e podem atingir teores de até  $5,40$  ppm como na figura 33. Tais intervalos estão restritos

à alteração confinada venular (quartzo + epídoto + pirita ± anfibólio), tal como descrito nas seções geológicas do capítulo 5.1.

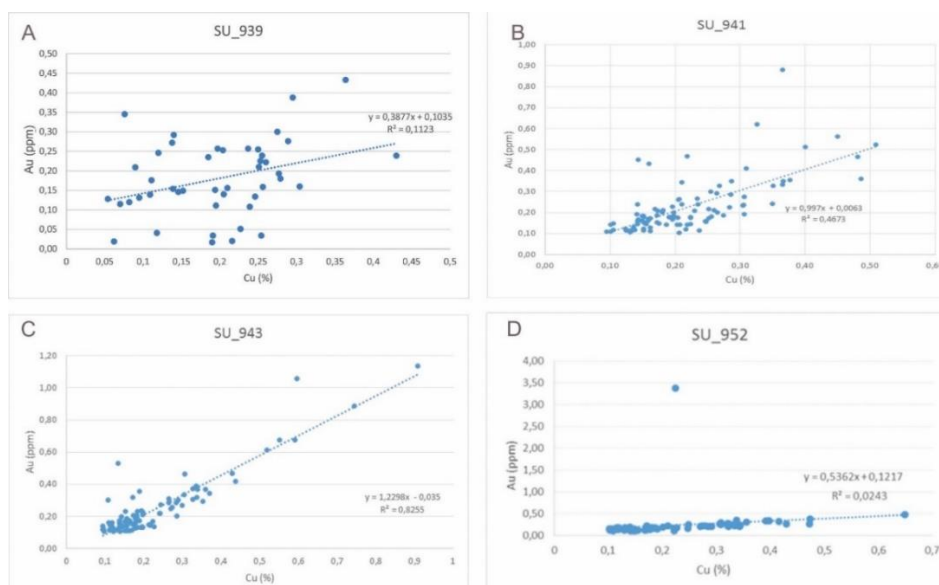


**Figura 33.** Gráficos de correlação dos teores de Au e Cu (ppm) em função da profundidade dos testemunhos do alvo Suruca SW: furos (A) SU\_939; (B) SU\_941; (C) SU\_943 e (D) SU\_952.

Com os dados de ICP – OES foram filtrados os intervalos mineralizados de cada furo (> 0,1 % de Cu e > 0,1 ppm de Au), a fim de analisar as correlações somente com as áreas mineralizadas em teores considerados econômicos. Com isso, foi possível analisar as correlações nos furos SU\_939, SU\_941, SU\_943 e SU\_952 entre as mineralizações de Au ou Cu com diversos elementos (Ag, Zn, Pb e Fe). Para as áreas mineralizadas dos quatro furos de sondagem, os teores de Ag variam de 0,5 - 7,0 ppm; os teores de Zn variam de 32,0-90,0 ppm com intervalos pontuais de 200,0-2000,0 ppm; os teores de Pb variam de 1,5 – 40,0 ppm com intervalos pontuais de 700,0 – 1990,0 ppm ; os teores de Fe variam de 2,0 a 5,0 ppm; os teores de Mo variam de 0,5 – 17,0 ppm com intervalos pontuais de 114,0 a 180,0 ppm.

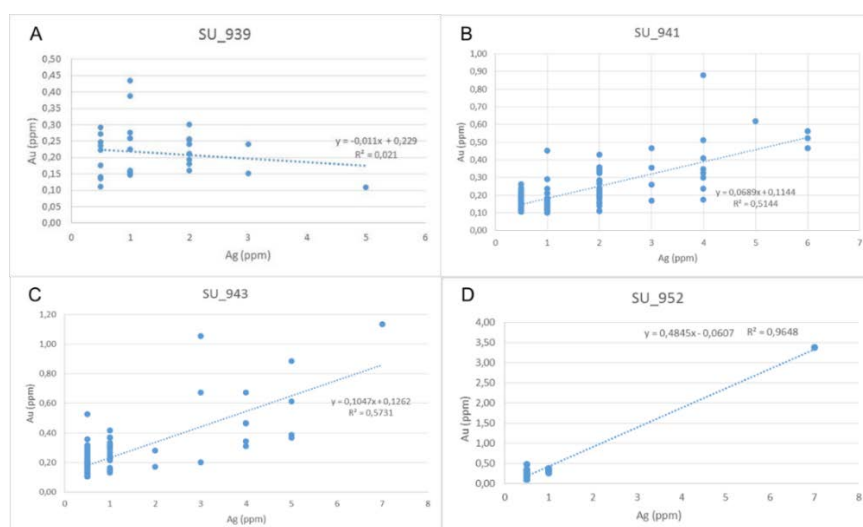
Neste sentido, observa-se boa correlação boas a excelentes correlações positivas entre os teores de Au e Cu para os furos analisados (Figura 34). O furo SU\_943 exibe excelente correlação positiva entre os teores de Cu e Au ( $r^2 = 0,8255$ ; Figura 34 a), enquanto os furos SU\_941 e SU\_939 apresentam menores correlações  $r^2 = 0,4673$

(Figura 34 b) e  $r^2 = 0,11$  (Figura 34 a), respectivamente. Já o furo SU\_952 possui a pior correlação ( $r^2 = 0,02$ ; Figura 34 d) devido a variação no espaço amostral.



**Figura 34.** Gráfico de correlação elementar entre os teores de Au (ppm) e Cu (%) das zonas mineralizadas dos furos SU\_939 (A), SU\_941 (B), SU\_943 (C) e SU\_952 (D).

Quando analisado intervalos com teores de Au ( $> 0,1$  ppm) nota-se aumento relativo de Ag (Figura 35) e com isso uma mediana correlação entre os dois elementos para os furos SU\_941 e SU\_943, com  $r^2 = 0,53$  (Figura 35 b) e  $r^2 = 0,57$  (Figura 35 c) e boa correlação para o furo SU\_952 ( $r^2 = 0,96$ ; Figura 35 d). Já para o furo SU\_939 o valor de  $r^2 = 0,11$  (Figura 35 a) denotando uma baixa correlação entre esses elementos no furo.



**Figura 35.** Gráfico de dispersão relacionando teores de Au e Ag das zonas mineralizadas dos furos SU\_939 (A), SU\_941 (B), SU\_943 (C) e SU\_952 (D).

As análises entre Au e Zn apresentam valores de coeficientes de correlação Pearson ( $r^2$ ) baixos para os furos. Os furos SU\_941 e SU\_952 possuem as piores correlações com valor de  $r^2=0,0006$  (Figura 36 b) e  $r^2=0,0268$  (Figura 36 d). Já o SU\_939 e SU\_043, possuem valores de  $r^2=0,14$  (Figura 36 a) e  $r^2=0,11$  (Figura 36 c), mas ainda são considerados valores ruins. Esses resultados de  $r^2$  são indicativos de fraca a ausente correlação entre os elementos analisados.

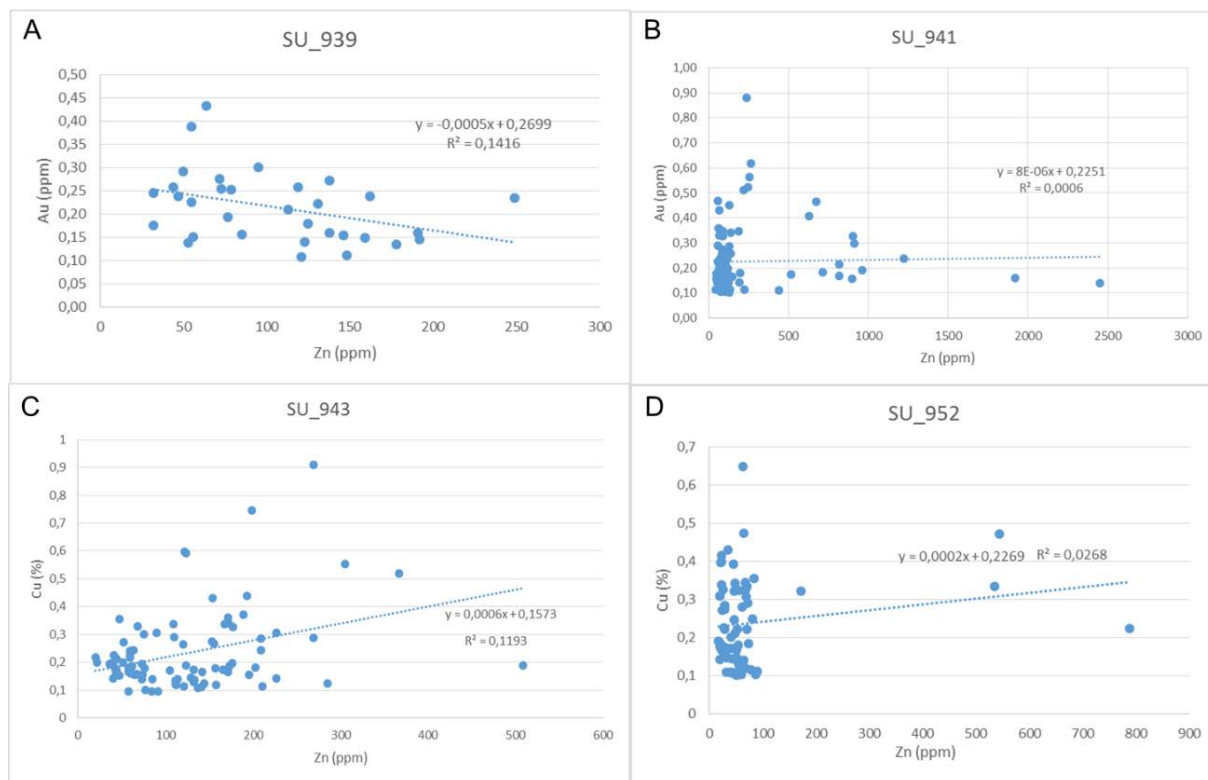


Figura 36. Gráficos de dispersão relacionando teores de Au e Zn das zonas mineralizadas dos furos SU\_939 (A), SU\_941 (B), SU\_943 (C) e SU\_952 (D).

A exemplo do observado para o Zn, nota-se fracas a ausentes correlações entre os teores de Au com o Pb ( $R^2$  entre 0,02 e 0,15), exceto para o furo SU\_952 que apresenta excelente correlação positiva ( $R^2 = 0,9599$ ; Figura 37 b). Já em relação ao chumbo as correlações com ouro também foram ruins devido ao grande espaçamento dos teores no furo SU\_939 ( $r^2=0,0202$ ; Figura 37 a), SU\_941  $r^2=0,1580,015$ ; Figura 37 b) e SU\_943 ( $r^2=0,158$ ; Figura 37 c).

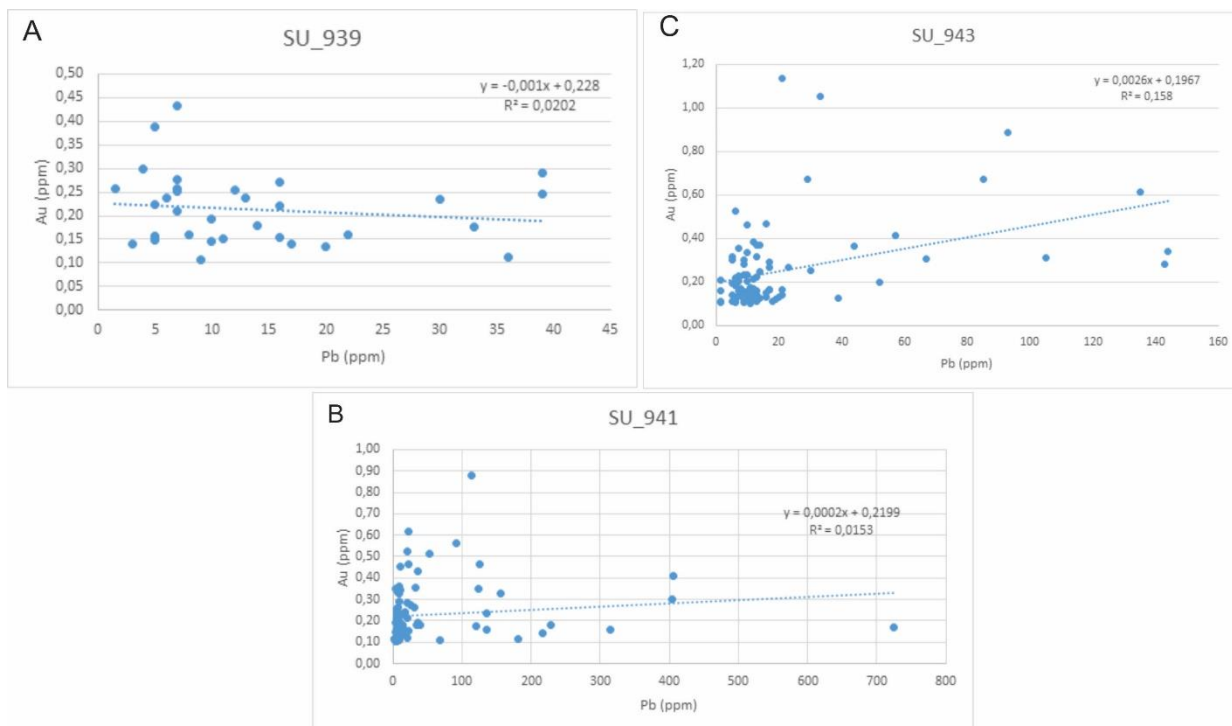


Figura 37. Gráficos de dispersão relacionando teores de Au e Pb das zonas mineralizadas dos furos SU\_939 (A), SU\_941 (B) e SU\_943 (C).

Em relação ao furo SU\_952 nota-se uma melhor correlação com valor de  $R^2$  próximo a 1 (Figura 38 b) mas, tal correlação só ocorre devido a um valor fora do padrão geral, e quando o gráfico é refeito sem esse valor exorbitante (Figura 38 a), nota-se que a correlação ainda é baixa para tais elementos como nos outros furos analisados.

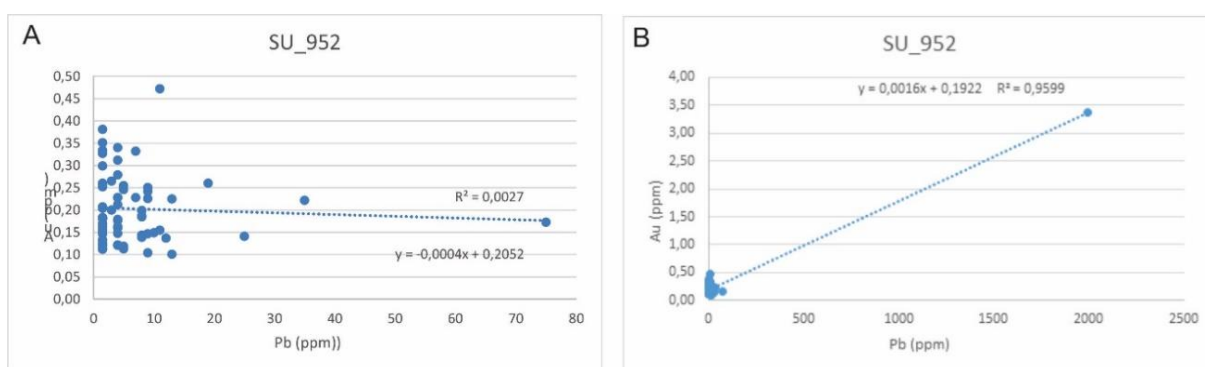


Figura 38. Gráficos de dispersão relacionando teores de Au e Pb das zonas mineralizadas do furo SU\_952, em A) gráfico feito sem o intervalo com valor fora do padrão do furo e B) gráfico que apresenta boa correção devido ao valor de teor alto e fora do padrão dos valores analisados.

Com isso as correlações ruins de ouro com chumbo e zinco, na maioria dos casos denota uma baixa relação da mineralização aurífera com tais elementos. Salve a

exceção para o furo SU\_952, entretanto o espaço amostral dessa análise não é confiável visto a baixa dispersão das amostras.

As análises entre Au e Fe apresentam valores de coeficientes de correlação Pearson ( $r^2$ ) baixos para os furos. Os furos SU\_939, SU\_941 e SU\_943 possuem as piores correlações com valores de  $r^2= 0,02$  (Figura 39 a),  $r^2=0,04$  (Figura 39 b) e  $r^2=0,0007$  (Figura 39 c), respectivamente. Já o SU\_952, possui valor de  $r^2=0,14$  (Figura 39 d) mas ainda assim a correlação é ruim. Esses resultados de  $r^2$  são indicativos de fraca a ausente correção entre os elementos analisados nas as zonas mineralizadas em ouro e cobre.

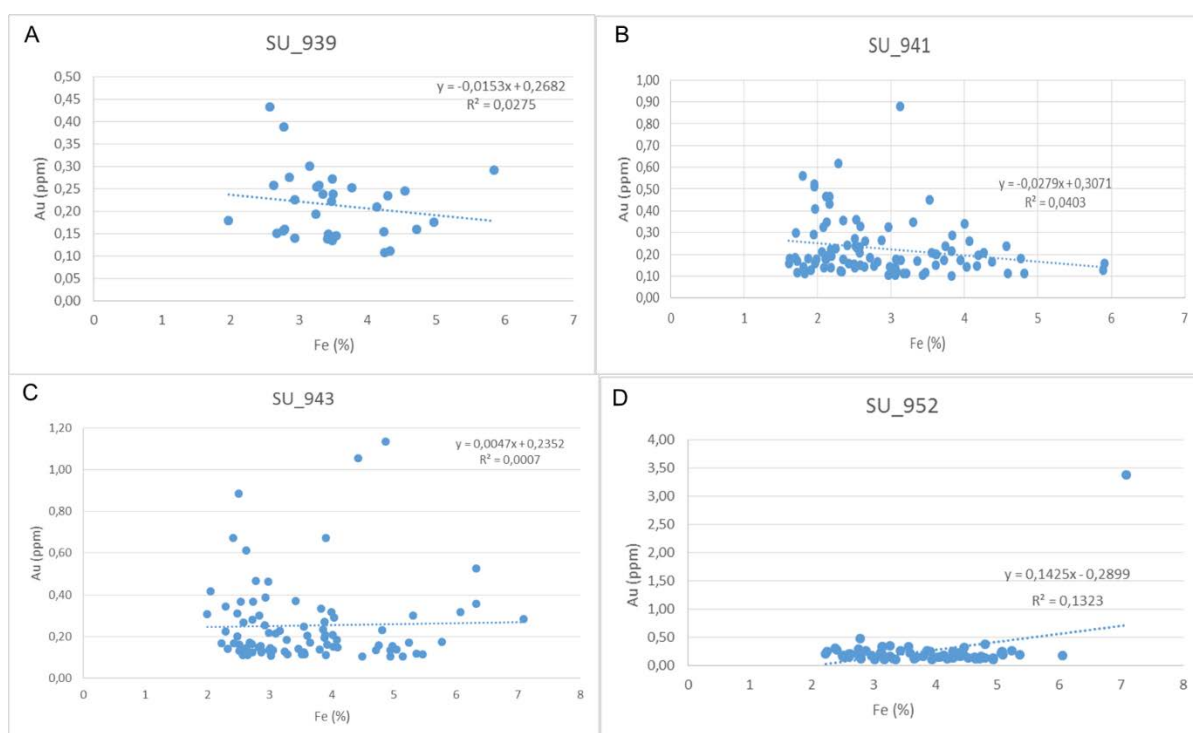


Figura 39. Gráfico de dispersão relacionando teores de Au (ppm) e Fe (%) das zonas mineralizadas dos furos SU\_939 (A), SU\_941 (B), SU\_943 (C) e SU\_952 (D).

As análises entre Au e Mo apresentam valores de coeficientes de correlação Pearson ( $r^2$ ) baixos para os furos. Os furos SU\_941 e SU\_952 possuem as piores correções com valores de  $r^2= 0,0001$  (Figura 40 b),  $r^2=0,00001$  (Figura 40 d), respectivamente. Já o SU\_939, possui a melhor correlação ( $r^2=0,210$ ; Figura 40 a) seguida do furo SU\_943 ( $r^2=0,180$ ; Figura 36 c) mas ainda são considerados valores de correlação ruins a medianos. Esses resultados de  $r^2$  são indicativos de fraca a ausente correção entre os elementos analisados para as zonas mineralizadas.

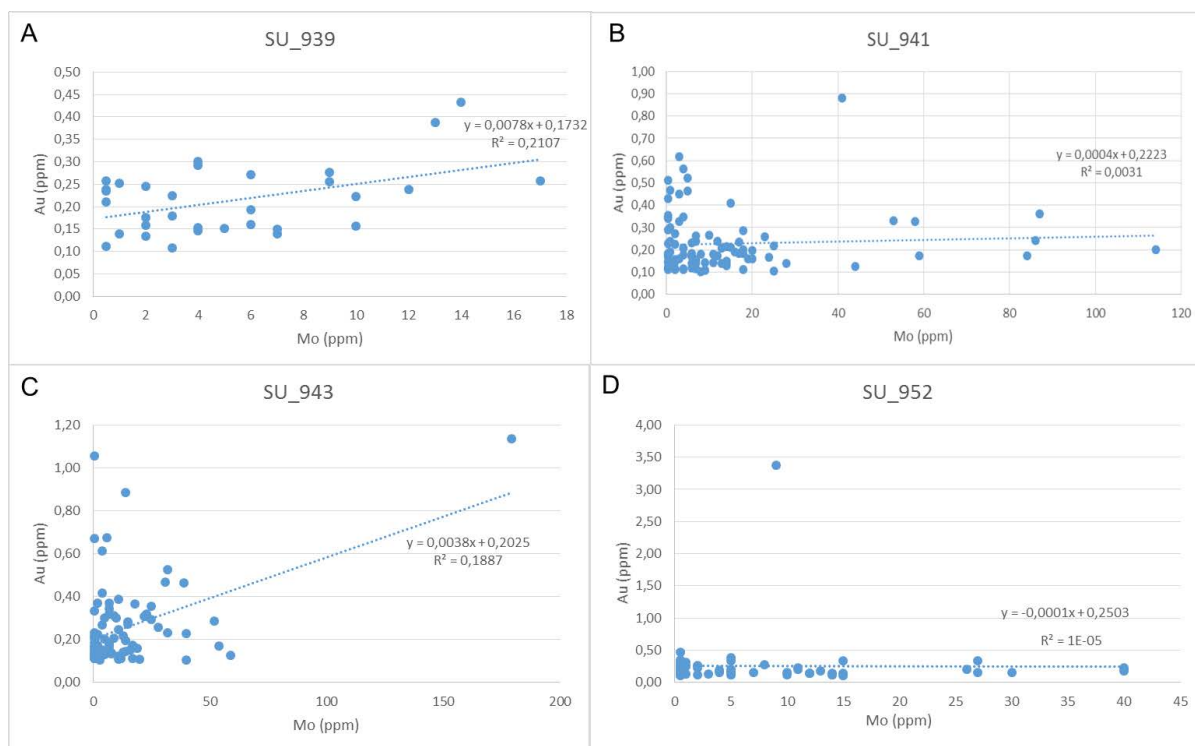


Figura 40. Gráficos de dispersão relacionando teores de Au e Mo das zonas mineralizadas dos furos SU\_939 (A), SU\_941 (B), SU\_943 (C) e SU\_952 (D).

## 6. Discussões

As rochas hospedeiras, MVI e QDP, das zonas mineralizadas do Alvo Suruca SW foram submetidas às alterações hidrotermais em diferentes estilos metassomáticos temporal e espacialmente sobrepostos. Esses estágios camuflaram as texturas e composição do protólito, tornando complexa sua individuação. Em adicional, os processos metamórficos muitas vezes se confundem com os estágios hidrotermais, dificultando a classificação de cada fase.

Os eventos metamórficos contribuem para as modificações e podem também ter mesclados tanto as rochas hospedeiras e os produtos dos halos hidrotermais descritos neste trabalho. Dessa forma, pode-se interpretar que os minerais biotita e muscovita que marcam a foliação xistosa Sn são produtos de eventos metamórficos regionais que atingem as litologias e que podem ter modificados a paragenese mineral das alterações hidrotermais (biotitização e muscovitização) anteriores e até remobilizado os minerais de minério desses halos hidrotermais para os planos de foliação principal. Em um viés metamórfico, a presença de epídoto e clinozoisita podem indicar pico metamórfico para as litologias em fácies xisto verde superior a anfibolito inferior com sulfetos remobilizados e precipitados. Ainda, a presença de clorita com sulfetos e associada ao epídoto e biotita pode ser indicativo de um posterior retrometamorfismo para a fácies xisto verde inferior (zona da clorita) com remobilização e/ou precipitação de sulfetos para os planos da clorita.

Já os tipos das alterações hidrotermais e sua distribuição no alvo permitem traçar uma estimativa da evolução do paleossistema hidrotermal e também dos processos responsáveis pela precipitação do minério de cobre e ouro do Alvo Suruca SW.

A primeira alteração hidrotermal reconhecida é a biotitização, caracterizada pela intensa geração de biotita hidrotermal em estilo pervasivo, na forma de cristais euhedrais com forte pleocroísmo marrom escuro, em padrões ordenados (sub-paralela à foliação) e também desordenados (sobre a foliação). Precipitação de calcopirita e pirita é restrita nesse estágio, provavelmente devido sua remobilização por eventos posteriores. Não se observa uma associação entre sulfetos e biotitização, mas padrões de recristalização desses minerais na biotita. Neste contexto, a diferenciação da biotita hidrotermal para a metamórfica/pretérita é difícil devido a sobreposição entre as outras gerações. Em um contexto hidrotermal, biotitização

indica fluidos oxidados e enriquecidos em  $K^+$ . Em sistemas magmático-hidrotermais, alguns autores designam essa tipologia como “alteração potássica”, em especial quando relacionada a sistemas tipo pórfiro. São indicativas, portanto, de fluidos sob elevadas temperaturas (320°-700°C), pH neutro a alcalino e pressões entre 1,2 – 2kbar (Pirajno, 1992, Sillitoe, 2010, Seedorff et al 2005).

O segundo estágio reconhecido corresponde à muscovitização pervasiva das hospedeiras. A mesma, é essencialmente representada pelo desordenamento de muscovita fina a média na matriz da rocha, e de modo menos frequente, de muscovita de granulação grossa sub-ordenada na foliação da hospedeira. Essas duas gerações podem ser indicativas da entrada de dois pulsos recorrentes de fluidos no sistema. Os sulfetos são representados por calcopirita e pirita, com consequente precipitação de Cu e Au, ocorre em associação paragenética aos estágios finais dessa alteração, na transição para a alteração propilítica e epidotização subsequentes. De modo análogo, essa etapa pode corresponder à alteração filica (muscovita/sericita + quartzo + sulfeto) em sistemas do tipo pórfiro, na qual ocorre ligeira diminuição de temperatura do sistema (< 550°C) e rápida redução do pH, se comparado ao estágio anterior (Seedorff et al, 2005). A cristalização do corpo intrusivo causativo do sistema magmático-hidrotermal levaria à perda de calor do plúton, com consequente liberação de  $H_2S$  para a fase hidrotermal. O aporte de fluidos externos mais frios e oxidantes (meteóricos?) poderiam contribuir com o rebaixamento da temperatura do sistema e, portanto, com a redução da solubilidade do Cu e Au no fluido. Em adicional, a muscovitização representa aporte de fluidos ácidos, ricos em Al + Si  $\pm$  K, e esse podem ser oriundos de processos metamórficos regionais ( fácies xisto verde), com associação a deformação gerada por sistemas de falhas e/ou zonas de cisalhamentos regionais.

Adicionalmente, a relação entre biotitização e muscovitização não é clara tampouco transicional, e a presença de muscovita metamórfica em algumas amostras, indicam que processos metamórficos atuaram na região, provavelmente adjunto à muscovitização.

O terceiro estágio é caracterizado pela fraca a moderada epidotização pervasiva das rochas hospedeiras, com paragénese mineral epídoto + clinozoisita  $\pm$  calcopirita  $\pm$  pirita. A alteração propilítica pervasiva, de paragénese mineral epídoto + clinozoisita + clorita + carbonato  $\pm$  titanita + calcopirita + pirita  $\pm$  magnetita  $\pm$  pirrotita  $\pm$

galena  $\pm$  esfalerita  $\pm$  monazita, é de difícil individualização da epidotização, e possivelmente podem ter ocorrido simultaneamente, em função de variações nas razões fluido/ rocha e/ou de variações composicionais dos protólitos hospedeiros do alvo Suruca SW. De modo geral, a alteração propilítica pervasiva é a mais intensa e intimamente ligada as zonas de maiores teores.

Esses quatro halos hidrotermais (biotitização, muscovitização, epidotização e alteração propilítica), quando analisados sob a óptica de um modelo do tipo pórfiro, corresponderiam a um contínuo processo de resfriamento e finalização sistema magmático-hidrotermal. A sua relação com clorita sugere que fluidos relativamente mais frios estiveram envolvidos e a adição de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}_2$  e S residuais promoveram a precipitação da paragênese mineral observada neste estágio (Bowers et al., 1984). Em adicional, a grande quantidade de  $\text{Ca}^{2+}$  pode também estar relacionada à lixiviação de grandes quantidades de álcalis das encaixantes por conta da sucessão dos estágios hidrotermais, ou então, serem provenientes do próprio sistema magmático. Além disso, esse halo possui forte associação com a paragênese sulfetada, que segundo Barnes (1997), é indicativo de que a consequente participação de sulfetos (calcopirita e pirita) tenha sido favorecida pela atuação de soluções com pH próximo a neutralidade e de condições reduzidas. Em adicional, a presença de clorita + epídoto  $\pm$  carbonato, a exemplo do observado na assembleia propilítica, remete segundo Deer et al., (2000), a temperaturas moderadas, entre 300°C e 400°C.

Ainda, alguns indicativos denotam a epidotização e a propilitização representantes das alterações hidrotermais de um sistema pórfiro com skarn cálcico ou pirita/sílica skarn. São eles: (1) o grande aporte de cálcio no sistema, sugestivo de ter sido oriundo das encaixantes, possivelmente rochas cálcio-silicatadas; (2) a forte relação dos minerais de minério com o epídoto, pode denotar controle mineralógico, ou seja, minério controlado pela formação de assembleias minerais cálcicas; e finalmente, (3) pelo zoneamento de metais no alvo Suruca; em que a sudoeste predominam mineralização de  $\text{Cu}+\text{Au}$  e a nordeste predominam  $\text{Au}+\text{Zn}+\text{Pb}$ , o que corresponderia a um zoneamento típico de skarn proximal e de um skarn distal, respectivamente (Sillitoe, 2010; Pirajno, 2009). Entretanto, a ausência de importantes atributos geológicos como (1) assembleias cálcio-silicáticas a base de granada + piroxênio; e de (2) hospedeiras carbonáticas, tampouco seus equivalentes

metamórficos; são fortes indicativos da inexistência de um sistema skarnífero para o alvo Suruca SW.

Ainda é possível sugerir e relacionar as mineralizações do Alvo Suruca com um sistema epitermal desenvolvido a partir de um pórfiro. Com as evidências: (1) as rochas hospedeiras da mineralização terem natureza vulcânicas; (2) apresentar zoneamento metálico com Au, Zn, Pb e Cu (White & Hedenquist, 1995; Corbett, 2002); a sudoeste predominam mineralização de Cu+Au e a nordeste predominam Au+Zn+Pb; (3) pelos dados de boas a medianas correlações entre Au e Ag aqui descritas para as amostra estudadas; e (4) além da alteração hidrotermal possuir relação com o modelo genético de um sistema epitermal, segundo o modelo dos autores White & Hedenquist (1995).

Um quarto estágio é representada pela geração de muscovita mais tardia, compreendida como uma segunda geração (muscovita 2) que ocorrem em padrões radiais, que se sobrepõem aos estágios hidrotermais precedentes. Esse estágio hidrotermal pode indicar um segundo aporte de fluidos ácidos enriquecidos em Al + K ao sistema. E tal como discutido anteriormente, pode estar relacionada a uma alteração filica de sistemas do tipo pórfiro. Mas, possui indicativos que sua cristalização é consequência de um aporte de fluidos metamórficos no sistema derivados de metamorfismo regional associadas as grandes estruturas da região (e.g falha do rio dos bois).

O último estágio é a silicificação confinada, ela se sobrepõe aos halos anteriores e possui forte relação com os melhores teores de Au e Cu do depósito. Ocorre na forma de vênulas de quartzo fumê unidirecionais e também bidirecionais em padrão *stockwork*, com a paragênese a base de calcopirita + pirita  $\pm$  magnetita  $\pm$  galena  $\pm$  esfalerita. Os sulfetos teriam sido precipitados, mas também remobilizados e reconcentrados, devido a relação com minerais silicáticos (epídoto, clinozoisita e muscovita).

Para um sistema pórfiro, a silicificação corresponde a um estágio tardio da evolução do sistema hidrotermal local por estar associada à liberação de fluidos remanescentes dos momentos finais de cristalização do plúton. Esse estágio geralmente oblitera os anteriores através de um sistema de veios e/ou em *stockwork*, (Seedorff et al., 2005; Sillitoe, 2010).

Ainda, a solubilidade da sílica é fortemente dependente das variações da P e T, sendo que queda destes parâmetros causa grande precipitação de quartzo (Rimstidt, 1997). Contudo, a única exceção acerca desta generalização ocorre quando a pressão muda de litostática para a hidrostática ( $P_{litostática} > P_{hidrostática}$ ), o que culmina na geração de fraturas no maciço preenchidas por quartzo (Barnes, 1997). Em adicional, essa liberação de fluidos, promovida em regime crustal relativamente raso, pode ter gerado a redução da temperatura do sistema devido a entrada de fluidos externos mais frios e oxidantes, o que teria consequentemente potencializado a precipitação da sílica.

Não é possível afirmar que a silicificação aqui descrita é oriunda do último estágio hidrotermal do sistema pórfiro. Seedorff et al. (2005) credita como raros os processos de silicificação em pórfiros de cobre, atrelado a isso, não há evidências claras sobre essas venulações estarem diretamente relacionadas ao resfriamento do corpo ígneo em regime oxidante (assembleia mineral, texturas e formas de ocorrência) tal como predita o modelo de Seedorff et al (2005) e Sillitoe (2010). Dessa forma, a silicificação confinada pode estar associada a regimes de falhamentos/zonas de cisalhamento regionais com metamorfismo xisto verde ( fácies metamórfica coincidente com o metamorfismo da região) que fraturou e promoveu a desidratação dos minerais já existentes e a consequente, percolação de fluidos ricos em sílica com remobilização dos sulfetos e, assim, reconcentração de metais do depósito em vênulas.

Em relação a mineralização, têm-se calcopirita como o principal mineral de minério do alvo Suruca SW, além de pirita subordinada, aos quais se associam magnetita, galena, pirrotita e esfalerita.

Nesse sentido, a presença de calcopirita e pirita como principais assembleias sulfetadas indicam condições redutoras e em pH ácido a neutro, para a precipitação do minério no depósito. Atrelado a isso, sabe-se que os sulfetos podem ser precipitados como consequência de diminuição da temperatura no sistema, diminuição da atividade dos ligantes que transportam os metais, e aumento da atividade de enxofre no sistema (Barton et al., 1963), além de outros fatores como: diluição da solução, diminuição do pH, oxidação, redução de pressão.

Com isso, no Alvo Suruca a sulfetação está, principalmente, associada a alteração propilítica com paragênese mineral que indica que houve tal rebaixamento

da temperatura do sistema a partir da muscovitização. Neste contexto, compreende-se que a precipitação do minério no alvo Suruca SW tenha ocorrido mediante diminuição da temperatura do sistema, com simultânea precipitação de calcopirita e pirita e consequente zoneamento dos halos hidrotermais. Essa redução da temperatura provavelmente tenha ocorrido mediante resfriamento do corpo magmático e/ou entrada de fluidos externos (e.g. meteóricos e metamórficos). Com o processo metamórfico, teria ocorrido a remobilização da paragênese sulfetada dos estágios anteriores, e sua posterior precipitação em veios de quartzo, dentro de um sistema similar ao do tipo Au orogenético (*mesothermal gold deposits*). Além disso, a fraca associação de sulfetos com a biotitização pode ser um indício de sua remobilização por eventos posteriores (metamorfismos e zonas de cisalhamento).

Ainda, a associação de magnetita e principalmente galena e esfalerita no minério confinado (em vênulas de quartzo) podem indicar que nesse estágio, teria ocorrido essencialmente variações no pH (aumento do pH favorece precipitação de galena e esfalerita) concomitante à ligeira elevação da  $f_{O_2}$  (precipitação de magnetita). A precipitação de sulfetos de Pb e Zn é potencializada por oscilações de pH muito mais eficientemente do que da temperatura. Contudo, como correspondem a fases subordinadas relacionadas aos últimos estágios da alteração, baixas razões fluido/rochas seriam suficientes para controlar a precipitação destes metais de base.

Para o depósito de Chapada, Oliveira (2015) discute com base em isótopos de  $\delta^{34}S$ , de que o enxofre do sistema teria origem magmática e, portanto, reforçando o modelo magmático-hidrotermal para o sistema. Embora a contribuição magmática não seja clara para o Suruca, a associação das zonas sulfetadas com a biotitização seria um forte indício de um sistema magmático-hidrotermal como responsável pela gênese do depósito, ou pelo menos, como um primeiro estágio responsável pela sua concentração de minério. E que posteriormente essa a sulfetação primária pode ter sido remobilizada por sistemas deformacionais regionais que, também, geraram fluidos silicosos, e assim, consequentemente precipitaram vênulas de quartzo mineralizados.

### **Modelo Metalogenético**

Estudos a respeito do modelo genético de mineralização do Alvo Suruca SW na literatura são escassos. Alguns estudos informais interpretam o alvo como um

modelo tipo skarn (*relatório interno YamanaGold, 2014*), hospedado em rochas metavulcânicas intermediária, intrusões dioríticas e metassedimentos (metapelitos granadíferos e metagrauvacas), nos quais níveis de epidoto + calcita corresponderiam a antigos skarns cálcicos que foram expostos ao metamorfismo em fácies anfibolito e posteriormente ao metamorfismo nas fácies xisto-verde. Ainda, nota-se, um claro zoneamento metálico no alvo Suruca, onde na porção nordeste predomina uma zona de zinco-chumbo-ouro com esfalerita, pirita e galena, e na porção sudoeste (objeto desse estudo) predomina uma zona de cobre-ouro com agregados de calcopirita e pirita.

Esse zoneamento metálico aliado à assembleia cálcica das alterações propilítica e epidotização, podem permitir a associação deste alvo com um sistema skarn proximal. Entretanto, quando um sistema pórfiro está relacionado ao desenvolvimento skarn, como discutido no Capítulo 4, as alterações hidrotermais se relacionam (Pirajno, 2009) e a qualidade da mineralização desse sistema em conjunto depende, principalmente, da rocha encaixante, sendo sua permeabilidade, mineralogia (carbonática) e presença de estruturas os fatores mais importantes (Euinaud, 1982).

No contexto do Arco Magmático de Mara Rosa, o depósito de Chapada é entendido como um sistema magmático-hidrotermal do tipo pórfiro em estágio inicial, pré-eventos deformacionais regionais, com remobilização da mineralização em um modelo do tipo orogenético (Oliveira, 2009). O mesmo autor sinaliza a zona de cisalhamento Rio dos Bois como o principal agente mineralizador do depósito de Chapada em estágio tardio.

A mineralização do depósito de Chapada possui relação com os principais eventos de deformação relacionados à evolução do Arco Magmático Mara Rosa. O primeiro estágio evolutivo do arco, entre 900-850 Ma, em ambiente subdução intra-oceânica e importante atividade plutono-vulcânica com geração de unidades cálcio-alcalinas, correspondente com o magmatismo gerador das rochas do arco e da sequência metavulcano-sedimentar de Mara Rosa (Oliveira, 2009). Sendo nesse estágio que ocorreram processos magmático-hidrotermais envolvidos na formação do depósito. Posteriormente, dois eventos metamórficos ocorrem: primeiro evento, entre 760-730 Ma em fácies anfibolito; e segundo evento, caracteriza um retrometamorfismo em fácies xisto verde com pico metamórfico em torno de  $630 \pm 4$  Ma (U-Pb Pimentel

et al. 1997), final da orogenia Brasileira (Junges et al. 2002). Após isso, evento dúctil-rúptil marcado pelo desenvolvimento da zona de cisalhamento Rio dos Bois remineraliza e gera diversas ocorrências de ouro na região (e.g Suruca) tais como a própria mineralização epigenética de Chapada (Oliveira, 2009).

A exemplo do anteriormente discutido, diversas hipóteses podem assegurar a correlação do alvo Suruca SW com modelos genéticos do tipo pórfiro, relacionado a um sistema deformacional, sistema epitermal e até um sistema skarn.

Pirajno (2009) relaciona halos hidrotermais de sistemas pórfiros com skarn. O primeiro estágio, possui relação com metamorfismo de contato do corpo e por consequência relaciona-se com as primeiras etapas da alteração potássica/hidrolítica do pórfiro. O último estágio da alteração (retrograda) é caracterizada por assembleias minerais a base de argila, clorita, calcita, quartzo, hematita, pirita, e localmente sílica-pirita; com mineralizações de pirita, esfalerita e galena (distais), coincidente com a alteração sericítica e argílica presente em sistemas tipo pórfiro. Porém, de acordo com a petrografia aqui descrita e a geoquímica das áreas mineralizadas, as alterações hidrotermais e a tipologia do minério não estão relacionadas diretamente com as rochas encaixantes. Além disso, para o modelo de um depósito skarn as rochas hospedeiras devem possuir química cálcio-silicática e com mineralização associada (Pirajno, 2009), o que, no entanto, não se observa para o alvo Suruca SW.

Assim, como o depósito de Chapada (Oliveira, 2009) o alvo Suruca SW provavelmente pode representar uma mineralização de Cu+Au como reflexo da superimposição de eventos: (1) um primeiro evento, relacionado a instalação de um sistema similar ao do tipo Cu-Au pórfiro, posteriormente remobilizado por (2) deformações regionais. Portanto, o primeiro estágio indicaria a influência de um sistema magmático-hidrotermal, provavelmente do tipo pórfiro, com precipitação de sulfetos e formação do halo de alteração a base de biotita (biotitização). Posteriormente, esse sistema teria sido obliterado por eventos de deformação regional, dentro do contexto do Arco Magmático Mara Rosa, com desidratação das rochas encaixantes, produção de fluido silicoso, remobilização do minério do estágio anterior, e posterior precipitação tardi-metamórfica de veios e vênulas de quartzo + sulfeto com altos teores de Cu e Au. Esse estágio estaria relacionado a um sistema de falhas (zona de cisalhamento Rio dos Bois), dentro de um contexto de metamorfismo dinâmico.

## 7. Conclusões

As seguintes conclusões puderam ser obtidas a partir desse trabalho:

(1) Os litotipos hospedeiros da mineralização de cobre e ouro correspondem a rochas metavulcânicas intermediária e metaquartzo diorito porfirítico, com as variações petrográficas que variam de xisto a gnaiss para o primeiro caso.

(2) O paleossistema hidrotermal do alvo Suruca SW é composto por seis alterações hidrotermais, temporalmente designadas de: biotitização, muscovitização, epidotização, alteração propilitica, muscovitização 2 e silicificação. As seis ocorrem em estilo pervasivo, enquanto a última, confinada a vênulas de quartzo.

(3) A mineralização ocorre em dois estilos distintos: disseminado e confinado, ambos representados pela mesma paragênese mineral dominada por calcopirita, mas com concentrações inferiores de pirita.

(4) As principais correções das análises geoquímicas permitiram evidenciar a forte relação das mineralizações de Au com o Cu; uma baixa a moderada relação com a Ag; e em detrimento dos elementos Pb e Zn que apresentaram baixas correções com o Au.

(5) As seções geológicas permitem visualizar zoneamento das alterações hidrotermais relacionada com as áreas mineralizadas; em que uma há alteração confinada com epidoto + quartzo + pirita em áreas de topo e base (*hangwall* e *footwall*) na forma de um envelope externo, enquanto a muscovitização ocorre com obliteração da epidotização e/ou da alteração propilitica em área mais central parcialmente envolvida por muscovitização obliterada por epidotização fraca.

(6) Os melhores intervalos de teores ( $> 0,1\%$  de Cu e  $> 0,1$  ppm de Au) estão associados à alteração propilitica e epidotização que ocorrem obliterando a muscovitização (1 e 2) de maneira pervasiva. Os intervalos com maiores teores (high grade) correspondem àqueles associados à intensa silicificação confinada a vênulas de quartzo.

(7) O ouro está sempre associado aos sulfetos (calcopirita e pirita), na qual ocorre incluso, nos interstícios ou nas bordas dos sulfetos. Ocorrência intersticial aos cristais de quartzo é comum, porém, aos casos de adjacências aos cristais de sulfetos.

(8) O alvo Suruca SW pode ter sido gerado a partir de um sistema magmático-hidrotermal similar ao do tipo Cu-Au pórfiro, no entanto, posteriormente remobilizado pela deformação regional imposta pela Zona de Cisalhamento Rio dos Bois.

## 8. Referências Bibliográficas

ARANTES, D., BUCK, P.S., OSBOURNE, G.A., PORTO, C.G. A Sequência Vulcano- Sedimentar de Mara Rosa e Mineralizações Auríferas Associadas. Boletim Informativo da SBG, Núcleo Centro-Oeste, 27-40. 1991.

BARNES, H.L. Solubilities of ore minerals. In: Barnes H.L. (ed.). Geochemistry of hydrothermal ore deposits. 2ª ed. John Wiley & Sons, pp. 60-404. 1979.

BOWERS, T.S., Jackson K.L., HELGELSON, H.C. Equilibrium activity diagrams for coexisting minerals and aqueous solutions at pressure and temperatures to 5 kb and 600°C, Berlin, Springer-Verlag, 397p. 1984.

BROWN, P. E., BOWMAN, J. R., KELLY, W. C. Petrologic and stable isotope constraints on the source and evolution of skarn forming fluids at Pine Creek, California. *Economy Geology*, 80: 72-95. 1985

CANESIN, THAIS DE SIQUEIRA. Geologia do alvo Suruca, porção nordeste da Mina de Chapada, Alto Horizonte (GO). Trabalho de conclusão de curso (Geologia) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2010.

CORBETT, K. D. Updating the geology of the Mount Read Volcanics belt. *Mineral Resources Tasmania, Record*, 19: 34. 2002.

CPRM- COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. Geologia da Folha Campinorte: SD.22-Z-B-I. Escala 1:100.000. Org: OLIVEIRA, C. G.; OLIVEIRA, F. B.; DANTAS, E. L.; FUCH, R. A. Brasília: UnB/CPRM, 2007. (Série Programa de Geologia do Brasil – PGB). 68p.

DEER, W. A., HOWIE, R. A., ZUSSMAN, J. Minerais constituintes das rochas – Uma introdução, 2ª ed. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 727p. 2000.

EINAUDI, M. T. Description of skarns associated with porphyry copper plutons. In: Titley sr (ed) *Advances in geology of the porphyry copper deposits, southwestern North America*. University of Arizona Press, Tucson, pp 139-867. 1982.

FUCH R.A., DANTAS E.L., De SORDI D.A., CHIARINI M.F., OLIVEIRA C.G., ALMEIDA T. Programa Geologia do Brasil-Folha Santa Terezinha de Goiás. FUB/CPRM, Brasília, 89 pp. 2006.

GUILBERT, J. M., PARK, C. F. The Geology of Ore Deposits. Science, page 985. 1986.

HARRIS, N. B. W., PEARCE, J. A., TINDLE A. G. Geochemical características os collision-zone magmatism. In: Collision Tectonics. Geological Society of London Special Publication, vol.19, pp 67-81. 1986.

JUNGES, S. L. Caracterização geoquímica e isotópica da Faixa Oeste da Sequência Vulcanossedimentar de Mara Rosa, 1998. 115p. Dissertação (Mestrado em Geologia No 133) - Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília, 1998.

JUNGES, S.L., PIMENTEL, M.M., DANTAS, E..L, LAUX, J.H. Idades U-Pb de granitos sin- a tardi-tectônicos do Arco de Mara Rosa, Goiás. In 41 Congresso Brasileiro de Geologia, João Pessoa. Anais.João Pessoa, SBG, p.312. 2002.

JUNGES, S. L.; PIMENTEL, M. M.; DANTAS, E. L.; LAUX, J. H. New ID-TIMS U-Pb ages in the western portion of the Mara Rosa Arc: two hundred million years of arc building. In: IV SOUTH AMERICAN SYMPOSIUM ON ISOTOPE GEOLOGY, 2003. Short Papers... p.198-201

KUYUMJIAN, R.M. The geochemistry and tectonic significance of amphibolites from the Chapada sequence, central Brazil. Unpublished PhD thesis, University of London, 289 pp. 1989.

MEDEIROS, M. C. Caracterização petrográfica e litoquímica aplicada à investigação dos protólito do Alvo Suruca SW, Alto Horizonte-GO. Trabalho de Conclusão de Curso em Geologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 2017.

MEINERT, L. D. Gold skarns related to epizonal plutons. Ver. Econ. Geol., v 13:347-pg375. 2000.

MEINERT, L. D., DIPPLE, G. M. NICOLESCU, S. World skarn deposit. Econ. Geol. Vol. 100th Ann, 229-339. 2005.

MELO, L.V. Compartimentação Geocronológica dos Depósitos de Cu-Au e Au do Distrito Chapada-Mara Rosa-Campinorte no Arco Magmático de Goiás, BrasilCentral.Tese de Doutorado- UnB. 2006.

OLIVEIRA, C.G., QUEIROZ, C.L., PIMENTEL, M.M. The Arenópolis-Mara Rosa gold-copper belt, Neoproterozoic Goiás Magmatic Arc. Rev. Bras.Geoc., 30:219-221. 2000.

OLIVEIRA, C. G.; PIMENTEL, M. M.; MELO, L. V.; FUCK, R. A. The copper-gold and gold deposits of the Neoproterozoic Mara Rosa Magmatic Arc, central Brasil. *Ore Geology Reviews*, v.25, p.285-299. 2004.

OLIVERIA, C. G. OLIVEIRA, F. B, GIUSTINA, M. E. S. D., MARQUES, G. C., DANTAS, E. L., PIMENTEL, M. M., BUHN, B. M. The Chapada Cu–Au deposit, Mara Rosa magmatic arc, Central Brazil: Constraints on the metallogenesis of a Neoproterozoic large porphyry-type deposit. *Ore Geology Reviews*, vol. 72, pg 1-21. 2015.

OLIVEIRA, F. B. Características epigenéticas do depósito de Cu-Au Chapada, Arco Magmático de Goiás. Dissertação de Mestrado 264, Universidade de Brasília, 127 p. 2009.

PALERMO, N., PORTO, C.G., COSTA JUNIOR, C.N. The Mara Rosa gold district, central Brazil. *Rev. Bras. Geoc.*, 30(2):256-260. 2000.

PIMENTEL, M. M.; FUCK, R. A. Neoproterozoic crustal accretion in central Brazil. *Geology*, v. 40, n.4, p.375-379. 1992.

PIMENTEL, M. M.; WHITEHOUSE, M. J.; VIANA, M. G.; FUCK, R. A.; MACHADO, N. The Mara Rosa Arc in the Tocantins Province: further evidence for Neoproterozoic crustal accretion in Central Brazil. *Precambrian Research*, v.81, p.299-310. 1997.

PIRAJNO, F. Hydrothermal Processes and Mineral Systems. Geological Survey of Western Australia. 535-580. 2009

RAMOS FILHO, W. L.; ARAÚJO FILHO, J. O.; KUYUMJIAN, R. M. Características do ambiente estrutural do depósito de Chapada, Goiás. *Revista Brasileira de Geociências*, v.33, n.2, p.109-116, jun. 2003.

RICHARDSON, S. V.; KESLER, S. E.; ESSENE, E. J.; JONES L. M. Origin and geochemistry of the Chapada Cu-Au deposit, Goiás, Brazil: a metamorphosed wall-rock porphyry copper deposit. *Economic Geology*, v.81, p.1884-1898. 1986.

RIMSTIDT, J.D. Gangue mineral transport and deposition. In: Barnes H.L. (ed.), *Geochemistry of hydrothermal ore deposits*, 3rd ed. United States, 972p, 1997.

SEEDORFF, E., DILLES, J. H., PROFFETT, J. M., EINAUDI, M. T., ZURCHER, L., STAVAST, W. J. A., ... & Barton, M. D. Porphyry deposits: Characteristics and origin

of hypogene features. *Economic Geology* 100th anniversary volume, 29, 251-298. 2005.

SILLITOE, R.H. Porphyry copper systems. *Economy Geology Reviews*. 105, 3–41. 2010.

VIANA, M. G.; PIMENTEL, M. M.; WHITEHOUSE, M. J.; FUCK, R. A.; MACHADO, N. O Arco Magmático de Mara Rosa, Goiás: Geoquímica e geocronologia e suas implicações regionais. *Revista Brasileira de Geociências*, v.25, n.2, p.111-123, jun. 1995.

VALERIANO, C.M., DARDENNE, M.A., FONSECA, M.A., SIMÕES, L.S.A., SEER, H.J. A evolução tectônica da Faixa Brasília. In: V. Mantesso-Neto, A. Bartorelli, C.D.R. Carneiro, B.B. Brito Neves (eds). *Geologia do Continente Sul-Americano: evolução e obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. Beca, São Paulo, p.575-593. 2004.

WHITE, N. C.; HEDENQUIST, J. W. Epithermal gold deposits: styles, characteristics and exploration. *SEG newsletter*, 23.1: 9-13. 1995.

## **APÊNDICE I – DESCRIÇÕES PETROGRÁFICAS**

**Amostra:** SU\_939 (*amostra coletada do furo SU\_939, metragem 37,23m*)

**Descrição Macroscópica:** A rocha (figura 41) possui granulação fina a muito fina, e coloração cinza clara com finas camadas de cinza escura. A foliação é marcada por micas e anfibólios de coloração preta subheudrais. Quartzo e plagioclásio perfazem a matriz e são anhedrais. Sericita pervasiva em toda a rocha seguindo os planos da foliação principal. Vênulas de quartzo granular com sulfetos (pirita±calcopirita) sub-concordantes à foliação.



**Figura 41.** Amostra de testemunho de sondagem SU\_939 (37,23m).

**Descrição da lâmina a olho nu:** a lâmina é incolor a verde clara, apresenta um leve bandamento marcado por cristais pretos/marrom. Há orientação desses minerais para uma direção.

**Descrição Microscópica:**

**Estruturas/texturas:** rocha fanerítica, anisotrópica com foliação disjuntiva marcada pela orientação de micas e anfibólios e bandamento gnáissico marcado por quartzo e plagioclásios granulares (figura 42; a, b), além disso, vênulas de quartzo cortam a rocha paralela a foliação principal (Sn) (figura 42; a, b). Sua textura é granolepidoblástica, com grãos inequigranulares, na maioria subidioblásticos a xenoblásticos e granulação fina a muito fina. Sua mineralogia é composta por: quartzo, plagioclásio (andesina), muscovita, epídoto (clinozoisita), hornblenda, carbonato, apatita, clorita e minerais opacos (pirita, calcopirita e pirrotita).

**Composição modal estimada visualmente (%):**

|                              |                 |
|------------------------------|-----------------|
| Quartzo – 30                 | Clorita – 2     |
| Plagioclásio (andesina) – 22 | Pirita – 5      |
| Muscovita – 15               | Calcopirita – 4 |

Epídoto (clinozoisita) – 13

Carbonato (traços)

Biotita - 7

Apatita (traços)

Hornblenda – 2

Pirrotita (traços)

**Descrição dos minerais e suas relações texturais:** o **quartzo** é incolor, com extinção ondulante, anhedral e ocorre com tamanhos de até 0,2 mm na matriz associado ao plagioclásio e por vezes estirado; também ocorre, em aglomerados formando bandamentos com textura em mosaico ocorrendo estirados e com extinção ondulante, com tamanhos de até 1,0 mm; faz contatos curvos a retos com os demais minerais. O **plagioclásio** (andesina) é incolor, anhedral, apresenta geminação tipo lei da Albita, faz contato lobulados e retilíneo com o quartzo e apresenta-se, por vezes, como inclusões no quartzo, epídoto e micas. A **muscovita** é verde clara, e perfaz a foliação (figura 43. a, b), possui tamanhos de até 0,5 mm e ocorre como cristais euhédricos, e também truncando e por cima dos demais minerais com contatos retos. O **epídoto (clinozoisita)** ocorre subédrico, incolor a amarelo pálido, formando aglomerados granulares com cristais de até 0,8 mm, faz contatos curvos com os demais minerais. A **biotita** é subheudral com pleocroísmo forte (verde escuro a verde clara), está alterada para clorita subordinadamente e ocorre associada a muscovita e hornblenda em contato serrilhados a planos, seus cristais possuem tamanhos de até 0,4 mm. A **hornblenda** é pleocróica (verde claro a verde), subheudral, com tamanhos de 0,2 a 0,8 mm, possui contatos retos com o epídoto e muscovita e ondulados com quartzo e plagioclásio, possui bordas de reação e acompanha a foliação principal. A **clorita** é verde clara, subheudral e ocorre associada ao epídoto e substituindo cristais de biotita em menores proporções, possui tamanhos menores que 0,2 mm com padrões radiais. **Apatita e carbonatos** anhedrais e incolores ocorrem dispersos com tamanhos menores que 0,2 mm, geralmente associados com o epídoto.

Os minerais opacos são na maioria pirita e a calcopirita (figura 42 c, d) e, subordinadamente, pirrotita. Ocorrem disseminados e por vezes estirados e/ou remobilizados com bordas irregulares seguindo os planos de foliação da muscovita. A **pirita** é subheudral a anhedral, ocorre, por vezes, deformada e com contatos curvos com a calcopirita e ondulados a planos e por vezes decussados com os silicatos, seus tamanhos variam de 1,0 mm a 0,4 mm, os cristais maiores ocorrem nas bandas de

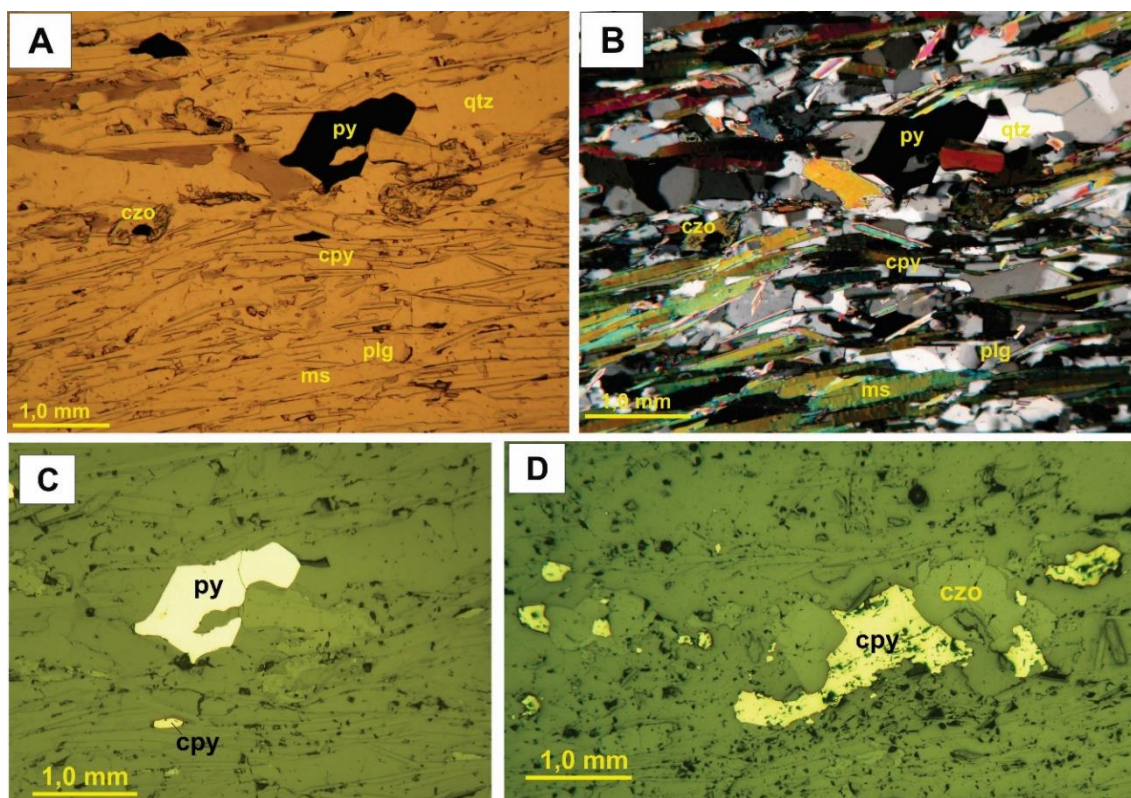
quartzo granular e apresentam texturas em 'cárie' (figura 42 c); está associada aos minerais epidoto e quartzo no geral, e nas suas bordas calcopirita está cristalizada. A **calcopirita**, é amarela, anedral, com tamanhos de até 0,3 mm, sendo que seus cristais maiores ocorrem com a pirita e interplanar a clorita e as frações finas a muito finas estão disseminadas na lâmina seguindo a foliação das micas; possui contatos ondulados a decussados com os demais minerais e inclusões de pirita e pirrotita, está associada ao epidoto (figura 42. d) e com a clorita perfazendo uma textura de substituição. A **pirrotita** é anedral e amarela-salmão e está inclusa na pirita e também associada a calcopirita. O padrão textural dos minerais opacos com os silicáticos denotam uma textura de remobilização e de intercrescimento mineral.

**Protólito:** rocha vulcânica intermediária.

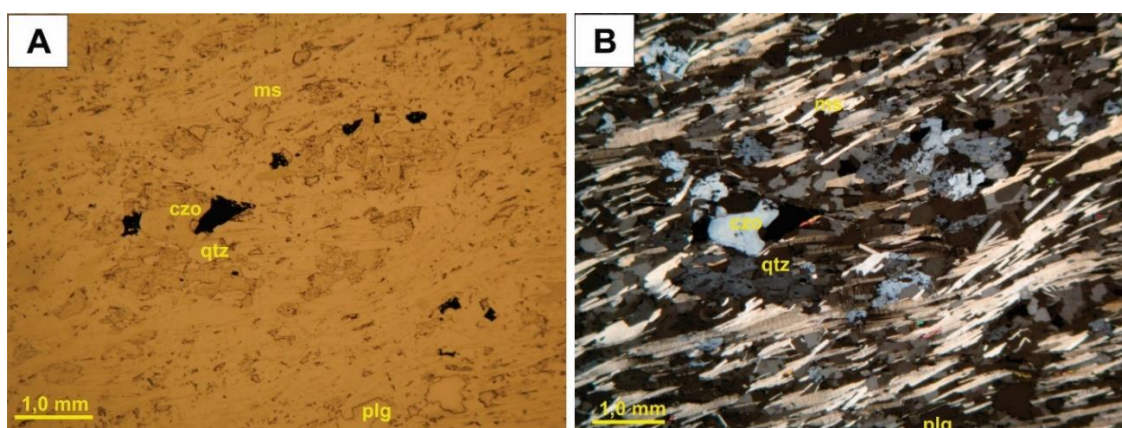
**Interpretação:** a rocha é produto de eventos hidrotermais e metamórfico. Primeiramente houve um processo metamórfico que cristalizou e orientou as muscovitas e minerais adjuntos gerando uma foliação principal (Sn). Em estágio inicial hidrotermal houve forte epidotização e cloritização moderada, caracterizada pelo mineral clinozoisita e clorita com sulfetos associados, caracterizando uma alteração propilitica por sua paragênese mineral (clinozoisita + clorita  $\pm$  carbonato) com mineralização associada, esse evento hidrotermal é tardi a pós metamórfico visto que há mineralização associada nos planos de foliação da muscovita, provavelmente porque a sulfetação aproveitou o eixo de menor tensão para a cristalização. O último evento hidrotermal foi a forte silicificação confinada marcada por vênulas de quartzo com sulfetos remobilizados

**Classificação da Rocha:** biotita-muscovita gnaiss

**Fotomicrografias**



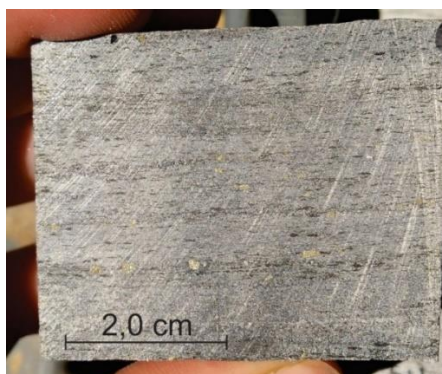
**Figura 42.** Fotomicrografias da lâmina SU\_939; a) bandamento gnáissco, textura lepidoblástica marcada por muscovitas metamórficas e vênula de quartzo com sulfeto associado, em luz transmitida com nicóis descruzados; b) fotomicrografia de (a) com nicóis cruzados; c) detalhe, em luz refletida, para cristal de pirita (py) com estrutura em cárie associada a cristais de quartzo em vênula; d) fotomicrografia em luz refletida de calcopirita associada a clinozoisita. Legenda: calcopirita (cpy), clinozoisita (czo), muscovita (ms), plagioclásio (plg), pirita (py) e quartzo (qtz),



**Figura 43.** Fotomicrografias da lâmina SU\_939 em luz transmitida, sulfetos associados a clinozoisita, foliação marcada por muscovita cortando cristais de clinozoisita a) com nicóis descruzados e b) com nicóis curvados. Legenda: clinozoisita (czo), muscovita (ms), plagioclásio (plg), e quartzo (qtz).

**Amostra:** SU\_941a (amostra coletada do furo SU\_941, metragem 82,44m)

**Descrição Macroscópica:** A rocha é fanerítica (figura 44) possui coloração cinza clara com bandas levemente mais escura, sua granulação é fina a moderada. Biotitas euhedrais denotam a foliação principal da rocha e seguindo essa foliação ocorrem sulfetos euhedrais a subeuhedrais (pirita e calcopirita) com tamanhos moderados. Epídoto e sericita ocorrem de forma pervasiva na matriz. Vênulas de quartzo e veios de quartzo, epídoto e sulfetos ocorrem subconcordantes com a foliação principal.



**Figura 44.** Amostra de testemunho de sondagem SU\_941 (82,44m).

**Descrição da lâmina a olho nu:** a lâmina é incolor a verde clara e possui uma leve orientação das bandas verdes. Cristais pretos cúbicos são visíveis ocorrendo, no geral, orientados em uma direção.

**Descrição Microscópica:**

**Estruturas/Texturas:** a rocha é fanerítica e anisotrópica com bandamento gnáissico, com foliação xistosa marcada por biotitas e muscovita (figura 45. a, b), a matriz é composta por quartzo e plagioclásio. Apresenta textura granolepidoblástica, granulação fina a média, grãos inequigranulares com cristais subidioblásticos a xenoblásticos. Mineralogia é composta por quartzo, plagioclásio, biotita, muscovita, epídoto, apatita, clorita e minerais opacos (pirita, calcopirita, magnetita e pirrotita).

**Composição modal estimada visualmente (%):**

|                              |                    |
|------------------------------|--------------------|
| Quartzo – 32                 | Clorita – (traços) |
| Plagioclásio (andesina) – 26 | Pirita – 3         |
| Muscovita – 17               | Calcopirita – 2    |
| Biotita - 12                 | Magnetita (traços) |
| Epídoto – 8                  | Pirrotita (traços) |

Apatita (traços)

Ouro (traços)

**Descrição dos minerais e suas relações texturais:** o **quartzo** é anhedral, incolor, apresenta extinção ondulante e setorial ocorre em contatos curvos a retos com o plagioclásio e contatos retilíneos com as micas, perfaz o bandamento gnáissico com tamanhos de até 0,2 mm e também compõe vênulas, com tamanhos até 0,8 mm, com sulfetos associados. O **plagioclásio** é anhedral, incolor e compõe a matriz, com tamanhos de até 0,2 mm, faz contato retos com as micas e curvos com o epídoto. A **muscovita** é euhedral, apresenta fraco pleocroísmo (verde clara a incolor), perfaz a foliação em uma direção e apresenta contatos retilíneos a serrilhados no geral. A **biotita** também perfaz a foliação, mas de maneira secundária, suas bordas estão corroídas, é pleocróica (marrom claro para verde clara) e subheudral, possui muitas inclusões e halos pleocróicos e seu tamanho varia de 0,3 a 1,0 mm. O **epídoto** é incolor, anhedral com tamanhos de até 0,3 mm, ocorre concordante a foliação, mas não está orientado, associa-se com contatos retos com os sulfetos e por vezes denteados, com o quartzo e plagioclásio e contatos curvos e com as micas serrilhados a planos. A **clorita** ocorre como mineral secundário alterando cristais de biotitas, é anhedral e com tamanhos até 0,2 mm. A **apatita** é anhedral, incolor e está dispersa pela lâmina com tamanhos de até 0,2 mm.

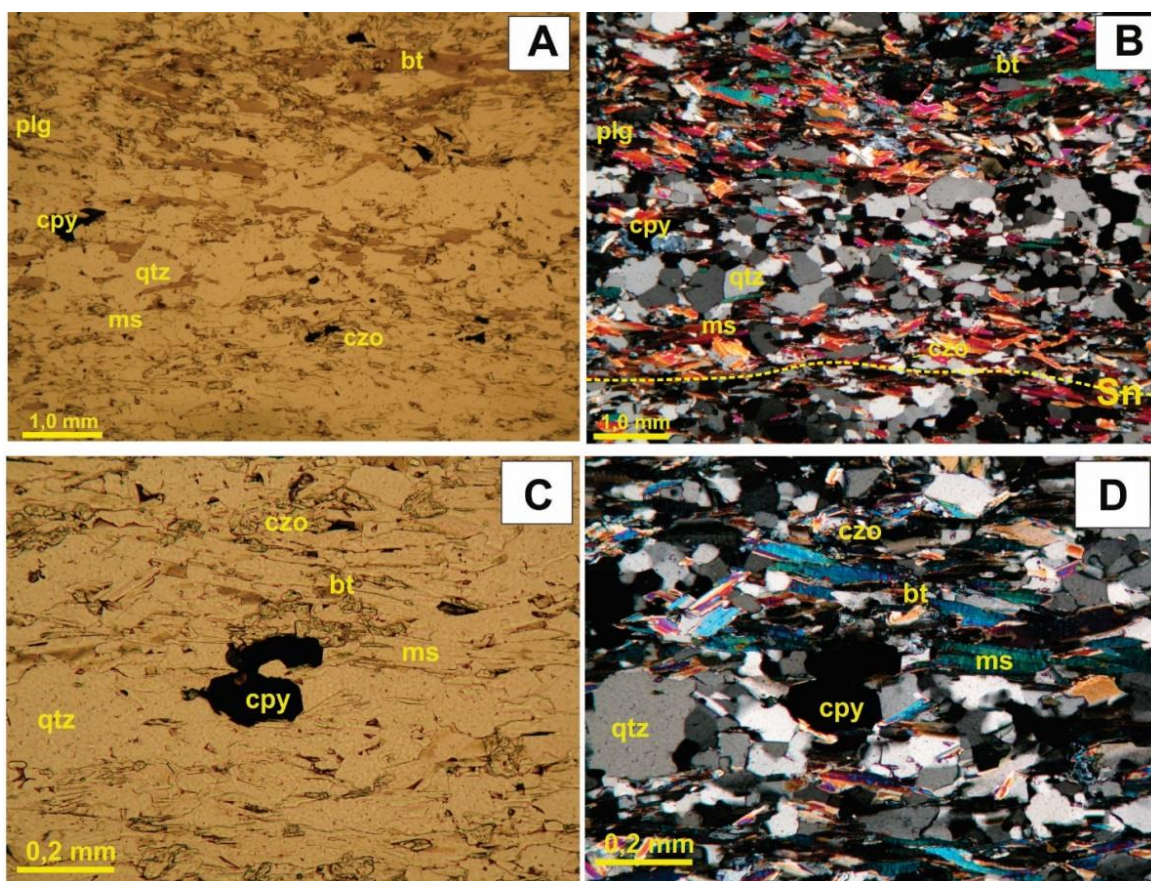
Os minerais opacos ocorrem disseminados pela lâmina e confinados a vênulas, são eles: pirita, calcopirita e hematita. A **pirita** é euhedral, grossa (>1,0 mm), amarela clara, não possui associação com os demais minerais silicáticos (figura 45. e, f, g) e está subconcordante a foliação, subordinadamente está associado ao epídoto. A **calcopirita** é anhedral, amarela e está disseminada na lâmina, ocorre concordante a foliação e associado ao epídoto (figura 45. c,d), também ocorre muito fina bordejando cristais de quartzo granular (em vênula). A **magnetita** (figura 45. H) é cinza, anhedral e possui associação com a calcopirita e pirita e por vezes está alterada, com tamanhos até 0,2 mm. A **pirrotita** é anhedral, com cristais menores que 0,1 mm e ocorre associada nas bordas da calcopirita. **Ouro** (amarelo e subheudral) incluso no cristal de calcopirita, tamanhos menor que 0,1 mm.

**Protólito:** vulcânica sedimentar intermediária

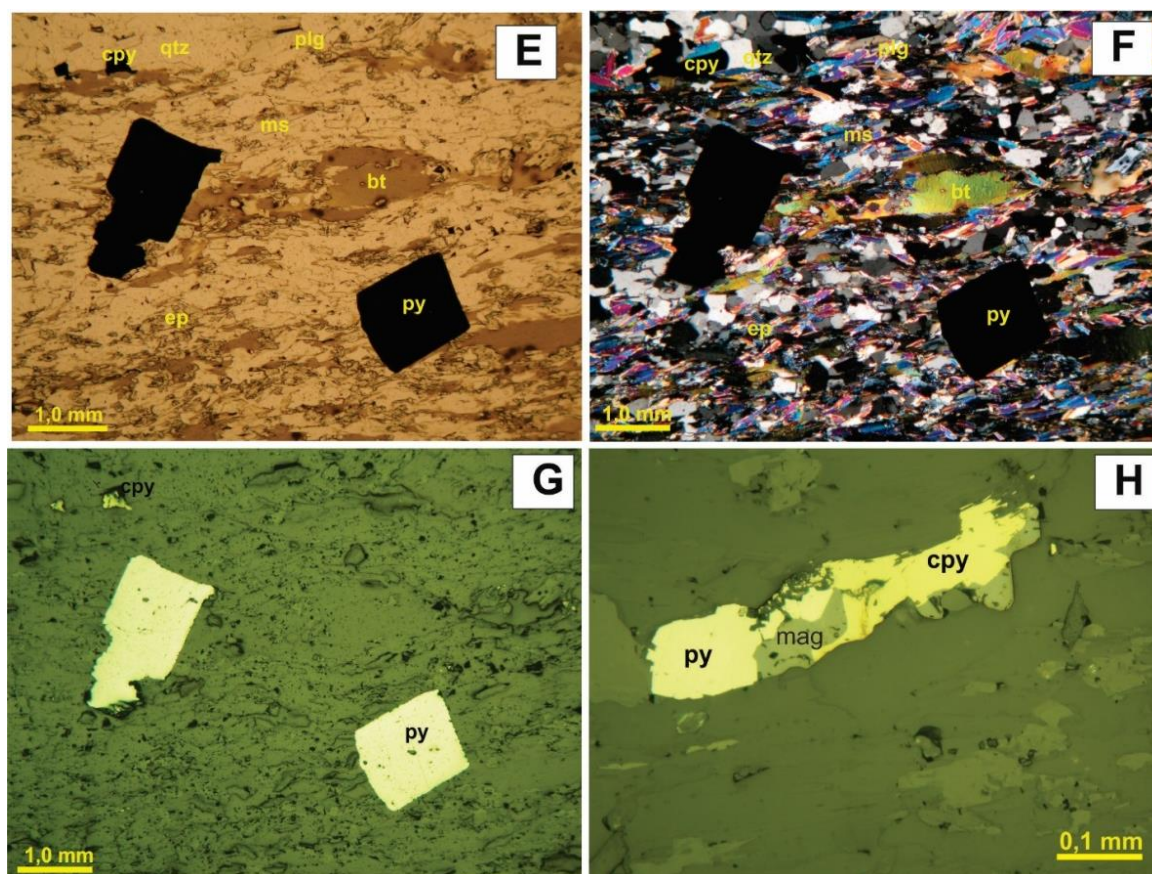
**Interpretação:** a lâmina denota uma rocha com metamorfismo inicial em fácies xisto verde, com formação de uma foliação (Sn) marcada por muscovitas. Posteriormente houve um evento hidrotermal marcado pela epidotização, evidenciada pela presença da paragênese mineral clinozoisita+pirita+calcopirita que ocorrem subconcordantes a foliação Sn, o que evidencia processo hidrotermal tardi metamórfico, evento mineralizante, tardi a esse evento cristalizou-se piritas euédrais grossas (figura 6e). O próximo estágio hidrotermal foi marcado pela silicificação marcado por vênulas de quartzo com remobilização de sulfetos (calcopiritas) para as bordas dos cristais.

**Classificação da Rocha:** biotita gnaiss epidotizado

### Fotomicrografias



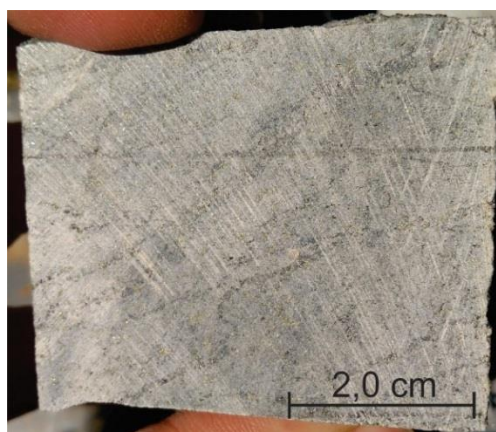
**Figura 45.** Fotomicrografias da lâmina SU\_941a: a) luz transmitida com nicóis descruzados, mostra biotitas e muscovitas marcando a foliação em (b) fotomicrografia (a), com nicóis cruzados, foliação sn traçada marcada pelas muscovitas; c) em luz transmitida e nicóis descruzados, sulfeto (opaco) com textura em cárie associado ao quartzo e epidotos; d) fotomicrografia c com nicóis cruzados; -> continua figura e legenda.



**Figura 45.** Fotomicrografias da lâmina SU\_941a; e) em luz transmitida e nicóis descruzados, biotita e muscovita marcam a foliação e sulfeto (pirita) sem associações silicáticas; f) fotomicrografia de (e) com nicóis cruzados; g) fotomicrografia de (e) em luz refletida, observa-se piritas euhedrais; h) em luz refletida associação de calcopirita, pirita e magnetita. Legenda: biotita (bt), calcopirita (cpy), clinozoisita (czo), magnetita (mag), muscovita (ms), pirita (py) e quartzo (qtz),

**Amostra:** SU\_941b (*amostra coletada do furo SU\_941, metragem 133,18m*)

**Descrição Macroscópica:** A rocha (figura 7) possui coloração cinza clara com granulação moderada. Há forte interferência na estrutura primária da rocha devido à alteração hidrotermal intensa composta por sericita e epídoto pervasivos. Também ocorrem vênulas de quartzo fumê unidirecionais e, por vezes, dobrados. Ainda, ocorrem veios milimétricos de epídoto e quartzo subconcordantes com a foliação. A calcopirita é subheudral e associa-se as vênulas de quartzo e a pirita ocorre de forma granular, subheudral e disseminada.



***Figura 46. Amostra de testemunho de sondagem SU\_941 (133,18m).***

**Descrição da lâmina a olho nu:** a lâmina possui coloração esverdeada e não apresenta orientação visível. Veios incolores cortam a seção. Pontos pretos e verdes escuros ocorrem dispersos e nos veios incolores.

**Descrição Microscópica:**

**Estruturas/Texturas:** a rocha apresenta anisotropia fraca com textura lepidogranoblástica a inequigranular bimodal (figura 8. a, b). É fanerítica, inequigranular, com granulometria fina a muito fina com bandamentos (vênulas) com granulação média e seus cristais subidiomórficos a xenomórficos. Mineralogia é composta por quartzo, plagioclásio, muscovita, epídoto, hornblenda, carbonato, titanita e minerais opacos (pirita, calcopirita e magnetita).

**Composição modal estimada visualmente (%):**

|                              |                 |
|------------------------------|-----------------|
| Quartzo – 27                 | Carbonato – 2   |
| Plagioclásio (andesina) – 18 | Pirita – 3      |
| Muscovita – 20               | Calcopirita – 3 |

Epídoto – 15

Magnetita - 1

Hornblenda – 10

Titanita - 1

**Descrição dos minerais e suas relações texturais:** **quartzo** é anhedral, incolor, possui contatos curvos com o plagioclásio, retos a serrilhados com a muscovita e retos a curvilíneos com o epídoto; possui tamanho de até 0,2 mm na matriz e forma bandas (vênulas) com cristais de até 0,8 mm; nessas bandas ocorrem sulfetos. O **plagioclásio** (andesina) é incolor, anhedral e possui cristais de até 0,2 mm, perfaz a matriz juntamente com o quartzo e apresenta contatos retos com a muscovita. A **muscovita** apresenta leve pleocroísmo verde a incolor, é euهدral e muito fina (< 0,2 mm), é acicular a tabular e possui padrões radiais e sem orientação (figura 8. g, h). O **epídoto** é subhedral, pleocróico (verde claro a incolor) e apresenta bordas corroídas, possui contatos ondulados a retos com os demais minerais e irregulares com os sulfetos (serrilhados a denteados) (figura 8. e, f), possui tamanhos que variam de 0,1 a 0,4 mm. A **hornblenda** apresenta pleocroísmo (verde claro a verde escuro), é subhedral e seus grãos atingem tamanhos de até 0,5 mm, apresenta bordas corroídas e cristais rotacionados e com inclusões de quartzo e epídoto. O **carbonato** é incolor, anhedral, e possui contato ondulados a denteados com quartzo e plagioclásio e retilíneos com a muscovita, está disperso e ocorrendo em aglomerados com epídoto, com tamanhos de até 0,2 mm. A **titanita** é euهدral, pleocróica (marrom roseado a marrom) e possui contatos retos com os demais minerais, e, geralmente, ocorre com os aglomerados de epídoto.

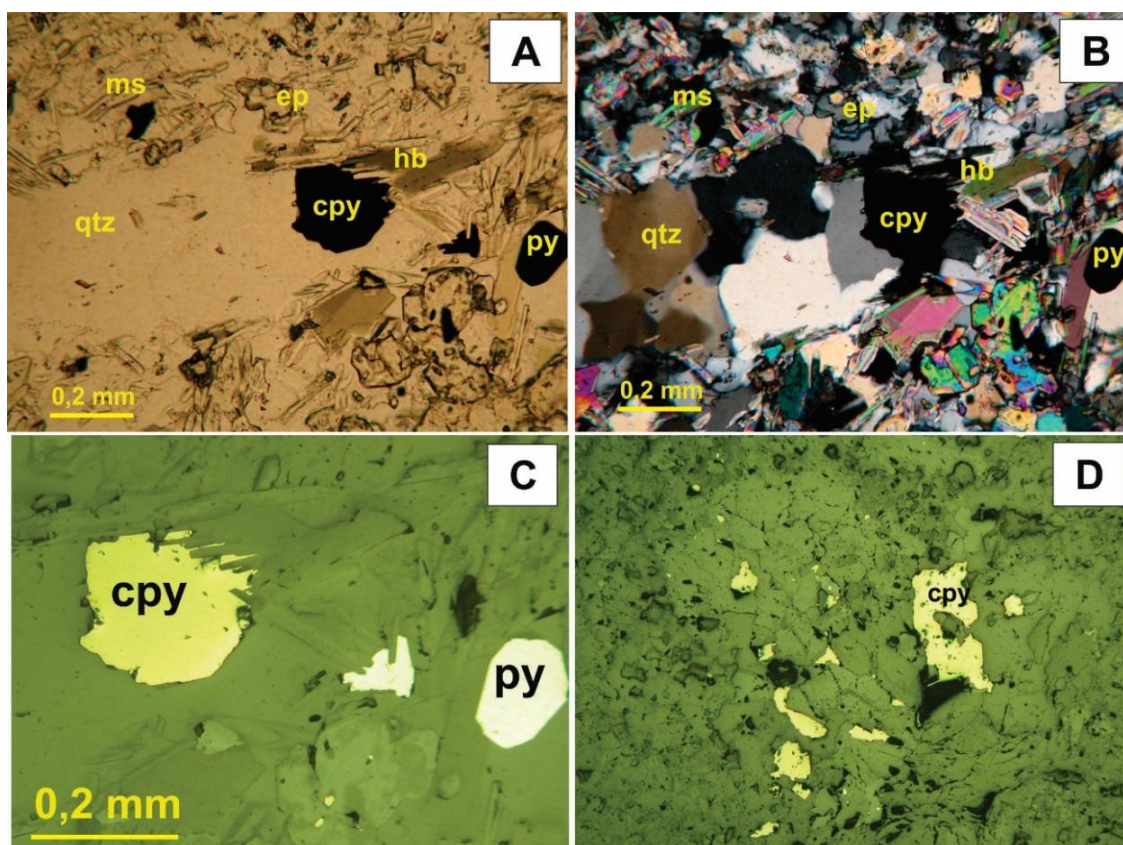
Os minerais opacos são magnetita, pirita e calcopirita. A sulfetação ocorre de forma disseminada em toda a lâmina, sendo, no geral, associada aos cristais de epídoto. Também ocorre confinada as vênulas, associada ao quartzo granular. A **pirita** é euهدral a subhedral, amarela clara, apresenta inclusões de calcopirita, seus cristais possuem até 0,4 mm, geralmente, ocorrendo com quartzo granular e ou 'livres', e também cristais finos disseminados associados ao epídoto. A **calcopirita** ocorre como cristais de até 0,4 mm associado ao quartzo granular (zona de vênula) (figura 8. a, b, c) e também como cristais muito finos dispersos na matriz associado ao epídoto (figura 8. d, e); ocorre de forma anhedral com coloração amarelo forte. Por fim, a **magnetita** é cinza escura, subhedral e ocorre sempre associada aos sulfetos, nas bordas de cristais de calcopirita e pirita e por vezes como inclusões na calcopirita.

**Protólito:** rocha vulcânica intermediária

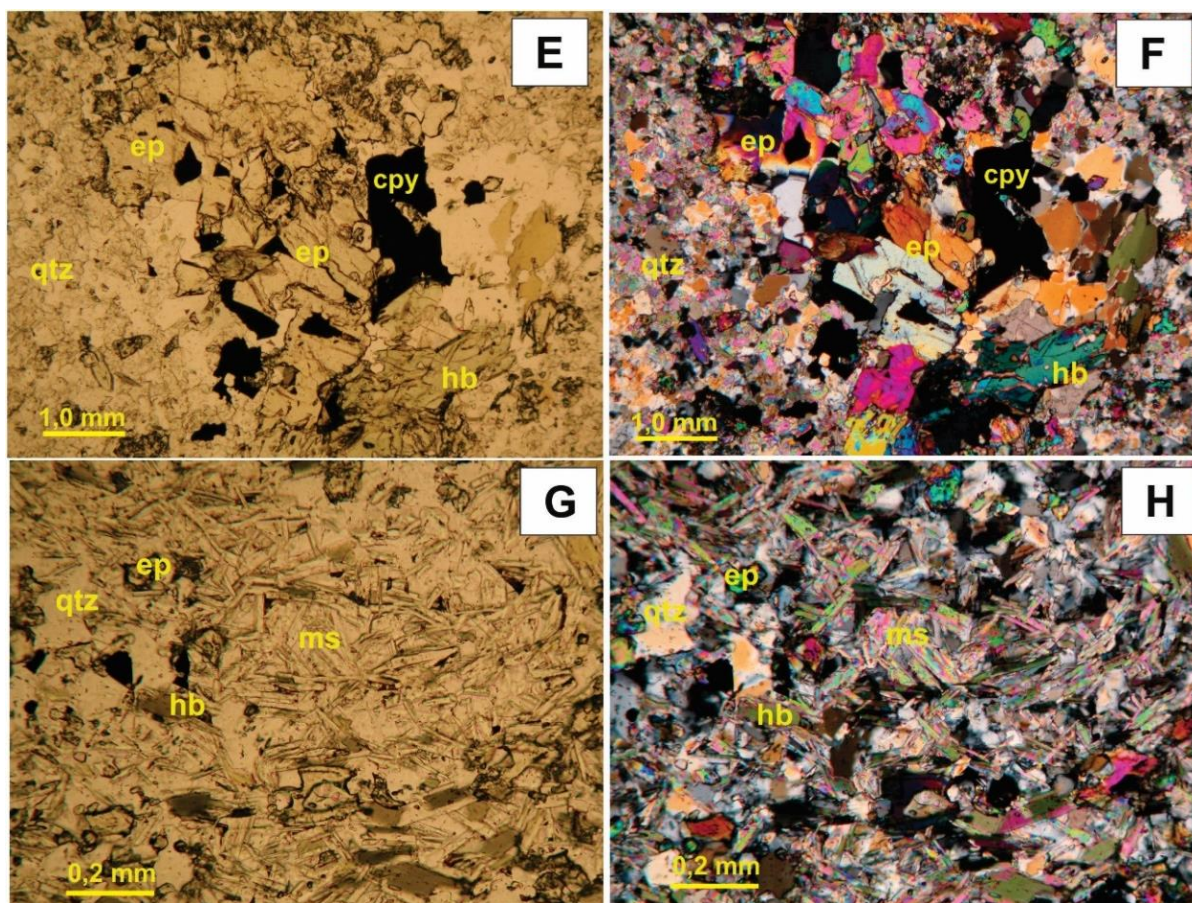
**Interpretação:** nota-se nessa rocha minerais produtos de processos hidrotermais sequenciados. Em uma fase inicial a alteração hidrotermal é caracterizada pela muscovitização da rocha, com formação de muscovitas hidrotermais isotrópicas. A segunda alteração hidrotermal é marcada pela cristalização de epídoto e clinozoisita com a cristalização dos sulfetos (pirita e calcopirita), sendo essa a alteração responsável pela mineralização/sulfetação significativa. Assim, em um terceiro estágio houve silicificação da rocha com formação de vênulas de quartzo e cristalização de pirita + calcopirita nas vênulas e também na matriz.

**Classificação da Rocha:** metavulcânica sedimentar intermediária – muscovita-quartzo-xisto epidotizado

**Fotomicrografias:**



**Figura 47.** Fotomicrografias da lâmina SU\_941b; a) em luz transmitida com nicóis descruzados, muscovitas hidrotermais truncados por vênula de quartzo com sulfetos associados (b) fotomicrografia (a), com nicóis cruzados; c) detalhe da calcopirita de (a) em luz refletida, com contatos difusos e serrilhados com o quartzo; d) em luz refletida, sulfetos associados com epídoto. -> continua figura e legenda.



**Figura 47.** Fotomicrografias da lâmina SU\_941b; e) em luz transmitida e nicóis descruzados, associação de sulfetos com epídoto; f) fotomicrografia de (e) com nicóis cruzados; g) e, luz transmitida e nicóis descruzados, muscovitização intensa com padrões radiais, hornblenda com sutil orientação; h) fotomicrografia de (g) em nicóis cruzados, detalhe para os padrões radiais e isotrópico das muscovitas. Legenda: calcopirita (cpy), epídoto (ep), hornblenda (hb), muscovita (ms), pirita (py) e quartzo (qtz).

**Amostra:** SU\_941c (*amostra coletada do furo SU\_941, metragem 150,00m*)

**Descrição Macroscópica:** A rocha (figura 48) possui coloração cinza clara, granulação moderada e fanerítica. A foliação é marcada por biotitas. Possui sericita, epídoto e silificação pervasivos na matriz. A pirita é subheudral a anhedral, moderada a grossa e ocorre disseminada e em veios de quartzo + epídoto discordantes da foliação principal; a calcopirita é anhedral e fina disseminada na matriz e com granulação moderada em veios de quartzo e epídoto discordantes da foliação principal.



***Figura 48. Amostra de testemunho de sondagem SU\_941 (150,00m).***

**Descrição da lâmina a olho nu:** a lâmina é incolor a esverdeada com pontos pretos amarronzados dispersos, orientação muito fraca é visível. Possui um veio incolor discordante da leve foliação.

**Descrição Microscópica:**

**Estruturas/Texturas:** rocha isotrópica com textura inequigranular bimodal. A rocha é fanerítica, sua granulação fina a muito fina, inequigranular, grãos subdioblásticos a xenoblásticos. Vênulas de quartzo ocorrem discordantes na matriz. A mineralogia é composta por: quartzo, plagioclásio, muscovita, biotita, epídoto, clinozoisita, titanita, clorita e minerais opacos (pirita, calcopirita, pirrotita, e magnetita).

**Composição modal estimada visualmente (%):**

|                              |                 |
|------------------------------|-----------------|
| Quartzo – 28                 | Titanita - 1    |
| Plagioclásio (andesina) – 25 | Calcopirita – 4 |
| Muscovita – 15               | Pirita – 3      |

|                  |                    |
|------------------|--------------------|
| Epídoto – 9      | Magnetita - traços |
| Biotita - 8      | Pirrotita - traços |
| Clinozoisita - 7 | Galena – traços    |
| Clorita – 1      |                    |

**Descrição dos minerais e suas relações texturais:** o **quartzo** é anhedral, incolor e ocorre de duas maneiras: uma na matriz associada com o plagioclásio, fino (~ 0,2 mm) com contatos ondulados entre si e retos com a biotita e muscovita; outra forma de ocorrência é com textura em mosaico, associada a sulfetos em vênula discordante que trunca os minerais (figura 49.g, h), com cristais de com até 0,8 mm. O **plagioclásio** (andesina) ocorre na matriz e por vezes deformado, é anhedral e incolor, possui contatos retos com as micas e curvos com o epídoto. O **epídoto** é incolor a verde claro, apresentando leve pleocroísmo; ocorre junto com os sulfetos e carbonatos com contatos retos a denteados com esses, com os demais minerais faz contatos curvos, seu hábito é granular com tamanhos de até 0,3 mm. A **clinozoisita** ocorre junto com o epídoto e é incolor, subhedral com cristais de até 0,3 mm. A biotita é pleocróica (verde a verde claro), possui tamanhos de até 0,4 mm e é subhedral, apresenta bordas corroídas e seus cristais apresentam-se quebradiços com uma sutil orientação. A **muscovita** é euhedral, incolor e verde clara, com leve pleocroísmo e seus cristais ocorrem sem uma orientação preferencial e por vezes ocorrem de forma radiais (figura 49.a, b), faz contatos retos com os demais minerais e serrilhados com cristais de epídoto. A **clorita** é subhedral a anhedral, é verde clara e ocorre como massas e alterando a biotita. A **titanita** é euhedral e com forte pleocroísmo que varia de marrom a rosa amarronzado, faz contatos curvos e retos com o epídoto e planos com os demais minerais, seus cristais possuem dimensões de até 0,2 mm e ocorrem em aglomerados junto com o epídoto e por vezes dispersas na rocha.

Os minerais opacos são pirita, calcopirita, pirrotita e magnetita. Os sulfetos ocorrem disseminados e na vênula de quartzo granular (figura 49. e, f, g, h). A **pirita** é amarela clara, subhedral a euhedral, possui dimensões de até 0,5 mm, ocorre disseminada sem associações minerais, mas também está associada com o epídoto e na vênula de quartzo, muito comuns cristais com calcopirita nas bordas; por vezes bordas

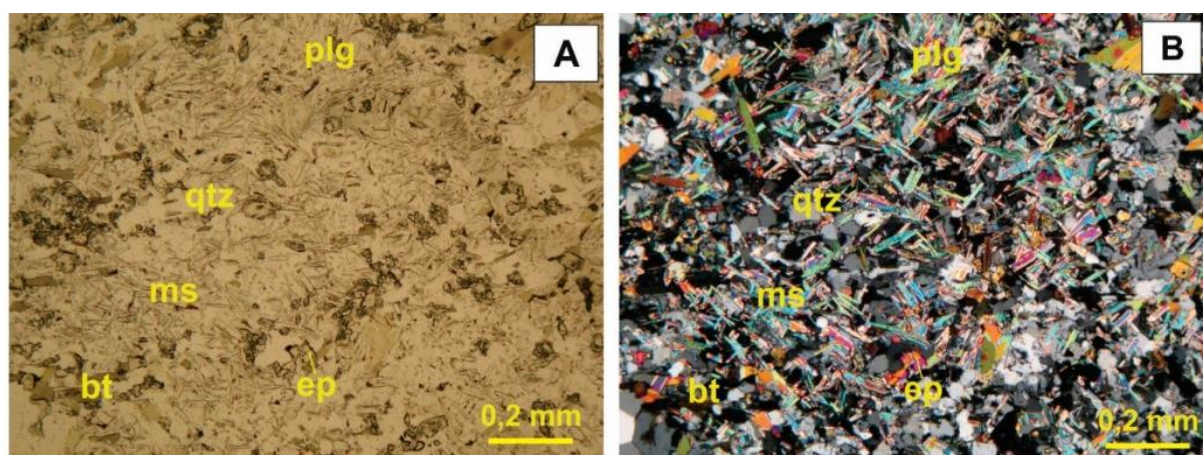
corroídas e cristais com textura em cárie são observadas. A **calcopirita** é amarela, subhedral a anedral e seus cristais são, no geral, menores que 0,2 mm, ocorrendo cristais de até 0,6 mm associados a vênula de quartzo granular, ocorre associada aos cristais de epidoto e quartzo (figura 49.g); os cristais apresentam por vezes bordas corroídas e inclusões. A **magnetita** é cinza escura, anedral e ocorre como inclusões na calcopirita. A **galena** (figura 49.e) é cinza, anedral, associada ao quartzo granular.

**Protólito:** metavulcânica intermediária

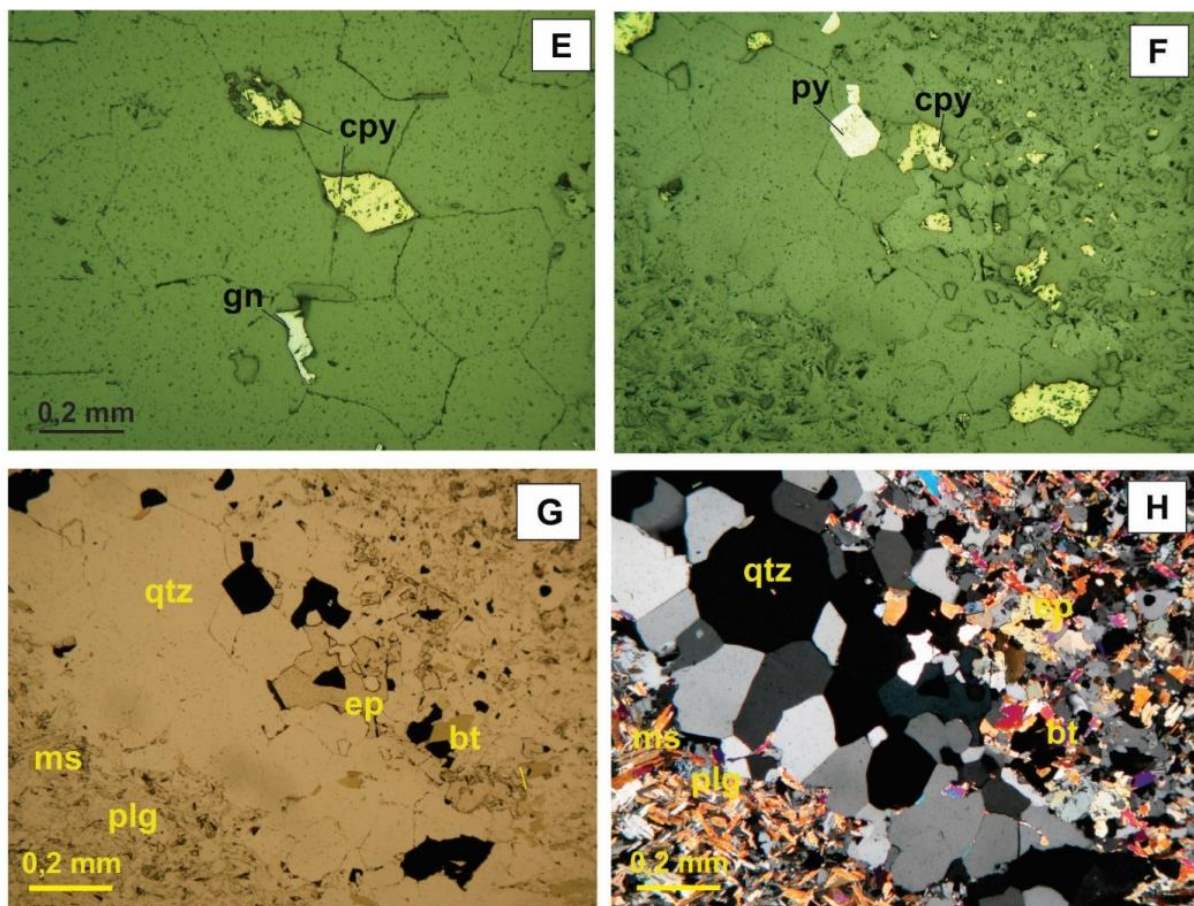
**Interpretação:** a rocha possui uma superposição de alterações hidrotermais que destruíram por completo sua textura original. Dessa forma, em primeiro estágio houve uma fraca biotitização, marcada por biotitas euhedrais discordantes da biotita protólito. Em um segundo estágio houve forte muscovitização com cristalização de muscovitas isotrópicas e finas. O terceiro estágio foi responsável pela sulfetação da rocha com a cristalização da paragénese mineral: epidoto + clinozoisita + carbonato + titanita + pirita + calcopirita, o que caracteriza uma alteração propilítica. O último estágio é caracterizado por uma silificação confinada a vênulas com paragénese mineral de quartzo + pirita + calcopirita  $\pm$  galena.

**Classificação da Rocha:** muscovita gnaiss propilitizado e silicificado

**Fotomicrografia:**



**Figura 49.** Fotomicrografias da lâmina SU\_941c; a) em luz transmitida com nicóis descruzados, muscovitas hidrotermais isotrópicas e epidotização; (b) fotomicrografia (a), com nicóis cruzados. Continua figura e legenda ->



**Figura 49.** Fotomicrografias da lâmina SU\_941c; e) em luz refletida calcopirita, galena e pirita em vênula de quartzo f) calcopirita e pirita em vênula de quartzo, em luz refletida; g) fotomicrografia de (f) em luz transmitida e nicóis descruzados, vênula de quartzo truncando os minerais isotrópicos da matriz; h) fotomicrografia de (g) com nicóis cruzados. Legenda: biotita (bt), calcopirita (cpy), epídoto (ep), galena (gn), muscovita (ms), pirita (py), plagioclásio (plg) e quartzo (qtz).

**Amostra:** SU\_941d (*amostra coletada do furo SU\_941, metragem 201,47m*)

**Descrição Macroscópica:** Rocha (figura 50) com coloração cinza clara e bandas cinzas mais escuras, granulação fina a moderada e foliação marcada por biotitas. Os sulfetos ocorrem disseminados e em veios de quartzo granular, unidirecionais e, por vezes dobrados. Ocorrem minerais sericita e epídoto de forma pervasiva na matriz.



***Figura 50. Amostra de Testemunho de sondagem SU\_941 (201,47m).***

**Descrição da lâmina a olho nu:** lâmina possui coloração predominante verde com pontos pretos seguindo a foliação principal fraca. Porções incolores (veios) discordantes e concordantes da foliação.

**Descrição Microscópica:**

**Estruturas/Texturas:** a rocha possui anisotropia marcada por uma fraca foliação unidirecional marcada por muscovitas. A textura é marcada por porções lepidoblásticas e outras granoblásticas, essas perfazem a matriz e vênulas. A rocha é fanerítica, inequigranular, sua granulação é fina a muito fina e seus cristais são no geral subidioblásticos. A mineralogia é composta por: quartzo, plagioclásio, muscovita, epídoto, biotita, carbonato, titanita, apatita e minerais opacos (calcopirita, pirita e magnetita).

**Composição modal estimada visualmente (%):**

|                              |                  |
|------------------------------|------------------|
| Quartzo – 25                 | Titanita - 1     |
| Muscovita – 24               | Apatita - traços |
| Plagioclásio (andesina) – 18 | Calcopirita – 5  |
| Epídoto – 15                 | Pirita – 2       |

Biotita - 9

Magnetita - traços

Carbonato - 2

**Descrição dos minerais e suas relações texturais:** o **quartzo** é anhedral, incolor, com dois estilos de ocorrência na rocha: um formando uma textura em mosaico, confinado a vênula, e com cristais de até 0,5 mm, associado a minerais opacos com contatos curvos; outro é na matriz associado com o plagioclásio em contatos curvos a planos, com cristais de até 0,2 mm. O **plagioclásio** é incolor e anhedral e também ocorre na matriz, faz contato retos com a muscovita e retilíneos a curvos com a biotita, com cristais de até 0,2 mm. A **muscovita** é euhedral com hábito acicular a tabular, apresenta leve pleocroísmo que varia de verde claro e incolor, seus cristais possuem até 0,5 mm de comprimento e denotam uma sutil orientação a rocha, mas também ocorrem sem orientação e formando estruturas radiais (figura 51.a, b). O **epídoto** é subheudral, com leve pleocroísmo (incolor a verde claro), forma agregados granulares, faz contatos curvos a retos com os demais minerais e trunca cristais de muscovita com contatos retos a decussados e não possui orientação dos grãos. A **biotita** é subheudral, com forte pleocroísmo que varia de marrom claro a marrom escuro, possui cristais de até 0,5 mm, e faz contatos retos com a muscovita e epídoto e curvos a serrilhados com quartzo e plagioclásio. A **titanita** é euhedral e pleocróica (marrom a rosa amarronzada) faz contatos retos a curvos com os demais minerais, geralmente está associada ao epídoto com até 0,2 mm. O **carbonato** é anhedral, incolor com contatos curvos com os demais minerais, está geralmente associado com os aglomerados de epídoto e com titanita com até 0,3 mm de tamanho. A **apatita** ocorre subheudral, incolor, fina e dispersa na lâmina.

Os minerais opacos são pirita, calcopirita e magnetita. A **calcopirita** é amarela, subheudral e ocorre disseminada com cristais finos (< 0,1 mm) e médios (até 0,4 mm) associados aos planos de foliação da muscovita e nas vênulas de quartzo, é comum encontrar nas suas bordas e como inclusões magnetita e pirita. A **pirita** é subeuhedral, amarela pálida, e ocorre, predominantemente, como cristais de até 0,4 mm com calcopiritas nas bordas, mas também ocorre fina e disseminada. A **magnetita** é cinza, anhedral e fina ocorrendo predominantemente associada a calcopirita. Ouro visível, com tamanho menor que 0,1 mm, associado com pirita e calcopirita (figura 51.f). Nota-se que há predominância de calcopirita do que pirita, e que essas ocorrem

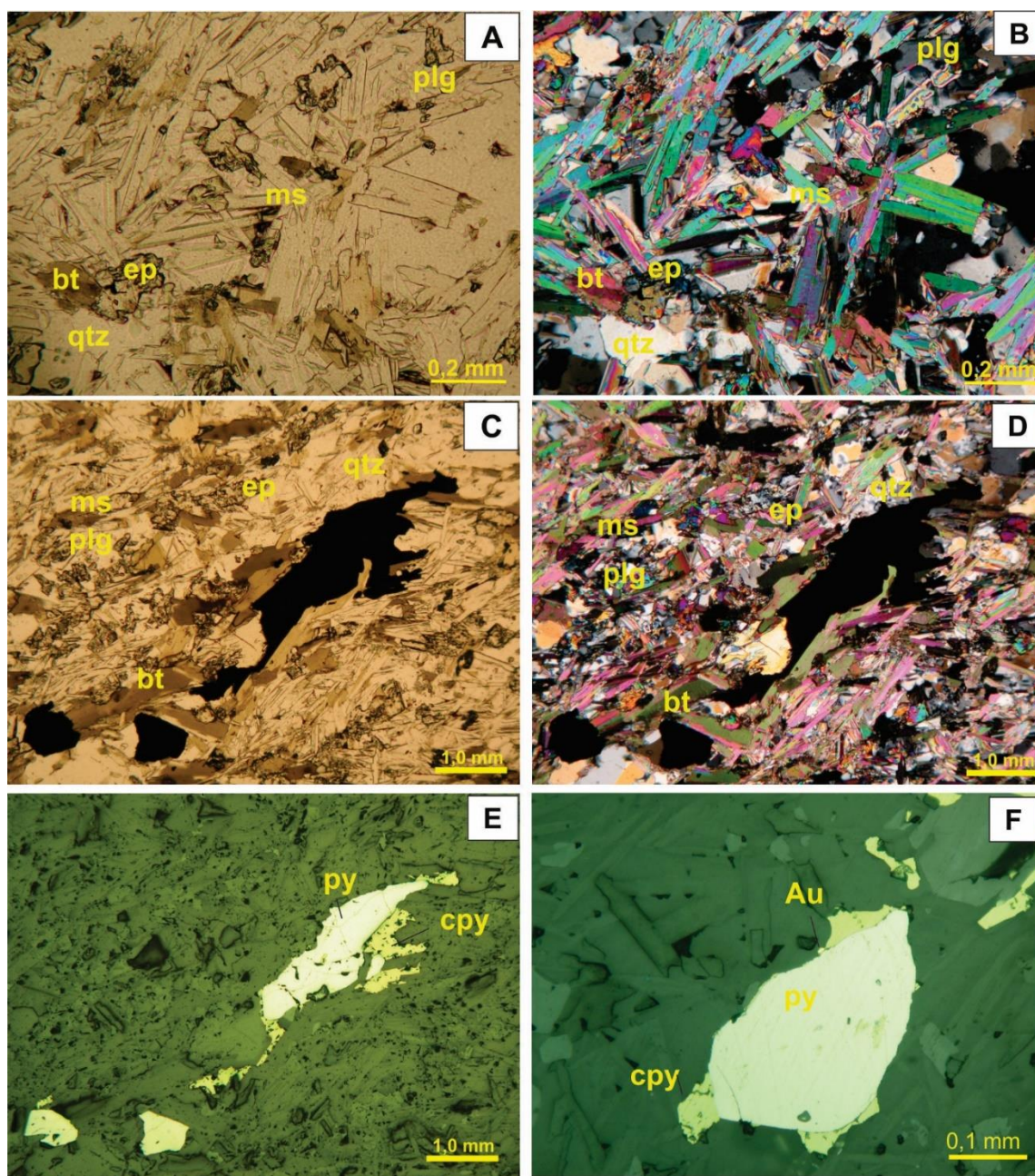
preferencialmente com os cristais de epídoto (figura 51.c, d, e) e, subordinadas, na muscovita, e juntas perfazem uma textura de substituição e recristalização.

**Protólito:** rocha vulcânica intermediária

**Interpretação:** a rocha é um produto de alterações hidrotermais sequenciadas. Primeiramente houve o desenvolvimento de biotitas hidrotermais marcando uma biotitização fraca, sendo que os sulfetos apesar de ocorrerem espacialmente com as biotitas, não são gerados nessa fase. Em segundo estágio houve muscovitização muito intensa com remobilização (e cristalização) de sulfetos (calcopirita e pirita) para os planos de foliação. No terceiro estágio houve uma epidotização pervasiva, com epídoto + titanita + carbonato como paragênese mineral, com cristalização de sulfetos (calcopirita e pirita) disseminados. E por fim, houve um quarto estágio marcado pelas venulações de quartzo que cortam as estruturas iniciais e remobilizam os sulfetos. A sulfetação está locada nos espaços dos cristais de biotita, mas a sua cristalização associa-se aos estágios final da muscovitização e abundantemente no estágio de epidotização (figura 51.c, d, e).

**Classificação da Rocha:** metavulcânica intermediária - biotita-epídoto-muscovita-quartzo xisto

**Fotomicrografias:**



**Figura 51.** Fotomicrografias da lâmina 941d: a) em luz transmitida, com nicóis descruzados e em b) com nicóis cruzados, padrão radial de muscovitas hidrotermais e e minerais opacos (sulfetos) associados com epidoto; c) em luz transmitida com nicós descruzados de muscovitização e epidotização, os minerais opacos ocupam espaço de cristais de biotitas e ocorrem associados com o epidoto, e em (d) fotomicrografia c com nicóis cruzados; e) fotomicrografia de (c) em luz refletida onde nota-se a calcopirita associada com a pirita e epidoto; f) em luz refletida, cristal de pirita com calcopirita e ouro livre na sua borda. Legenda: biotita (bt), calcopirita (cpy),

*epídoto (ep), galena (gn), muscovita (ms), ouro (Au), pirita (py), plagioclásio (plg) e quartzo (qtz).*

**Amostra:** SU\_943a (amostra coletada do furo SU\_943, metragem 32,22m)

**Descrição Macroscópica:** A rocha (figura 52) é fanerítica, possui coloração cinza escura e granulação fina. A foliação é marcada por biotitas. Veios de epídoto e quartzo discordantes da foliação ocorrem em quantidade moderada. Piratas euhedrais ocorrem tanto na matriz como em veios.



**Figura 52.** Amostra de testemunho de sondagem SU\_943 (32,22m)

**Descrição da lâmina a olho nu:** lâmina de coloração predominante verde com porções incolores, essa variação de cores denota um leve bandamento. Observa-se uma orientação unidirecional marcada por minerais verdes. Pontos pretos, concordantes a foliação, ocorrem dispersos.

**Descrição Microscópica:**

**Estruturas/Texturas:** rocha fanerítica, com leve anisotropia com foliação espaçada disjuntiva marcada pela biotita. Sua textura é granoblástica com domínios lepidoblásticos. Granulação é fina a muito fina, possui vênulas com textura em mosaico, seus grãos são xenomórficos a ipidioblásticos e inequigranulares. Mineralogia da rocha é composta por: quartzo, plagioclásio, biotita, muscovita, epídoto, titanita, apatita e minerais opacos (pirita, calcopirita e magnetita).

**Composição modal estimada visualmente (%):**

|                   |                  |
|-------------------|------------------|
| Quartzo – 34      | Apatita - traços |
| Plagioclásio - 24 | Pirita – 3       |
| Epídoto – 15      | Calcopirita – 2  |

Biotita - 10

Magnetita - 1

Muscovita – 5

Rutilo - traços

Titanita - 1

**Descrição dos minerais e suas relações texturais:** o **quartzo** é incolor e anhedral, ocorre de duas formas: uma associada a matriz, em contatos curvos com plagioclásio, retos com a muscovita, ondulados a retos com o epídoto e sua granulação varia até 0,1 mm; a outra forma é como agregados granulares formando vênulas com textura em mosaico, com sulfetos associados em contatos planos e/ou curvos, com granulação variando até 0,4 mm. O **plagioclásio** ocorre em toda a lâmina, é incolor, anhedral e muito fino (até 0,1 mm de comprimento), faz contatos retos com a muscovita e biotita e contatos ondulado com o epídoto. A **muscovita** é subheudral, com pleocróismo sutil que varia de verde claro para incolor, é muito fina (< 0,1 mm), e faz contatos retos com os demais minerais, não possui orientação e seus cristais estão dispersos pela lâmina. O **epídoto** é levemente pleocróico (verde claro para incolor) e subheudral, está disperso pela lâmina e associado com titanita e sulfetos (figura 53.a, b; figura 54.a, b) com contatos curvos a retos, com a clorita faz contatos difusos e planos, com a biotita e muscovita faz contatos denteados e retos; seu tamanho varia de 0,1 mm a 0,5 mm, sendo na maioria cristais finos. A **biotita** possui forte pleocroísmo (marrom a marrom claro) e seus cristais são subhédricos, perfaz a foliação da rocha e é substituída por clorita (figura 54.a, b), em que faz contatos difusos e ondulados, seus cristais variam de 0,1 a 0,3 mm. A **clorita** é verde clara, e anhedral está associada com cristais de biotita mas também ocorre nos aglomerados de epídoto em contatos planos a ondulados, seus tamanhos variam de 0,2 a 0,5 mm, por vezes forma pseudomorfos de biotita. A **titanita** é euhedral com forte pleocroísmo marrom a marrom roseado, ocorre com contatos planos com os demais minerais e, por vezes, curvos com o epídoto no qual está sempre associada, seus tamanhos não ultrapassam 0,3 mm. A **apatita** é subheudral, incolor e ocorre como inclusões no epídoto e também dispersa associada com o quartzo e plagioclásio, com tamanhos menores que 0,1 mm.

Os minerais opacos são pirita, calcopirita, magnetita, rutilo. A **pirita** é amarela clara, seus cristais são subhédricos a euhédricos, com tamanhos

de até 0,4 mm, ocorrem finos disseminados na matriz associados aos cristais de epidoto e nos intergrãos de quartzo granular, também ocorrem livres sem associação com silicatos. A **calcopirita** é anhedral, amarela, ocorre tanto disseminada com cristais finos ( $< 0,1$  mm) quanto como inclusões na pirita e em suas bordas, possui grãos de até 0,4 mm. A **magnetita** é cinza escura, anhedral e está associada nas bordas da calcopirita e pirita e, ainda, dispersa na lâmina com tamanhos de até 0,2 mm. O **rutilo** é cinza claro, anhedral e ocorre associada a epidotização, de forma difusa e estirada subconcordante a foliação principal, seus cristais possuem dimensões de até 0,2 mm.

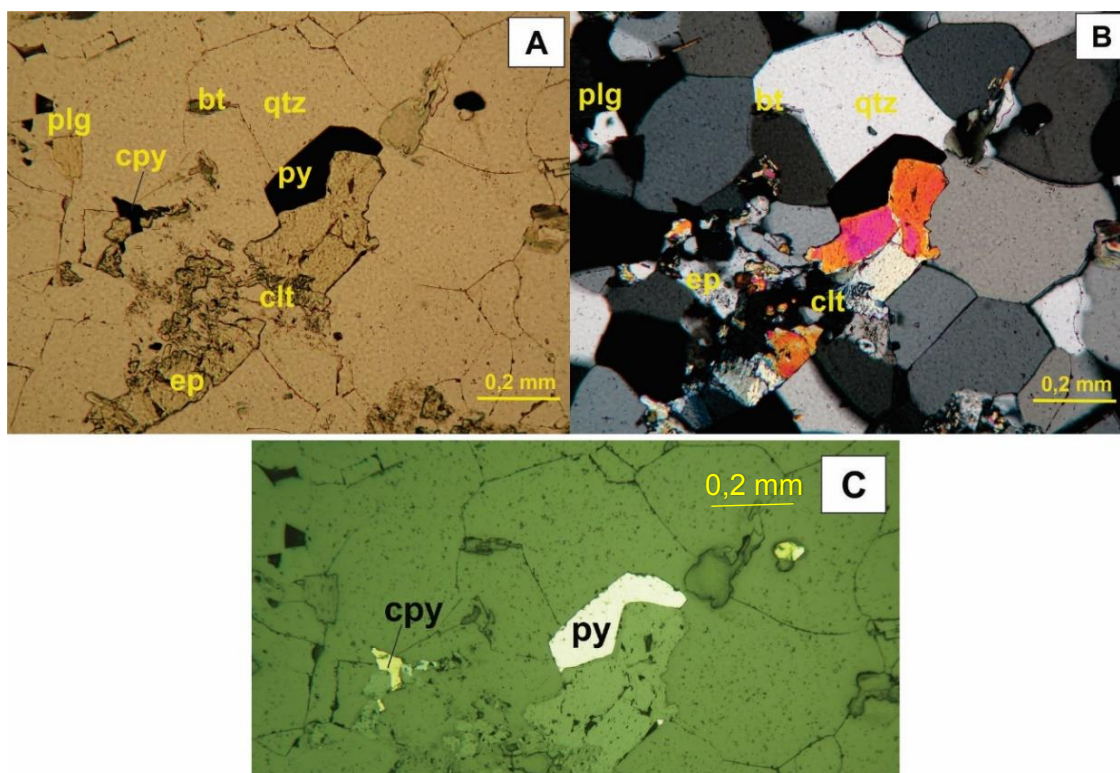
Dessa forma, a sulfetação é disseminada e associadas as vênulas de quartzo granular (figura 53.c), e também muito fina e subconcordante a foliação principal. A principal textura reconhecida é de substituição/hidrotermal onde os cristais apresentam-se com bordas substituídas e/ou corroídas com inclusões e formas de 'cáries'.

**Protólito:** rocha vulcânica intermediária

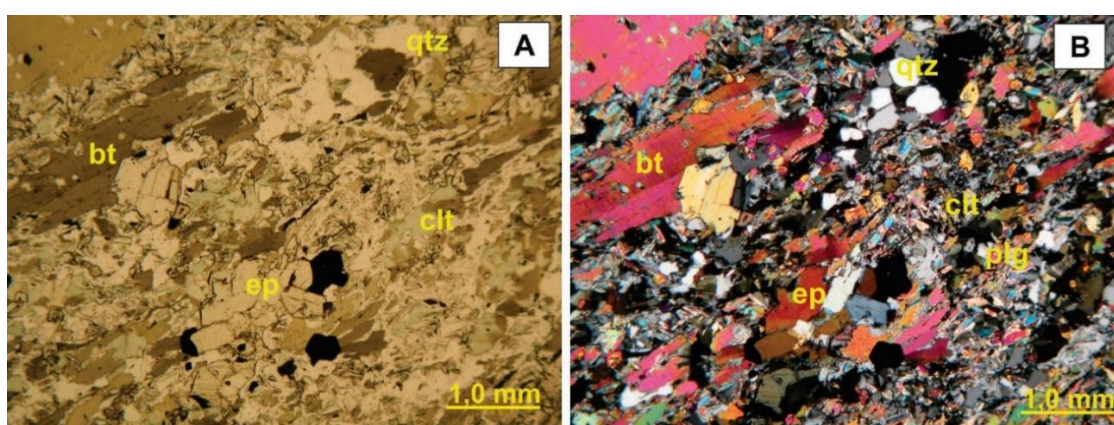
**Interpretação:** o primeiro evento de alteração hidrotermal foi a forte biotitização, caracterizando uma alteração potássica, marcada por biotitas seguindo ou não a foliação principal. Em um segundo evento hidrotermal fraca muscovitização é marcada na rocha. As biotitas denotam a orientação da rocha e foram cloritizadas em terceiro pulso hidrotermal, com substituição parcial de biotita por clorita, denotando uma cloritização seletiva da biotita. Associada a cloritização ocorre epidotização intensa, isso denota uma alteração propilítica, marcada pela paragênese mineral: epidoto, clorita, titanita, sulfetos e magnetita. Por fim o último evento hidrotermal é marcado pela silicificação confinada em forma de vênulas de quartzo e remobilização e cristalização de sulfetos, marcando um segundo evento mineralizante.

**Classificação da Rocha:** metavulcânica epidotizada

**Fotomicrografias:**



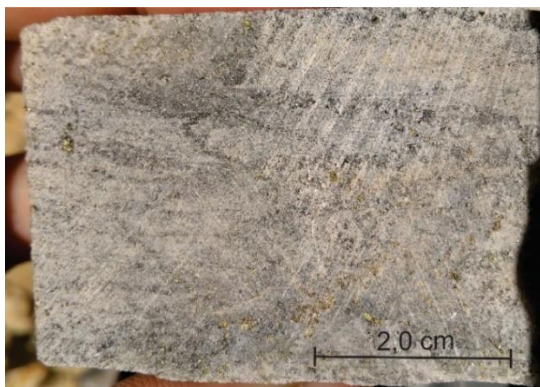
**Figura 53.** Fotomicrografia da lamina SU\_943a. a) em luz transmitida, nicóis descruzados, vênula de quartzo que trunca cristais de epídoto e sulfetos associados; b) fotomicrogrfia (a) com nicóis cruzados, nota-se a associação de clorita com epídoto; e c) em luz refletida, calcopirita e pirita associadas ao epídoto e ao quartzo. Legenda: biotita (bt), calcopirita (cpy), clorita (clt), epídoto (ep), pirita (py), plagioclásio (plg) e quartzo (qtz).



**Figura 54.** Fotomicrografia da lamina SU\_943a. a) em luz transmitida, nicóis descruzados, detalhe para epídoto associados aos minerais opacos e clorita e ocorrendo por cima da biotita, ainda biotita substituída por clorita; b) fotomicrogrfia (a) com nicóis cruzados. Legenda: biotita (bt), clorita (clt), epídoto (ep), plagioclásio (plg) e quartzo (qtz).

**Amostra:** SU\_943b (*amostra coletada do furo SU\_943, metragem 57,00m*)

**Descrição Macroscópica:** A rocha (figura 55) possui granulação fina e coloração cinza clara, com bandas mais escuras devido aos minerais máficos (micas e anfibólios). Sericita e epídoto pervasivos ocorrem de forma fina a moderada. A pirita ocorre disseminada, euhedral e sub-concordante a foliação. A calcopirita, subheudral, ocorre em vênulas de quartzo fumê unidirecionais e por vezes dobradas.



**Figura 55.** Amostra de testemunho de sondagem SU\_943 (57,00m).

**Descrição da lâmina a olho nu:** lâmina incolor com porções esverdeadas e pontos pretos/marrons. Possui sutil orientação em uma direção.

**Descrição Microscópica:**

**Estruturas/Texturas:** a rocha é fanerítica, isotrópica marcada por bandas com textura granoblástica em mosaico (figura 56 a, b, c, d). É inequigranular com granulação muito fina e moderada em algumas porções, os grãos são na maioria xenoblásticos. Sua mineralogia é composta por quartzo, plagioclásio, muscovita, epídoto, biotita e minerais opacos: pirita, calcopirita e magnetita.

**Composição modal estimada visualmente:**

|                   |                    |
|-------------------|--------------------|
| Quartzo – 40      | Biotita - 8        |
| Plagioclásio - 20 | Calcopirita – 5    |
| Muscovita – 18    | Pirita – 2         |
| Epídoto – 2       | Magnetita - traços |

**Descrição dos minerais e suas relações texturais:** o **quartzo** é anhedral, incolor e possui duas formas de ocorrência: uma é formando agregados de quartzo em textura em mosaico, os cristais possuem até 1 mm, e ocorrem com muitas inclusões com grãos poiquiloblásticos, apresentam ainda extinção ondulante moderada a reta,

subgrãos com extinção setorial, ocorrem restritos a intervalos (vênulas discordantes), com cristais em contatos abruptos e retilíneos com os minerais da matriz; a outra forma de ocorrência é como cristais finos ( $< 0,1$  mm) associados com contatos curvos com o plagioclásio e retos a denteados com as micas, perfazendo a matriz da rocha. A **muscovita** é subheudral e com fraco pleocroísmo verde claro a incolor, possui cristais muito finos com hábito acicular e outros tabulares com tamanhos até 0,5 mm, suas bordas estão corroídas e seus contatos variam de serrilhados a planos com os demais minerais, não está orientada e seus cristais são comumente truncados por quartzos em contatos denteados a curvos (figura 56 a, b, c, d). O **plagioclásio** ocorre na matriz e é fino (até 0,2mm) é incolor e faz contatos curvos com os demais minerais. A **biotita** é pleocróica (verde escura a verde clara), subheudral, apresenta bordas corroídas, não possui orientação preferencial e está associada com os cristais de quartzo e plagioclásio em contatos planos, é truncada por cristais de muscovita com contatos retos a difusos/serrilhados. O **epídoto** é incolor e anhedral, possui contatos planos com os demais minerais, apresenta-se com cristais de até 0,2 mm e ocorre disperso na matriz. Os minerais opacos são calcopirita, pirita, magnetita. A **pirita** (figura 56 e) é euhedral a subheudral, amarela pálida e ocorre com tamanhos de até 0,4 mm associada ao quartzo granular (vênulas), muito comum em suas bordas e como inclusão a associação com calcopirita. A **calcopirita** (figura 56 e, f) é amarela, anhedral, seus cristais de até 0,1 mm ocorrem de forma disseminada associados, geralmente com os cristais de muscovita e quartzo, e quando os cristais possuem até 0,4 mm ocorrem intergranulares ao quartzo granular (em vênulas). A sulfetação ocorre de forma disseminada, sendo dominada por calcopirita fina, associada, principalmente, com muscovitização, quando a pirita e calcopirita ocorrem com tamanhos de até 0,4 mm estão associados, geralmente com os cristais de quartzo granulares, denotando uma mineralização confinada a vênulas.

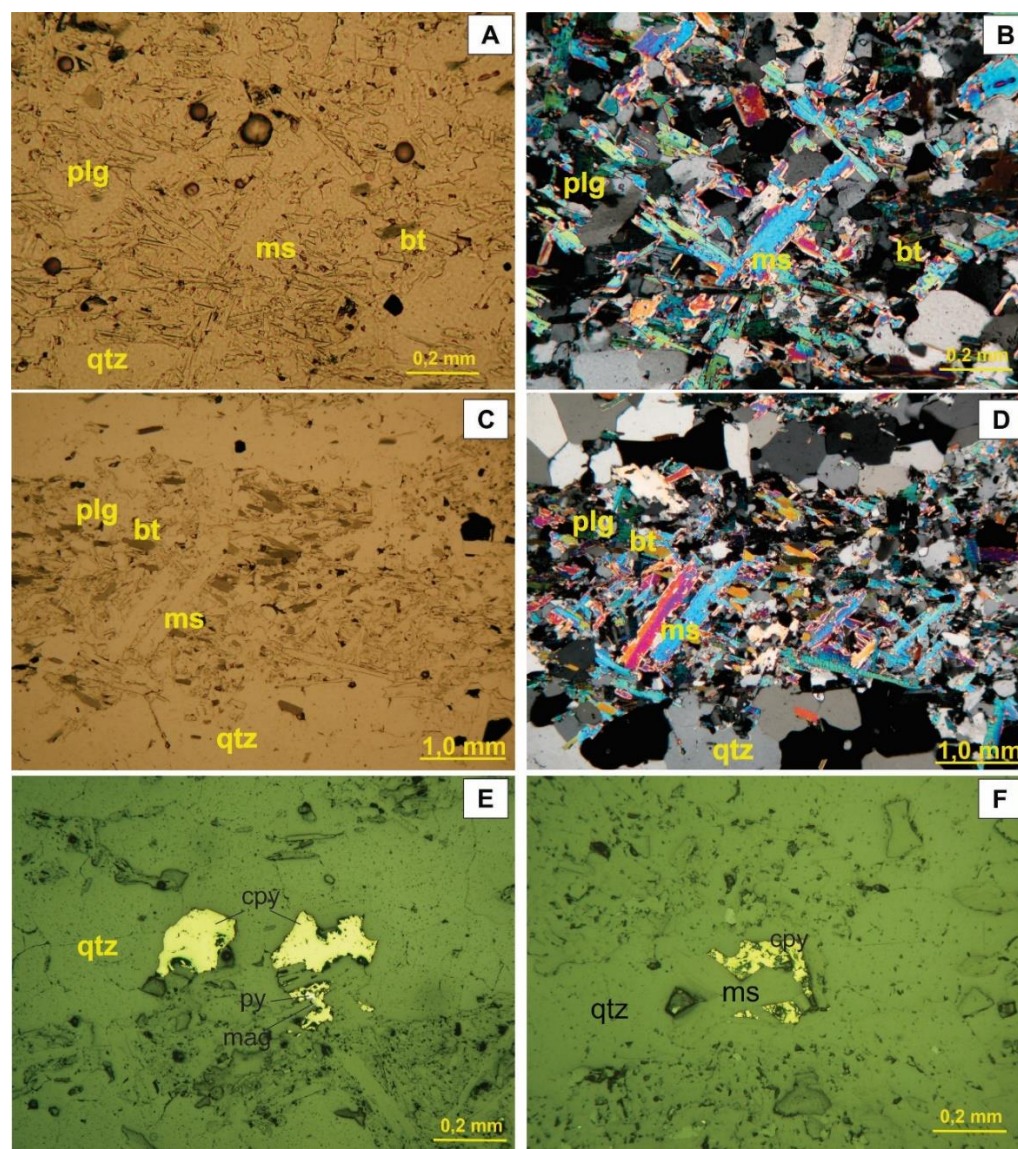
**Protólito:** vulcânica intermediária

**Interpretação:** a rocha protólito foi metamorfisada e posteriormente foi alterada por hidrotermalismo sequenciais, assim, sua estrutura pretérita foi totalmente mesclada e cominuída pela alteração hidrotermal. O primeiro estágio hidrotermal é forte muscovitização marcada por dois estágios de muscovitização, sendo o primeiro marcado por muscovitas grossas e o outro com muscovitas finas, sendo que a sulfetação está associada a esses dois estágios. O segundo estágio hidrotermal é

marcado por uma fraca epidotização pervasiva. E o terceiro estágio é marcado por forte silicificação da matriz e confinado a vênulas, onde ocorre a remobilização e cristalização de sulfetos (pirita e calcopirita).

**Classificação da Rocha:** metavulcânica intermediária:biotita-muscovita-quartzo-xisto

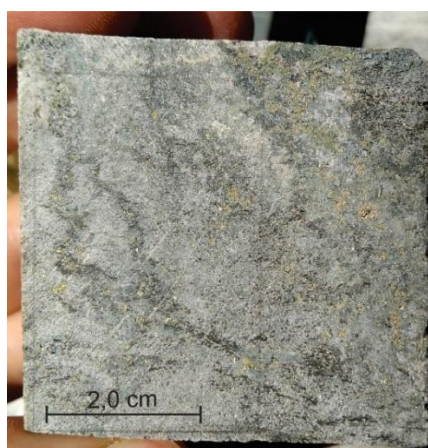
**Fotomicrografias:**



**Figura 56.** Fotomicrografias da lamina SU\_943b. Em luz transmitida muscovitas hidrotermais com padrões radiais e biotita incipiente do protólio em (a) nicóis descruzados e (b) com nicóis cruzados. Em luz transmitida vênulas de quartzo com opacos, muscovitas radiais e biotitas com sutil orientação em (c) com nicóis descruzados e (d) com nicóis cruzados. Em luz refletida em (e) sulfetos em vênulas de quartzo e em (f) sulfetos associadas aos cristais de muscovita. Legenda: biotita (bt), calcopirita (cpy), epidoto (ep), magnetita (mag), pirita(py), plagioclásio (plg) e quartzo (qtz),

**Amostra:** SU\_943c (*amostra coletada do furo SU\_943, metragem 125,70m*)

**Descrição Macroscópica:** Rocha (figura 57) com coloração cinza clara e granulação fina com micas marcando a foliação sobrejacente e porfiroblastos de quartzo dispersos. A pirita é grossa, subheudral tanto em veios de quartzo quanto na matriz. A calcopirita ocorre em vênulas de quartzo fumê com padrões de deformação e duas direções de ocorrência. Há sericita e epídoto pervasivos e silicificação intensa na matriz.



***Figura 57. Amostra de testemunho de sondagem SU\_943 (125,70m).***

**Descrição da lâmina a olho nu:** lâmina com coloração esverdeada, orientação sutil em um direção e porções (vênulas) incolores em diversas direções. É possível visualizar grãos cúbicos pretos dispersos.

**Descrição Microscópica:**

**Estruturas/Texturas:** a rocha é isotrópica a levemente anisotrópica, fanerítica, a matriz possui granulação fina a muito fina, seus grãos são inequidimensionais, subdioblásticos a xenoblásticos. Possui textura lepidogranoblástica marcados por cristais de biotita e quartzo. Porções/venulas de quartzo, com textura inequigranular bimodal ocorrem discordantes e deformados. Sua mineralogia é composta por quartzo, plagioclásio, muscovita, biotita, epídoto, clorita, clinozoisita, carbonato, apatita, titanita e minerais opacos: pirita e calcopirita.

**Composição modal estimada visualmente (%):**

|                   |                  |
|-------------------|------------------|
| Quartzo – 32      | Clinozoisita - 2 |
| Plagioclásio - 20 | Carbonato - 3    |
| Muscovita – 15    | Apatita - traços |

Biotita - 11

Titanita - traços

Epídoto – 8

Calcopirita – 5

Clorita – 5

Pirita – 2

**Descrição dos minerais e suas relações texturais:** o **quartzo** é anhedral, incolor, apresenta extinção ondulante e em padrão setorial, ocorre de duas formas principais; uma está associado com o plagioclásio com tamanhos de até 0,2 mm perfazendo a matriz da rocha; a outra forma é a ocorrência em vênulas onde forma agregados com textura em mosaico; associa-se com a biotita em contatos planos e com os opacos em contatos denteados a planos. O **plagioclásio** é anhedral, incolor, faz contatos planos a curvos com o quartzo e retos com as micas, seus cristais possuem dimensões de até 0,2 mm. A **muscovita** é euhedral, com fraco pleocroísmo variando de verde claro a incolor, seus cristais ocorrem orientados com granulometria de até 0,5 mm; e também ocorre sem orientação, com padrões radiais, granulometria fina (até 0,2 mm), faz contato retos com os demais minerais e transpõe cristais de plagioclásios, biotita e epídoto. A **biotita** é subheudral, possui pleocroísmo forte variando de verde a marrom esverdeado, seus cristais variam de 0,4 a 1,5 mm, possuem uma leve orientação, mas são reorientados/desordenados por cristais de quartzo, associa-se com a clorita com contatos difusos e denteados a curvos. A **clorita** é subheudral, com pleocroísmo verde claro a incolor e substitui os cristais de biotita (figura 58.e, f) parcialmente e, por vezes, totalmente, também associa-se com o epídoto, seus tamanhos variam de 0,2 a 1,0 mm não possui orientação mas apresenta padrões radiais com sulfetos associados. O **epídoto** possui fraco pleocroísmo que varia de verde claro a marrom, é subheudral e está associado com a clorita, titanita, carbonato e opacos, seus cristais variam de 0,3 a 0,8 mm, ocorre disperso na lâmina e é truncado pelo quartzo granular; a clinozoisita associa-se com o epídoto (figura 58.e, f), com cristais de até 0,4 mm e é mais restrita. O **carbonato** é incolor e anhedral (figura 58.c, d), com cristais de tamanho até 0,4 mm e ocorre principalmente com epídoto fazendo contatos curvos, alguns cristais fazem contatos retos os demais minerais, indicando possível pseudomorfo/ textura de substituição reliquiar de fenocristais de quartzo e/ou plagioclásio (figura 58.a, b). A **titanita** é euhedral, com pleocroísmo fraco (marrom para marrom claro), está associada com cristais de epídoto e faz contatos retos com os demais minerais, seus cristais não ultrapassam

0,2 mm. A **apatita** é incolor, anedral e ocorre dispersa na lâmina com cristais menores que 0,2 mm.

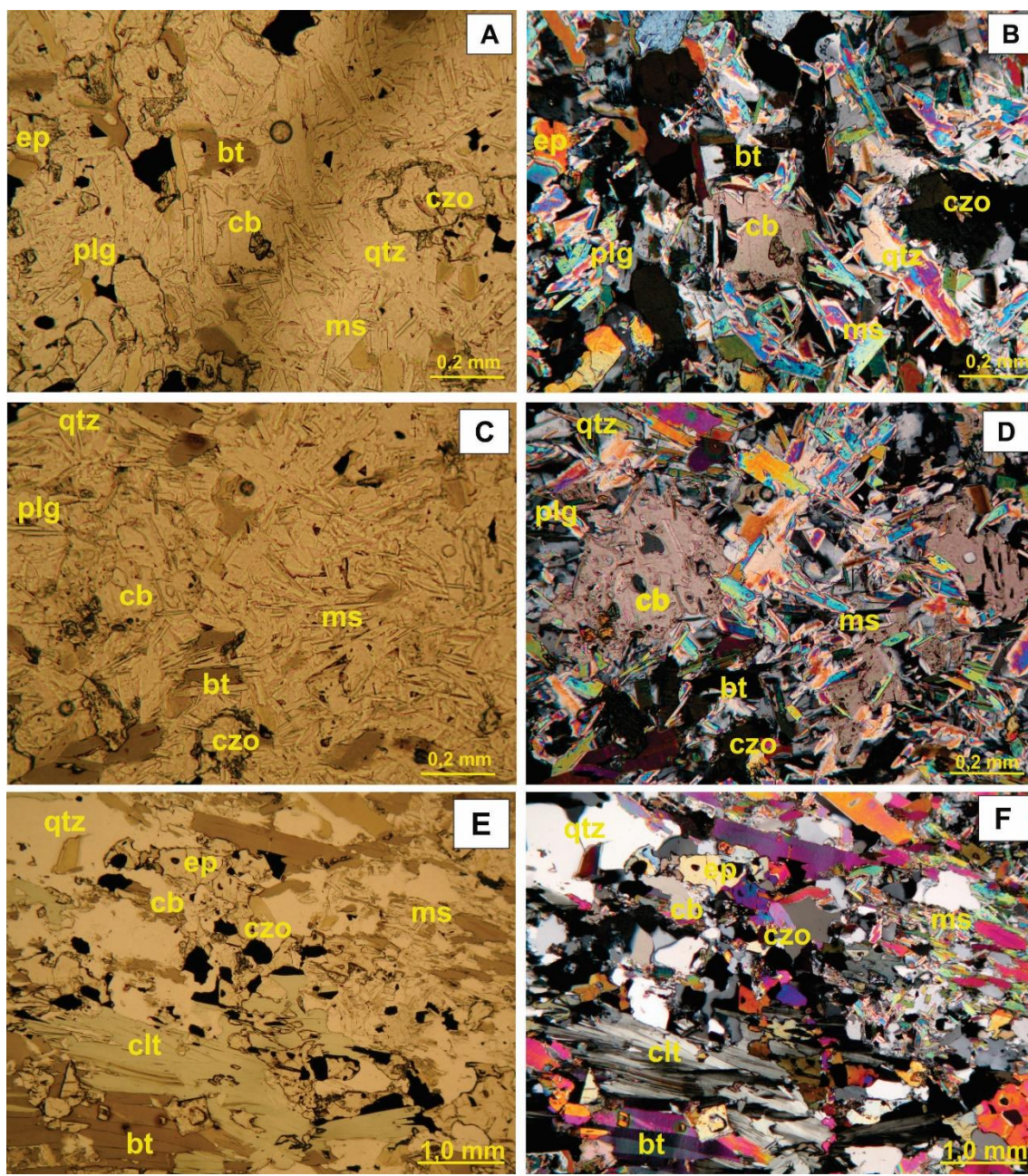
Os minerais opacos são calcopirita e pirita. A **calcopirita** é amarela, anedral, ocorre disseminada, em cristais finos ( $< 0,2$  mm), associa-se principalmente aos cristais de epidoto e clinozoisita (figura 58 e, f), ocorre também interplanar aos cristais de clorita radial e também subconcordante, estirada e subheudral com os cristais de muscovita e por vezes com a biotita; quando com tamanhos maiores (até 0,5 mm) a calcopirita associa-se nos intergrãos de quartzo granular confinada a vênulas; ocorre também nas bordas de cristais euhedrais cúbicos de pirita. A **pirita** é euhedral, cubica e amarela pálida, ocorre comumente disseminada associada a calcopirita, no quartzo granular, e associada aos cristais de muscovita sub-concordante a foliação; seus cristais atingem tamanhos de até 2 mm e fazem contatos denteados a planos com as micas e apresenta estruturas de penetração ('cárie') denotando uma textura hidrotermal.

**Protólito:** quartzo monzodiorito

**Interpretação:** a rocha é produto de processos metamórfico e sequenciamentos de alterações hidrotermais que mesclaram e destruíram suas estruturas e texturas originais. Em um primeiro evento houve metamorfismo regional que cristalizou e orientou os cristais de muscovitas e biotitas. O primeiro evento hidrotermal é marcada por fraca biotitização da rocha. Após isso, houve a cloritização da rocha com substituição parcial das biotitas e cristalização de cloritas radiais com sulfetos associados nos seus planos. Concomitante a cloritização ocorre forte epidotização, isso denota uma alteração propilitica com paragênese marcada por epidoto + carbonato + clinozoisita + titanita + sulfetos associados (principalmente calcopirita). O próximo estágio é a forte muscovitização em que há cristalização de muscovitas finas e radiais com sulfetos disseminados associados. O último evento foi caracterizado pela silicificação da rocha de forma confinada a vênulas com sulfetos remobilizados e cristalizados com granulometria grossa.

**Classificação da Rocha:** biotita-muscovita-gnaiss propilitizado

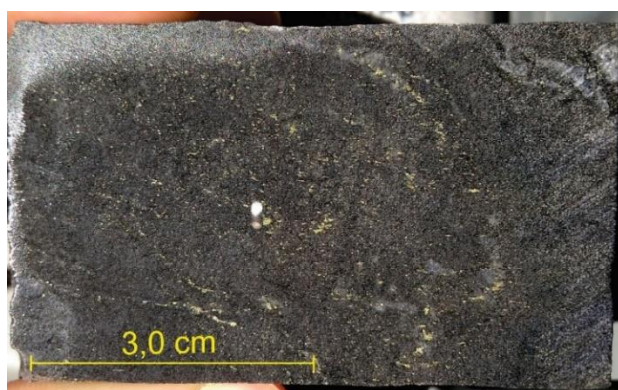
**Fotomicrografias:**



**Figura 58.** Fotomicrografias da lamina SU\_943c. a) muscovita hidrotermais isotrópicas e provável fenocristal substituído por carbonatos em luz transmitida e nicóis descruzados e (b) com nicóis cruzados; C) alteração propilítica marcado por carbonatos, clinozoisita e sulfetos associados, também ocorrem muscovita radiais em luz transmitida e nicóis descruzados e (d) com nicóis cruzados; e) biotita sendo substituída por clorita, epídoto e clinozoisita associadas com a clorita e minerais opacos, em luz transmitida com nicóis descruzados e em (f) com nicóis cruzados. Legenda: biotita (bt), carbonato (cb), clorita (clt), clinozoisita (czo), epídoto (ep), plagioclásio (plg) e quartzo (qtz).

**Amostra:** SU\_952a (amostra coletada do furo SU\_952, metragem 40,80m)

**Descrição Macroscópica:** A amostra (figura 59) possui coloração cinza a preta e granulação fina, foliação marcada por biotita com uma direção principal. Coexistem sulfetos (pirita e calcopirita) disseminados na matriz com óxidos de ferro. Há veios de epídoto e quartzo discordantes da foliação principal.



***Figura 59.*** Amostra de testemunho de sondagem SU\_952 (40,80m).

**Descrição da lâmina a olho nu:** lâmina possui coloração verde escura a preta, fraca orientação e zonas incolores não contínuas. Cristais dispersos e seguindo a orientação são visíveis.

**Descrição Microscópica: Estruturas/Texturas:** a rocha é fanerítica, anisotrópica com uma foliação xistosa marcada por biotitas. Sua textura é granolepidoblástica, seus grãos são inequidimensionais, subidioblásticos a xenoblásticos; a granulação é fina com minerais opacos grossos. Sua mineralogia é composta por quartzo, plagioclásio (andesina), biotita, muscovita, epídoto, titanita, apatita, clorita e minerais opacos (calcopirita, pirita e magnetita).

**Composição Modal Estimada Visualmente (%):**

|                   |                   |
|-------------------|-------------------|
| Quartzo – 32      | Clorita – traços  |
| Plagioclásio - 25 | Apatita - traços  |
| Biotita - 18      | Calcopirita – 4   |
| Muscovita – 14    | Pirita – 2        |
| Epídoto - 5       | Magnetita- traços |
| Titanita - 2      | Galena - traços   |

**Descrição dos minerais e suas relações texturais:** o **quartzo** é incolor, anedral, perfaz uma textura inequigranular bimodal, com extinção ondulante, ocorre de forma fina ( $<0,2\text{mm}$ ) na matriz associado ao plagioclásio e biotitas finas, com contatos lobulados a retilíneos com esses minerais; também ocorre em aglomerados com granulação média ( $\sim 0,5\text{mm}$ ) em contatos lobulados a retos com minerais opacos. A **biotita** é pleocróica (marrom claro para marrom escuro) e euhedral, seus tamanhos variam de  $0,1 - 0,5\text{ mm}$ , seus contatos estão corroídos a retos com o quartzo e plagioclásio; as biotitas médias perfazem a foliação principal e a fina ocorre com leve orientação na matriz silicática bordejando cristais de quartzo e plagioclásio (figura 60.a, b); por vezes as bordas dos seus cristais estão substituídos por clorita. O **plagioclásio** é andesina, com geminação tipo lei da albita e relevo igual ao quartzo, é incolor e anedral com tamanhos finos de até  $0,2\text{ mm}$ . O **epídoto** é fino ( $<0,1\text{mm}$ ), anedral, incolor, ocorre disperso e incipiente na matriz (figura 60.e, f). A **titanita** e **apatita** ocorrem como minerais acessórios, euhedrais a subhedrais e fazem contatos curvos com os demais minerais, estão dispersas pela lâmina, sendo que a titanita ocorre, preferencialmente com a biotita (figura 60.a, b), com tamanhos de até  $0,4\text{ mm}$  e a apatita ocorre como inclusões e é muito fina ( $<0,1\text{mm}$ ). Os minerais opacos são pirita, calcopirita, magnetita (figura 60.c) e galena. A **calcopirita** é amarela, anedral e seus cristais possuem tamanhos variam de  $0,2$  a  $1,0\text{ mm}$  (figura 60.d) ocorre disseminada associada a biotitas e com epídoto incipientes (figura 60.e, f), é comum haver inclusões nos seus cristais de magnetitas e pirita; as bordas dos cristais estão comumente corroídas e com contatos ondulados a denteados com os minerais silicáticos. A **pirita** é amarela pálida, euhedral no geral, apresentando hábito cúbico, ocorre disseminada com cristais de até  $0,5\text{ mm}$ , e também remobilizada e estirada paralela a foliação da biotita e é comum cristais de calcopiritas nas suas bordas. A **magnetita** é cinza, anedral e ocorre como inclusões na calcopirita, seus tamanhos são menores  $0,15\text{ mm}$ . A **galena** ocorre anedral, com tamanhos de até  $0,1\text{ mm}$ , é cinza e está associada aos sulfetos e ao quartzo.

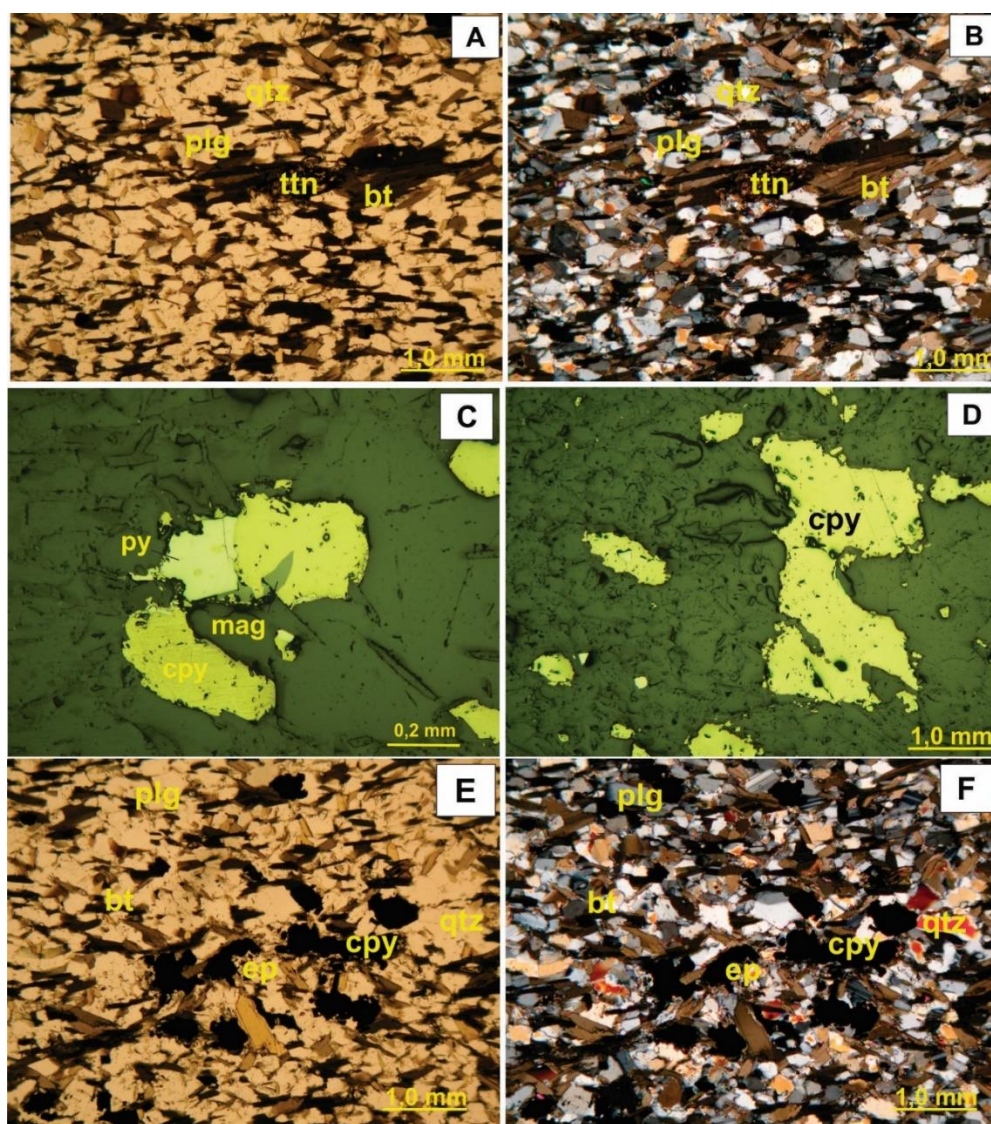
**Protólito:** vulcânica intermediária

**Interpretação:** a rocha é produto de alterações hidrotermais e sua estrutura original mesclada por esses estágios. O primeiro estágio hidrotermal reconhecido é forte biotitização, com formação de uma foliação biotítica e cristalização de sulfetos paralelos a essa foliação. O segundo estágio é uma fraca epidotização com sulfetos

e apatitas associadas. Observa-se sulfetos (piritas e calcopiritas) ocupando os espaços da biotita e sem associações silicáticas aparentes, provavelmente cristalizados em estágio final da alteração potássica.

**Classificação da Rocha:** muscovita gnaiss potassificado.

**Fotomicrografias:**



**Figura 60.** Fotomicrografia da lamina SU\_952a. Biotitas médias perfazendo a foliação principal e a fina com leve orientação na matriz silicática bordejando cristais de quartzo e plagioclásio, em (a) luz transmitida e nicóis descruzados e (b) nicóis cruzados. Em luz refletida, c) associação de calcopirita com pirita e magnetita e d) calcopirita média e finas disseminadas; e) em luz transmitida e nicóis descruzadas, biotitas hidrotermais associadas aos minerais opacos e epidoto incipiente e (f) com nicóis cruzados. Legenda: biotita (bt), calcopirita (cpy), epidoto (ep), magnetita (mag), plagioclásio (plg), pirita (py), quartzo (qtz) e titanita (ttn).

**Amostra:** SU\_952b (*amostra coletada do furo SU\_952, metragem 101,28m*)

**Descrição Macroscópica:** A rocha (figura 61) possui coloração cinza clara a escura, possui foliação marcada por minerais máficos e granulação fina a moderada. Os sulfetos, principalmente a calcopirita subheudral, ocorrem de forma disseminada e confinados em vênulas de quartzo fumê. A sericita é abundante e pervasiva na matriz e o epídoto é incipiente.



***Figura 61. Amostra de testemunho de sondagem SU\_952 (101,28m).***

**Descrição da lâmina a olho nu:** lâmina incolor a verde clara, com orientação marcada em 1 direção por minerais cúbicos pretos a marrons e micas verdes.

**Descrição Microscópica: Estruturas/Texturas:** a rocha é fanerítica, sua estrutura anisotrópica com foliação espaçada disjuntiva marcada por micas (muscovita e biotita). A textura é granolepidoblástica, os grãos são inequidimensionais, subdioblásticos a xenoblásticos e a granulação é fina a média. Sua mineralogia é composta por: quartzo, muscovita, plagioclásio (andesina), biotita, carbonato, epídoto, titanita, calcopirita e pirita.

**Composição Modal Estimada Visualmente (%):**

|                              |                    |
|------------------------------|--------------------|
| Quartzo – 30                 | Epídoto - 5        |
| Muscovita – 23               | Apatita - 1        |
| Plagioclásio (andesina) - 16 | Titanita - 2       |
| Biotita - 12                 | Calcopirita – 4    |
| Carbonato - 5                | Pirita – 2         |
|                              | Magnetita - traços |

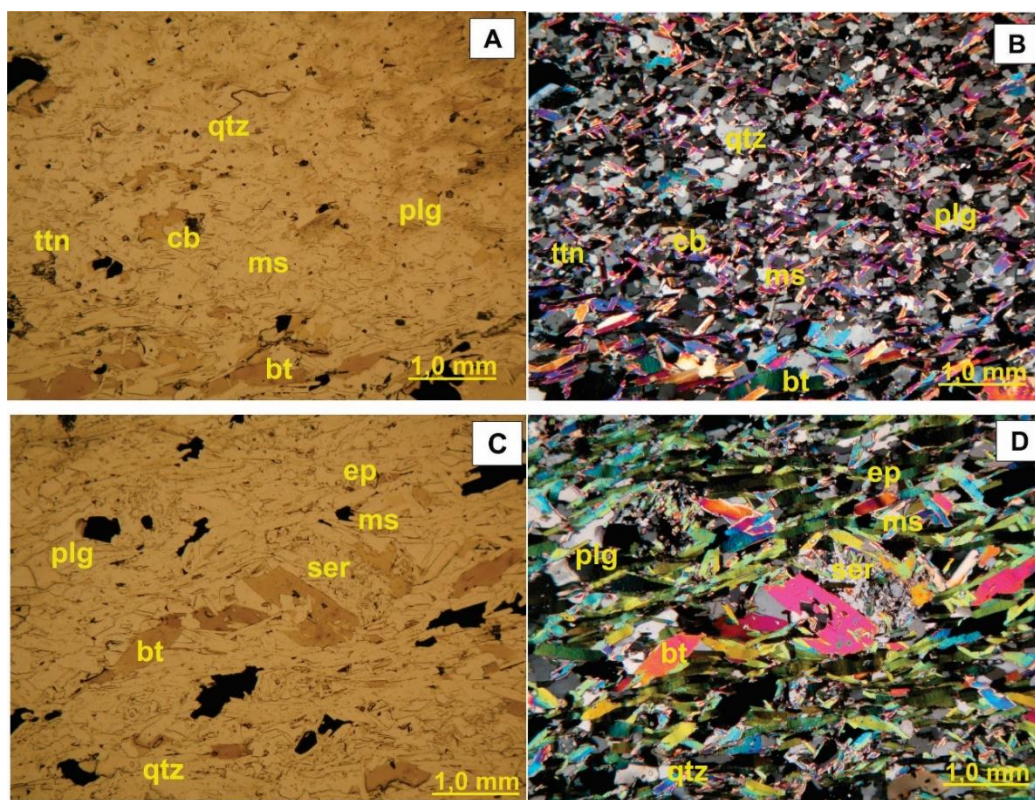
**Descrição dos minerais e suas relações texturais:** o **quartzo** é anhedral, por vezes estirado e com extinção ondulante, ocorre de duas maneiras na lâmina: uma compondo a matriz da rocha associada ao plagioclásio com contatos lobulados e em contato planos a ondulados com as micas, com granulação muito fina (0,2-0,3 mm); e também ocorre em uma textura de mosaico compondo bandas e veios com minerais opacos e biotita em contatos planos a curvos, com tamanho de até 0,6 mm. A **muscovita** subheudral a euhedral compõe a foliação da lâmina em uma direção preferencial (figura 62.c, d), ocorre também como cristais sem orientação associadas ao quartzo e plagioclásio (figura 62.a, b), no geral com grãos subheudrais e finos; a sericita (figura 62.c, d), sua fração muito fina, ocorre sem orientação e inclusa em cristais de plagioclásio e quartzo e até em opacos. A **biotita** é subheudral com contatos lobulados com o quartzo e curvo com a muscovita, possui plecroísmo marrom claro para marrom escuro, seus tamanhos variam de 1 mm até 0,1 mm, possui muitas inclusões e suas bordas estão alteradas e/ou corroídas, marca a foliação juntamente com a muscovita (figura 62.c, d) mas também possui cristais finos sem orientação associados ao quartzo granular. Os **plagioclásios** são anhedrais, a albita é caracterizada pelo seu relevo baixo e geminação tipo Lei da Albita, os cristais são finos (0,1mm) e com contatos ondulados com os demais minerais, ocorre na matriz com sericita e muscovita inclusas, além de apatita e opacos. O **carbonato** é anhedral, muito fino (< 0,1mm) e ocorre disperso pela lâmina, geralmente na matriz com quartzo, plagioclásio e com a titanita em contatos lobulados a retos. A **titanita** e a apatita são euhedrais a subheudrais, muito finas; a apatita ocorre como inclusões em micas e quartzo e a titanita dispersa em toda a lâmina. **Epídoto**, incolor, hábito granular, subheudral, com tamanhos de até 0,3 mm, ocorre associado aos sulfetos e dispersos na lâmina, não possui orientação como as micas. Os minerais opacos ocorrem disseminados subconcordantes a foliação, são eles: pirita, calcopirita e subordinadamente magnetita. A **pirita** é euhedral a subheudral, amarela clara, e ocorre grossa a média associada as porções quartzosas exibindo contatos retos a denteados e também ocorre com cristais de epídoto. A **calcopirita** é anhedral, amarela, ocorre fina e disseminada associada a muscovita e epídoto e também nas bordas da pirita. A **magnetita** ocorre como inclusões nos cristais de calcopirita e pirita, é cinza e anhedral. Os sulfetos, predominantemente a pirita possuem texturas de substituição e bordas corroídas, com inclusões de minerais silicáticos e opacos.

**Protólito:** vulcânica intermediária

**Interpretação:** a rocha é produto de processos hidrotermais sequenciais e metamórficos o que destruiu parcialmente suas estruturas e mineralogias iniciais. Primeiramente há formação de uma foliação metamórfica marcada por muscovitas ordenadas segundo uma foliação xistosa. Já o primeiro estágio hidrotermal é marcado pela biotitização da rocha, com cristalização de sulfetos e biotitas ordenados segundo foliação da muscovita já existente. Em segundo estágio há cristalização de muscovitas muito finas sem orientação, desordenando a orientação inicial matriz. Por fim, há fraca epidotização da rocha com cristalização de epídoto e sulfetos associados.

**Classificação da Rocha:** biotita-muscovita xisto

**Fotomicrografias:**



**Figura 62.** Fotomicrografia em luz transmitida da lâmina SU\_952b. Em (a) nicóis descruzados e (b) nicóis cruzados muscovita isotrópica hidrotermal, muito fina e com padrões radiais sutis. Em (c) nicóis cruzados e (d) nicóis cruzados de muscovita e biotita metamórficas marcando a foliação principal da rocha e sericita associada as muscovitas isotrópicas. Legenda: biotita (bt), carbonato (cb), epídoto (ep), muscovita (ms), plagioclásio (plg), quartzo (qtz), sericita (ser), titanita (ttn).

## **APÊNDICE II – TABELA DE ANÁLISES GEOQUÍMICAS**

**Análises químicas de Furo de Sondagem SU 939**

| DHID   | FROM  | TO    | INTERVAL | SAMPLE | Au_ppm | Cu_per | CuEq_per | Ag_ppm | Cu_ppm  | Fe_per | Mo_ppm | Pb_ppm | Zn_ppm |
|--------|-------|-------|----------|--------|--------|--------|----------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|
| SU_939 | 0,00  | 1,00  | 1,00     | 298289 | 0,13   | 0,054  | 0,119    | 3      | 469,00  | 8,89   | 9      | 71     | 53     |
| SU_939 | 1,00  | 1,80  | 0,80     | 298290 | 0,12   | 0,070  | 0,128    | 0,5    | 555,00  | 13,71  | 9      | 178    | 80     |
| SU_939 | 1,80  | 2,47  | 0,67     | 298291 | 0,13   | 0,095  | 0,161    | 0,5    | 802,00  | 8,41   | 12     | 88     | 41     |
| SU_939 | 2,47  | 3,20  | 0,73     | 298292 | 0,12   | 0,082  | 0,143    | 0,5    | 727,00  | 4,79   | 8      | 24     | 25     |
| SU_939 | 3,20  | 4,00  | 0,80     | 298293 | 0,35   | 0,076  | 0,250    | 0,5    | 583,00  | 3,79   | 19     | 28     | 30     |
| SU_939 | 4,00  | 5,00  | 1,00     | 298294 | 0,25   | 0,120  | 0,244    | 0,5    | 657,00  | 4,55   | 2      | 39     | 32     |
| SU_939 | 5,00  | 6,19  | 1,19     | 298295 | 0,18   | 0,111  | 0,199    | 0,5    | 780,00  | 4,97   | 2      | 33     | 32     |
| SU_939 | 6,19  | 7,00  | 0,81     | 298296 | 0,21   | 0,090  | 0,195    | 0,5    | 685,00  | 3,96   | 3      | 29     | 30     |
| SU_939 | 7,00  | 8,00  | 1,00     | 298297 | 0,29   | 0,140  | 0,287    | 0,5    | 1228,00 | 5,84   | 4      | 39     | 50     |
| SU_939 | 8,00  | 9,00  | 1,00     | 298298 | 0,11   | 0,195  | 0,251    | 0,5    | 1534,00 | 4,33   | 0,5    | 36     | 148    |
| SU_939 | 9,00  | 10,00 | 1,00     | 298299 | 0,03   | 0,191  | 0,208    | 0,5    | 1593,00 | 5,39   | 0,5    | 40     | 205    |
| SU_939 | 10,00 | 11,00 | 1,00     | 298300 | 0,05   | 0,227  | 0,253    | 0,5    | 1982,00 | 5,98   | 0,5    | 30     | 241    |
| SU_939 | 11,00 | 12,00 | 1,00     | 298301 | 0,03   | 0,254  | 0,271    | 0,5    | 2119,00 | 5,75   | 0,5    | 27     | 263    |
| SU_939 | 12,00 | 13,00 | 1,00     | 298302 | 0,02   | 0,190  | 0,199    | 0,5    | 1570,00 | 5      | 0,5    | 21     | 268    |
| SU_939 | 13,00 | 14,00 | 1,00     | 298303 | 0,13   | 0,246  | 0,313    | 0,5    | 2242,00 | 3,49   | 2      | 20     | 178    |
| SU_939 | 14,00 | 15,00 | 1,00     | 298304 | 0,22   | 0,260  | 0,372    | 0,5    | 2321,00 | 3,47   | 10     | 16     | 131    |
| SU_939 | 15,00 | 16,00 | 1,00     | 298305 | 0,27   | 0,138  | 0,275    | 0,5    | 1201,00 | 3,49   | 6      | 16     | 138    |
| SU_939 | 16,00 | 17,00 | 1,00     | 298306 | 0,24   | 0,185  | 0,303    | 0,5    | 1578,00 | 4,3    | 0,5    | 30     | 249    |
| SU_939 | 17,00 | 18,00 | 1,00     | 298307 | 0,02   | 0,216  | 0,226    | 0,5    | 1964,00 | 4,49   | 0,5    | 8      | 307    |
| SU_939 | 18,00 | 19,12 | 1,12     | 298308 | 0,02   | 0,062  | 0,072    | 0,5    | 578,00  | 3,85   | 0,5    | 6      | 231    |
| SU_939 | 19,12 | 20,24 | 1,12     | 298310 | 0,04   | 0,118  | 0,138    | 0,5    | 1110,00 | 3,71   | 0,5    | 5      | 213    |
| SU_939 | 20,24 | 21,00 | 0,76     | 298312 | 0,11   | 0,239  | 0,293    | 5      | 2293,00 | 4,25   | 3      | 9      | 121    |
| SU_939 | 21,00 | 22,00 | 1,00     | 298313 | 0,14   | 0,205  | 0,275    | 0,5    | 1952,00 | 2,94   | 1      | 3      | 123    |
| SU_939 | 22,00 | 23,15 | 1,15     | 298315 | 0,16   | 0,256  | 0,336    | 1      | 2396,00 | 4,72   | 2      | 8      | 138    |
| SU_939 | 23,15 | 24,30 | 1,15     | 298316 | 0,15   | 0,194  | 0,270    | 3      | 1919,00 | 2,68   | 5      | 11     | 56     |

| DHID   | FROM  | TO    | INTERVAL | SAMPLE | Au_ppm | Cu_per | CuEq_per | Ag_ppm | Cu_ppm  | Fe_per | Mo_ppm | Pb_ppm | Zn_ppm |
|--------|-------|-------|----------|--------|--------|--------|----------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|
| SU_939 | 24,30 | 25,00 | 0,70     | 298317 | 0,16   | 0,304  | 0,385    | 2      | 3087,00 | 2,79   | 6      | 22     | 191    |
| SU_939 | 25,00 | 26,00 | 1,00     | 298318 | 0,18   | 0,279  | 0,370    | 2      | 2790,00 | 1,97   | 3      | 14     | 125    |
| SU_939 | 26,00 | 27,00 | 1,00     | 298319 | 0,19   | 0,277  | 0,375    | 2      | 2884,00 | 3,25   | 6      | 10     | 77     |
| SU_939 | 27,00 | 28,17 | 1,17     | 298320 | 0,16   | 0,210  | 0,289    | 1      | 2148,00 | 2,77   | 10     | 5      | 85     |
| SU_939 | 28,17 | 29,00 | 0,83     | 298321 | 0,26   | 0,237  | 0,367    | 1      | 2473,00 | 2,63   | 17     | 7      | 44     |
| SU_939 | 29,00 | 30,00 | 1,00     | 298322 | 0,24   | 0,255  | 0,375    | 2      | 2624,00 | 3,35   | 12     | 13     | 47     |
| SU_939 | 30,00 | 31,12 | 1,12     | 298323 | 0,25   | 0,204  | 0,332    | 2      | 2009,00 | 3,77   | 1      | 7      | 79     |
| SU_939 | 31,12 | 32,15 | 1,03     | 298324 | 0,24   | 0,430  | 0,550    | 3      | 4270,00 | 3,5    | 0,5    | 6      | 162    |
| SU_939 | 32,15 | 33,31 | 1,16     | 298325 | 0,21   | 0,251  | 0,357    | 2      | 2547,00 | 4,13   | 0,5    | 7      | 113    |
| SU_939 | 33,31 | 34,00 | 0,69     | 298326 | 0,26   | 0,197  | 0,326    | 1      | 1983,00 | 3,29   | 0,5    | 1,5    | 119    |
| SU_939 | 34,00 | 35,00 | 1,00     | 298327 | 0,30   | 0,275  | 0,426    | 2      | 2798,00 | 3,16   | 4      | 4      | 95     |
| SU_939 | 35,00 | 36,00 | 1,00     | 298328 | 0,23   | 0,253  | 0,366    | 1      | 2570,00 | 2,94   | 3      | 5      | 55     |
| SU_939 | 36,00 | 37,00 | 1,00     | 298329 | 0,28   | 0,289  | 0,428    | 1      | 2990,00 | 2,86   | 9      | 7      | 72     |
| SU_939 | 37,00 | 38,00 | 1,00     | 298330 | 0,43   | 0,364  | 0,582    | 1      | 3780,00 | 2,57   | 14     | 7      | 64     |
| SU_939 | 38,00 | 39,00 | 1,00     | 298331 | 0,39   | 0,295  | 0,490    | 1      | 3098,00 | 2,78   | 13     | 5      | 55     |
| SU_939 | 39,00 | 40,00 | 1,00     | 298332 | 0,26   | 0,250  | 0,379    | 2      | 2622,00 | 3,26   | 9      | 12     | 73     |
| SU_939 | 40,00 | 41,00 | 1,00     | 298333 | 0,15   | 0,152  | 0,227    | 1      | 1597,00 | 3,43   | 7      | 5      | 159    |
| SU_939 | 41,00 | 42,00 | 1,00     | 298334 | 0,15   | 0,146  | 0,219    | 1      | 1521,00 | 3,54   | 4      | 10     | 192    |
| SU_939 | 42,00 | 43,00 | 1,00     | 298336 | 0,15   | 0,139  | 0,217    | 1      | 1542,00 | 4,24   | 4      | 16     | 146    |
| SU_939 | 43,00 | 43,70 | 0,70     | 298337 | 0,14   | 0,109  | 0,179    | 0,5    | 1151,00 | 3,42   | 7      | 17     | 53     |
| SU_939 | 43,70 | 44,85 | 1,15     | 298338 | 0,06   | 0,052  | 0,080    | 0,5    | 534,00  | 2,42   | 1      | 12     | 79     |
| SU_939 | 44,85 | 46,00 | 1,15     | 298339 | 0,06   | 0,070  | 0,102    | 0,5    | 736,00  | 2,31   | 4      | 14     | 85     |
| SU_939 | 46,00 | 47,00 | 1,00     | 298340 | 0,12   | 0,068  | 0,130    | 0,5    | 704,00  | 3,39   | 4      | 18     | 163    |
| SU_939 | 47,00 | 48,00 | 1,00     | 298341 | 0,12   | 0,070  | 0,132    | 0,5    | 702,00  | 3,61   | 8      | 8      | 194    |
| SU_939 | 48,00 | 49,00 | 1,00     | 298342 | 0,09   | 0,056  | 0,101    | 0,5    | 583,00  | 3,08   | 8      | 24     | 185    |
| SU_939 | 49,00 | 50,00 | 1,00     | 298344 | 0,04   | 0,012  | 0,030    | 0,5    | 119,00  | 3,19   | 0,5    | 37     | 337    |

| DHID   | FROM  | TO    | INTERVAL | SAMPLE | Au_ppm | Cu_per | CuEq_per | Ag_ppm | Cu_ppm | Fe_per | Mo_ppm | Pb_ppm | Zn_ppm |
|--------|-------|-------|----------|--------|--------|--------|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| SU_939 | 50,00 | 51,00 | 1,00     | 298346 | 0,04   | 0,011  | 0,033    | 0,5    | 106,00 | 3,93   | 0,5    | 36     | 216    |
| SU_939 | 51,00 | 52,00 | 1,00     | 298347 | 0,04   | 0,011  | 0,029    | 0,5    | 97,00  | 4,61   | 0,5    | 50     | 221    |
| SU_939 | 52,00 | 53,00 | 1,00     | 298348 | 0,03   | 0,012  | 0,029    | 0,5    | 112,00 | 4,63   | 0,5    | 30     | 200    |
| SU_939 | 53,00 | 54,00 | 1,00     | 298349 | 0,05   | 0,021  | 0,047    | 0,5    | 197,00 | 3,88   | 0,5    | 31     | 202    |
| SU_939 | 54,00 | 55,00 | 1,00     | 298350 | 0,05   | 0,015  | 0,039    | 0,5    | 142,00 | 3,13   | 0,5    | 25     | 178    |
| SU_939 | 55,00 | 56,00 | 1,00     | 298351 | 0,05   | 0,032  | 0,054    | 0,5    | 287,00 | 3,25   | 0,5    | 32     | 196    |
| SU_939 | 56,00 | 57,00 | 1,00     | 298352 | 0,04   | 0,011  | 0,031    | 0,5    | 102,00 | 3,54   | 0,5    | 37     | 201    |
| SU_939 | 57,00 | 58,00 | 1,00     | 298353 | 0,06   | 0,015  | 0,045    | 0,5    | 137,00 | 2,96   | 0,5    | 52     | 210    |
| SU_939 | 58,00 | 59,00 | 1,00     | 298354 | 0,02   | 0,005  | 0,015    | 0,5    | 42,00  | 2,7    | 0,5    | 26     | 172    |
| SU_939 | 59,00 | 60,00 | 1,00     | 298355 | 0,02   | 0,008  | 0,017    | 0,5    | 69,00  | 2,56   | 0,5    | 25     | 129    |
| SU_939 | 60,00 | 61,00 | 1,00     | 298356 | 0,09   | 0,017  | 0,061    | 0,5    | 161,00 | 2,95   | 0,5    | 35     | 172    |
| SU_939 | 61,00 | 62,00 | 1,00     | 298357 | 0,04   | 0,005  | 0,024    | 0,5    | 39,00  | 3,22   | 0,5    | 48     | 257    |
| SU_939 | 62,00 | 63,00 | 1,00     | 298359 | 0,04   | 0,016  | 0,036    | 0,5    | 152,00 | 2,96   | 8      | 78     | 357    |
| SU_939 | 63,00 | 64,00 | 1,00     | 298360 | 0,02   | 0,004  | 0,015    | 0,5    | 39,00  | 2,52   | 0,5    | 101    | 209    |
| SU_939 | 64,00 | 65,00 | 1,00     | 298361 | 0,03   | 0,010  | 0,026    | 0,5    | 92,00  | 2,86   | 2      | 62     | 321    |
| SU_939 | 65,00 | 66,00 | 1,00     | 298362 | 0,04   | 0,006  | 0,024    | 0,5    | 59,00  | 2,74   | 0,5    | 112    | 252    |
| SU_939 | 66,00 | 67,00 | 1,00     | 298363 | 0,03   | 0,003  | 0,018    | 0,5    | 29,00  | 3,07   | 0,5    | 93     | 243    |
| SU_939 | 67,00 | 68,00 | 1,00     | 298364 | 0,05   | 0,009  | 0,033    | 0,5    | 78,00  | 3,26   | 0,5    | 60     | 231    |
| SU_939 | 68,00 | 68,82 | 0,82     | 298365 | 0,06   | 0,006  | 0,034    | 0,5    | 48,00  | 2,99   | 2      | 52     | 347    |
| SU_939 | 68,82 | 70,00 | 1,18     | 298366 | 0,03   | 0,007  | 0,023    | 0,5    | 67,00  | 5      | 0,5    | 30     | 450    |
| SU_939 | 70,00 | 71,00 | 1,00     | 298367 | 0,06   | 0,009  | 0,037    | 0,5    | 78,00  | 4,99   | 0,5    | 13     | 402    |
| SU_939 | 71,00 | 72,00 | 1,00     | 298368 | 0,06   | 0,010  | 0,039    | 0,5    | 93,00  | 5,06   | 0,5    | 8      | 276    |
| SU_939 | 72,00 | 73,00 | 1,00     | 298369 | 0,12   | 0,004  | 0,064    | 0,5    | 36,00  | 6,95   | 0,5    | 8      | 212    |
| SU_939 | 73,00 | 74,00 | 1,00     | 298370 | 0,03   | 0,015  | 0,029    | 0,5    | 132,00 | 3,01   | 0,5    | 12     | 133    |
| SU_939 | 74,00 | 75,00 | 1,00     | 298371 | 0,03   | 0,003  | 0,016    | 0,5    | 25,00  | 3,78   | 3      | 12     | 200    |
| SU_939 | 75,00 | 76,00 | 1,00     | 298372 | 0,04   | 0,003  | 0,025    | 0,5    | 22,00  | 4,4    | 0,5    | 10     | 246    |

| DHID   | FROM  | TO    | INTERVAL | SAMPLE | Au_ppm | Cu_per | CuEq_per | Ag_ppm | Cu_ppm | Fe_per | Mo_ppm | Pb_ppm | Zn_ppm |
|--------|-------|-------|----------|--------|--------|--------|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| SU_939 | 76,00 | 77,00 | 1,00     | 298373 | 0,07   | 0,010  | 0,043    | 0,5    | 88,00  | 4,03   | 0,5    | 7      | 274    |
| SU_939 | 77,00 | 78,00 | 1,00     | 298374 | 0,12   | 0,026  | 0,086    | 0,5    | 227,00 | 3,94   | 0,5    | 10     | 295    |
| SU_939 | 78,00 | 79,00 | 1,00     | 298375 | 0,15   | 0,011  | 0,084    | 0,5    | 98,00  | 4,04   | 0,5    | 8      | 289    |
| SU_939 | 79,00 | 80,00 | 1,00     | 298377 | 0,10   | 0,007  | 0,059    | 0,5    | 65,00  | 3,64   | 0,5    | 6      | 249    |
| SU_939 | 80,00 | 81,00 | 1,00     | 298379 | 0,07   | 0,007  | 0,040    | 0,5    | 67,00  | 3,01   | 0,5    | 6      | 353    |
| SU_939 | 81,00 | 82,00 | 1,00     | 298380 | 0,09   | 0,016  | 0,063    | 0,5    | 144,00 | 3,74   | 0,5    | 9      | 435    |
| SU_939 | 82,00 | 83,00 | 1,00     | 298381 | 0,03   | 0,003  | 0,018    | 0,5    | 16,00  | 3,59   | 0,5    | 8      | 252    |
| SU_939 | 83,00 | 84,00 | 1,00     | 298383 | 0,02   | 0,001  | 0,012    | 0,5    | 0,50   | 3,24   | 0,5    | 6      | 125    |
| SU_939 | 84,00 | 85,00 | 1,00     | 298384 | 0,08   | 0,003  | 0,042    | 0,5    | 16,00  | 3,6    | 1      | 1,5    | 186    |
| SU_939 | 85,00 | 86,00 | 1,00     | 298385 | 0,30   | 0,017  | 0,167    | 0,5    | 163,00 | 3,81   | 0,5    | 9      | 308    |
| SU_939 | 86,00 | 87,00 | 1,00     | 298386 | 0,23   | 0,012  | 0,125    | 0,5    | 106,00 | 3,57   | 0,5    | 10     | 212    |
| SU_939 | 87,00 | 87,93 | 0,93     | 298387 | 0,21   | 0,015  | 0,119    | 0,5    | 138,00 | 4,46   | 0,5    | 6      | 198    |
| SU_939 | 87,93 | 89,00 | 1,07     | 298388 | 0,42   | 0,024  | 0,238    | 0,5    | 231,00 | 6,6    | 0,5    | 12     | 160    |
| SU_939 | 89,00 | 90,00 | 1,00     | 298389 | 0,47   | 0,026  | 0,265    | 0,5    | 250,00 | 5,25   | 8      | 7      | 173    |
| SU_939 | 90,00 | 91,00 | 1,00     | 298390 | 0,18   | 0,019  | 0,107    | 0,5    | 173,00 | 3,81   | 0,5    | 7      | 147    |
| SU_939 | 91,00 | 92,00 | 1,00     | 298391 | 0,25   | 0,032  | 0,157    | 0,5    | 307,00 | 4,12   | 0,5    | 5      | 92     |
| SU_939 | 92,00 | 92,70 | 0,70     | 298392 | 0,38   | 0,031  | 0,224    | 0,5    | 290,00 | 4,73   | 0,5    | 10     | 81     |
| SU_939 | 92,70 | 93,48 | 0,78     | 298393 | 0,11   | 0,022  | 0,075    | 0,5    | 199,00 | 4,34   | 0,5    | 4      | 90     |
| SU_939 | 93,48 | 94,30 | 0,82     | 298394 | 0,45   | 0,033  | 0,260    | 0,5    | 299,00 | 5,42   | 0,5    | 8      | 62     |
| SU_939 | 94,30 | 95,00 | 0,70     | 298395 | 0,08   | 0,025  | 0,067    | 0,5    | 230,00 | 2,71   | 0,5    | 5      | 58     |
| SU_939 | 95,00 | 96,00 | 1,00     | 298396 | 0,09   | 0,013  | 0,056    | 0,5    | 115,00 | 2,9    | 0,5    | 3      | 84     |
| SU_939 | 96,00 | 97,00 | 1,00     | 298397 | 0,07   | 0,010  | 0,044    | 0,5    | 92,00  | 3,2    | 0,5    | 1,5    | 72     |
| SU_939 | 97,00 | 97,80 | 0,80     | 298398 | 0,05   | 0,007  | 0,030    | 0,5    | 64,00  | 3,87   | 0,5    | 8      | 89     |
| SU_939 | 97,80 | 98,47 | 0,67     | 298399 | 0,04   | 0,007  | 0,025    | 0,5    | 54,00  | 3,35   | 0,5    | 1,5    | 78     |

Análises químicas do furo de sondagem SU 941

| DHID   | FROM  | TO    | INTERVAL | SAMPLE | Au_ppm | Cu_per | CuEq_per | Ag_ppm | Cu_ppm | Fe_per | Mo_ppm | Pb_ppm | Zn_ppm |
|--------|-------|-------|----------|--------|--------|--------|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| SU_941 | 0,00  | 1,00  | 1,00     | 298561 | 0,05   | 0,009  | 0,034    | 0,5    | 61,00  | 6,73   | 0,5    | 71     | 100    |
| SU_941 | 1,00  | 1,73  | 0,73     | 298562 | 0,04   | 0,011  | 0,030    | 0,5    | 78,00  | 15     | 0,5    | 111    | 67     |
| SU_941 | 1,73  | 2,65  | 0,92     | 298563 | 0,04   | 0,012  | 0,031    | 0,5    | 90,00  | 15     | 0,5    | 150    | 89     |
| SU_941 | 2,65  | 3,49  | 0,84     | 298564 | 0,05   | 0,009  | 0,031    | 0,5    | 65,00  | 9,62   | 0,5    | 92     | 76     |
| SU_941 | 3,49  | 4,25  | 0,76     | 298565 | 0,05   | 0,007  | 0,031    | 0,5    | 52,00  | 7,03   | 0,5    | 77     | 88     |
| SU_941 | 4,25  | 5,00  | 0,75     | 298566 | 0,03   | 0,007  | 0,021    | 0,5    | 57,00  | 6,4    | 0,5    | 126    | 108    |
| SU_941 | 5,00  | 6,00  | 1,00     | 298567 | 0,02   | 0,008  | 0,020    | 0,5    | 66,00  | 6,27   | 0,5    | 87     | 97     |
| SU_941 | 6,00  | 7,00  | 1,00     | 298568 | 0,05   | 0,008  | 0,031    | 0,5    | 69,00  | 6,55   | 0,5    | 137    | 118    |
| SU_941 | 7,00  | 8,00  | 1,00     | 298569 | 0,06   | 0,007  | 0,039    | 0,5    | 64,00  | 6,43   | 0,5    | 84     | 162    |
| SU_941 | 8,00  | 8,83  | 0,83     | 298570 | 0,19   | 0,012  | 0,106    | 0,5    | 106,00 | 6,09   | 0,5    | 411    | 192    |
| SU_941 | 8,83  | 9,50  | 0,67     | 298571 | 0,11   | 0,009  | 0,062    | 0,5    | 82,00  | 6,33   | 0,5    | 96     | 253    |
| SU_941 | 9,50  | 10,27 | 0,77     | 298572 | 0,18   | 0,010  | 0,101    | 0,5    | 92,00  | 6,68   | 0,5    | 98     | 498    |
| SU_941 | 10,27 | 11,20 | 0,93     | 298573 | 0,05   | 0,008  | 0,033    | 0,5    | 66,00  | 5,61   | 0,5    | 189    | 633    |
| SU_941 | 11,20 | 12,00 | 0,80     | 298574 | 0,03   | 0,006  | 0,019    | 0,5    | 47,00  | 4,55   | 0,5    | 53     | 466    |
| SU_941 | 12,00 | 13,00 | 1,00     | 298575 | 0,02   | 0,007  | 0,018    | 0,5    | 57,00  | 4,49   | 0,5    | 55     | 400    |
| SU_941 | 13,00 | 14,00 | 1,00     | 298576 | 0,02   | 0,006  | 0,014    | 0,5    | 46,00  | 4,73   | 0,5    | 58     | 389    |
| SU_941 | 14,00 | 15,00 | 1,00     | 298577 | 0,02   | 0,003  | 0,011    | 0,5    | 29,00  | 5,07   | 0,5    | 51     | 485    |
| SU_941 | 15,00 | 16,00 | 1,00     | 298578 | 0,02   | 0,004  | 0,011    | 0,5    | 32,00  | 5,02   | 0,5    | 49     | 395    |
| SU_941 | 16,00 | 17,00 | 1,00     | 298579 | 0,03   | 0,006  | 0,020    | 0,5    | 45,00  | 4,51   | 0,5    | 45     | 363    |
| SU_941 | 17,00 | 18,00 | 1,00     | 298580 | 0,39   | 0,017  | 0,211    | 0,5    | 174,00 | 6,89   | 0,5    | 34     | 413    |
| SU_941 | 18,00 | 19,00 | 1,00     | 298582 | 0,31   | 0,008  | 0,166    | 0,5    | 81,00  | 6,08   | 0,5    | 66     | 451    |
| SU_941 | 19,00 | 20,00 | 1,00     | 298583 | 0,06   | 0,003  | 0,032    | 0,5    | 25,00  | 3,62   | 0,5    | 12     | 454    |
| SU_941 | 20,00 | 21,00 | 1,00     | 298584 | 0,06   | 0,004  | 0,035    | 0,5    | 37,00  | 3,56   | 0,5    | 12     | 426    |
| SU_941 | 21,00 | 22,00 | 1,00     | 298585 | 0,06   | 0,005  | 0,035    | 0,5    | 38,00  | 3,72   | 0,5    | 22     | 401    |

| DHID   | FROM  | TO    | INTERVAL | SAMPLE | Au_ppm | Cu_per | CuEq_per | Ag_ppm | Cu_ppm | Fe_per | Mo_ppm | Pb_ppm | Zn_ppm |
|--------|-------|-------|----------|--------|--------|--------|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| SU_941 | 22,00 | 23,00 | 1,00     | 298586 | 0,24   | 0,007  | 0,129    | 0,5    | 65,00  | 3,92   | 0,5    | 9      | 499    |
| SU_941 | 23,00 | 23,94 | 0,94     | 298587 | 0,19   | 0,006  | 0,104    | 0,5    | 60,00  | 4,11   | 0,5    | 13     | 433    |
| SU_941 | 23,94 | 25,00 | 1,06     | 298588 | 0,09   | 0,009  | 0,052    | 0,5    | 84,00  | 3,64   | 0,5    | 1,5    | 387    |
| SU_941 | 25,00 | 26,00 | 1,00     | 298589 | 0,06   | 0,007  | 0,036    | 0,5    | 69,00  | 3,8    | 0,5    | 6      | 366    |
| SU_941 | 26,00 | 27,00 | 1,00     | 298590 | 0,05   | 0,004  | 0,031    | 0,5    | 40,00  | 3,04   | 0,5    | 4      | 320    |
| SU_941 | 27,00 | 27,70 | 0,70     | 298591 | 0,50   | 0,013  | 0,266    | 0,5    | 138,00 | 3,81   | 0,5    | 3      | 476    |
| SU_941 | 27,70 | 28,41 | 0,71     | 298592 | 0,30   | 0,013  | 0,162    | 0,5    | 144,00 | 4,73   | 0,5    | 8      | 391    |
| SU_941 | 28,41 | 29,14 | 0,73     | 298594 | 0,33   | 0,011  | 0,176    | 0,5    | 128,00 | 4,99   | 0,5    | 5      | 340    |
| SU_941 | 29,14 | 29,78 | 0,64     | 298595 | 1,52   | 0,017  | 0,782    | 2      | 215,00 | 5,05   | 0,5    | 9      | 283    |
| SU_941 | 29,78 | 30,90 | 1,12     | 298597 | 0,47   | 0,008  | 0,244    | 1      | 99,00  | 4,01   | 3      | 4      | 217    |
| SU_941 | 30,90 | 31,62 | 0,72     | 298598 | 0,34   | 0,003  | 0,173    | 0,5    | 34,00  | 5,13   | 0,5    | 3      | 255    |
| SU_941 | 31,62 | 32,55 | 0,93     | 298599 | 0,70   | 0,010  | 0,362    | 0,5    | 131,00 | 4,27   | 0,5    | 3      | 261    |
| SU_941 | 32,55 | 33,21 | 0,66     | 298600 | 0,63   | 0,032  | 0,350    | 1      | 380,00 | 4,9    | 0,5    | 4      | 264    |
| SU_941 | 33,21 | 34,00 | 0,79     | 298601 | 0,19   | 0,011  | 0,107    | 0,5    | 135,00 | 4,05   | 0,5    | 7      | 290    |
| SU_941 | 34,00 | 35,00 | 1,00     | 298602 | 0,12   | 0,006  | 0,066    | 0,5    | 65,00  | 3      | 0,5    | 3      | 289    |
| SU_941 | 35,00 | 36,00 | 1,00     | 298603 | 0,15   | 0,014  | 0,090    | 0,5    | 179,00 | 3,31   | 0,5    | 6      | 234    |
| SU_941 | 36,00 | 37,00 | 1,00     | 298605 | 0,13   | 0,009  | 0,076    | 0,5    | 91,00  | 3,63   | 0,5    | 15     | 259    |
| SU_941 | 37,00 | 38,00 | 1,00     | 298606 | 0,09   | 0,010  | 0,055    | 0,5    | 108,00 | 3,64   | 0,5    | 1,5    | 428    |
| SU_941 | 38,00 | 39,00 | 1,00     | 298607 | 0,58   | 0,011  | 0,301    | 0,5    | 116,00 | 3,76   | 0,5    | 1,5    | 240    |
| SU_941 | 39,00 | 40,00 | 1,00     | 298608 | 0,29   | 0,006  | 0,152    | 0,5    | 59,00  | 3,82   | 0,5    | 3      | 316    |
| SU_941 | 40,00 | 40,92 | 0,92     | 298609 | 0,46   | 0,010  | 0,243    | 1      | 109,00 | 3,96   | 0,5    | 4      | 417    |
| SU_941 | 40,92 | 42,00 | 1,08     | 298610 | 1,19   | 0,027  | 0,625    | 2      | 312,00 | 4,86   | 0,5    | 8      | 136    |
| SU_941 | 42,00 | 43,00 | 1,00     | 298611 | 0,07   | 0,012  | 0,045    | 0,5    | 147,00 | 4,21   | 0,5    | 1,5    | 79     |
| SU_941 | 43,00 | 44,00 | 1,00     | 298612 | 0,06   | 0,011  | 0,040    | 0,5    | 119,00 | 4,1    | 0,5    | 6      | 63     |
| SU_941 | 44,00 | 45,00 | 1,00     | 298613 | 0,04   | 0,016  | 0,035    | 0,5    | 174,00 | 3,61   | 0,5    | 3      | 51     |
| SU_941 | 45,00 | 46,00 | 1,00     | 298614 | 0,08   | 0,017  | 0,057    | 0,5    | 194,00 | 4,75   | 0,5    | 1,5    | 69     |

| DHID   | FROM  | TO    | INTERVAL | SAMPLE | Au_ppm | Cu_per | CuEq_per | Ag_ppm | Cu_ppm | Fe_per | Mo_ppm | Pb_ppm | Zn_ppm |
|--------|-------|-------|----------|--------|--------|--------|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| SU_941 | 46,00 | 47,00 | 1,00     | 298615 | 0,06   | 0,008  | 0,037    | 0,5    | 86,00  | 4,21   | 0,5    | 6      | 56     |
| SU_941 | 47,00 | 48,00 | 1,00     | 298616 | 0,08   | 0,006  | 0,044    | 0,5    | 62,00  | 4,48   | 0,5    | 8      | 56     |
| SU_941 | 48,00 | 49,00 | 1,00     | 298617 | 0,10   | 0,017  | 0,066    | 0,5    | 182,00 | 4,58   | 0,5    | 6      | 75     |
| SU_941 | 49,00 | 50,00 | 1,00     | 298618 | 0,08   | 0,010  | 0,049    | 0,5    | 114,00 | 4,59   | 3      | 5      | 104    |
| SU_941 | 50,00 | 51,00 | 1,00     | 298619 | 0,05   | 0,007  | 0,031    | 0,5    | 81,00  | 5,15   | 0,5    | 7      | 94     |
| SU_941 | 51,00 | 52,00 | 1,00     | 298620 | 0,06   | 0,018  | 0,046    | 0,5    | 214,00 | 5,04   | 0,5    | 8      | 88     |
| SU_941 | 52,00 | 53,00 | 1,00     | 298621 | 0,18   | 0,029  | 0,118    | 0,5    | 332,00 | 6,47   | 0,5    | 11     | 134    |
| SU_941 | 53,00 | 54,00 | 1,00     | 298622 | 0,06   | 0,008  | 0,037    | 0,5    | 98,00  | 4,86   | 0,5    | 8      | 107    |
| SU_941 | 54,00 | 55,00 | 1,00     | 298623 | 0,17   | 0,017  | 0,103    | 0,5    | 198,00 | 7,6    | 0,5    | 10     | 122    |
| SU_941 | 55,00 | 56,00 | 1,00     | 298625 | 0,16   | 0,036  | 0,118    | 0,5    | 345,00 | 6,84   | 0,5    | 1,5    | 129    |
| SU_941 | 56,00 | 57,00 | 1,00     | 298626 | 1,26   | 0,045  | 0,678    | 0,5    | 531,00 | 9,09   | 0,5    | 5      | 145    |
| SU_941 | 57,00 | 58,00 | 1,00     | 298628 | 0,15   | 0,038  | 0,116    | 0,5    | 442,00 | 7,84   | 0,5    | 7      | 177    |
| SU_941 | 58,00 | 59,00 | 1,00     | 298630 | 0,05   | 0,018  | 0,045    | 0,5    | 215,00 | 6,47   | 0,5    | 3      | 152    |
| SU_941 | 59,00 | 60,00 | 1,00     | 298631 | 0,08   | 0,013  | 0,051    | 0,5    | 138,00 | 6,2    | 0,5    | 76     | 102    |
| SU_941 | 60,00 | 61,00 | 1,00     | 298632 | 0,10   | 0,010  | 0,060    | 0,5    | 104,00 | 5,89   | 0,5    | 4      | 170    |
| SU_941 | 61,00 | 62,00 | 1,00     | 298633 | 0,06   | 0,009  | 0,038    | 0,5    | 101,00 | 5,61   | 0,5    | 4      | 85     |
| SU_941 | 62,00 | 62,66 | 0,66     | 298634 | 0,14   | 0,017  | 0,088    | 0,5    | 218,00 | 8,97   | 0,5    | 6      | 123    |
| SU_941 | 62,66 | 63,43 | 0,77     | 298635 | 0,05   | 0,015  | 0,039    | 0,5    | 184,00 | 4,55   | 0,5    | 6      | 125    |
| SU_941 | 63,43 | 64,33 | 0,90     | 298636 | 0,06   | 0,012  | 0,043    | 0,5    | 111,00 | 3,21   | 0,5    | 30     | 119    |
| SU_941 | 64,33 | 65,17 | 0,84     | 298637 | 0,08   | 0,016  | 0,055    | 0,5    | 169,00 | 3,53   | 0,5    | 8      | 67     |
| SU_941 | 65,17 | 66,00 | 0,83     | 298638 | 0,17   | 0,025  | 0,110    | 0,5    | 241,00 | 5,09   | 0,5    | 8      | 94     |
| SU_941 | 66,00 | 67,00 | 1,00     | 298639 | 0,19   | 0,048  | 0,145    | 0,5    | 498,00 | 5,74   | 2      | 5      | 126    |
| SU_941 | 67,00 | 68,00 | 1,00     | 298640 | 0,06   | 0,041  | 0,071    | 0,5    | 406,00 | 5,59   | 2      | 3      | 113    |
| SU_941 | 68,00 | 69,00 | 1,00     | 298641 | 0,07   | 0,038  | 0,072    | 0,5    | 383,00 | 5,41   | 0,5    | 7      | 117    |
| SU_941 | 69,00 | 70,00 | 1,00     | 298642 | 0,09   | 0,059  | 0,104    | 0,5    | 633,00 | 5,85   | 3      | 8      | 86     |
| SU_941 | 70,00 | 71,00 | 1,00     | 298643 | 0,16   | 0,078  | 0,161    | 0,5    | 793,00 | 5,89   | 4      | 9      | 109    |

| DHID   | FROM  | TO    | INTERVAL | SAMPLE | Au_ppm | Cu_per | CuEq_per | Ag_ppm | Cu_ppm  | Fe_per | Mo_ppm | Pb_ppm | Zn_ppm |
|--------|-------|-------|----------|--------|--------|--------|----------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|
| SU_941 | 71,00 | 72,00 | 1,00     | 298644 | 0,17   | 0,077  | 0,160    | 0,5    | 739,00  | 4,61   | 2      | 11     | 118    |
| SU_941 | 72,00 | 73,00 | 1,00     | 298645 | 0,20   | 0,131  | 0,229    | 0,5    | 1268,00 | 4,08   | 2      | 7      | 116    |
| SU_941 | 73,00 | 74,00 | 1,00     | 298646 | 0,29   | 0,286  | 0,431    | 2      | 2786,00 | 3,83   | 18     | 20     | 128    |
| SU_941 | 74,00 | 75,10 | 1,10     | 298647 | 0,13   | 0,090  | 0,158    | 0,5    | 911,00  | 5,33   | 9      | 9      | 135    |
| SU_941 | 75,10 | 76,00 | 0,90     | 298648 | 0,20   | 0,198  | 0,299    | 2      | 2269,00 | 3,62   | 18     | 8      | 65     |
| SU_941 | 76,00 | 77,00 | 1,00     | 298650 | 0,14   | 0,203  | 0,274    | 1      | 2017,00 | 2,18   | 28     | 17     | 68     |
| SU_941 | 77,00 | 78,00 | 1,00     | 298651 | 0,07   | 0,133  | 0,166    | 0,5    | 1323,00 | 2,12   | 6      | 11     | 44     |
| SU_941 | 78,00 | 79,00 | 1,00     | 298652 | 0,14   | 0,208  | 0,278    | 0,5    | 2069,00 | 2,09   | 13     | 10     | 55     |
| SU_941 | 79,00 | 80,16 | 1,16     | 298653 | 0,14   | 0,156  | 0,228    | 0,5    | 1505,00 | 2,64   | 11     | 7      | 192    |
| SU_941 | 80,16 | 81,32 | 1,16     | 298654 | 0,04   | 0,037  | 0,058    | 0,5    | 365,00  | 3,4    | 0,5    | 8      | 437    |
| SU_941 | 81,32 | 82,14 | 0,82     | 298655 | 0,19   | 0,307  | 0,403    | 2      | 2996,00 | 2,19   | 16     | 36     | 961    |
| SU_941 | 82,14 | 83,00 | 0,86     | 298656 | 0,22   | 0,252  | 0,360    | 2      | 2466,00 | 2,19   | 14     | 20     | 818    |
| SU_941 | 83,00 | 84,00 | 1,00     | 298657 | 0,18   | 0,196  | 0,286    | 1      | 2019,00 | 1,99   | 6      | 40     | 197    |
| SU_941 | 84,00 | 85,09 | 1,09     | 298658 | 0,12   | 0,217  | 0,277    | 1      | 2151,00 | 3,08   | 6      | 21     | 116    |
| SU_941 | 85,09 | 86,25 | 1,16     | 298660 | 0,14   | 0,219  | 0,289    | 2      | 2173,00 | 3,06   | 6      | 216    | 2452   |
| SU_941 | 86,25 | 87,00 | 0,75     | 298661 | 0,05   | 0,069  | 0,095    | 0,5    | 660,00  | 3,74   | 2      | 20     | 195    |
| SU_941 | 87,00 | 88,00 | 1,00     | 298662 | 0,05   | 0,042  | 0,066    | 0,5    | 394,00  | 3,2    | 3      | 1,5    | 144    |
| SU_941 | 88,00 | 89,01 | 1,01     | 298663 | 0,09   | 0,155  | 0,198    | 1      | 1517,00 | 3,35   | 0,5    | 4      | 123    |
| SU_941 | 89,01 | 90,00 | 0,99     | 298665 | 0,10   | 0,207  | 0,259    | 1      | 2036,00 | 3,82   | 8      | 4      | 130    |
| SU_941 | 90,00 | 91,00 | 1,00     | 298666 | 0,09   | 0,132  | 0,175    | 1      | 1423,00 | 3,66   | 4      | 42     | 121    |
| SU_941 | 91,00 | 92,00 | 1,00     | 298667 | 0,02   | 0,025  | 0,035    | 0,5    | 250,00  | 2,32   | 0,5    | 1,5    | 34     |
| SU_941 | 92,00 | 93,00 | 1,00     | 298668 | 0,06   | 0,103  | 0,133    | 0,5    | 971,00  | 2,9    | 2      | 4      | 60     |
| SU_941 | 93,00 | 94,00 | 1,00     | 298669 | 0,06   | 0,154  | 0,185    | 0,5    | 1498,00 | 4,05   | 11     | 7      | 118    |
| SU_941 | 94,00 | 95,00 | 1,00     | 298670 | 0,04   | 0,108  | 0,126    | 0,5    | 1060,00 | 3,08   | 4      | 7      | 90     |
| SU_941 | 95,00 | 96,00 | 1,00     | 298671 | 0,06   | 0,044  | 0,074    | 0,5    | 424,00  | 2,41   | 0,5    | 8      | 49     |
| SU_941 | 96,00 | 97,00 | 1,00     | 298672 | 0,07   | 0,043  | 0,078    | 0,5    | 390,00  | 2,47   | 1      | 8      | 69     |

| DHID   | FROM   | TO     | INTERVAL | SAMPLE | Au_ppm | Cu_per | CuEq_per | Ag_ppm | Cu_ppm  | Fe_per | Mo_ppm | Pb_ppm | Zn_ppm |
|--------|--------|--------|----------|--------|--------|--------|----------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|
| SU_941 | 97,00  | 98,00  | 1,00     | 298674 | 0,11   | 0,238  | 0,296    | 2      | 2298,00 | 3,06   | 7      | 8      | 119    |
| SU_941 | 98,00  | 99,20  | 1,20     | 298675 | 0,14   | 0,224  | 0,296    | 1      | 2357,00 | 2,98   | 9      | 19     | 68     |
| SU_941 | 99,20  | 100,36 | 1,16     | 298676 | 0,18   | 0,224  | 0,314    | 1      | 2245,00 | 2,35   | 4      | 13     | 95     |
| SU_941 | 100,36 | 101,00 | 0,64     | 298677 | 0,24   | 0,306  | 0,425    | 2      | 3052,00 | 2,57   | 17     | 6      | 114    |
| SU_941 | 101,00 | 102,00 | 1,00     | 298678 | 0,21   | 0,260  | 0,366    | 1      | 2476,00 | 2,06   | 15     | 6      | 65     |
| SU_941 | 102,00 | 103,00 | 1,00     | 298679 | 0,18   | 0,256  | 0,348    | 1      | 2395,00 | 2,11   | 11     | 7      | 56     |
| SU_941 | 103,00 | 103,83 | 0,83     | 298680 | 0,16   | 0,248  | 0,326    | 1      | 2507,00 | 2,5    | 7      | 6      | 60     |
| SU_941 | 103,83 | 104,56 | 0,73     | 298681 | 0,19   | 0,275  | 0,368    | 1      | 2764,00 | 1,7    | 6      | 8      | 63     |
| SU_941 | 104,56 | 105,70 | 1,14     | 298682 | 0,13   | 0,136  | 0,201    | 0,5    | 1277,00 | 1,91   | 14     | 7      | 61     |
| SU_941 | 105,70 | 106,80 | 1,10     | 298683 | 0,11   | 0,095  | 0,149    | 0,5    | 850,00  | 3,43   | 9      | 8      | 76     |
| SU_941 | 106,80 | 108,00 | 1,20     | 298684 | 0,24   | 0,143  | 0,264    | 0,5    | 1317,00 | 4,57   | 12     | 5      | 76     |
| SU_941 | 108,00 | 109,12 | 1,12     | 298685 | 0,08   | 0,070  | 0,108    | 0,5    | 633,00  | 3,94   | 1      | 6      | 67     |
| SU_941 | 109,12 | 110,00 | 0,88     | 298686 | 0,17   | 0,162  | 0,248    | 0,5    | 1518,00 | 3,36   | 6      | 8      | 55     |
| SU_941 | 110,00 | 111,10 | 1,10     | 298687 | 0,35   | 0,367  | 0,542    | 2      | 3439,00 | 3,3    | 4      | 4      | 90     |
| SU_941 | 111,10 | 112,00 | 0,90     | 298688 | 0,04   | 0,018  | 0,039    | 0,5    | 168,00  | 2,38   | 0,5    | 5      | 87     |
| SU_941 | 112,00 | 113,00 | 1,00     | 298689 | 0,01   | 0,007  | 0,013    | 0,5    | 72,00   | 3,4    | 0,5    | 1,5    | 81     |
| SU_941 | 113,00 | 114,00 | 1,00     | 298690 | 0,01   | 0,006  | 0,010    | 0,5    | 59,00   | 3,43   | 0,5    | 1,5    | 73     |
| SU_941 | 114,00 | 115,00 | 1,00     | 298691 | 0,02   | 0,006  | 0,015    | 0,5    | 49,00   | 3,04   | 0,5    | 6      | 107    |
| SU_941 | 115,00 | 116,00 | 1,00     | 298693 | 0,01   | 0,008  | 0,012    | 0,5    | 63,00   | 2,85   | 0,5    | 4      | 115    |
| SU_941 | 116,00 | 117,00 | 1,00     | 298694 | 0,01   | 0,014  | 0,021    | 0,5    | 132,00  | 2,71   | 0,5    | 6      | 80     |
| SU_941 | 117,00 | 117,96 | 0,96     | 298695 | 0,05   | 0,007  | 0,033    | 0,5    | 57,00   | 2,9    | 0,5    | 8      | 135    |
| SU_941 | 117,96 | 119,00 | 1,04     | 298697 | 0,19   | 0,141  | 0,237    | 0,5    | 1249,00 | 2,12   | 1      | 4      | 85     |
| SU_941 | 119,00 | 120,00 | 1,00     | 298699 | 0,21   | 0,230  | 0,334    | 2      | 2037,00 | 2,57   | 4      | 6      | 105    |
| SU_941 | 120,00 | 121,00 | 1,00     | 298700 | 0,18   | 0,172  | 0,265    | 1      | 1573,00 | 2,71   | 0,5    | 6      | 94     |
| SU_941 | 121,00 | 122,00 | 1,00     | 298701 | 0,12   | 0,124  | 0,186    | 0,5    | 1129,00 | 2,31   | 1      | 9      | 60     |
| SU_941 | 122,00 | 123,00 | 1,00     | 298702 | 0,15   | 0,142  | 0,215    | 1      | 1293,00 | 1,81   | 2      | 13     | 54     |

| DHID   | FROM   | TO     | INTERVAL | SAMPLE | Au_ppm | Cu_per | CuEq_per | Ag_ppm | Cu_ppm  | Fe_per | Mo_ppm | Pb_ppm | Zn_ppm |
|--------|--------|--------|----------|--------|--------|--------|----------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|
| SU_941 | 123,00 | 124,00 | 1,00     | 298703 | 0,04   | 0,097  | 0,119    | 0,5    | 844,00  | 2,23   | 2      | 9      | 67     |
| SU_941 | 124,00 | 125,09 | 1,09     | 298704 | 0,04   | 0,054  | 0,074    | 0,5    | 537,00  | 2,04   | 5      | 8      | 62     |
| SU_941 | 125,09 | 125,84 | 0,75     | 298705 | 0,07   | 0,102  | 0,135    | 0,5    | 921,00  | 2,14   | 3      | 8      | 60     |
| SU_941 | 125,84 | 126,60 | 0,76     | 298706 | 0,22   | 0,284  | 0,397    | 2      | 2590,00 | 2,18   | 2      | 10     | 100    |
| SU_941 | 126,60 | 127,30 | 0,70     | 298707 | 0,14   | 0,187  | 0,258    | 1      | 1808,00 | 2,51   | 7      | 5      | 113    |
| SU_941 | 127,30 | 128,00 | 0,70     | 298708 | 0,45   | 0,144  | 0,371    | 1      | 1369,00 | 3,53   | 3      | 11     | 131    |
| SU_941 | 128,00 | 129,00 | 1,00     | 298709 | 0,34   | 0,211  | 0,383    | 2      | 2023,00 | 4      | 0,5    | 10     | 136    |
| SU_941 | 129,00 | 130,00 | 1,00     | 298710 | 0,17   | 0,144  | 0,227    | 1      | 1380,00 | 2,82   | 0,5    | 5      | 146    |
| SU_941 | 130,00 | 131,00 | 1,00     | 298711 | 0,11   | 0,125  | 0,182    | 0,5    | 1181,00 | 3,21   | 2      | 6      | 132    |
| SU_941 | 131,00 | 132,00 | 1,00     | 298712 | 0,10   | 0,073  | 0,123    | 0,5    | 687,00  | 2,72   | 0,5    | 9      | 107    |
| SU_941 | 132,00 | 133,00 | 1,00     | 298713 | 0,18   | 0,152  | 0,241    | 0,5    | 1503,00 | 3,07   | 0,5    | 8      | 116    |
| SU_941 | 133,00 | 134,00 | 1,00     | 298714 | 0,29   | 0,264  | 0,411    | 1      | 2521,00 | 1,95   | 0,5    | 8      | 57     |
| SU_941 | 134,00 | 135,00 | 1,00     | 298715 | 0,11   | 0,134  | 0,191    | 0,5    | 1208,00 | 1,83   | 0,5    | 5      | 42     |
| SU_941 | 135,00 | 136,16 | 1,16     | 298716 | 0,16   | 0,247  | 0,327    | 2      | 2323,00 | 2,42   | 20     | 15     | 48     |
| SU_941 | 136,16 | 137,26 | 1,10     | 298717 | 0,18   | 0,191  | 0,281    | 0,5    | 1885,00 | 2,12   | 0,5    | 12     | 49     |
| SU_941 | 137,26 | 138,00 | 0,74     | 298718 | 0,12   | 0,152  | 0,213    | 0,5    | 1487,00 | 2,33   | 0,5    | 5      | 68     |
| SU_941 | 138,00 | 139,00 | 1,00     | 298719 | 0,23   | 0,196  | 0,311    | 0,5    | 1982,00 | 2,25   | 0,5    | 9      | 56     |
| SU_941 | 139,00 | 140,00 | 1,00     | 298720 | 0,23   | 0,305  | 0,421    | 2      | 3132,00 | 2,54   | 6      | 10     | 70     |
| SU_941 | 140,00 | 141,00 | 1,00     | 298721 | 0,15   | 0,172  | 0,248    | 1      | 1735,00 | 2,58   | 7      | 23     | 59     |
| SU_941 | 141,00 | 142,00 | 1,00     | 298722 | 0,05   | 0,046  | 0,073    | 0,5    | 472,00  | 3,41   | 0,5    | 22     | 81     |
| SU_941 | 142,00 | 143,00 | 1,00     | 298724 | 0,36   | 0,377  | 0,556    | 3      | 4020,00 | 2,35   | 0,5    | 32     | 67     |
| SU_941 | 143,00 | 144,00 | 1,00     | 298725 | 0,24   | 0,236  | 0,356    | 1      | 2413,00 | 2,52   | 1      | 17     | 80     |
| SU_941 | 144,00 | 145,00 | 1,00     | 298726 | 0,27   | 0,307  | 0,445    | 2      | 3196,00 | 2,51   | 2      | 26     | 84     |
| SU_941 | 145,00 | 146,00 | 1,00     | 298728 | 0,18   | 0,199  | 0,290    | 2      | 2172,00 | 1,87   | 8      | 34     | 54     |
| SU_941 | 146,00 | 147,00 | 1,00     | 298729 | 0,27   | 0,234  | 0,367    | 2      | 2403,00 | 2,87   | 10     | 30     | 97     |
| SU_941 | 147,00 | 148,00 | 1,00     | 298730 | 0,43   | 0,160  | 0,377    | 2      | 1617,00 | 2,16   | 0,5    | 35     | 67     |

| DHID   | FROM   | TO     | INTERVAL | SAMPLE | Au_ppm | Cu_per | CuEq_per | Ag_ppm | Cu_ppm  | Fe_per | Mo_ppm | Pb_ppm | Zn_ppm |
|--------|--------|--------|----------|--------|--------|--------|----------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|
| SU_941 | 148,00 | 148,84 | 0,84     | 298732 | 0,47   | 0,219  | 0,454    | 3      | 2287,00 | 2,16   | 1      | 22     | 57     |
| SU_941 | 148,84 | 149,58 | 0,74     | 298733 | 0,35   | 0,287  | 0,462    | 4      | 2791,00 | 2,13   | 0,5    | 123    | 189    |
| SU_941 | 149,58 | 150,29 | 0,71     | 298734 | 0,88   | 0,366  | 0,809    | 4      | 4079,00 | 3,12   | 41     | 114    | 235    |
| SU_941 | 150,29 | 151,00 | 0,71     | 298735 | 0,51   | 0,401  | 0,659    | 4      | 3809,00 | 1,96   | 0,5    | 53     | 219    |
| SU_941 | 151,00 | 152,00 | 1,00     | 298736 | 0,56   | 0,450  | 0,733    | 6      | 4406,00 | 1,8    | 4      | 91     | 254    |
| SU_941 | 152,00 | 153,00 | 1,00     | 298737 | 0,62   | 0,326  | 0,638    | 5      | 3320,00 | 2,28   | 3      | 22     | 266    |
| SU_941 | 153,00 | 154,00 | 1,00     | 298738 | 0,52   | 0,509  | 0,772    | 6      | 5099,00 | 1,96   | 5      | 20     | 247    |
| SU_941 | 154,00 | 155,00 | 1,00     | 298739 | 0,47   | 0,481  | 0,716    | 6      | 4903,00 | 2,12   | 5      | 125    | 675    |
| SU_941 | 155,00 | 156,00 | 1,00     | 298740 | 0,18   | 0,152  | 0,244    | 2      | 1585,00 | 1,62   | 17     | 228    | 716    |
| SU_941 | 156,00 | 157,00 | 1,00     | 298741 | 0,12   | 0,138  | 0,196    | 1      | 1325,00 | 1,72   | 0,5    | 181    | 223    |
| SU_941 | 157,00 | 158,00 | 1,00     | 298742 | 0,07   | 0,064  | 0,100    | 0,5    | 618,00  | 1,57   | 0,5    | 108    | 205    |
| SU_941 | 158,00 | 159,00 | 1,00     | 298743 | 0,09   | 0,079  | 0,125    | 0,5    | 716,00  | 1,5    | 40     | 80     | 176    |
| SU_941 | 159,00 | 160,00 | 1,00     | 298744 | 0,08   | 0,085  | 0,126    | 0,5    | 780,00  | 1,59   | 4      | 64     | 196    |
| SU_941 | 160,00 | 161,00 | 1,00     | 298745 | 0,41   | 0,310  | 0,516    | 4      | 3095,00 | 1,97   | 15     | 406    | 629    |
| SU_941 | 161,00 | 162,00 | 1,00     | 298747 | 0,17   | 0,159  | 0,245    | 3      | 1498,00 | 1,72   | 6      | 724    | 818    |
| SU_941 | 162,00 | 163,00 | 1,00     | 298748 | 0,30   | 0,255  | 0,405    | 4      | 2474,00 | 1,71   | 1      | 403    | 911    |
| SU_941 | 163,00 | 164,00 | 1,00     | 298749 | 0,16   | 0,143  | 0,222    | 2      | 1370,00 | 1,97   | 2      | 135    | 899    |
| SU_941 | 164,00 | 164,88 | 0,88     | 298750 | 0,16   | 0,150  | 0,230    | 2      | 1426,00 | 1,61   | 3      | 314    | 1919   |
| SU_941 | 164,88 | 166,00 | 1,12     | 298751 | 0,24   | 0,211  | 0,330    | 4      | 2215,00 | 3,74   | 7      | 135    | 1221   |
| SU_941 | 166,00 | 167,00 | 1,00     | 298752 | 0,18   | 0,224  | 0,312    | 4      | 2301,00 | 3,95   | 12     | 121    | 516    |
| SU_941 | 167,00 | 168,00 | 1,00     | 298753 | 0,33   | 0,269  | 0,434    | 4      | 2625,00 | 2,08   | 3      | 156    | 904    |
| SU_941 | 168,00 | 169,00 | 1,00     | 298754 | 0,08   | 0,077  | 0,117    | 1      | 716,00  | 2,99   | 0,5    | 22     | 2247   |
| SU_941 | 169,00 | 169,87 | 0,87     | 298755 | 0,03   | 0,042  | 0,058    | 0,5    | 436,00  | 3,64   | 0,5    | 14     | 900    |
| SU_941 | 169,87 | 171,00 | 1,13     | 298756 | 0,11   | 0,162  | 0,218    | 2      | 1615,00 | 4,59   | 2      | 68     | 438    |
| SU_941 | 171,00 | 172,00 | 1,00     | 298757 | 0,06   | 0,094  | 0,123    | 0,5    | 928,00  | 4,32   | 2      | 14     | 195    |
| SU_941 | 172,00 | 173,00 | 1,00     | 298758 | 0,10   | 0,076  | 0,125    | 0,5    | 779,00  | 2,78   | 5      | 11     | 123    |

| DHID   | FROM   | TO     | INTERVAL | SAMPLE | Au_ppm | Cu_per | CuEq_per | Ag_ppm | Cu_ppm  | Fe_per | Mo_ppm | Pb_ppm | Zn_ppm |
|--------|--------|--------|----------|--------|--------|--------|----------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|
| SU_941 | 173,00 | 174,00 | 1,00     | 298759 | 0,04   | 0,066  | 0,087    | 0,5    | 672,00  | 3,43   | 0,5    | 13     | 206    |
| SU_941 | 174,00 | 175,00 | 1,00     | 298760 | 0,07   | 0,046  | 0,079    | 0,5    | 466,00  | 2,97   | 4      | 13     | 206    |
| SU_941 | 175,00 | 176,00 | 1,00     | 298762 | 0,12   | 0,071  | 0,131    | 0,5    | 712,00  | 3,48   | 0,5    | 14     | 221    |
| SU_941 | 176,00 | 177,00 | 1,00     | 298763 | 0,14   | 0,101  | 0,173    | 1      | 1005,00 | 4,03   | 0,5    | 11     | 126    |
| SU_941 | 177,00 | 178,00 | 1,00     | 298764 | 0,09   | 0,086  | 0,131    | 0,5    | 788,00  | 2,91   | 1      | 9      | 140    |
| SU_941 | 178,00 | 179,00 | 1,00     | 298766 | 0,08   | 0,058  | 0,100    | 0,5    | 586,00  | 3,02   | 4      | 7      | 108    |
| SU_941 | 179,00 | 180,00 | 1,00     | 298767 | 0,10   | 0,074  | 0,125    | 0,5    | 693,00  | 3,11   | 3      | 6      | 95     |
| SU_941 | 180,00 | 181,00 | 1,00     | 298768 | 0,11   | 0,089  | 0,143    | 0,5    | 866,00  | 3,65   | 2      | 7      | 116    |
| SU_941 | 181,00 | 182,00 | 1,00     | 298769 | 0,10   | 0,088  | 0,139    | 0,5    | 961,00  | 4,17   | 3      | 6      | 119    |
| SU_941 | 182,00 | 183,00 | 1,00     | 298771 | 0,02   | 0,033  | 0,044    | 0,5    | 325,00  | 3,3    | 2      | 4      | 113    |
| SU_941 | 183,00 | 184,00 | 1,00     | 298772 | 0,08   | 0,070  | 0,109    | 0,5    | 730,00  | 3,3    | 7      | 5      | 100    |
| SU_941 | 184,00 | 185,00 | 1,00     | 298773 | 0,14   | 0,083  | 0,153    | 0,5    | 844,00  | 2,68   | 3      | 7      | 77     |
| SU_941 | 185,00 | 186,00 | 1,00     | 298774 | 0,11   | 0,101  | 0,154    | 0,5    | 1090,00 | 3,06   | 9      | 4      | 111    |
| SU_941 | 186,00 | 187,00 | 1,00     | 298775 | 0,15   | 0,105  | 0,179    | 0,5    | 1092,00 | 2,77   | 0,5    | 6      | 93     |
| SU_941 | 187,00 | 188,00 | 1,00     | 298776 | 0,11   | 0,072  | 0,126    | 0,5    | 760,00  | 3,03   | 3      | 11     | 90     |
| SU_941 | 188,00 | 189,00 | 1,00     | 298777 | 0,18   | 0,072  | 0,161    | 0,5    | 734,00  | 3,26   | 3      | 11     | 107    |
| SU_941 | 189,00 | 190,00 | 1,00     | 298778 | 0,11   | 0,043  | 0,099    | 0,5    | 452,00  | 4,36   | 0,5    | 7      | 107    |
| SU_941 | 190,00 | 191,00 | 1,00     | 298779 | 0,04   | 0,052  | 0,074    | 0,5    | 521,00  | 2,88   | 2      | 6      | 123    |
| SU_941 | 191,00 | 192,00 | 1,00     | 298780 | 0,03   | 0,034  | 0,051    | 0,5    | 335,00  | 2,93   | 0,5    | 9      | 129    |
| SU_941 | 192,00 | 193,00 | 1,00     | 298781 | 0,04   | 0,032  | 0,054    | 0,5    | 312,00  | 3,31   | 2      | 7      | 129    |
| SU_941 | 193,00 | 194,00 | 1,00     | 298782 | 0,08   | 0,054  | 0,094    | 0,5    | 617,00  | 2,57   | 1      | 9      | 101    |
| SU_941 | 194,00 | 195,00 | 1,00     | 298783 | 0,09   | 0,095  | 0,140    | 0,5    | 973,00  | 3,41   | 3      | 9      | 145    |
| SU_941 | 195,00 | 196,00 | 1,00     | 298784 | 0,11   | 0,131  | 0,188    | 1      | 1336,00 | 3,17   | 4      | 1,5    | 130    |
| SU_941 | 196,00 | 197,00 | 1,00     | 298785 | 0,09   | 0,096  | 0,141    | 0,5    | 1008,00 | 3,13   | 23     | 6      | 115    |
| SU_941 | 197,00 | 198,00 | 1,00     | 298786 | 0,08   | 0,099  | 0,138    | 0,5    | 1007,00 | 2,79   | 10     | 8      | 98     |
| SU_941 | 198,00 | 199,00 | 1,00     | 298787 | 0,11   | 0,131  | 0,184    | 0,5    | 1288,00 | 2,97   | 25     | 6      | 108    |

| DHID   | FROM   | TO     | INTERVAL | SAMPLE | Au_ppm | Cu_per | CuEq_per | Ag_ppm | Cu_ppm  | Fe_per | Mo_ppm | Pb_ppm | Zn_ppm |
|--------|--------|--------|----------|--------|--------|--------|----------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|
| SU_941 | 199,00 | 199,68 | 0,68     | 298788 | 0,26   | 0,206  | 0,336    | 3      | 2028,00 | 2,65   | 23     | 6      | 136    |
| SU_941 | 199,68 | 200,80 | 1,12     | 298789 | 0,33   | 0,366  | 0,532    | 2      | 3627,00 | 2,58   | 53     | 7      | 67     |
| SU_941 | 200,80 | 202,00 | 1,20     | 298790 | 0,36   | 0,487  | 0,668    | 2      | 4902,00 | 2,53   | 87     | 8      | 61     |
| SU_941 | 202,00 | 203,00 | 1,00     | 298792 | 0,33   | 0,351  | 0,515    | 2      | 3647,00 | 2,97   | 58     | 9      | 88     |
| SU_941 | 203,00 | 204,16 | 1,16     | 298793 | 0,24   | 0,350  | 0,471    | 2      | 3862,00 | 2,41   | 86     | 7      | 74     |
| SU_941 | 204,16 | 205,22 | 1,06     | 298794 | 0,17   | 0,252  | 0,339    | 1      | 2440,00 | 3,72   | 59     | 9      | 118    |
| SU_941 | 205,22 | 206,00 | 0,78     | 298796 | 0,20   | 0,266  | 0,366    | 0,5    | 2710,00 | 3,61   | 114    | 6      | 118    |
| SU_941 | 206,00 | 207,00 | 1,00     | 298797 | 0,17   | 0,205  | 0,293    | 0,5    | 2411,00 | 3,13   | 84     | 7      | 100    |
| SU_941 | 207,00 | 208,00 | 1,00     | 298798 | 0,08   | 0,143  | 0,183    | 0,5    | 1354,00 | 3,74   | 17     | 7      | 112    |
| SU_941 | 208,00 | 209,00 | 1,00     | 298800 | 0,21   | 0,173  | 0,278    | 0,5    | 1755,00 | 3,55   | 13     | 7      | 98     |
| SU_941 | 209,00 | 210,00 | 1,00     | 298801 | 0,21   | 0,182  | 0,287    | 0,5    | 1883,00 | 4,26   | 4      | 7      | 99     |
| SU_941 | 210,00 | 211,00 | 1,00     | 298802 | 0,15   | 0,176  | 0,250    | 0,5    | 1857,00 | 4,17   | 14     | 7      | 99     |
| SU_941 | 211,00 | 212,00 | 1,00     | 298803 | 0,15   | 0,153  | 0,228    | 0,5    | 1663,00 | 3,61   | 14     | 3      | 93     |
| SU_941 | 212,00 | 213,00 | 1,00     | 298804 | 0,20   | 0,181  | 0,281    | 0,5    | 1808,00 | 4,19   | 20     | 5      | 104    |
| SU_941 | 213,00 | 214,00 | 1,00     | 298805 | 0,12   | 0,105  | 0,163    | 0,5    | 1082,00 | 3,47   | 4      | 1,5    | 67     |
| SU_941 | 214,00 | 215,00 | 1,00     | 298806 | 0,17   | 0,196  | 0,280    | 0,5    | 2188,00 | 4,38   | 24     | 7      | 79     |
| SU_941 | 215,00 | 216,00 | 1,00     | 298807 | 0,11   | 0,152  | 0,209    | 0,5    | 1619,00 | 4,81   | 18     | 1,5    | 103    |
| SU_941 | 216,00 | 217,00 | 1,00     | 298808 | 0,26   | 0,207  | 0,339    | 0,5    | 2146,00 | 4,07   | 7      | 7      | 83     |
| SU_941 | 217,00 | 218,00 | 1,00     | 298809 | 0,22   | 0,169  | 0,279    | 0,5    | 1836,00 | 3,82   | 25     | 5      | 74     |
| SU_941 | 218,00 | 219,00 | 1,00     | 298810 | 0,18   | 0,150  | 0,242    | 0,5    | 1729,00 | 4,77   | 18     | 8      | 61     |
| SU_941 | 219,00 | 220,00 | 1,00     | 298811 | 0,07   | 0,085  | 0,119    | 0,5    | 865,00  | 4,53   | 5      | 5      | 65     |
| SU_941 | 220,00 | 221,00 | 1,00     | 298812 | 0,16   | 0,159  | 0,239    | 0,5    | 1753,00 | 5,91   | 19     | 11     | 93     |
| SU_941 | 221,00 | 222,00 | 1,00     | 298814 | 0,13   | 0,162  | 0,226    | 1      | 1776,00 | 5,89   | 44     | 5      | 80     |
| SU_941 | 222,00 | 223,00 | 1,00     | 298815 | 0,10   | 0,059  | 0,109    | 0,5    | 628,00  | 4,92   | 47     | 7      | 60     |
| SU_941 | 223,00 | 223,81 | 0,81     | 298816 | 0,11   | 0,031  | 0,088    | 0,5    | 314,00  | 4,79   | 0,5    | 9      | 60     |

Análises químicas do furo de sondagem SU 943

| DHID   | FROM  | TO    | INTERVAL | SAMPLE | Au_ppm | Cu_per | CuEq_per | Ag_ppm | Cu_ppm | Fe_per | Mo_ppm | Pb_ppm | Zn_ppm |
|--------|-------|-------|----------|--------|--------|--------|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| SU_943 | 0,00  | 0,80  | 0,80     | 298817 | 0,17   | 0,014  | 0,099    | 0,5    | 101,00 | 6,18   | 0,5    | 28     | 35     |
| SU_943 | 0,80  | 2,00  | 1,20     | 298818 | 0,17   | 0,015  | 0,100    | 0,5    | 102,00 | 10,82  | 0,5    | 38     | 29     |
| SU_943 | 2,00  | 2,73  | 0,73     | 298819 | 0,18   | 0,016  | 0,108    | 0,5    | 114,00 | 10,65  | 0,5    | 51     | 24     |
| SU_943 | 2,73  | 3,80  | 1,07     | 298820 | 0,22   | 0,023  | 0,133    | 0,5    | 160,00 | 8,23   | 0,5    | 59     | 40     |
| SU_943 | 3,80  | 5,00  | 1,20     | 298821 | 0,36   | 0,027  | 0,209    | 0,5    | 209,00 | 8,29   | 0,5    | 173    | 67     |
| SU_943 | 5,00  | 6,00  | 1,00     | 298822 | 0,32   | 0,039  | 0,202    | 0,5    | 303,00 | 8,82   | 0,5    | 188    | 77     |
| SU_943 | 6,00  | 7,00  | 1,00     | 298823 | 0,20   | 0,025  | 0,126    | 0,5    | 178,00 | 5,94   | 0,5    | 242    | 75     |
| SU_943 | 7,00  | 8,00  | 1,00     | 298824 | 0,91   | 0,023  | 0,484    | 0,5    | 165,00 | 5,36   | 0,5    | 218    | 107    |
| SU_943 | 8,00  | 9,00  | 1,00     | 298825 | 0,21   | 0,029  | 0,136    | 0,5    | 218,00 | 5,21   | 0,5    | 266    | 121    |
| SU_943 | 9,00  | 10,00 | 1,00     | 298826 | 0,10   | 0,038  | 0,089    | 0,5    | 278,00 | 4,56   | 0,5    | 35     | 148    |
| SU_943 | 10,00 | 11,00 | 1,00     | 298827 | 0,12   | 0,041  | 0,103    | 0,5    | 287,00 | 4,41   | 0,5    | 116    | 109    |
| SU_943 | 11,00 | 12,00 | 1,00     | 298828 | 0,09   | 0,033  | 0,077    | 0,5    | 241,00 | 5,95   | 0,5    | 31     | 105    |
| SU_943 | 12,00 | 13,00 | 1,00     | 298829 | 0,09   | 0,039  | 0,082    | 0,5    | 290,00 | 4,59   | 0,5    | 31     | 101    |
| SU_943 | 13,00 | 14,00 | 1,00     | 298830 | 0,15   | 0,062  | 0,139    | 0,5    | 461,00 | 4,72   | 0,5    | 27     | 100    |
| SU_943 | 14,00 | 15,00 | 1,00     | 298831 | 0,29   | 0,077  | 0,225    | 0,5    | 626,00 | 5,37   | 0,5    | 21     | 70     |
| SU_943 | 15,00 | 15,73 | 0,73     | 298832 | 0,13   | 0,053  | 0,117    | 0,5    | 409,00 | 4,91   | 0,5    | 23     | 81     |
| SU_943 | 15,73 | 16,60 | 0,87     | 298833 | 0,13   | 0,073  | 0,137    | 0,5    | 592,00 | 5,76   | 0,5    | 22     | 76     |
| SU_943 | 16,60 | 17,87 | 1,27     | 298834 | 0,10   | 0,074  | 0,122    | 0,5    | 615,00 | 5,1    | 0,5    | 15     | 41     |
| SU_943 | 17,87 | 19,00 | 1,13     | 298835 | 0,16   | 0,087  | 0,169    | 0,5    | 730,00 | 6,35   | 0,5    | 17     | 41     |
| SU_943 | 19,00 | 19,68 | 0,68     | 298837 | 0,11   | 0,090  | 0,145    | 0,5    | 753,00 | 3,79   | 0,5    | 11     | 53     |
| SU_943 | 19,68 | 20,53 | 0,85     | 298838 | 0,13   | 0,053  | 0,120    | 0,5    | 469,00 | 4,14   | 3      | 12     | 63     |
| SU_943 | 20,53 | 21,14 | 0,61     | 298839 | 0,02   | 0,015  | 0,027    | 0,5    | 133,00 | 2,74   | 0,5    | 10     | 65     |
| SU_943 | 21,14 | 22,00 | 0,86     | 298840 | 0,05   | 0,013  | 0,037    | 0,5    | 110,00 | 2,93   | 0,5    | 5      | 66     |

| DHID   | FROM  | TO    | INTERVAL | SAMPLE | Au_ppm | Cu_per | CuEq_per | Ag_ppm | Cu_ppm  | Fe_per | Mo_ppm | Pb_ppm | Zn_ppm |
|--------|-------|-------|----------|--------|--------|--------|----------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|
| SU_943 | 22,00 | 23,20 | 1,20     | 298841 | 0,08   | 0,018  | 0,060    | 0,5    | 163,00  | 2,89   | 0,5    | 9      | 70     |
| SU_943 | 23,20 | 24,28 | 1,08     | 298842 | 0,24   | 0,071  | 0,192    | 0,5    | 647,00  | 4,85   | 0,5    | 9      | 56     |
| SU_943 | 24,28 | 25,00 | 0,72     | 298843 | 0,04   | 0,051  | 0,072    | 0,5    | 466,00  | 4,03   | 3      | 7      | 46     |
| SU_943 | 25,00 | 25,69 | 0,69     | 298844 | 0,02   | 0,011  | 0,023    | 0,5    | 108,00  | 3,24   | 0,5    | 5      | 60     |
| SU_943 | 25,69 | 26,46 | 0,77     | 298845 | 0,03   | 0,024  | 0,039    | 0,5    | 211,00  | 5,42   | 0,5    | 11     | 56     |
| SU_943 | 26,46 | 27,17 | 0,71     | 298846 | 0,05   | 0,051  | 0,078    | 0,5    | 466,00  | 4,6    | 3      | 9      | 55     |
| SU_943 | 27,17 | 28,00 | 0,83     | 298847 | 0,02   | 0,025  | 0,037    | 0,5    | 240,00  | 2,99   | 0,5    | 4      | 56     |
| SU_943 | 28,00 | 29,00 | 1,00     | 298848 | 0,04   | 0,053  | 0,070    | 0,5    | 485,00  | 4,4    | 0,5    | 9      | 65     |
| SU_943 | 29,00 | 30,00 | 1,00     | 298849 | 0,07   | 0,074  | 0,110    | 0,5    | 716,00  | 3,39   | 6      | 9      | 55     |
| SU_943 | 30,00 | 30,85 | 0,85     | 298850 | 0,10   | 0,049  | 0,097    | 0,5    | 472,00  | 3,34   | 10     | 8      | 59     |
| SU_943 | 30,85 | 32,00 | 1,15     | 298852 | 0,06   | 0,070  | 0,101    | 0,5    | 674,00  | 4,14   | 2      | 15     | 72     |
| SU_943 | 32,00 | 32,61 | 0,61     | 298853 | 0,12   | 0,094  | 0,153    | 0,5    | 854,00  | 5,37   | 2      | 12     | 91     |
| SU_943 | 32,61 | 33,48 | 0,87     | 298854 | 0,14   | 0,095  | 0,165    | 0,5    | 851,00  | 5,04   | 13     | 11     | 84     |
| SU_943 | 33,48 | 34,20 | 0,72     | 298855 | 0,17   | 0,138  | 0,225    | 0,5    | 1231,00 | 5,77   | 17     | 11     | 85     |
| SU_943 | 34,20 | 35,00 | 0,80     | 298856 | 0,15   | 0,138  | 0,215    | 0,5    | 1349,00 | 4,98   | 16     | 10     | 73     |
| SU_943 | 35,00 | 36,00 | 1,00     | 298858 | 0,05   | 0,088  | 0,111    | 0,5    | 795,00  | 3,56   | 5      | 11     | 74     |
| SU_943 | 36,00 | 37,00 | 1,00     | 298859 | 0,09   | 0,091  | 0,138    | 0,5    | 829,00  | 4,8    | 9      | 11     | 79     |
| SU_943 | 37,00 | 38,00 | 1,00     | 298861 | 0,10   | 0,099  | 0,151    | 0,5    | 897,00  | 4,49   | 3      | 11     | 77     |
| SU_943 | 38,00 | 38,62 | 0,62     | 298862 | 0,08   | 0,175  | 0,215    | 0,5    | 1726,00 | 3,37   | 6      | 14     | 71     |
| SU_943 | 38,62 | 39,36 | 0,74     | 298863 | 0,06   | 0,193  | 0,224    | 0,5    | 1816,00 | 3,07   | 15     | 9      | 72     |
| SU_943 | 39,36 | 40,28 | 0,92     | 298864 | 0,11   | 0,156  | 0,210    | 0,5    | 1596,00 | 3,02   | 20     | 9      | 74     |
| SU_943 | 40,28 | 41,27 | 0,99     | 298865 | 0,15   | 0,217  | 0,290    | 1      | 2121,00 | 3,01   | 14     | 10     | 59     |
| SU_943 | 41,27 | 42,00 | 0,73     | 298866 | 0,07   | 0,077  | 0,110    | 0,5    | 750,00  | 3,52   | 0,5    | 9      | 50     |
| SU_943 | 42,00 | 43,00 | 1,00     | 298867 | 0,06   | 0,063  | 0,091    | 0,5    | 556,00  | 3,1    | 0,5    | 8      | 48     |
| SU_943 | 43,00 | 44,00 | 1,00     | 298868 | 0,05   | 0,050  | 0,073    | 0,5    | 472,00  | 3,22   | 0,5    | 4      | 67     |
| SU_943 | 44,00 | 45,00 | 1,00     | 298869 | 0,02   | 0,006  | 0,015    | 0,5    | 52,00   | 2,95   | 0,5    | 8      | 88     |

| DHID   | FROM  | TO    | INTERVAL | SAMPLE | Au_ppm | Cu_per | CuEq_per | Ag_ppm | Cu_ppm  | Fe_per | Mo_ppm | Pb_ppm | Zn_ppm |
|--------|-------|-------|----------|--------|--------|--------|----------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|
| SU_943 | 45,00 | 45,75 | 0,75     | 298870 | 0,03   | 0,023  | 0,037    | 0,5    | 202,00  | 3,3    | 0,5    | 5      | 98     |
| SU_943 | 45,75 | 46,38 | 0,63     | 298871 | 0,14   | 0,177  | 0,247    | 0,5    | 1645,00 | 3,47   | 4      | 5      | 76     |
| SU_943 | 46,38 | 47,00 | 0,62     | 298872 | 0,15   | 0,160  | 0,237    | 0,5    | 1491,00 | 2,86   | 7      | 9      | 60     |
| SU_943 | 47,00 | 48,00 | 1,00     | 298873 | 0,17   | 0,225  | 0,309    | 0,5    | 2095,00 | 2,23   | 0,5    | 21     | 41     |
| SU_943 | 48,00 | 49,00 | 1,00     | 298874 | 0,11   | 0,170  | 0,227    | 0,5    | 1617,00 | 3,29   | 0,5    | 11     | 44     |
| SU_943 | 49,00 | 50,00 | 1,00     | 298875 | 0,13   | 0,193  | 0,259    | 0,5    | 1857,00 | 2,87   | 2      | 20     | 36     |
| SU_943 | 50,00 | 51,00 | 1,00     | 298876 | 0,17   | 0,151  | 0,235    | 0,5    | 1347,00 | 2,43   | 0,5    | 17     | 47     |
| SU_943 | 51,00 | 52,00 | 1,00     | 298877 | 0,16   | 0,165  | 0,247    | 1      | 1544,00 | 2,71   | 1      | 17     | 58     |
| SU_943 | 52,00 | 53,00 | 1,00     | 298878 | 0,11   | 0,163  | 0,219    | 0,5    | 1559,00 | 2,57   | 12     | 13     | 43     |
| SU_943 | 53,00 | 54,00 | 1,00     | 298879 | 0,03   | 0,068  | 0,085    | 0,5    | 669,00  | 1,71   | 0,5    | 11     | 20     |
| SU_943 | 54,00 | 55,05 | 1,05     | 298881 | 0,11   | 0,156  | 0,212    | 0,5    | 1461,00 | 2,65   | 0,5    | 18     | 65     |
| SU_943 | 55,05 | 56,00 | 0,95     | 298882 | 0,13   | 0,198  | 0,263    | 0,5    | 1997,00 | 3,24   | 5      | 16     | 22     |
| SU_943 | 56,00 | 57,00 | 1,00     | 298883 | 0,14   | 0,217  | 0,289    | 1      | 2071,00 | 2,63   | 6      | 13     | 20     |
| SU_943 | 57,00 | 58,00 | 1,00     | 298885 | 0,22   | 0,241  | 0,350    | 1      | 2365,00 | 3,1    | 0,5    | 12     | 59     |
| SU_943 | 58,00 | 59,00 | 1,00     | 298886 | 0,15   | 0,213  | 0,287    | 1      | 2066,00 | 2,82   | 0,5    | 12     | 44     |
| SU_943 | 59,00 | 60,00 | 1,00     | 298887 | 0,13   | 0,228  | 0,295    | 1      | 2186,00 | 2,51   | 0,5    | 11     | 59     |
| SU_943 | 60,00 | 61,00 | 1,00     | 298888 | 0,13   | 0,185  | 0,249    | 0,5    | 1827,00 | 2,56   | 0,5    | 14     | 62     |
| SU_943 | 61,00 | 61,93 | 0,93     | 298889 | 0,16   | 0,179  | 0,260    | 0,5    | 1718,00 | 2,51   | 0,5    | 13     | 58     |
| SU_943 | 61,93 | 63,00 | 1,07     | 298890 | 0,27   | 0,300  | 0,434    | 1      | 2845,00 | 2,58   | 4      | 23     | 75     |
| SU_943 | 63,00 | 64,00 | 1,00     | 298891 | 0,67   | 0,591  | 0,930    | 3      | 5487,00 | 3,91   | 0,5    | 29     | 123    |
| SU_943 | 64,00 | 64,93 | 0,93     | 298892 | 1,06   | 0,597  | 1,129    | 3      | 5718,00 | 4,43   | 0,5    | 33     | 122    |
| SU_943 | 64,93 | 66,00 | 1,07     | 298894 | 0,20   | 0,174  | 0,277    | 0,5    | 1652,00 | 3,61   | 0,5    | 10     | 132    |
| SU_943 | 66,00 | 67,00 | 1,00     | 298895 | 0,15   | 0,170  | 0,246    | 0,5    | 1630,00 | 4,03   | 4      | 16     | 105    |
| SU_943 | 67,00 | 68,00 | 1,00     | 298896 | 0,32   | 0,338  | 0,498    | 1      | 3114,00 | 4      | 7      | 13     | 109    |
| SU_943 | 68,00 | 69,00 | 1,00     | 298897 | 0,33   | 0,305  | 0,473    | 1      | 2713,00 | 3,83   | 0,5    | 10     | 90     |
| SU_943 | 69,00 | 70,00 | 1,00     | 298898 | 0,37   | 0,328  | 0,514    | 1      | 3188,00 | 3,42   | 2      | 13     | 68     |

| DHID   | FROM  | TO    | INTERVAL | SAMPLE | Au_ppm | Cu_per | CuEq_per | Ag_ppm | Cu_ppm  | Fe_per | Mo_ppm | Pb_ppm | Zn_ppm |
|--------|-------|-------|----------|--------|--------|--------|----------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|
| SU_943 | 70,00 | 71,00 | 1,00     | 298899 | 0,11   | 0,152  | 0,208    | 0,5    | 1418,00 | 3,91   | 0,5    | 9      | 73     |
| SU_943 | 71,00 | 72,00 | 1,00     | 298900 | 0,23   | 0,194  | 0,311    | 0,5    | 1982,00 | 3,86   | 0,5    | 10     | 73     |
| SU_943 | 72,00 | 73,00 | 1,00     | 298901 | 0,29   | 0,354  | 0,501    | 1      | 3555,00 | 4,04   | 25     | 17     | 47     |
| SU_943 | 73,00 | 74,00 | 1,00     | 298902 | 0,23   | 0,199  | 0,312    | 0,5    | 1868,00 | 2,29   | 2      | 13     | 51     |
| SU_943 | 74,00 | 75,00 | 1,00     | 298904 | 0,27   | 0,244  | 0,380    | 0,5    | 2352,00 | 3,88   | 15     | 17     | 63     |
| SU_943 | 75,00 | 76,00 | 1,00     | 298905 | 0,18   | 0,157  | 0,250    | 0,5    | 1501,00 | 3,28   | 0,5    | 6      | 63     |
| SU_943 | 76,00 | 76,98 | 0,98     | 298906 | 0,25   | 0,271  | 0,395    | 1      | 2867,00 | 3,55   | 11     | 14     | 52     |
| SU_943 | 76,98 | 78,17 | 1,19     | 298907 | 0,10   | 0,142  | 0,191    | 0,5    | 1389,00 | 2,86   | 5      | 14     | 47     |
| SU_943 | 78,17 | 79,00 | 0,83     | 298908 | 0,08   | 0,162  | 0,201    | 0,5    | 1568,00 | 4,21   | 2      | 4      | 49     |
| SU_943 | 79,00 | 80,00 | 1,00     | 298909 | 0,21   | 0,198  | 0,303    | 0,5    | 1861,00 | 4,02   | 1      | 1,5    | 40     |
| SU_943 | 80,00 | 81,00 | 1,00     | 298911 | 0,21   | 0,182  | 0,285    | 0,5    | 1617,00 | 3,9    | 9      | 7      | 42     |
| SU_943 | 81,00 | 82,00 | 1,00     | 298912 | 0,15   | 0,142  | 0,217    | 0,5    | 1257,00 | 4,1    | 4      | 8      | 40     |
| SU_943 | 82,00 | 83,00 | 1,00     | 298913 | 0,05   | 0,127  | 0,152    | 0,5    | 1143,00 | 4,29   | 6      | 8      | 46     |
| SU_943 | 83,00 | 84,00 | 1,00     | 298914 | 0,03   | 0,055  | 0,071    | 0,5    | 535,00  | 3,79   | 0,5    | 8      | 51     |
| SU_943 | 84,00 | 85,00 | 1,00     | 298915 | 0,04   | 0,098  | 0,119    | 0,5    | 930,00  | 4,04   | 2      | 9      | 54     |
| SU_943 | 85,00 | 86,00 | 1,00     | 298916 | 0,07   | 0,122  | 0,155    | 0,5    | 1120,00 | 4,29   | 2      | 8      | 53     |
| SU_943 | 86,00 | 87,00 | 1,00     | 298917 | 0,03   | 0,050  | 0,064    | 0,5    | 456,00  | 4,75   | 0,5    | 9      | 84     |
| SU_943 | 87,00 | 88,00 | 1,00     | 298918 | 0,12   | 0,096  | 0,158    | 0,5    | 841,00  | 3,55   | 0,5    | 6      | 58     |
| SU_943 | 88,00 | 89,00 | 1,00     | 298919 | 0,14   | 0,157  | 0,226    | 0,5    | 1432,00 | 3,81   | 0,5    | 10     | 67     |
| SU_943 | 89,00 | 90,00 | 1,00     | 298920 | 0,04   | 0,075  | 0,093    | 0,5    | 700,00  | 4,2    | 0,5    | 3      | 64     |
| SU_943 | 90,00 | 91,00 | 1,00     | 298922 | 0,07   | 0,069  | 0,103    | 0,5    | 706,00  | 3,98   | 0,5    | 1,5    | 69     |
| SU_943 | 91,00 | 92,00 | 1,00     | 298923 | 0,11   | 0,120  | 0,177    | 0,5    | 1239,00 | 3,56   | 12     | 1,5    | 111    |
| SU_943 | 92,00 | 93,00 | 1,00     | 298924 | 0,07   | 0,114  | 0,148    | 0,5    | 1147,00 | 3,75   | 6      | 3      | 154    |
| SU_943 | 93,00 | 94,00 | 1,00     | 298925 | 0,22   | 0,243  | 0,352    | 0,5    | 2359,00 | 2,99   | 13     | 6      | 209    |
| SU_943 | 94,00 | 95,00 | 1,00     | 298927 | 0,14   | 0,197  | 0,265    | 0,5    | 1889,00 | 3,06   | 8      | 8      | 176    |
| SU_943 | 95,00 | 96,00 | 1,00     | 298928 | 0,03   | 0,068  | 0,085    | 0,5    | 705,00  | 3,16   | 8      | 6      | 138    |

| DHID   | FROM   | TO     | INTERVAL | SAMPLE | Au_ppm | Cu_per | CuEq_per | Ag_ppm | Cu_ppm  | Fe_per | Mo_ppm | Pb_ppm | Zn_ppm |
|--------|--------|--------|----------|--------|--------|--------|----------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|
| SU_943 | 96,00  | 97,00  | 1,00     | 298929 | 0,05   | 0,072  | 0,095    | 0,5    | 764,00  | 2,54   | 0,5    | 5      | 85     |
| SU_943 | 97,00  | 98,00  | 1,00     | 298930 | 0,06   | 0,092  | 0,124    | 0,5    | 971,00  | 2,85   | 4      | 8      | 64     |
| SU_943 | 98,00  | 99,00  | 1,00     | 298931 | 0,06   | 0,094  | 0,126    | 0,5    | 970,00  | 2,87   | 4      | 9      | 86     |
| SU_943 | 99,00  | 100,00 | 1,00     | 298932 | 0,30   | 0,290  | 0,442    | 1      | 2820,00 | 2,84   | 5      | 9      | 110    |
| SU_943 | 100,00 | 101,00 | 1,00     | 298933 | 0,13   | 0,137  | 0,204    | 0,5    | 1413,00 | 2,99   | 4      | 6      | 133    |
| SU_943 | 101,00 | 102,00 | 1,00     | 298934 | 0,07   | 0,107  | 0,141    | 0,5    | 1118,00 | 3,65   | 13     | 9      | 148    |
| SU_943 | 102,00 | 103,00 | 1,00     | 298935 | 0,11   | 0,112  | 0,168    | 0,5    | 1183,00 | 3,52   | 2      | 5      | 121    |
| SU_943 | 103,00 | 104,00 | 1,00     | 298936 | 0,06   | 0,071  | 0,101    | 0,5    | 757,00  | 3,72   | 2      | 1,5    | 149    |
| SU_943 | 104,00 | 105,00 | 1,00     | 298937 | 0,17   | 0,164  | 0,251    | 0,5    | 1760,00 | 3,65   | 2      | 12     | 171    |
| SU_943 | 105,00 | 106,00 | 1,00     | 298938 | 0,19   | 0,180  | 0,273    | 0,5    | 1847,00 | 4,08   | 7      | 6      | 203    |
| SU_943 | 106,00 | 107,00 | 1,00     | 298939 | 0,04   | 0,058  | 0,077    | 0,5    | 569,00  | 3,12   | 4      | 5      | 146    |
| SU_943 | 107,00 | 108,00 | 1,00     | 298940 | 0,20   | 0,143  | 0,241    | 0,5    | 1463,00 | 3,89   | 14     | 5      | 227    |
| SU_943 | 108,00 | 109,00 | 1,00     | 298941 | 0,03   | 0,029  | 0,042    | 0,5    | 282,00  | 3,05   | 2      | 5      | 267    |
| SU_943 | 109,00 | 109,75 | 0,75     | 298942 | 0,08   | 0,060  | 0,098    | 0,5    | 628,00  | 4,15   | 5      | 7      | 540    |
| SU_943 | 109,75 | 110,90 | 1,15     | 298943 | 0,06   | 0,060  | 0,090    | 0,5    | 620,00  | 2,99   | 1      | 11     | 1123   |
| SU_943 | 110,90 | 112,00 | 1,10     | 298944 | 0,10   | 0,094  | 0,143    | 0,5    | 918,00  | 2,82   | 5      | 9      | 1698   |
| SU_943 | 112,00 | 113,20 | 1,20     | 298945 | 0,17   | 0,189  | 0,276    | 2      | 1872,00 | 2,68   | 7      | 11     | 508    |
| SU_943 | 113,20 | 114,38 | 1,18     | 298947 | 0,12   | 0,123  | 0,185    | 0,5    | 1281,00 | 2,87   | 11     | 19     | 285    |
| SU_943 | 114,38 | 115,16 | 0,78     | 298948 | 0,39   | 0,337  | 0,532    | 5      | 3466,00 | 2,94   | 11     | 12     | 167    |
| SU_943 | 115,16 | 116,00 | 0,84     | 298949 | 0,37   | 0,340  | 0,526    | 5      | 3513,00 | 2,54   | 7      | 14     | 172    |
| SU_943 | 116,00 | 117,00 | 1,00     | 298951 | 0,14   | 0,113  | 0,184    | 0,5    | 1162,00 | 2,33   | 2      | 21     | 211    |
| SU_943 | 117,00 | 117,81 | 0,81     | 298952 | 0,31   | 0,266  | 0,422    | 4      | 2896,00 | 2,48   | 9      | 105    | 155    |
| SU_943 | 117,81 | 118,56 | 0,75     | 298953 | 0,20   | 0,287  | 0,388    | 3      | 2887,00 | 2,48   | 5      | 52     | 269    |
| SU_943 | 118,56 | 119,23 | 0,67     | 298954 | 0,34   | 0,370  | 0,542    | 4      | 3766,00 | 2,29   | 7      | 144    | 189    |
| SU_943 | 119,23 | 120,00 | 0,77     | 298955 | 0,28   | 0,285  | 0,427    | 2      | 2887,00 | 2,73   | 15     | 143    | 209    |
| SU_943 | 120,00 | 121,00 | 1,00     | 298957 | 0,61   | 0,519  | 0,827    | 5      | 5305,00 | 2,63   | 4      | 135    | 367    |

| DHID   | FROM   | TO     | INTERVAL | SAMPLE | Au_ppm | Cu_per | CuEq_per | Ag_ppm | Cu_ppm  | Fe_per | Mo_ppm | Pb_ppm | Zn_ppm |
|--------|--------|--------|----------|--------|--------|--------|----------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|
| SU_943 | 121,00 | 122,00 | 1,00     | 298958 | 0,67   | 0,552  | 0,892    | 4      | 5451,00 | 2,42   | 6      | 85     | 305    |
| SU_943 | 122,00 | 122,97 | 0,97     | 298959 | 1,14   | 0,910  | 1,482    | 7      | 9205,00 | 4,87   | 179    | 21     | 269    |
| SU_943 | 122,97 | 124,00 | 1,03     | 298960 | 0,12   | 0,179  | 0,241    | 0,5    | 1899,00 | 2,72   | 59     | 39     | 157    |
| SU_943 | 124,00 | 125,00 | 1,00     | 298961 | 0,37   | 0,361  | 0,546    | 1      | 3703,00 | 2,74   | 18     | 44     | 171    |
| SU_943 | 125,00 | 126,00 | 1,00     | 298962 | 0,89   | 0,745  | 1,191    | 5      | 7806,00 | 2,5    | 14     | 93     | 199    |
| SU_943 | 126,00 | 127,00 | 1,00     | 298963 | 0,42   | 0,438  | 0,648    | 1      | 4193,00 | 2,05   | 4      | 57     | 193    |
| SU_943 | 127,00 | 128,00 | 1,00     | 298964 | 0,31   | 0,327  | 0,481    | 1      | 3437,00 | 2      | 22     | 67     | 177    |
| SU_943 | 128,00 | 129,13 | 1,13     | 298965 | 0,26   | 0,275  | 0,403    | 0,5    | 2749,00 | 2,92   | 28     | 30     | 153    |
| SU_943 | 129,13 | 130,22 | 1,09     | 298966 | 0,47   | 0,430  | 0,665    | 4      | 4154,00 | 2,78   | 31     | 16     | 154    |
| SU_943 | 130,22 | 131,04 | 0,82     | 298967 | 0,46   | 0,307  | 0,541    | 4      | 2969,00 | 2,98   | 39     | 10     | 227    |
| SU_943 | 131,04 | 132,00 | 0,96     | 298968 | 0,23   | 0,185  | 0,300    | 1      | 1871,00 | 3,17   | 40     | 7      | 173    |
| SU_943 | 132,00 | 133,00 | 1,00     | 298970 | 0,23   | 0,154  | 0,270    | 0,5    | 1598,00 | 4,81   | 32     | 9      | 195    |
| SU_943 | 133,00 | 134,00 | 1,00     | 298971 | 0,13   | 0,119  | 0,186    | 0,5    | 1210,00 | 4,71   | 8      | 13     | 158    |
| SU_943 | 134,00 | 135,00 | 1,00     | 298972 | 0,08   | 0,080  | 0,117    | 0,5    | 778,00  | 4,65   | 14     | 3      | 165    |
| SU_943 | 135,00 | 136,00 | 1,00     | 298973 | 0,16   | 0,119  | 0,200    | 0,5    | 1209,00 | 3,93   | 19     | 7      | 112    |
| SU_943 | 136,00 | 137,00 | 1,00     | 298974 | 0,11   | 0,140  | 0,193    | 0,5    | 1450,00 | 5,14   | 40     | 1,5    | 114    |
| SU_943 | 137,00 | 138,00 | 1,00     | 298975 | 0,11   | 0,130  | 0,187    | 0,5    | 1311,00 | 5,47   | 17     | 6      | 132    |
| SU_943 | 138,00 | 139,00 | 1,00     | 298976 | 0,17   | 0,164  | 0,250    | 0,5    | 1731,00 | 5,24   | 54     | 8      | 142    |
| SU_943 | 139,00 | 140,00 | 1,00     | 298977 | 0,28   | 0,265  | 0,408    | 0,5    | 2876,00 | 7,09   | 52     | 9      | 120    |
| SU_943 | 140,00 | 141,00 | 1,00     | 298979 | 0,32   | 0,172  | 0,332    | 0,5    | 1806,00 | 6,07   | 23     | 5      | 166    |
| SU_943 | 141,00 | 142,00 | 1,00     | 298980 | 0,36   | 0,189  | 0,369    | 0,5    | 2012,00 | 6,33   | 25     | 7      | 123    |
| SU_943 | 142,00 | 143,00 | 1,00     | 298981 | 0,09   | 0,150  | 0,193    | 0,5    | 1596,00 | 4,94   | 7      | 10     | 120    |
| SU_943 | 143,00 | 144,00 | 1,00     | 298982 | 0,14   | 0,144  | 0,212    | 0,5    | 1439,00 | 4,95   | 7      | 7      | 129    |
| SU_943 | 144,00 | 145,00 | 1,00     | 298983 | 0,11   | 0,123  | 0,177    | 0,5    | 1281,00 | 4,95   | 11     | 6      | 144    |
| SU_943 | 145,00 | 146,00 | 1,00     | 298984 | 0,16   | 0,110  | 0,189    | 0,5    | 1065,00 | 4,76   | 2      | 1,5    | 141    |
| SU_943 | 146,00 | 147,00 | 1,00     | 298985 | 0,53   | 0,135  | 0,401    | 0,5    | 1393,00 | 6,33   | 32     | 6      | 111    |

| DHID   | FROM   | TO     | INTERVAL | SAMPLE | Au_ppm | Cu_per | CuEq_per | Ag_ppm | Cu_ppm  | Fe_per | Mo_ppm | Pb_ppm | Zn_ppm |
|--------|--------|--------|----------|--------|--------|--------|----------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|
| SU_943 | 147,00 | 148,00 | 1,00     | 298987 | 0,30   | 0,109  | 0,261    | 0,5    | 1209,00 | 5,31   | 10     | 5      | 137    |
| SU_943 | 148,00 | 149,00 | 1,00     | 298988 | 0,24   | 0,059  | 0,178    | 0,5    | 620,00  | 4,9    | 8      | 7      | 94     |
| SU_943 | 149,00 | 150,00 | 1,00     | 298989 | 0,20   | 0,006  | 0,106    | 0,5    | 54,00   | 3,87   | 0,5    | 5      | 106    |
| SU_943 | 150,00 | 151,00 | 1,00     | 298990 | 0,30   | 0,049  | 0,202    | 0,5    | 491,00  | 5,57   | 5      | 8      | 105    |
| SU_943 | 151,00 | 152,00 | 1,00     | 298991 | 0,12   | 0,053  | 0,115    | 0,5    | 557,00  | 5,02   | 7      | 4      | 98     |
| SU_943 | 152,00 | 152,70 | 0,70     | 298993 | 0,04   | 0,006  | 0,024    | 0,5    | 52,00   | 5,08   | 0,5    | 1,5    | 119    |
| SU_943 | 152,70 | 153,45 | 0,75     | 298994 | 0,02   | 0,005  | 0,014    | 0,5    | 51,00   | 3,33   | 0,5    | 3      | 98     |
| SU_943 | 153,45 | 154,14 | 0,69     | 298995 | 0,03   | 0,011  | 0,027    | 0,5    | 105,00  | 2,34   | 0,5    | 1,5    | 51     |
| SU_943 | 154,14 | 155,00 | 0,86     | 298996 | 0,17   | 0,018  | 0,104    | 0,5    | 211,00  | 4,99   | 37     | 1,5    | 47     |
| SU_943 | 155,00 | 155,76 | 0,76     | 298997 | 0,19   | 0,039  | 0,133    | 0,5    | 419,00  | 4,16   | 5      | 7      | 74     |
| SU_943 | 155,76 | 156,87 | 1,11     | 298998 | 0,22   | 0,013  | 0,125    | 0,5    | 129,00  | 4,89   | 0,5    | 5      | 84     |
| SU_943 | 156,87 | 158,00 | 1,13     | 298999 | 0,02   | 0,004  | 0,013    | 0,5    | 38,00   | 3,33   | 0,5    | 1,5    | 87     |
| SU_943 | 158,00 | 159,00 | 1,00     | 299000 | 0,05   | 0,012  | 0,040    | 0,5    | 120,00  | 4,07   | 7      | 4      | 82     |
| SU_943 | 159,00 | 160,00 | 1,00     | 302001 | 0,05   | 0,008  | 0,034    | 0,5    | 75,00   | 4,06   | 0,5    | 4      | 100    |
| SU_943 | 160,00 | 161,05 | 1,05     | 302002 | 0,09   | 0,012  | 0,057    | 0,5    | 118,00  | 3,25   | 0,5    | 1,5    | 84     |
| SU_943 | 161,05 | 162,00 | 0,95     | 302003 | 0,22   | 0,027  | 0,137    | 0,5    | 273,00  | 4,78   | 0,5    | 7      | 75     |
| SU_943 | 162,00 | 163,00 | 1,00     | 302004 | 0,39   | 0,065  | 0,263    | 0,5    | 678,00  | 4,66   | 0,5    | 8      | 62     |
| SU_943 | 163,00 | 164,00 | 1,00     | 302005 | 0,29   | 0,034  | 0,181    | 0,5    | 352,00  | 5,51   | 0,5    | 4      | 74     |
| SU_943 | 164,00 | 165,00 | 1,00     | 302006 | 0,11   | 0,026  | 0,079    | 0,5    | 256,00  | 3,83   | 0,5    | 6      | 55     |
| SU_943 | 165,00 | 166,00 | 1,00     | 302008 | 0,08   | 0,019  | 0,061    | 0,5    | 190,00  | 2,39   | 0,5    | 4      | 45     |
| SU_943 | 166,00 | 167,00 | 1,00     | 302009 | 0,10   | 0,016  | 0,065    | 0,5    | 150,00  | 3,04   | 7      | 4      | 43     |
| SU_943 | 167,00 | 168,00 | 1,00     | 302010 | 0,10   | 0,028  | 0,078    | 0,5    | 275,00  | 3,79   | 0,5    | 1,5    | 58     |
| SU_943 | 168,00 | 169,00 | 1,00     | 302011 | 0,03   | 0,009  | 0,026    | 0,5    | 98,00   | 2,76   | 0,5    | 4      | 51     |
| SU_943 | 169,00 | 170,00 | 1,00     | 302012 | 0,11   | 0,018  | 0,071    | 0,5    | 185,00  | 4,03   | 0,5    | 5      | 65     |
| SU_943 | 170,00 | 171,00 | 1,00     | 302013 | 0,26   | 0,031  | 0,161    | 0,5    | 311,00  | 2,55   | 1      | 5      | 59     |
| SU_943 | 171,00 | 171,67 | 0,67     | 302015 | 0,07   | 0,013  | 0,048    | 0,5    | 126,00  | 2,44   | 0,5    | 5      | 59     |

| DHID   | FROM   | TO     | INTERVAL | SAMPLE | Au_ppm | Cu_per | CuEq_per | Ag_ppm | Cu_ppm | Fe_per | Mo_ppm | Pb_ppm | Zn_ppm |
|--------|--------|--------|----------|--------|--------|--------|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| SU_943 | 171,67 | 172,80 | 1,13     | 302016 | 0,05   | 0,012  | 0,038    | 0,5    | 113,00 | 2,23   | 0,5    | 5      | 56     |
| SU_943 | 172,80 | 174,00 | 1,20     | 302017 | 0,35   | 0,054  | 0,231    | 0,5    | 529,00 | 2,08   | 1      | 6      | 53     |
| SU_943 | 174,00 | 175,00 | 1,00     | 302018 | 0,03   | 0,008  | 0,025    | 0,5    | 69,00  | 2,06   | 0,5    | 4      | 58     |
| SU_943 | 175,00 | 176,00 | 1,00     | 302020 | 0,01   | 0,002  | 0,008    | 0,5    | 18,00  | 1,31   | 0,5    | 1,5    | 51     |
| SU_943 | 176,00 | 177,00 | 1,00     | 302021 | 0,01   | 0,002  | 0,009    | 0,5    | 13,00  | 0,8    | 0,5    | 1,5    | 28     |
| SU_943 | 177,00 | 178,00 | 1,00     | 302022 | 0,01   | 0,005  | 0,012    | 0,5    | 39,00  | 1,08   | 0,5    | 4      | 40     |
| SU_943 | 178,00 | 179,00 | 1,00     | 302023 | 0,03   | 0,009  | 0,023    | 0,5    | 83,00  | 2,25   | 1      | 5      | 74     |
| SU_943 | 179,00 | 179,87 | 0,87     | 302024 | 0,02   | 0,006  | 0,013    | 0,5    | 52,00  | 2,34   | 0,5    | 3      | 76     |
| SU_943 | 179,87 | 180,51 | 0,64     | 302025 | 0,06   | 0,002  | 0,031    | 0,5    | 21,00  | 1,53   | 0,5    | 1,5    | 62     |

Análises química do furo de sondagem SU 952

| DHID   | FROM  | TO    | INTERVAL | SAMPLE | Au_ppm | Cu_per | CuEq_per | Ag_ppm | Cu_ppm  | Fe_per | Mo_ppm | Pb_ppm | Zn_ppm |
|--------|-------|-------|----------|--------|--------|--------|----------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|
| SU_952 | 0,00  | 1,00  | 1,00     | 305088 | 0,10   | 0,036  | 0,089    | 0,5    | 217,00  | 10,57  | 0,5    | 24     | 2      |
| SU_952 | 1,00  | 2,00  | 1,00     | 305089 | 0,09   | 0,071  | 0,118    | 0,5    | 450,00  | 15     | 3      | 59     | 1      |
| SU_952 | 2,00  | 2,72  | 0,72     | 305090 | 0,11   | 0,084  | 0,140    | 0,5    | 596,00  | 15     | 3      | 61     | 0,5    |
| SU_952 | 2,72  | 3,40  | 0,68     | 305091 | 0,09   | 0,048  | 0,092    | 0,5    | 264,00  | 6,63   | 0,5    | 20     | 0,5    |
| SU_952 | 3,40  | 4,20  | 0,80     | 305092 | 0,11   | 0,061  | 0,114    | 0,5    | 391,00  | 5,22   | 5      | 19     | 1      |
| SU_952 | 4,20  | 5,00  | 0,80     | 305093 | 0,05   | 0,063  | 0,089    | 0,5    | 512,00  | 4,78   | 8      | 22     | 8      |
| SU_952 | 5,00  | 6,00  | 1,00     | 305094 | 0,06   | 0,066  | 0,096    | 0,5    | 516,00  | 8,64   | 4      | 28     | 8      |
| SU_952 | 6,00  | 7,00  | 1,00     | 305095 | 0,04   | 0,073  | 0,093    | 0,5    | 610,00  | 6,17   | 2      | 72     | 18     |
| SU_952 | 7,00  | 8,00  | 1,00     | 305096 | 0,03   | 0,056  | 0,071    | 0,5    | 469,00  | 5,44   | 0,5    | 86     | 31     |
| SU_952 | 8,00  | 9,00  | 1,00     | 305097 | 0,03   | 0,055  | 0,071    | 0,5    | 411,00  | 5,38   | 0,5    | 65     | 32     |
| SU_952 | 9,00  | 10,00 | 1,00     | 305098 | 0,02   | 0,040  | 0,052    | 0,5    | 267,00  | 5,23   | 0,5    | 28     | 40     |
| SU_952 | 10,00 | 11,00 | 1,00     | 305099 | 0,03   | 0,047  | 0,060    | 0,5    | 316,00  | 5,08   | 0,5    | 21     | 40     |
| SU_952 | 11,00 | 12,00 | 1,00     | 305100 | 0,03   | 0,040  | 0,054    | 0,5    | 274,00  | 4,78   | 0,5    | 25     | 40     |
| SU_952 | 12,00 | 13,00 | 1,00     | 305101 | 0,04   | 0,036  | 0,058    | 0,5    | 291,00  | 5,12   | 0,5    | 26     | 58     |
| SU_952 | 13,00 | 14,00 | 1,00     | 305102 | 0,08   | 0,051  | 0,090    | 0,5    | 399,00  | 4,97   | 0,5    | 19     | 82     |
| SU_952 | 14,00 | 15,00 | 1,00     | 305103 | 0,03   | 0,105  | 0,122    | 0,5    | 851,00  | 4,43   | 0,5    | 12     | 144    |
| SU_952 | 15,00 | 16,00 | 1,00     | 305104 | 0,02   | 0,070  | 0,081    | 0,5    | 620,00  | 4,71   | 0,5    | 25     | 143    |
| SU_952 | 16,00 | 17,00 | 1,00     | 305105 | 0,02   | 0,064  | 0,074    | 0,5    | 564,00  | 3,72   | 0,5    | 16     | 81     |
| SU_952 | 17,00 | 18,00 | 1,00     | 305106 | 0,03   | 0,107  | 0,122    | 0,5    | 903,00  | 3,49   | 0,5    | 17     | 33     |
| SU_952 | 18,00 | 19,00 | 1,00     | 305107 | 0,04   | 0,171  | 0,193    | 0,5    | 1487,00 | 4,33   | 0,5    | 6      | 41     |
| SU_952 | 19,00 | 20,00 | 1,00     | 305108 | 0,05   | 0,221  | 0,247    | 0,5    | 2079,00 | 5,03   | 0,5    | 9      | 46     |
| SU_952 | 20,00 | 21,00 | 1,00     | 305109 | 0,10   | 0,222  | 0,273    | 0,5    | 2093,00 | 4,94   | 0,5    | 13     | 71     |
| SU_952 | 21,00 | 22,00 | 1,00     | 305111 | 0,09   | 0,188  | 0,235    | 0,5    | 1859,00 | 4,25   | 0,5    | 6      | 93     |
| SU_952 | 22,00 | 23,00 | 1,00     | 305112 | 0,08   | 0,211  | 0,253    | 0,5    | 1981,00 | 4,34   | 0,5    | 9      | 47     |

| DHID   | FROM  | TO    | INTERVAL | SAMPLE | Au_ppm | Cu_per | CuEq_per | Ag_ppm | Cu_ppm  | Fe_per | Mo_ppm | Pb_ppm | Zn_ppm |
|--------|-------|-------|----------|--------|--------|--------|----------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|
| SU_952 | 23,00 | 24,00 | 1,00     | 305113 | 0,08   | 0,243  | 0,281    | 0,5    | 2258,00 | 3,12   | 0,5    | 15     | 58     |
| SU_952 | 24,00 | 25,00 | 1,00     | 305114 | 0,08   | 0,285  | 0,327    | 0,5    | 2561,00 | 2,99   | 0,5    | 28     | 67     |
| SU_952 | 25,00 | 26,00 | 1,00     | 305115 | 0,22   | 0,334  | 0,446    | 0,5    | 3346,00 | 3,11   | 0,5    | 35     | 534    |
| SU_952 | 26,00 | 27,15 | 1,15     | 305116 | 0,26   | 0,472  | 0,603    | 0,5    | 4278,00 | 2,88   | 0,5    | 19     | 544    |
| SU_952 | 27,15 | 28,25 | 1,10     | 305117 | 0,23   | 0,321  | 0,435    | 0,5    | 2846,00 | 2,81   | 0,5    | 13     | 171    |
| SU_952 | 28,25 | 29,40 | 1,15     | 305119 | 0,08   | 0,120  | 0,159    | 0,5    | 1016,00 | 3,38   | 0,5    | 8      | 88     |
| SU_952 | 29,40 | 30,17 | 0,77     | 305120 | 0,25   | 0,334  | 0,458    | 0,5    | 3067,00 | 2,25   | 0,5    | 5      | 70     |
| SU_952 | 30,17 | 31,00 | 0,83     | 305122 | 0,20   | 0,323  | 0,426    | 0,5    | 2957,00 | 2,23   | 0,5    | 1,5    | 68     |
| SU_952 | 31,00 | 32,00 | 1,00     | 305123 | 0,20   | 0,343  | 0,443    | 0,5    | 3124,00 | 2,63   | 0,5    | 3      | 48     |
| SU_952 | 32,00 | 33,00 | 1,00     | 305124 | 0,47   | 0,649  | 0,887    | 0,5    | 6452,00 | 2,79   | 0,5    | 11     | 63     |
| SU_952 | 33,00 | 34,00 | 1,00     | 305125 | 0,15   | 0,223  | 0,298    | 0,5    | 1788,00 | 2,51   | 0,5    | 10     | 53     |
| SU_952 | 34,00 | 35,00 | 1,00     | 305126 | 0,24   | 0,345  | 0,467    | 0,5    | 3001,00 | 2,77   | 0,5    | 9      | 68     |
| SU_952 | 35,00 | 36,00 | 1,00     | 305127 | 0,21   | 0,291  | 0,397    | 0,5    | 2610,00 | 2,6    | 0,5    | 4      | 72     |
| SU_952 | 36,00 | 37,00 | 1,00     | 305128 | 0,12   | 0,169  | 0,230    | 0,5    | 1395,00 | 3,17   | 0,5    | 4      | 51     |
| SU_952 | 37,00 | 38,00 | 1,00     | 305129 | 0,23   | 0,280  | 0,394    | 0,5    | 2242,00 | 5,07   | 0,5    | 9      | 62     |
| SU_952 | 38,00 | 39,00 | 1,00     | 305130 | 0,16   | 0,185  | 0,267    | 0,5    | 1411,00 | 4,4    | 0,5    | 4      | 73     |
| SU_952 | 39,00 | 40,10 | 1,10     | 305131 | 0,25   | 0,249  | 0,376    | 0,5    | 1783,00 | 3,92   | 0,5    | 9      | 81     |
| SU_952 | 40,10 | 41,25 | 1,15     | 305132 | 0,38   | 0,474  | 0,666    | 1      | 4671,00 | 4,8    | 5      | 1,5    | 64     |
| SU_952 | 41,25 | 42,40 | 1,15     | 305133 | 0,26   | 0,307  | 0,436    | 0,5    | 2952,00 | 5,23   | 0,5    | 1,5    | 69     |
| SU_952 | 42,40 | 43,20 | 0,80     | 305135 | 0,26   | 0,324  | 0,455    | 0,5    | 3061,00 | 3,87   | 0,5    | 1,5    | 56     |
| SU_952 | 43,20 | 44,00 | 0,80     | 305136 | 0,17   | 0,248  | 0,333    | 0,5    | 2277,00 | 3,8    | 5      | 1,5    | 46     |
| SU_952 | 44,00 | 45,00 | 1,00     | 305137 | 0,05   | 0,084  | 0,110    | 0,5    | 777,00  | 3,02   | 0,5    | 1,5    | 40     |
| SU_952 | 45,00 | 46,00 | 1,00     | 305138 | 0,10   | 0,156  | 0,206    | 0,5    | 1494,00 | 2,97   | 0,5    | 1,5    | 35     |
| SU_952 | 46,00 | 47,00 | 1,00     | 305139 | 0,11   | 0,151  | 0,207    | 0,5    | 1409,00 | 3,02   | 0,5    | 1,5    | 28     |
| SU_952 | 47,00 | 48,00 | 1,00     | 305140 | 0,23   | 0,274  | 0,389    | 0,5    | 2497,00 | 3,59   | 2      | 4      | 28     |
| SU_952 | 48,00 | 49,00 | 1,00     | 305141 | 0,18   | 0,181  | 0,272    | 0,5    | 1715,00 | 2,76   | 0,5    | 1,5    | 23     |

| DHID   | FROM  | TO    | INTERVAL | SAMPLE | Au_ppm | Cu_per | CuEq_per | Ag_ppm | Cu_ppm  | Fe_per | Mo_ppm | Pb_ppm | Zn_ppm |
|--------|-------|-------|----------|--------|--------|--------|----------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|
| SU_952 | 49,00 | 50,00 | 1,00     | 305142 | 0,31   | 0,356  | 0,514    | 0,5    | 3282,00 | 2,38   | 1      | 4      | 83     |
| SU_952 | 50,00 | 51,00 | 1,00     | 305143 | 0,18   | 0,180  | 0,272    | 0,5    | 1682,00 | 2,5    | 0,5    | 1,5    | 54     |
| SU_952 | 51,00 | 52,00 | 1,00     | 305144 | 0,18   | 0,174  | 0,265    | 0,5    | 1567,00 | 2,51   | 0,5    | 1,5    | 30     |
| SU_952 | 52,00 | 53,00 | 1,00     | 305145 | 0,35   | 0,338  | 0,515    | 0,5    | 3167,00 | 3,27   | 0,5    | 1,5    | 22     |
| SU_952 | 53,00 | 54,00 | 1,00     | 305146 | 0,30   | 0,309  | 0,460    | 0,5    | 2842,00 | 2,76   | 0,5    | 1,5    | 20     |
| SU_952 | 54,00 | 54,86 | 0,86     | 305147 | 0,18   | 0,187  | 0,279    | 0,5    | 1711,00 | 2,97   | 0,5    | 1,5    | 19     |
| SU_952 | 54,86 | 56,00 | 1,14     | 305148 | 0,33   | 0,416  | 0,581    | 0,5    | 4007,00 | 4,46   | 0,5    | 1,5    | 23     |
| SU_952 | 56,00 | 57,00 | 1,00     | 305149 | 0,26   | 0,326  | 0,454    | 0,5    | 3071,00 | 5,08   | 0,5    | 5      | 25     |
| SU_952 | 57,00 | 58,00 | 1,00     | 305150 | 0,18   | 0,227  | 0,318    | 0,5    | 2146,00 | 4,14   | 5      | 4      | 27     |
| SU_952 | 58,00 | 59,00 | 1,00     | 305152 | 0,27   | 0,430  | 0,563    | 1      | 4069,00 | 3,44   | 2      | 3      | 34     |
| SU_952 | 59,00 | 60,00 | 1,00     | 305153 | 0,21   | 0,284  | 0,387    | 0,5    | 2902,00 | 3,14   | 5      | 1,5    | 29     |
| SU_952 | 60,00 | 61,00 | 1,00     | 305155 | 0,16   | 0,222  | 0,303    | 0,5    | 2222,00 | 3,26   | 0,5    | 4      | 28     |
| SU_952 | 61,00 | 62,00 | 1,00     | 305156 | 0,33   | 0,397  | 0,564    | 1      | 3796,00 | 3,57   | 5      | 7      | 21     |
| SU_952 | 62,00 | 63,00 | 1,00     | 305157 | 0,25   | 0,309  | 0,436    | 0,5    | 3148,00 | 4,28   | 1      | 1,5    | 19     |
| SU_952 | 63,00 | 64,16 | 1,16     | 305159 | 0,12   | 0,168  | 0,228    | 0,5    | 1621,00 | 4,65   | 0,5    | 1,5    | 22     |
| SU_952 | 64,16 | 65,32 | 1,16     | 305160 | 0,13   | 0,177  | 0,244    | 0,5    | 1801,00 | 4,94   | 1      | 1,5    | 20     |
| SU_952 | 65,32 | 66,50 | 1,18     | 305161 | 0,16   | 0,191  | 0,270    | 0,5    | 2003,00 | 2,6    | 10     | 1,5    | 17     |
| SU_952 | 66,50 | 67,56 | 1,06     | 305162 | 0,34   | 0,398  | 0,569    | 1      | 4154,00 | 3,13   | 15     | 4      | 23     |
| SU_952 | 67,56 | 68,28 | 0,72     | 305163 | 0,09   | 0,126  | 0,172    | 0,5    | 1256,00 | 4,8    | 31     | 1,5    | 38     |
| SU_952 | 68,28 | 69,00 | 0,72     | 305164 | 0,04   | 0,096  | 0,117    | 0,5    | 889,00  | 3,83   | 9      | 1,5    | 45     |
| SU_952 | 69,00 | 70,00 | 1,00     | 305165 | 0,16   | 0,115  | 0,198    | 0,5    | 1165,00 | 4,74   | 5      | 1,5    | 77     |
| SU_952 | 70,00 | 71,07 | 1,07     | 305166 | 0,06   | 0,105  | 0,134    | 0,5    | 1047,00 | 4,29   | 11     | 1,5    | 69     |
| SU_952 | 71,07 | 72,00 | 0,93     | 305167 | 0,12   | 0,104  | 0,166    | 0,5    | 948,00  | 4,19   | 2      | 4      | 87     |
| SU_952 | 72,00 | 73,00 | 1,00     | 305168 | 0,13   | 0,140  | 0,204    | 0,5    | 1423,00 | 3,32   | 3      | 1,5    | 65     |
| SU_952 | 73,00 | 74,00 | 1,00     | 305169 | 0,12   | 0,148  | 0,209    | 0,5    | 1543,00 | 2,8    | 5      | 1,5    | 33     |
| SU_952 | 74,00 | 75,00 | 1,00     | 305170 | 0,11   | 0,146  | 0,202    | 0,5    | 1492,00 | 3,36   | 14     | 1,5    | 42     |

| DHID   | FROM   | TO     | INTERVAL | SAMPLE | Au_ppm | Cu_per | CuEq_per | Ag_ppm | Cu_ppm  | Fe_per | Mo_ppm | Pb_ppm | Zn_ppm |
|--------|--------|--------|----------|--------|--------|--------|----------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|
| SU_952 | 75,00  | 76,00  | 1,00     | 305171 | 0,28   | 0,322  | 0,463    | 1      | 2917,00 | 2,41   | 8      | 4      | 46     |
| SU_952 | 76,00  | 77,00  | 1,00     | 305172 | 0,33   | 0,392  | 0,560    | 1      | 3814,00 | 3,15   | 27     | 1,5    | 45     |
| SU_952 | 77,00  | 78,00  | 1,00     | 305173 | 0,07   | 0,107  | 0,144    | 0,5    | 1015,00 | 3,33   | 5      | 8      | 32     |
| SU_952 | 78,00  | 78,76  | 0,76     | 305174 | 0,11   | 0,142  | 0,199    | 0,5    | 1285,00 | 3,18   | 5      | 5      | 20     |
| SU_952 | 78,76  | 79,40  | 0,64     | 305175 | 0,21   | 0,271  | 0,375    | 0,5    | 2623,00 | 4,41   | 11     | 1,5    | 24     |
| SU_952 | 79,40  | 80,08  | 0,68     | 305176 | 0,12   | 0,155  | 0,215    | 0,5    | 1601,00 | 3,66   | 10     | 5      | 30     |
| SU_952 | 80,08  | 81,00  | 0,92     | 305177 | 0,08   | 0,092  | 0,131    | 0,5    | 913,00  | 3,78   | 8      | 5      | 49     |
| SU_952 | 81,00  | 82,00  | 1,00     | 305178 | 0,12   | 0,095  | 0,154    | 0,5    | 946,00  | 3,85   | 9      | 6      | 40     |
| SU_952 | 82,00  | 83,00  | 1,00     | 305180 | 0,10   | 0,100  | 0,150    | 0,5    | 933,00  | 3,8    | 8      | 4      | 61     |
| SU_952 | 83,00  | 84,00  | 1,00     | 305181 | 0,16   | 0,148  | 0,226    | 0,5    | 1509,00 | 4,29   | 27     | 11     | 51     |
| SU_952 | 84,00  | 85,00  | 1,00     | 305182 | 0,15   | 0,108  | 0,182    | 0,5    | 1079,00 | 4,07   | 7      | 9      | 42     |
| SU_952 | 85,00  | 86,00  | 1,00     | 305183 | 0,12   | 0,071  | 0,130    | 0,5    | 714,00  | 4,22   | 3      | 12     | 82     |
| SU_952 | 86,00  | 87,00  | 1,00     | 305184 | 0,08   | 0,064  | 0,106    | 0,5    | 684,00  | 3,91   | 2      | 17     | 125    |
| SU_952 | 87,00  | 88,00  | 1,00     | 305185 | 3,38   | 0,224  | 1,926    | 7      | 2258,00 | 7,08   | 9      | 1993   | 787    |
| SU_952 | 88,00  | 89,00  | 1,00     | 305187 | 0,14   | 0,083  | 0,155    | 0,5    | 800,00  | 3,54   | 7      | 13     | 87     |
| SU_952 | 89,00  | 90,00  | 1,00     | 305188 | 0,11   | 0,067  | 0,124    | 0,5    | 666,00  | 4,01   | 6      | 7      | 59     |
| SU_952 | 90,00  | 91,00  | 1,00     | 305190 | 0,11   | 0,075  | 0,129    | 0,5    | 773,00  | 3,64   | 7      | 12     | 63     |
| SU_952 | 91,00  | 92,20  | 1,20     | 305191 | 0,14   | 0,111  | 0,180    | 0,5    | 1102,00 | 4,53   | 12     | 12     | 90     |
| SU_952 | 92,20  | 93,40  | 1,20     | 305192 | 0,14   | 0,118  | 0,188    | 0,5    | 1148,00 | 4,8    | 12     | 8      | 62     |
| SU_952 | 93,40  | 94,60  | 1,20     | 305193 | 0,18   | 0,120  | 0,210    | 0,5    | 1203,00 | 4,47   | 13     | 4      | 68     |
| SU_952 | 94,60  | 95,80  | 1,20     | 305194 | 0,12   | 0,130  | 0,191    | 0,5    | 1346,00 | 4,71   | 14     | 4      | 56     |
| SU_952 | 95,80  | 97,00  | 1,20     | 305195 | 0,15   | 0,104  | 0,179    | 0,5    | 1019,00 | 4,03   | 4      | 4      | 60     |
| SU_952 | 97,00  | 98,00  | 1,00     | 305196 | 0,23   | 0,172  | 0,287    | 0,5    | 1739,00 | 4,38   | 11     | 7      | 41     |
| SU_952 | 98,00  | 99,00  | 1,00     | 305197 | 0,14   | 0,110  | 0,181    | 0,5    | 1062,00 | 4,28   | 14     | 25     | 40     |
| SU_952 | 99,00  | 100,20 | 1,20     | 305198 | 0,18   | 0,094  | 0,182    | 0,5    | 929,00  | 4,8    | 5      | 6      | 86     |
| SU_952 | 100,20 | 101,00 | 0,80     | 305199 | 0,23   | 0,211  | 0,326    | 0,5    | 2137,00 | 4,38   | 40     | 4      | 48     |

| DHID   | FROM   | TO     | INTERVAL | SAMPLE | Au_ppm | Cu_per | CuEq_per | Ag_ppm | Cu_ppm  | Fe_per | Mo_ppm | Pb_ppm | Zn_ppm |
|--------|--------|--------|----------|--------|--------|--------|----------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|
| SU_952 | 101,00 | 102,00 | 1,00     | 305200 | 0,20   | 0,201  | 0,302    | 0,5    | 2091,00 | 5,09   | 26     | 8      | 41     |
| SU_952 | 102,00 | 103,00 | 1,00     | 305202 | 0,19   | 0,140  | 0,234    | 0,5    | 1487,00 | 5,36   | 40     | 8      | 51     |
| SU_952 | 103,00 | 103,76 | 0,76     | 305203 | 0,17   | 0,131  | 0,218    | 0,5    | 1351,00 | 6,06   | 40     | 75     | 55     |
| SU_952 | 103,76 | 104,52 | 0,76     | 305204 | 0,10   | 0,109  | 0,161    | 0,5    | 1051,00 | 3,94   | 15     | 9      | 32     |
| SU_952 | 104,52 | 105,26 | 0,74     | 305205 | 0,15   | 0,102  | 0,176    | 0,5    | 983,00  | 4,64   | 30     | 1,5    | 51     |
| SU_952 | 105,26 | 106,00 | 0,74     | 305206 | 0,14   | 0,105  | 0,177    | 0,5    | 1040,00 | 3,69   | 15     | 8      | 46     |
| SU_952 | 106,00 | 107,00 | 1,00     | 305207 | 0,19   | 0,116  | 0,209    | 0,5    | 1090,00 | 4,13   | 4      | 8      | 56     |
| SU_952 | 107,00 | 108,00 | 1,00     | 305208 | 0,17   | 0,076  | 0,159    | 0,5    | 784,00  | 4,21   | 5      | 4      | 64     |
| SU_952 | 108,00 | 109,00 | 1,00     | 305209 | 0,08   | 0,039  | 0,077    | 0,5    | 390,00  | 3,58   | 10     | 10     | 92     |
| SU_952 | 109,00 | 110,00 | 1,00     | 305210 | 0,04   | 0,017  | 0,037    | 0,5    | 165,00  | 2,87   | 8      | 6      | 50     |
| SU_952 | 110,00 | 111,20 | 1,20     | 305211 | 0,09   | 0,028  | 0,072    | 0,5    | 278,00  | 3,88   | 10     | 8      | 34     |
| SU_952 | 111,20 | 112,40 | 1,20     | 305212 | 0,03   | 0,011  | 0,028    | 0,5    | 107,00  | 3,17   | 0,5    | 6      | 80     |
| SU_952 | 112,40 | 113,60 | 1,20     | 305213 | 0,10   | 0,025  | 0,074    | 0,5    | 239,00  | 3,94   | 1      | 9      | 131    |
| SU_952 | 113,60 | 114,80 | 1,20     | 305214 | 0,07   | 0,015  | 0,052    | 0,5    | 150,00  | 3,6    | 0,5    | 17     | 92     |
| SU_952 | 114,80 | 116,00 | 1,20     | 305215 | 0,12   | 0,030  | 0,090    | 0,5    | 310,00  | 3,85   | 1      | 12     | 104    |
| SU_952 | 116,00 | 117,00 | 1,00     | 305216 | 0,12   | 0,005  | 0,064    | 0,5    | 43,00   | 4,04   | 0,5    | 17     | 134    |
| SU_952 | 117,00 | 118,00 | 1,00     | 305217 | 0,54   | 0,013  | 0,283    | 0,5    | 128,00  | 5,45   | 0,5    | 16     | 185    |
| SU_952 | 118,00 | 119,00 | 1,00     | 305219 | 0,20   | 0,013  | 0,116    | 0,5    | 125,00  | 4,87   | 4      | 37     | 258    |
| SU_952 | 119,00 | 120,00 | 1,00     | 305220 | 0,54   | 0,018  | 0,292    | 0,5    | 172,00  | 4,36   | 0,5    | 8      | 198    |
| SU_952 | 120,00 | 121,00 | 1,00     | 305222 | 1,59   | 0,045  | 0,846    | 2      | 467,00  | 4,61   | 0,5    | 28     | 521    |
| SU_952 | 121,00 | 122,00 | 1,00     | 305224 | 0,15   | 0,041  | 0,117    | 0,5    | 411,00  | 4,58   | 0,5    | 4      | 132    |
| SU_952 | 122,00 | 123,00 | 1,00     | 305225 | 0,60   | 0,019  | 0,321    | 0,5    | 186,00  | 4,83   | 0,5    | 9      | 94     |
| SU_952 | 123,00 | 124,00 | 1,00     | 305226 | 0,19   | 0,019  | 0,116    | 0,5    | 188,00  | 4      | 0,5    | 10     | 132    |
| SU_952 | 124,00 | 125,00 | 1,00     | 305227 | 0,15   | 0,017  | 0,093    | 0,5    | 169,00  | 2,74   | 0,5    | 9      | 93     |
| SU_952 | 125,00 | 126,17 | 1,17     | 305228 | 0,05   | 0,017  | 0,040    | 0,5    | 165,00  | 3,52   | 0,5    | 6      | 113    |
| SU_952 | 126,17 | 127,34 | 1,17     | 305229 | 0,04   | 0,018  | 0,039    | 0,5    | 179,00  | 3,22   | 0,5    | 4      | 112    |

| DHID   | FROM   | TO     | INTERVAL | SAMPLE | Au_ppm | Cu_per | CuEq_per | Ag_ppm | Cu_ppm | Fe_per | Mo_ppm | Pb_ppm | Zn_ppm |
|--------|--------|--------|----------|--------|--------|--------|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| SU_952 | 127,34 | 128,17 | 0,83     | 305230 | 0,02   | 0,010  | 0,020    | 0,5    | 97,00  | 3,11   | 0,5    | 1,5    | 74     |
| SU_952 | 128,17 | 129,00 | 0,83     | 305231 | 0,02   | 0,010  | 0,018    | 0,5    | 101,00 | 3,09   | 0,5    | 1,5    | 65     |
| SU_952 | 129,00 | 130,00 | 1,00     | 305232 | 0,03   | 0,011  | 0,024    | 0,5    | 107,00 | 2,96   | 0,5    | 6      | 59     |
| SU_952 | 130,00 | 131,00 | 1,00     | 305233 | 0,04   | 0,012  | 0,030    | 0,5    | 119,00 | 2,95   | 0,5    | 11     | 64     |
| SU_952 | 131,00 | 132,00 | 1,00     | 305234 | 0,02   | 0,009  | 0,021    | 0,5    | 84,00  | 2,79   | 0,5    | 7      | 49     |
| SU_952 | 132,00 | 133,00 | 1,00     | 305235 | 0,07   | 0,022  | 0,056    | 0,5    | 208,00 | 4,02   | 0,5    | 5      | 72     |
| SU_952 | 133,00 | 134,00 | 1,00     | 305236 | 0,02   | 0,009  | 0,020    | 0,5    | 89,00  | 2,33   | 0,5    | 1,5    | 25     |
| SU_952 | 134,00 | 135,00 | 1,00     | 305237 | 0,03   | 0,017  | 0,034    | 0,5    | 169,00 | 3,22   | 0,5    | 6      | 40     |
| SU_952 | 135,00 | 136,00 | 1,00     | 305238 | 0,02   | 0,006  | 0,018    | 0,5    | 57,00  | 2,39   | 0,5    | 8      | 25     |
| SU_952 | 136,00 | 137,00 | 1,00     | 305239 | 0,23   | 0,019  | 0,136    | 0,5    | 188,00 | 3,88   | 0,5    | 5      | 41     |
| SU_952 | 137,00 | 138,00 | 1,00     | 305240 | 0,10   | 0,039  | 0,090    | 0,5    | 398,00 | 5,4    | 0,5    | 5      | 56     |
| SU_952 | 138,00 | 139,00 | 1,00     | 305241 | 0,32   | 0,014  | 0,176    | 0,5    | 137,00 | 3,12   | 0,5    | 1,5    | 40     |
| SU_952 | 139,00 | 140,00 | 1,00     | 305242 | 0,12   | 0,013  | 0,072    | 0,5    | 133,00 | 3,31   | 0,5    | 1,5    | 55     |
| SU_952 | 140,00 | 141,00 | 1,00     | 305243 | 0,04   | 0,011  | 0,033    | 0,5    | 106,00 | 3,31   | 0,5    | 6      | 61     |
| SU_952 | 141,00 | 142,00 | 1,00     | 305244 | 0,45   | 0,028  | 0,252    | 0,5    | 280,00 | 3,55   | 0,5    | 4      | 60     |
| SU_952 | 142,00 | 143,00 | 1,00     | 305246 | 5,49   | 0,048  | 2,816    | 0,5    | 480,00 | 5,22   | 5      | 4      | 60     |
| SU_952 | 143,00 | 144,00 | 1,00     | 305247 | 0,91   | 0,041  | 0,499    | 0,5    | 430,00 | 6,49   | 5      | 4      | 77     |
| SU_952 | 144,00 | 145,00 | 1,00     | 305248 | 0,34   | 0,023  | 0,197    | 0,5    | 238,00 | 5,87   | 0,5    | 6      | 71     |
| SU_952 | 145,00 | 146,00 | 1,00     | 305249 | 0,79   | 0,037  | 0,436    | 0,5    | 379,00 | 5,99   | 3      | 19     | 58     |
| SU_952 | 146,00 | 147,00 | 1,00     | 305250 | 0,20   | 0,036  | 0,138    | 0,5    | 365,00 | 5,03   | 2      | 5      | 56     |
| SU_952 | 147,00 | 148,00 | 1,00     | 305251 | 0,14   | 0,015  | 0,084    | 0,5    | 172,00 | 3,11   | 0,5    | 1,5    | 53     |
| SU_952 | 148,00 | 149,00 | 1,00     | 305253 | 0,10   | 0,017  | 0,069    | 0,5    | 179,00 | 3,74   | 0,5    | 1,5    | 66     |
| SU_952 | 149,00 | 150,00 | 1,00     | 305254 | 0,26   | 0,015  | 0,145    | 0,5    | 148,00 | 4,48   | 0,5    | 3      | 60     |
| SU_952 | 150,00 | 151,00 | 1,00     | 305256 | 0,14   | 0,019  | 0,091    | 0,5    | 190,00 | 4,34   | 0,5    | 1,5    | 54     |
| SU_952 | 151,00 | 152,00 | 1,00     | 305257 | 0,32   | 0,006  | 0,165    | 0,5    | 60,00  | 2,95   | 0,5    | 10     | 44     |
| SU_952 | 152,00 | 153,00 | 1,00     | 305258 | 0,04   | 0,002  | 0,022    | 0,5    | 19,00  | 3      | 0,5    | 10     | 44     |

| DHID   | FROM   | TO     | INTERVAL | SAMPLE | Au_ppm | Cu_per | CuEq_per | Ag_ppm | Cu_ppm | Fe_per | Mo_ppm | Pb_ppm | Zn_ppm |
|--------|--------|--------|----------|--------|--------|--------|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| SU_952 | 153,00 | 154,00 | 1,00     | 305259 | 0,05   | 0,005  | 0,032    | 0,5    | 46,00  | 3,59   | 0,5    | 4      | 44     |
| SU_952 | 154,00 | 155,00 | 1,00     | 305260 | 0,03   | 0,001  | 0,018    | 0,5    | 8,00   | 3,35   | 0,5    | 1,5    | 42     |
| SU_952 | 155,00 | 156,00 | 1,00     | 305261 | 0,01   | 0,001  | 0,007    | 0,5    | 7,00   | 2,18   | 0,5    | 7      | 33     |
| SU_952 | 156,00 | 157,00 | 1,00     | 305262 | 0,01   | 0,001  | 0,008    | 0,5    | 4,00   | 3,1    | 0,5    | 6      | 45     |
| SU_952 | 157,00 | 158,00 | 1,00     | 305263 | 0,01   | 0,007  | 0,011    | 0,5    | 62,00  | 3,34   | 0,5    | 1,5    | 45     |
| SU_952 | 158,00 | 159,12 | 1,12     | 305264 | 0,07   | 0,016  | 0,052    | 0,5    | 163,00 | 3,37   | 0,5    | 19     | 44     |
| SU_952 | 159,12 | 160,24 | 1,12     | 305265 | 0,03   | 0,012  | 0,028    | 0,5    | 121,00 | 3,09   | 1      | 5      | 37     |

