



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS Instituto de Geociências *Departamento de Geologia e Recursos Naturais*

Trabalho de Conclusão de Curso

Geologia estrutural do alvo Suruca: Implicações para mineralização do depósito.

Paulo Renato Lima

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Maria José Maluf de Mesquita

Campinas Novembro de 2018





UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS Instituto de Geociências *Departamento de Geologia e Recursos Naturais*

Trabalho de Conclusão de Curso

Geologia estrutural do alvo Suruca. Implicações para mineralização do depósito.

Paulo Renato Lima

Trabalho de Conclusão de Curso para obtenção de Título de Bacharel em Geologia pelo Instituto de Geociências, Unicamp

Orientador: Prof.^a Dr.^a Maria José Maluf de Mesquita

Banca examinadora: Prof.^a. Dr.^a Maria José Maluf de Mesquita (Orientador) Prof. Msc. João Paulo Pitombeira Igor Araújo Pimentel

> Campinas Novembro de 2018

Dedico este trabalho a minha mãe Maria de Fátima Lima "Que país abençoado esse Brasil. O povo também é pacato e acolhedor. O Brasil é um país que dá oportunidades para quem quer trabalhar e crescer na vida. Cresci junto com o Brasil. Não fiquei parado vendo o país crescer" (Samuel Klein – Casas Bahia)

"Pode um homem continuar a ser valente se tiver medo? - Esta é a única maneira de um homem ser valente." (Bran I, Game of Thrones - A sing of ice and fire).

"Tudo tem o seu tempo determinado, e há tempo para todo o propósito debaixo do céu. Há tempo de nascer, e tempo de morrer; Tempo de plantar, e tempo de arrancar o que se plantou; Tempo de matar, e tempo de curar; Tempo de derrubar, e tempo de edificar; Tempo de chorar, e tempo de rir; Tempo de prantear, e tempo de dançar; Tempo de espalhar pedras, e tempo de ajuntar pedras; Tempo de abraçar, e tempo de afastar-se de abraçar; Tempo de buscar, e tempo de perder; Tempo de guardar, e tempo de lançar fora; Tempo de rasgar, e tempo de cozer; Tempo de estar calado, e tempo de falar; Tempo de amar, e tempo de odiar; Tempo de guerra, e tempo de paz. Tudo fez formoso em seu tempo; Também pôs o mundo no coração do homem, sem que este possa descobrir a obra que Deus fez desde o princípio até ao fim." Eclesiastes 3:1-11

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me permitido chegar até aqui e por me fazer andar em lugares altos.

Ao contribuinte paulista, sem o qual eu jamais teria tido oportunidade de estudar e poder me dedicar inteiramente à universidade por todos esses anos.

A minha mãe Maria de Fátima por todo apoio e dedicação, por sempre me apoiar em tudo e ser meu grande exemplo de determinação e garra. Nunca conseguiria nada se não tivesse tido o seu apoio incondicional. Te amo!

A minha irmã Nathália por ter cuidado de mim, por nunca medir esforço pra poder ajudar de alguma maneira. Ao meu cunhado Albano por ser esse exemplo de dedicação e amor ao próximo, nunca medindo esforços também pra me ajudar de alguma maneira, vocês foram fundamentais.

Ao Felipe por ter sido e ser meu socorro nos piores momentos, por ser o motivo dos meus sorrisos. Por ter me feito descobrir o significado do que é amar e ser amado.

A minha amiga/irmã Bruna M. C. Fernandes, pelas melhores risadas e os melhores desabafos ao longo desses anos de faculdade.

Aos meus amigos e parceirões de estágio Henrique Fedel (Cabelo), Letícia vocês são demais! Ao João pela parceria no começo do estágio.

A todos os meus colegas da Geologia, turma 013, aos meus amigos do ProFIS por terem trilhado um caminho lindo e vivido esse sonho que é a Unicamp.

A todos os meus amigos que de alguma forma estiveram por perto nesse processo que foi a graduação. E me auxiliaram nessa caminhada.

A minha orientadora Masé e todos os meus professores por serem comigo como o oleiro que não desiste do barro até ver o vaso terminado. Aproveito e agradeço a todas as minhas orientadoras que tive ao longo da caminhada na Unicamp, Priscila, Bia, Carola, vocês sempre foram exemplo de pessoas incríveis que eu admiro.

A todos do projeto de exploração Chapada por terem me recebido tão bem, em especial à equipe de geólogos, por todo aprendizado nesse ano, pelo auxílio e troca de ideias. Obrigado por terem feito me sentir em casa.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de localização da área de estudo. (Modificado de Oliveira, 2009). Pág. 15

Figura 1.2. Localização do alvo Suruca, a nordeste da Mina de Chapada. Pág. 15

Figura 1.3: Orientação de testemunho de sondagem. As fotografias mostram o processo de orientação do testemunho. 1 – Retirada da haste da sonda; 2 – nivelamento testemunho; 3 – calibração com ACT; 4 – nivelamento e marcação da orientação. **Pág. 17**

Figura 1.4: Coleta de dados estruturais Equipamento IQ-LOGGER diretamente no testemunho de sondagem. **Pág. 18**

Figura 1.5: Coleta de Figura 2.2: Mapa geológico dados com IQ-LOGGER. (Fonte: Reflex). Pág.18

Figura 1.6: Verificação da coleta dos dados em tempo real. (Fonte: Reflex). Pág. 19

Figura 2.1: Mapa geológico simplificado da porção centro-leste da Província Tocantins. (Extraído de Pimentel et al., 2004). **Pág. 21** esquemático do contexto da Se quência Metavulcanossedimentar Mara Rosa (Oliveira *et al.*, 2015). **Pág. 22**

Figura 2.3: Geologia e estruturação ao longo da seção NW-SE do depósito de Cu-Au de Chapada. (Oliveira et al., 2015) **Pág. 26**

Figura 2.4: Modelo de reconstrução para a evolução neoproterozoica da Província Tocantins (Pimentel et al., 2000) **Pág. 27**

Figura 3.1: Mapa geológico do alvo Suruca com a orientação das seções e localização dos furos estudados. **Pág. 30**

Figura 3.2: Seção esquemática do testemunho orientado SU_966. Seção abrange os litotipos metaquartizo diorito porfirítico, metavulcânica e metapelito. As amostras 7a, 7b e 8 apresetam indicadores cinemáticos descritos em 4.1 sendo uma zona de cisalhamento discreta que trunca a foliação pretérita e produz os indicadores biotita e clorita fish. **Pág. 31**

Figura 3.3: Seção esquemática do testemunho orientado SU_938 e SU_947. Seção abrange os litotipos metaquartizo diorito porfirítico, metavulcânica e metapelito. As amostras 14 apreseta indicador cinemático descritos em 4.1 sendo uma zona de cisalhamento discreta que trunca a foliação pretérita e reorienta biotita quartzo. **Pág. 31**

Figura 3.4: Diagrama Pressão X Temperatura X Profundidade e localização dos campos metamórficos. A curva vermelha representa a progressão e regressão do metamorfismo que atingiu a sequência metavulcanossedimentar Mara Rosa, segundo Canesin (2010). (Modificado de Yardley, 1988). **Pág. 33**

Figura 4.1: Mapa de estruturas regionais com lineamentos positivos e negativos e subdivisão em zonas homólogas. O polígono amarelo corresponde à área do alvo Suruca. **Pág. 35**

Figura 4.2: Diagrama de roseta para os lineamentos regionais. A) Zona homóloga A – predominância dos lineamentos para NE; B) Zona homóloga B – predominância dos lineamentos para NW; C) Zona homóloga C – predominância dos lineamentos para NW; D) Área total – predominância dos lineamentos para NW; D) Área total – predominância dos lineamentos para NW com uma componente EW de menor frequência. **Pág. 36**

Figura 4.3: Mapa de lineamentos para a área do alvo Suruca. Pág. 37

Figura 4.4: Diagrama de roseta para a área do alvo Suruca. Observa-se uma frequência similar nas direções NE e NW. **Pág. 37**

Figura 4.5: Domínios estruturais do alvo Suruca, obtidos por meio da análise dos dados de lineamentos estruturais. Os pontos verdes representam a localização dos furos de sondagem estudados. **Pág. 38**

Figura 4.6: Fotomicrografia da amostra 09 metapelito com assembleia com os minerais act – actinolita, ep – epidoto, qtz – quartzo e py – pirita. **Pág. 39**

Figura 4.7: Fotomicrografia apresentando associação mineral. A – Amostra 1 com assembleia mineral de anf (anfibólio), cb (carbonato), py (pirita) e grt(granada). B – Idem a A com nicois cruzados. C – Amostra 2b com associação mineral ep (epidoto), py (pirita), bt (biotita) e grt (granada). D – Mesmo de C a nicois cruzados. **Pág. 40**

Figura 4.8: Testemunhos de sondagem com exemplos dos veios mineralizados no alvo. *Veio cálcico* - ocorre associado à rocha hospedeira metapelito (MTS) compostos de epidoto, granada, clorita, carbonato e pirita, não possuindo os sulfetos esfarelita e galena, possuem espessura centimétrica e concordantes com a foliação principal. *Veio polimetálico* - veios *polimetálicos* compostos por epidoto, granada, clorita, carbonato, galena, esfalerita e pirita. Ocorrem com espessuras, em geral, centimétricas, ocorrem concordantes à foliação principal dos furos e associados a alteração cálcica da rocha hospedeira. Veio *Biotita, pirita, quartzo* - veios com a associação *biotita, pirita e quartzo*. Esses veios geralmente ocorrem associados a rocha hospedeira do depósito, MTS e ao metavulcânica intermediária (MVI); podem ocorrer como vênulas e são de espessura centimétrica. **Pág. 41**

Figura 4.9: Foliação S1 marcada por filossilicatos, observada no saprolito no garimpo do Suruca. A foliação marcada em amarelo possui rumo de mergulho 310/30. Outra foliação S1' fica marcada pelo veio de quartzo em branco com (S1') rumo de mergulho em 320/15. **Pág. 42**

Figura 4.10: Estereograma de igual área, hemisfério inferior com os polos de 26 planos de foliação S1, obtidas sobretudono saprolito do garimpo do Suruca. – Pág. 42

Figura 4.11: Estereograma de igual área, hemisfério inferior com os polos de 95 planos de foliação S1, de dados compilados de campanhas anteriores da empresa Yamana Gold. **Pág. 43**

Figura 4.12: Estereogramas de igual área e hemisfério inferior para os polos da foliação Sn coletados nos testemunhos de sondagem orientados. A – Porção representativa do domínio SW, 59 medidas. B – Porção referente ao domínio central, 670 medidas. C – Porção referente ao domínio NE, 285 medidas. **Pág. 44**

Figura 4.13: Estereogramas de igual área e hemisfério inferior para os polos dos veios mineralizados, coletados nos testemunhos de sondagem orientados. 5 – Veio cálcico; 9 – veio biotita, pirita e quartzo; 8 – veios polimetálicos. **Pág. 45**

Figura 4.14: Estereogramas de igual área e hemisfério inferior dos polos de foliação Sn e planos dos veios para o testemunho SU_1040. *A – Medidas Sn em testemunho SU_1040*; *B – medidas planos de veios polimetálicos*. **Pág. 46**

Figura 4.15: Estereogramas de igual área e hemisfério inferior dos polos de foliação Sn e planos dos veios para o testemunho SU_1040. *A* – *Medidas Sn em testemunho SU_1041. C* – *Sn em testemunho SU_1041; D* – *medidas de planos de veios polimetálicos.* – Pág. 47

Figura 4.16: Fotomicrografia da rocha metavulcânica intermediária (biotita-anfibolioepidoto xisto), amostra 11 – SU_551 com xistosidade marcada pelos anf (anfibólios). A – Imagem a nicois descruzados, note que S1 é plano axial de S0, Ti (titânita) presente, juntamente com ep (epidoto), pl (plagioclásio) e ap (apatita). B – imagem a nicois cruzados com marcação mais forte do dobramento de Sn-1. A medida de S1 tem nessa lâmina rumo do mergulho 266/7 sendo S1 plano axial da dobra formada pelos cristais de epidoto e anfibólio. **Pág. 48**

Figura 4.17: fotomicrografia de da amostra 2a MTS. A – nicois cruzados com xitosidade continua marcada pelos cristais de micas. B – muscovitização obliterando minerais como quartzo e até mesmo a biotita. Ap – apatita; ms – muscovita; py – pirita – qtz – quartzo; bt – biotita. **Pág. 48**

Figura 4.18: Fotomicrografia da rocha metapelito, apresentando fraturas que representam estruturas discordantes da foliação principal. A – veio de quartzo recristalizado, granoblástico com microestrutura de junção tríplice concordante com a foliação S1. Veio discordante ocorre associado com remobilização de carbonato (cb). B – veio discordante relacionado a d1 com remobilização de pirita (py). **Pág. 49**

Figura 4.19: Estereogramas de igual área e hemisfério inferior dos polos de fraturas discordantes da foliação coletadas na cava do garimpo. Maior densidade dos planos é 44/90. **Pág. 50**

Figura 4.20: Fotomicrografia da metapelito (rocha granada-clorita-biotita-epidoto xisto) (amostra 7a e 7b): (a) zona de cisalhametno discreta milimétrica, afetando a foliação S1 e formação do par S-C e clorita fish com movimento com topo para SE. (b) Lamela de clorita fish, utilizada como indicador cinemático. Porção SW do alvo Suruca. Qtz – quartzo; anf – anfibólio; chl – clorita; act – actinolita. **Pág. 51**

Figura 4.21: Fotomicrografia da rocha MTS (amostra 8). Biotita fish, marcando a S do par S-C, indicando sentido do movimento reverso. Orientação de S1 na lâmina é 283/38 **Pág. 52**

Figura 4.22: Fotomicrografia apresentando sombra de pressão em granada. A – Indicador cinemático apresenta movimento de topo para SE, esse movimento é marcado na sombra de pressão pela biotita e quartzo ao redor da granada. Bt – biotita; grt – granada. B – Mesmo indicador cinemático de A, com granada com sombra de pressão assimetrica indicando movimento de topo para SE. A sombra de pressão fica evidenciada pelas cristas de biotita e quartzo, que nesta imagem estão como quartzo ribbon qtz - quartzo. **Pág. 52**

Figura 4.23: Estereogramas de igual área e hemisfério inferior dos polos de fraturas discordantes da foliação coletadas na cava do garimpo. Maior densidade dos planos é 44/90. **Pág. 53**

Figura 4.24: Fotomicrografia do metapelito. Processo de muscovitização com cristais de muscovita formados fibroradialmente. Ms – muscovita; py – pirita. **Pág. 53**

Figura 5.1: 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). **Pág. 55**

ÍNDICE DE TABELAS

 Tabela 1. Amostras selecionadas para a caracterização petrográfica – pág. 66

RESUMO

O alvo prospectivo de Cu e Au e Zn-Pb-Au Suruca situa-se no norte do Estado de Goiás, no município de Alto Horizonte, a 7km da mina de ouro Chapada. Ambos se inserem no contexto geológico do orógeno Brasília, mais precisamente na seguência metavulcanossedimentar Mara Rosa, que hospeda importantes depósitos de Au e Cu - Au do tipo Cu-Au pórfiro. A região foi submetida a deformação e metamorfismo de fácies anfibolito, deformando e remobilizando zonas de alteração hidrotermal e minério e deixando o controle estrutural dos depósitos bastante complexo. O objetivo no presente estudo é caracterizar a geologia estrutural do alvo Suruca e as implicações para a mineralização de Au. Para isso, optou-se por uma análise multe escala de lineamentos estruturais, mapeamento estrutural da cava do Suruca, testemunhos de sondagem orientados, elaboração e interpretação de seções geológicas e estudo de microestruturas de deformação. Os resultados obtidos indicam um evento hidrotermal do tipo skarn com granada e piroxênio e anfibólio, epidoto e carbonato com minerais de minério de Au-Cu e metais base ; um evento de deformação D1 com rumo de foliação aproximadamente S1 310/27 que paraleliza veios e foliação S1, evento de deformação D2 de cisalhamento compressivo que inflete S1 com indicadores cinemáticos com movimento de topo para SE; e um evento hidrotermal de muscovitização posterior a D1 e D2. Além disso, os dados estruturais em testemunhos de sondagem indicam inflexão de S1 para norte, à medida que se avança de SW para NE no alvo Suruca. Lineamentos E-W são observados podem abrir novos guias prospectivos para a região. Estudos estruturais multe escala como este são importantes e devem ser incentivados em alvos prospectivos de geologia complexa, como o do alvo Suruca.

Palavras Chave: Sequência metavulcanossedimentar Mara Rosa – Depósito de Chapada – Alvo Suruca – Deformação – Depósito Skarn.

AGRADECIMENTOS	5
ÍNDICE DE FIGURAS	6
ÍNDICE DE TABELAS	10
RESUMO	11
1. INTRODUÇÃO	
1.1. Apresentação	
1.2. Objetivos	
1.3. Localização e acesso a área	
1.4. Metodologia	
1.4.1. Levantamento De Lineamento Estrutural Por Imagem SRTM/MDT.	
1.4.2. Trabalho De Campo	
1.4.3. Análise Das Medidas Estruturais De Furos De Sondagem	
1.4.4. Descrição Microestrutural De Lâmina Polida-Delgada	19
2 - CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL	
2.1. Província Tocantins e o Arco Magmático De Goiás	
2.2. Sequência Metavulcanossedimentar Mara Rosa	
2.2.1. Litoestratigrafia	
2.3. Geologia Estrutural Da Área De Estudo	
2.4. Evolução Geológica Da Área	
3. GEOLOGIA DO ALVO SURUCA	
3.1. Alteração Hidrotermal	31
3.2. Metamorfismo	
4. GEOLOGIA ESTRUTURAL DO ALVO SURUCA	
4.1.Análise de Lineamentos	35
4.2. Eventos De Compartimentação Do Depósito	39
4.3.Evento Hidrotermal De Muscovitização	53
5. DISCUSSÃO	54
5.1.Eventos que compartimentam o depósito Suruca	56
6. CONCLUSÃO	59
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61
8. ANEXOS	63

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO

1.1. Apresentação

Descoberto em 1973 durante campanha de exploração da empresa INCO, o depósito de Chapada teve seus primeiros estudos realizados. Para sua descoberta foram realizados estudos geoquímicos, geofísicos, abertura de trincheiras e sondagens exploratórias. Muitas outras empresas empregaram recursos de pesquisa na área, tais como Eluma, Santa Elina e Echo Bay. Em 2000, a Mineração Maracá Indústria e Comércio S.A. "MMIC" do grupo Yamana Gold Inc. iniciou suas pesquisas e já no ano de 2005 construiu uma planta de concentração do minério com início da produção de Cu e Au em 2007. Trata-se de um empreendimento com investimento previsto de cerca de R\$ 545 milhões, num prazo de aproximadamente 18 anos, com capacidade de produção de 51 mil t/ano de cobre contido e 3,0 t/ano de ouro contido.

O alvo Suruca encontra-se próximo à mina de Chapada e seu nome deriva de um antigo garimpo de ouro (Garimpo do Suruca). Recentemente foi descoberta uma zona mineralizada, a qual provavelmente possibilitará um aumento do potencial no entorno do depósito de Chapada. Em visita técnica à empresa, o consultor Richard H. Silitoe, determinou a gênese do depósito do Suruca como proveniente de um sistema skarnífero, associado ao depósito Cu-pórfiro Chapada (Sillitoe, 2010).

A mineralização de Chapada e o alvo Suruca estão inseridos em um contexto de arco de ilha intra-oceânico, posteriormente submetido à deformação e metamorfismo no Ciclo Brasiliano. Duas interpretações são aceitas para a gênese do depósito de Chapada: Kuyumjian (1989, 1991) considera a origem vulcanogênica exalativa, já Richardson et al. (1986) interpreta como depósito do tipo pórfiro de Cu-Au, atualmente a hipótese mais aceita.

Os depósitos minerais pertencentes ao Distrito de Chapada fazem parte de um complexo contexto metalogenético. Este, envolve a gênese dos depósitos minerais propriamente ditos, somados a eventos metamórficos e de deformação que se sobrepuseram.

Nesse sentido, a compreensão de como esses eventos alteraram ou modificaram a disposição desses depósitos minerais pretéritos se faz necessário. A geologia estrutural é uma importante ferramenta de entendimento para observação da sobreposição e indicação de deslocamento de depósito existente (Blenkisopp et al. 2018). Para isso, uma série de estudos geométricos e cinemáticos multi-escala foi

empregada no presente trabalho para contribuir na determinação estrutural dos corpos de minério no depósito Suruca.

Sabe-se que a Geologia Estrutural possui caráter multi-escala, e deste modo, o estudo integrado em diferentes escalas é mais robusto para desvendar áreas complexas com sobreposição de episódios de mineralização, deformação e metamorfismo.

1.2. Objetivos

O presente trabalho tem como objetivo caracterizar estruturalmente o alvo Suruca, com intuito de contribuir para a compreensão do controle estrutural da mineralização e dos eventos metamórficos-deformacionais sobrepostos. Para atingir o objetivo, as seguintes metas são propostas: (1) análise regional de imagens por sensores, (2) análise estrutural no alvo Suruca e compilação de dados existentes; (3) análise de testemunhos de sondagem estruturalmente orientados; e (4) análise microestrutural dos testemunhos de sondagem selecionados.

1.3. Localização e acesso a área

O alvo Suruca localiza-se no município de Alto Horizonte, porção norte do Estado de Goiás, a 8 km da mina de Chapada e a 325 km de Goiânia-GO. A área de estudo está inserida na folha Campinorte (*SD.22-Z-B-I*, escala 1:100.000, UNB/FINATEC/CPRM-2007). O acesso principal a partir de Goiânia é feito pela BR-153 (antiga Belém-Brasília) até Campinorte, em seguida pela GO-428 e GO-556 (Figura 1). A distância entre Alto Horizonte e Goiânia é de aproximadamente 347 Km.

A área mapeada possui cerca de 17 km² e está situada a nordeste da mina de Chapada, entre os meridianos 49°20'51" e 49°18'2" de longitude oeste e entre os paralelos 14°11'13" e 14°14'20" de latitude sul.



Figura 1.1: Mapa de localização da área de estudo. (Modificado de Oliveira, 2009).



Figura 1.2. Localização do alvo Suruca, a nordeste da Mina de Chapada.

1.4. Metodologia

A primeira etapa do trabalho envolveu o levantamento bibliográfico e de produção interna da empresa Yamana Gold que cedeu alguns produtos para a realização da análise estrutural do alvo Suruca. Após esta análise bibliográfica e de banco de dados definiu-se as seguintes estratégias e métodos para a realização do trabalho:

 Realização de levantamento de lineamentos estruturais através de imagem SRTM e MDT para determinação das principais estruturas presentes na região de estudo;

 Realização de trabalho de campo para coleta de dados estruturais em afloramentos e locais selecionados através de mapa de estruturas prévio;

 Análise estrutural de medidas obtidas de furos de sondagem rotativa orientados a partir do equipamento da empresa Reflex/ IQ-Logger;

 Análise microestrutural de lâminas delgadas/polidas de amostras selecionadas nos furos de sondagens orientados.

A seguir são detalhadas as metodologias aplicadas à produção dos resultados.

1.4.1. Levantamento De Lineamentos Estruturais Por Imagem SRTM/MDT

Para a realização da coleta de dados de lineamentos foi utilizado o *software* ArcMap® versão 10.6 da empresa Esri. A imagens SRTM e MDT foram obtidas de relatórios internos da empresa Yamana. A resolução das imagens é de 12,5 m.

A avaliação e coleta das estruturas foi realizada selecionando-se primeiramente a área regional (Distrito de Chapada) e posteriormente a área de estudo propriamente dita, o alvo Suruca.

Com a aplicação COGO do ArcMap traçou-se os lineamentos positivos e negativos, com o objetivo de criar uma tabela com as direções dos lineamentos. Posteriormente, utilizando-se o *software Openstereo 0.1.2f 32bits* foram confeccionados diagramas de rosetas.

1.4.2. Trabalho De Campo

No dia 22 de setembro de 2018 foi realizado um trabalho de campo na área do alvo Suruca, com a finalidade de obter medidas estruturais de campo (Anexo 1). Como a região possui características ímpares do cerrado brasileiro, afloramentos frescos e inalterados são pouco presentes. Em geral, os principais afloramentos e medidas são obtidos em drenagens e principalmente na área do garimpo, que dá nome ao depósito.

Foram obtidas 33 medidas estruturais. Somou-se a essas medidas outros dados estruturais de relatórios internos oriundos de levantamentos realizados pela equipe de exploração do projeto Chapada. Com os dados obtidos e selecionados foram produzidos estereogramas e rosetas, bem como dados que constam no mapa geológico em anexo.

1.4.3. Análise Das Medidas Estruturais De Furos De Sondagem

Para a análise das medidas estruturais primeiramente é necessário que a orientação seja feita durante a perfuração do furo de sondagem. A empresa Reflex possui o aparelho ACT-3 que é acoplado à haste da sondagem. O sondador capacitado realiza a orientação do furo, como ilustrado pela Figura 1.3.



Figura 1.3: Orientação de testemunho de sondagem. As fotografias mostram o processo de orientação do testemunho. 1 – retirada da haste da sonda; 2 – nivelamento testemunho; 3 – calibração com ACT; 4 – nivelamento e marcação da orientação.

Como observado nas figuras, após a orientação é realizado uma análise de QA/QC (*quality assurance/quality control*) para avaliar a confiabilidade dos dados. Posteriormente são adquiridas as medidas através do equipamento *REFLEX IQ-LOGGER - 481F413D400* e software Firmware version 1.3.30.

Na Figura 1.4 observa-se a coleta de dados estruturais diretamente no testemunho. A coleta consiste em utilizar a orientação feita na sondagem e adquirir as

medidas estruturais desejadas. Os dados são enviados diretamente para o banco de dados *online*, no qual ficam salvas medidas de ângulo de mergulho e direção.



Figura 1.4: Coleta de dados estruturais Equipamento IQ-LOGGER diretamente no testemunho de sondagem.

A Figura 1.5 apresenta o testemunho de sondagem com a foliação Sn marcada. O equipamento percorre o testemunho e paralisa quando atinge a marcação da Sn. A coleta da medida é realizada apoiando o aparelho na estrutura e apertando o botão na parte superior do equipamento.



Como observado na Figura 1.6, a medida e a verificação são realizadas em tempo real pelo profissional que realiza a coleta das medidas. Assim, é desenvolvido

continuamente todo o procedimento de coleta de dados até que todo o testemunho de sondagem seja analisado.



Figura 1.6: Verificação da coleta dos dados em tempo real. (Fonte: Reflex).

A análise dos testemunhos de sondagem, bem como o trabalho de campo, propiciou a produção de perfis litológicos e estruturais, os quais serão apresentados nos Resultados.

1.4.4. Descrição Microestrutural De Lâmina Polida-Delgada

Para a descrição microscópica das amostras, foram confeccionadas 20 lâminas polidas delgadas. As amostras foram produzidas em laboratório contratado pela empresa, o qual produziu as lâminas segundo a orientação do trabalho. Após a produção das mesmas, estas, foram analisadas no Laboratório de Microscopia do Instituto de Geociências – IG/UNICAMP. Foram analisados os minerais e microestruturas em luz transmitida e luz refletida nos equipamentos microscópio óptico Leica e as fotografias foram obtidas com auxílio de câmera digital modelo Leica MC120 HD acoplada a microscópio óptico.

2 - CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

2.1. Província Tocantins e o Arco Magmático De Goiás

O presente estudo foi realizado na área definida por Almeida (1977) como Província Tocantins. Esta, segundo o autor, corresponde a um amplo sistema orogênico neoproterozoico que se estende por uma área de aproximadamente 800.000 km². A área está situada entre o Cráton São Francisco, a leste, e Cráton Amazônico, a oeste, enquanto que os limites norte e sul são encobertos pelos depósitos fanerozoicos das bacias do Parnaíba e Paraná, respectivamente. A província apresenta direção geral norte-sul e possui cerca de 2.000 km de comprimento e até 800 km de largura, tendo sido originada pela junção dos crátons Amazônico e São Francisco, durante da aglutinação do Gondwana ocidental no fim do Neoproterozóico (Valeriano *et al.,* 2004).

A Província Tocantins é constituída por três cinturões orogênicos: Orógeno Araguaia, Paraguai e Brasília. A área de estudo está inserida no contexto do Cinturão Orogênico Brasília, o qual faz parte da porção leste da província. O arcabouço geológico dessa região é constituído por uma espessa sequência metavulcanossedimentar e uma grande porção de rochas do Arco Magmático de Goiás, um arco neoproterozoico juvenil.

O Arco Magmático de Goiás localiza-se entre o Maciço de Goiás e a zona externa do Cinturão Orogênico Brasília (Grupo Araxá e Terrenos granulíticos – ortognaisses), porção sul da Província Tocantins (Figura 2.1) (Pimentel *et al*, 2004). Do ponto de vista geográfico estende-se por mais de 1000 km entre as porções oeste de Goiás e Sul do Tocantins. É subdivido em dois domínios juvenis: (I) Sequência Metavulcanossedimentar Mara Rosa, na porção norte; (II) Sequência Metavulcanossedimentar Arenópolis, a sul (Pimentel & Fuck, 1992; Pimentel *et al.,* 1997).



Figura 2.1: Mapa geológico simplificado da porção centro-leste da Província Tocantins. (Extraído de Pimentel et al., 2004).

2.2. Sequência Metavulcanossedimentar Mara Rosa

Localizada a norte do Arco Magmático de Goiás, o domínio da Sequência Metavulcanossedimentar Mara Rosa, com idade em torno de 900-800 Ma (França, 2015), compõe a porção mais a leste do Orógeno Brasília e corresponde a um arco de ilha juvenil (França, 2015). Os depósitos de Au e Cu-Au de Chapada ocorrem hospedados nestas sequências, caracterizados por quatro associações principais: Depósito de Au-Ag-Ba de Zacarias, Depósito de Cu-Au de Chapada, Depósito de Au de Posse e ocorrência Au-Cu-Bi de Mundinho (Oliveira *et al.*, 2004) (Figura 2.2).



Figura 2.2: Mapa geológico esquemático do contexto da Sequência Metavulcanossedimentar Mara Rosa (Oliveira *et al.*, 2015).

2.2.1. Litoestratigrafia

Arantes et al. (1991) separaram a Sequência Metavulcanossedimentar Mara Rosa em três porções estreitas e anastomosadas com disposição geral NE, denominadas de faixas leste, central e oeste. As três faixas são compostas em diferentes proporções por associações de metabasaltos, metatufos intermediários a félsicos, metaultramáficas, metagrauvacas finas a médias, metacherts, formações ferríferas, além de grande variedade de rochas metassedimentares psamo-pelíticas, todas metamorfizadas sob condições de fácies xisto verde a anfibolito. O depósito de Au-Cu de Chapada está localizado na faixa Leste (Oliveira, 2015).

Subunidade metavulcânica básica: Compõe-se de uma associação de metavulcânicas e metaplutônicas básicas, além de metassedimentares químicas e pelíticas subordinadas. As metavulcânicas básicas (metabasaltos) são representadas por anfibolitos finos constituídos essencialmente de hornblenda e plagioclásio. As metaplutônicas básicas (metagabro-dioritos) são representadas por variações de anfibolito, quartzo anfibolito e quartzo-biotita-granada anfibolito. São comuns pequenos corpos de metatonalitos, metadioritos e hornblenditos pouco deformados intrusivos nessa unidade.

Subunidade metassedimentar: Compreende uma associação de rochas psamo-pelíticas encaixantes do granito Faina. As faixas de rochas metassedimentares ocorrem num domínio transcorrente NE, de alto ângulo, e são compostas por granadaestaurolita-plagioclásio-quartzo-muscovita-biotita xisto, cianita-granada-biotita xisto e biotita-quartzo xisto. Intercaladas ao pacote de rochas metassedimentares psamopelíticas, ocorrem rochas metassedimentares químicas representadas por gonditos e metacherts.

Subunidade metavulcanossedimentar: Compreende uma ampla variação de metavulcânicas básicas a ácidas, e metassedimentares psamo-pelíticas e químicas, além de produtos hidrotermais associados às mineralizações de Cu-Au (Chapada) e Au (Mundinho, Viúva, Suruca), dentre os quais se destacam estaurolita-cianita anfibolito, pirita-quartzo-sericita xistos, muscovita-biotita xisto feldspático, muscovita-biotita-plagioclásio-microclínio gnaisse e gedrita-antofilita xisto. As metavulcânicas básicas são representadas, sobretudo, por anfibolitos finamente bandados, sendo, no entanto, comuns variações de granada anfibolito, biotita anfibolito, antofilita anfibolito e epidoto anfibolito. Além disso são observados biotita-microclínio gnaisses, epidoto-biotita-plagioclásio gnaisses, muscovita-plagioclásio gnaisses e cianita-biotita-

plagioclásio gnaisses.

A sequência de rochas metassedimentares psamo-pelíticas apresenta ampla variação petrográfica: biotita xistos e biotita xistos feldspáticos, quartzitos e biotitaquartzo xistos feldspáticos intercalados esporadicamente por metavulcânicas básicas.

Embora os anfibolitos da região de Chapada-Mara Rosa estejam completamente recristalizados, texturas ígneas reliquiares e relações de campo e química das rochas apontam origem ígnea, provavelmente vulcânica (Kuyumjian 1989). Análises de elementos maiores indicam sistema basáltico típico de arcos juvenis.

Segundo Oliveira (2009), as rochas máficas são metabasaltos (granada, diopsídio e epidoto anfibolitos) e meta-andesitos basálticos (quartzo-granada e quartzo anfibolitos). Os metabasaltos possuem assinatura geoquímica similar a basaltos toleíticos imaturos de arco de ilha, ricos em Mg, Ni e Cr. Os diopsídio-anfibolitos, entretanto, apresentam assinatura geoquímica complexa entre arcos de ilha e MORB, o que sugere ambiente de formação de retro-arco (Kuyumjian, 1994; Junges *et al.,* 2002). Já os meta-andesitos basálticos apresentam caráter predominantemente calci-alcalino de arco oceânico.

Ortognaisses dioríticos a tonalíticos: Caracterizados por biotita gnaisses com idade U-Pb em zircão de 845 ± 5 Ma, obtido de gnaisse tonalítico do depósito de Au Posse (Melo, 2006). Segundo Junges (1998) e Viana (1995), os ortognaisses da região de Mara Rosa são primitivos, de natureza cálcica a calci- alcalina. Baixas concentrações de LIL e HFS, bem como baixas razões de Ta/Nb e Y/La, indicam que o protólito desses ortognaisses é derivado do manto. Assim, os ortognaisses tonalíticos assemelham-se a granitóides do tipo M de arcos de ilha imaturos (Kuyumjian, 1989; Viana, 1995).

*Cianititos e cianita quartzitos: R*ochas compostas por cianita (granada-cianitamuscovita-biotita xisto, quartzo-muscovita- cianita xisto, cianita quartzito e cianitito), com intercalações de metavulcânicas básicas a intermediárias (anfibolitos, anfibólio xistos), quartzo-clorita-muscovita xisto e pirita-clorita-sericita xisto. Ocorrem como rochas hospedeiras do depósito de Cu-Au Chapada. Palermo (1996) indica que a formação de cianita pode estar ligada à alteração hidrotermal-magmática de rochas intrusivas ácidas, seguido por metamorfismo de fácies anfibolito de produtos hidrotermais aluminosos em 860 Ma (Pimentel et al., 1997).

2.3. Geologia Estrutural Da Sequência Mara Rosa

A área de estudo do depósito Chapada e alvo Suruca ocorre no Cinturão Orogênico Brasília. Apresenta extensas zonas de cisalhamentos de empurrão, com vergência, em geral, para SE, o que indica transporte direcional do Cráton Amazônico em direção ao cráton São Francisco, separando a sequência metavulcanossedimentar Mara Rosa dos terrenos granito-*greenstone* arqueanos da região de Crixás-Hidrolina e das sequências metassedimentares do grupo Serra da Mesa.

A Zona de Cisalhamento Rio dos Bois, delimitada pelo rio homônimo, ocorre a sudoeste do alvo Suruca e consiste na principal estrutura na área de estudo. É responsável pela justaposição tectônica dos domínios paleoproterozoico, sequência metavulcanossedimentar Campinorte) e neoproterozóico (sequência metavulcanossedimentar Mara Rosa). É uma zona de cisalhamento reversa com alta obliquidade e disposição geral N20-40E/20-40NW com transporte tectônico para SE em direção ao Cráton São Francisco (Oliveira, 2009). A maior parte da mineralização do depósito de Chapada está condicionada a essa estrutura.

São descritas cinco fases deformacionais (Dn-2, Dn-1, Dn, Dn+1 e Dn+2) (CPRM, 2007), entretanto, apenas três dessas últimas fases são evidenciadas na sequência metavulcanossedimentar Mara Rosa. As duas primeiras fases de deformação estão relacionadas a eventos do Paleoproterozoico e as três fases subsequentes ao Neoproterozoico. Oliveira (2015) descreve a sequência dos episódios mais significativos que atuaram na área do depósito de Chapada como:

- Dn: Dobramento isoclinal recumbente seguido de redobramento assimétrico apertado coaxial, com vergência para E a SE, em associação com metamorfismo de fácies anfibolito (paragêneses cianita-sillimanitaestaurolita-granada-biotita e hornblenda-plagioclásio granada) em rochas metassedimentares pelíticas e metabásicas, respectivamente, com desenvolvimento de superfícies axiais S1 e S2 com orientação geral NE e mergulhos para NW (N10-50E/30-60NW). Segundo (Junges et al., 2002) o pico metamórfico ocorreu em torno de 760 Ma.
- Dn+1: Falhamento reverso a dobramento assimétrico dúctil a dúctil-rúptil responsável pela estruturação da falha Rio dos Bois. Este evento está

associado ao metamorfismo retrógrado de fácies xisto verde, com biotitização que acompanham a remobilização de sulfetos no depósito de Chapada, sericitização frequente em feldspatos e silicatos aluminosos além de cloritização e epidotização, comuns em anfibólios e plagioclásios. Para Junges *et al.* (2002) o metamorfismo referente a esta fase ocorreu até 600 Ma, já Pimentel *et al.* (1997) acredita que o pico metamórfico ocorreu em 632+4 Ma.

 Dn+2: Dobramentos simétricos abertos tardios aos quais se associam sinclinais e anticlinais com eixos ortogonais E-W e N-S e falhamento normal dúctil-rúptil supostamente controlado pela ascensão do complexo Hidrolina e consequente descolamento das unidades de cobertura. Tratamento estatístico dos dados estruturais indica ter havido dobramento regional aberto da foliação em duas direções, aproximadamente EW e NS, o que resultaria em padrão de interferência do tipo domos-e-bacias.

Oliveira (2015) descreve modelo de evolução estrutural baseado nos três eventos condicionantes da deformação da área (Figura 2.3).



Figura 2.3: Geologia e estruturação ao longo da seção NW-SE do depósito de Cu-Au de Chapada. (Oliveira et al., 2015)

2.4. Evolução Geológica Da Sequência Mara Rosa

A evolução geológica regional associa-se a um cinturão colisional com evidências de evolução magmática orogênica. Para Oliveira (2009), a evolução contínua de placas colisionais pode ser compartimentada em quatro estágios com características magmáticas distintas: (I) estágio de subducção; (II) estágio de magmatismo colisional sin-tectônico; (III) estágio de magmatismo colisional póstectônico; e (IV) estágio de extensão pós-orogênico como apresentado na Fig. 2.4.



Figura 2.4: Modelo de reconstrução para a evolução neoproterozoica da Província Tocantins (Pimentel et al., 2000)

O estágio de subducção intraoceânica provavelmente ocorreu entre 0,8 e 0,9 Ga (Figura 2.4A), e é representado por rochas vulcânicas toleíticas e rochas plutônica cálci-alcalinas (granitóides M e I) de arcos de ilhas e bacias de retro-arco. Acredita-se que o depósito de Chapada teria sido gerado neste momento, o qual segundo Richardson *et al.* (1986), é comparável aos depósitos de Cu-Au porfiríticos de arcos de ilhas intra-oceânicos.

O estágio colisional posterior, com espessamento crustal é responsável pelo pico metamórfico regional em 630 Ma, ao final da orogênese Brasiliana (Figura 2.4B). Este evento é relacionado ao desenvolvimento da Zona de Cisalhamento Rio dos Bois, dentre outras estruturas similares responsáveis por mineralizações auríferas regionais.

Junges *et al.* (2002) descreve dois eventos metamórficos: um evento mais antigo aproximadamente entre 760-730 Ma (Figura 2.4B), interpretado preliminarmente como o resultado da acresção de terrenos de arcos de ilhas, e outro evento mais jovem, cerca de 610-604 Ma (Figura 2.4C), associado ao fechamento do oceano Brasiliano e à colisão envolvendo os continentes Amazônico e São Francisco.

O período de máximo espessamento crustal foi sucedido por magmatismo

colisional pós-tectônico, controlado por extensão litosférica. Este evento é marcado por intrusão de granitos alcalinos (biotita granitos, leucogranitos), gabros e dioritos entre 590 e 560 Ma.

3. GEOLOGIA DO ALVO SURUCA

O Alvo Suruca é uma continuação do *trend* regional NE (Figura 1.2), e inserese no mesmo contexto deformacional e metamórfico do depósito de Chapada.

A partir das informações obtidas em campo, somadas aos dados de testemunhos de sondagem orientados, foi possível desenvolver um mapa geológico do alvo Suruca, esse mapa é resultado da avaliação dos dados obtidos ao longo do desenvolvimento do projeto de exporação o alvo Suruca (Figura 3.1). O alvo é descrito pela equipe de exploração pelos seguintes litotipos: metagrauvaca (AQS), metapelito (MTS), rocha metavulcânica intermediária (MVI), metaquartzo diorito porfirítico (QDP), anfibolito (ANF) e hornblendito (HBL). As siglas entre parênteses correspondem à classificação utilizada na empresa para estes diferentes litotipos.

O pacote metassedimentar do alvo Suruca abrange as unidades de metapelito e metagrauvaca. A metagrauvaca está relacionada a metassedimentos ricos em anfibólio e é representada dominantemente por anfibólio-quartzo xisto, o qual caracteriza o *footwall* da zona mineralizada do alvo. O metapelito, camada encaixante superior da mineralização (*hangwall*), consiste em granada-biotita-muscovita xisto e granada-sericita-biotita-xisto, ambos com porfiroblastos de granada. Também pode ocorrer como intercalações lenticulares em outros litotipos.

A rocha metavulcânica intermediária compreende biotita gnaisse, comumente com muscovita, epidoto e, localmente, com cianita de granulação média a grossa. Possui ocorrência de veios de quartzo concordantes e discordantes da foliação.

O metaquartzo diorito porfirítico ocorre normalmente no formato de lentes e é caracterizado por epidoto-muscovita gnaisse ou muscovita-quartzo xisto, a matriz em geral é fina com a presença de porfiroblasto de quartzo.

O anfibolito é constituído por antofilita, biotita, granada e epidoto e associa-se às unidades de rochas metavulcânicas e metaplutônicas de caráter básico.

O hornblendito ocorre localmente na porção central do alvo como um dique máfico, é composto essencialmente por anfibólio e quartzo com matriz silicificada.

Ademais, com o intuito de observar as relações estruturais entre os litotipos desenvolveu-se duas seções transversais ao mergulho das camadas.



Figura 3.1: Mapa geológico do alvo Suruca com a orientação das seções e localização dos furos estudados.

A seção A-A' representa o domínio sudoeste do alvo e abrange os litotipos metapelito, anfibolito e metaquartzo diorito. Em ambas seções é possível observar uma foliação principal S1 (detalhadas no subitem 4.1) paralela ao mergulho das camadas, a qual é truncada por outra foliação S2, em locais subparalela a S1 (detalhadas em 4.1). A seção B-B' caracteriza a porção nordeste e compreende metapelito, rocha metavulcânica intermediária e metaquartzo diorito porfirítico. A escolha das seções baseou-se nos testemunhos, onde, petrograficamente, observou-se a maior quantidade de indicadores cinemáticos (Figuras 3.2 e 3.3).



Figura 3.2: Seção esquemática do testemunho orientado SU_966. Seção abrange os litotipos metaquartizo diorito porfirítico, metavulcânica e metapelito. As amostras 7a, 7b e 8 apresentam indicadores cinemáticos descritos em 4.1 sendo uma zona de cisalhamento discreta que trunca a foliação pretérita e produz os indicadores biotita e clorita *fish*.



Figura 3.3: Seção esquemática do testemunho orientado SU_938 e SU_947. Seção abrange os litotipos metaquartizo diorito porfirítico, metavulcânica e metapelito. As amostras 14 apresenta indicador cinemático descritos em 4.1 sendo uma zona de cisalhamento discreta que trunca a foliação pretérita e reorienta biotita quartzo.

3.1. Alteração Hidrotermal

Pian (2017), caracteriza os halos de alteração hidrotermal, sobretudo na porção SW do alvo Suruca: Biotitização (alteração potássica): Caracterizada por biotita ± pirita ± calcopirita. É marcada por biotita em estilo pervasivo. Os sulfetos que ocorrem associados ao halo hidrotermal são produto de remobilização;

 Muscovitização: Formada por muscovita ± sericita ± pirita ± calcopirita, de estilo pervasivo, orientação fraca a ausente, com uma segunda geração de cristais em hábito radial. Os sulfetos também são produto de remobilização;

3) Epidotização: Caracterizada por epidoto + clinozoisita + pirita ± calcopirita na porção SW e + clinozoisita + clorita + calcita + titanita + calcopirita + pirita ± apatita ± magnetita ± pirrotita ± galena ± esfalerita. Na porção NE do alvo, a alteração condiciona a mineralização de ouro, quando há ocorrência de esfalerita, galena, carbonato condicionados em veios de epidoto;

Propilitização: Semelhante à epidotização, diferenciada por epidoto+anfibólio+biotita+pirita.

5) *Silicificação:* Representa o evento mais tardio do depósito com paragênese mineral de epidoto+carbonato+pirita+quartzo e, por vezes, ocorrência de calcopirita, esfalerita e galena, produtos de remobilização.

3.2. Metamorfismo

Canesin (2010) determinou os seguintes eventos metamórficos para o alvo Suruca (Figura 3.1): (I) Metamorfismo regional da Sequência Metavulcanossedimentar Mara Rosa; (II) Metamorfismo dinâmico, relacionado às zonas de cavalgamento, tipo Falha dos Bois; (III) Metamorfismo regional, evidenciado por minerais característicos de fácies anfibolito; (IV) Retrometamorfismo e percolação de fluidos.



Figura 3.4: Diagrama Pressão X Temperatura X Profundidade e localização dos campos metamórficos. A curva vermelha representa a progressão e regressão do metamorfismo que atingiu a sequência metavulcanossedimentar Mara Rosa, segundo Canesin (2010). (Modificado de Yardley, 1988).

O metamorfismo em fácies anfibolito ocorreu na fase Dn com temperatura e pressão entre 600-700 °C com 7,5 kb Richardson *et al.* (1986).

Para Canesin (2010), as fraturas em granada são evidências da fase Dn+1. O retrometamorfismo está relacionado à fase Dn+1 e Dn+2 e é caracterizado pela hidratação da hornblenda e a formação de minerais tardios, como muscovita.

4. GEOLOGIA ESTRUTURAL DO ALVO SURUCA

Considerando o enfoque do presente trabalho em analisar a geologia estrutural do alvo Suruca de maneira multiescalar, o capítulo foi elaborado da seguinte maneira: I) Análise de lineamentos estruturais; II) Trabalho de campo para coleta de dados estruturais; III) Análise dos dados de testemunhos de sondagem orientados; IV) Análise de lâminas delgadas-polidas dos testemunhos orientados.

A primeira etapa culminou na produção de um mapa de lineamentos positivos e negativos regional, a fim de caracterizar zonas de estruturas homólogas na região do distrito de Chapada (Figura 4.1). Três zonas homólogas foram definidas com base na densidade e direção dos lineamentos.

4.1. Análise de Lineamentos



Figura 4.1: Mapa de estruturas regionais com lineamentos positivos e negativos e subdivisão em zonas homólogas. O polígono amarelo corresponde à área do alvo Suruca.

Levando em conta os dados gerados, foram produzidos, para cada zona homóloga, um diagrama de roseta com o objetivo de avaliar a direção preferencial dos lineamentos em cada domínio e suas variações. A zona homóloga A possui direção preferencial dos lineamentos para NE (Figura 4.2A), enquanto as zonas B e C apresentam maior frequência de lineamentos com orientação NW (Figura 4.2B e 4.2C). Considerando a área total, nota-se uma predominância dos lineamentos para NW, com uma componente EW de menor frequência (Figura 4.2D).



Figura 4.2. Diagrama de roseta para os lineamentos regionais. A) Zona homóloga A – predominância dos lineamentos para NE; B) Zona homóloga B – predominância dos lineamentos para NW; C) Zona homóloga C – predominância dos lineamentos para NW; D) Área total – predominância dos lineamentos para NW com uma componente EW de menor frequência.

O mesmo procedimento supracitado foi realizado para a área do alvo Suruca (Figura 4.3).



Figura 4.3: Mapa de lineamentos para a área do alvo Suruca.

O diagrama de roseta para a área do alvo Suruca exibe uma frequência similar entre os lineamentos nas direções NE e NW. Destaca-se também uma componente menos frequente de orientação EW (Figura 4.4).



Figura 4.4: Diagrama de roseta para a área do alvo Suruca. Observa-se uma frequência similar nas direções NE e NW.

A partir dos lineamentos obtidos foi possível dividir o alvo Suruca em três domínios (zonas homólogas) com o intuito de avaliar de maneira mais detalhada as medidas estruturais da área de estudo. Desta forma, o alvo foi dividido em: Suruca-SW; Suruca-Central; Suruca-NE (Figura 4.5).



Figura 4.5: Domínios estruturais do alvo Suruca, obtidos por meio da análise dos dados de lineamentos estruturais. Os pontos verdes representam a localização dos furos de sondagem estudados.

As amostras de testemunhos de sondagem selecionadas para análise petrográfica, com a respectiva informação do furo, profundidade, orientação e litotipo ao qual está associada, essas amostras foram selecionadas a fim de se observar as características microestruturais do alvo (Tabela 1 - Anexo).

4.2. Eventos De Compartimentação Do Depósito

Foram observados os seguintes eventos: 1) evento hidrotermal de mineralização; 2) evento de deformação D1; 3) evento de deformação cisalhante D2 e 4) evento de hidrotermal de muscovitização. Esses eventos condicionaram a disposição atual do depósito do Suruca.

• Evento hidrotermal de mineralização

A rocha hospedeira do depósito é dominantemente o metapelito. É possível observar a alteração disseminada e em veios. Relictos de piroxênio e granada compões a assembleia mineral mais antiga. Este par mineral marca a assembleia principal da alteração do tipo skarn, contudo não se observa esses minerais em contato.



Figura 4.6: Fotomicrografia da amostra 09 metapelito com assembleia com os minerais act – actinolita, ep – epidoto, qtz – quartzo e py – pirita.

A assembleia de alteração hidrotermal disseminada mais proeminente é composta por epidoto, quartzo, carbonato, micas e anfibólio (Figura 4.7).



Figura 4.7: Fotomicrografia apresentando associação mineral. A – Amostra 1 com assembleia mineral de anf (anfibólio), cb (carbonato), py (pirita) e grt(granada). B – Idem a A com nicois cruzados. C – Amostra 2b com associação mineral ep (epidoto), py (pirita), bt (biotita) e grt (granada). D – Mesmo de C a nicois cruzados.

Os veios são divididos em três diferentes tipos:

(a) veios cálcicos, compostos de epidoto, granada, clorita, carbonato e pirita; são veios muito semelhantes aos polimetálicos, principalmente em relação à composição mineralógica, não possuindo os sulfetos esfalelita e galena. Possuem formato retilíneo, espessura centimétrica, exibem halo de alteração e ocorrem com limites difusos com a encaixante (Figura 4.8A). São concordantes com a foliação principal. Com relação à alteração, estes ocorrem na porção com calcificação.

(b) veios com a associação *biotita, pirita e quartzo*, de baixos teores de Au. São veios com limites difusos com a encaixante metapelitica (Figura 4.8B)

(c) veios *polimetálicos*, compostos por epidoto, granada, clorita, carbonato, galena, esfalerita e pirita (Figura 4.8C). Ocorrem com espessuras variadas, em geral centimétricas, e associam-se à calcificação da rocha hospedeira.



Figura 4.8: Testemunhos de sondagem com exemplos dos veios mineralizados no alvo. *(A) Veio* cálcico - ocorre associado à rocha hospedeira metapelito (MTS) compostos de epidoto, granada, clorita, carbonato e pirita, possuem espessura centimétrica e concordantes com a foliação principal S1. (B) Veio *Biotita, pirita, quartzo* - veios com a associação *biotita, pirita e quartzo*. Ocorrem associados a rocha hospedeira metapelitos (MTS) e a metavulcânica intermediária (MVI); (C) veios *polimetálicos* irregulares parcialmente absorvidos pela foliação S1. (D) detalhe dos minerais de minério, com ouro livre destacado envolta por esfalerita e pirita.

• Estruturas relacionadas a D1

O estudo estrutural de detalhe foi realizado no garimpo Suruca, pois a região apresenta mais de 50 m de espessura média de solo. O saprolito é em geral amarelo a ocre, formado por argilominerais, minerais oxidados, e veios de quartzo concordantes e discordantes de S1.

A foliação mais proeminente da região é denominada de S1, relacionada a um evento deformacional D1. A deformação D1 paraleliza com S1 veios de quartzo e os veios mineralizados. A foliação é contínua do tipo xistosidade, marcada por filossilicatos no garimpo do Suruca (Fig. 4.9). A máxima densidade indica que a foliação S1 tem rumo de mergulho 310/30 (Figura 4.10).



Figura 4.9: Foliação S1 marcada por filossilicatos, observada no saprolito no garimpo do Suruca. A foliação (linha amarela) possui rumo de mergulho 310/30. Veio de quartzo (linha branca) tem rumo de mergulho em 320/15.



Figura 4.10: Estereograma de igual área, hemisfério inferior com os polos de 26 planos de foliação S1, obtidas sobretudono saprolito do garimpo do Suruca.

Para tornar a análise mais robusta, foram compilados os dados de S1 coletados em mapeamentos anteriores realizados pela empresa, os quais somados às informações de campo mostram que a maior densidade de planos, 16,6%, possui rumo de mergulho 315/22. Isto é, classifica-se como a foliação mais proeminente da região.



Figura 4.11: Estereograma de igual área, hemisfério inferior com os polos de 95 planos de foliação S1, de dados compilados de campanhas anteriores da empresa Yamana Gold.

Na sequência são apresentados os dados obtidos através dos testemunhos de sondagem orientados ao longo da campanha de exploração da empresa. Estes, representam a quantidade de dados coletados. Isto porque S1 é a foliação mais proeminente da região e também pelo fato dos testemunhos representarem o que há de menos alterado intempericamente no local de estudo.

Dada a quantidade de dados relacionadas a esses furos, optou-se por apresenta-los pelos 3 domínios definidos na figura 4.5. Os resultados mostram que para o domínio SW a maior densidade de medidas, 19,4%, tem rumo de mergulho 313/28. Para o domínio central a maior densidade de medidas, 12,5%, tem rumo de mergulho 300/39 e no domínio NE, as maiores densidades de medidas, 19%, tem rumo de mergulho 290/32.



Figura 4.12: Estereogramas de igual área e hemisfério inferior para os polos da foliação Sn coletados nos testemunhos de sondagem orientados. A – Porção representativa do domínio SW, 59 medidas. B – Porção referente ao domínio central, 670 medidas. C – Porção referente ao domínio NE, 285 medidas.

Os veios que registram porções com teor de Au nos testemunhos, aparentemente, ocorrem concordantes com a foliação principal S1. Para entender qual a disposição real desses veios em relação ao S1 dos testemunhos foi produzido um estereograma que é apresentado (figura 4.13) com as medidas dos veios classificados acima.



Figura 4.13: Estereogramas de igual área e hemisfério inferior para os polos dos veios mineralizados, coletados nos testemunhos de sondagem orientados. 5 – Veio cálcico; 9 – veio biotita, pirita e quartzo; 8 – veios polimetálicos.

Os veios mineralizados se apresentam sub-concordantes com S1 e medem rumo do mergulho 310/33 nos domínios central e NE, uma vez que o domínio SW possui outro sistema de mineralização.

O alto teor de ouro no alvo ocorre associado à ocorrência dos veios polímetálicos. Por isso, foram selecionados dois furos do domínio central SU_1041 e NE SU_1040. Desses furos, foram produzidos os estereogramas para S1 de cada furo e os estereogramas correspondentes aos veios polimetálicos.

Como é possível se observar o testemunho SU_1040 possui densidade máxima de planos, 10,1%, S1 com rumo de mergulho 265/38, ao passo que os veios polimetálicos correspondentes a esse furo possui densidade máxima de planos, 32,7%, com rumo de mergulho 232/44. Há então, uma variação entorno de 20º de rumo de mergulho entre as medias dos veios polimetálicos e do S1 correspondente do furo.



Figura 4.14: Estereogramas de igual área e hemisfério inferior dos polos de foliação Sn e planos dos veios para o testemunho SU_1040. *A* – *Medidas Sn em testemunho SU_1040*; *B* – *medidas planos de veios polimetálicos*.

Do mesmo modo que para o testemunho SU_1040, para o testemunho SU_1041 a máxima densidade de planos S1, 25,1%, tem rumo de mergulho 310/33, ao passo que os veios polimetálicos desse mesmo furo possuem densidade máxima de medidas, 40,5%, com rumo de mergulho 330/22. Mais uma vez com uma variação angular de aproximadamente 20°.



Figura 4.15: Estereogramas de igual área e hemisfério inferior dos polos de foliação Sn e planos dos veios para o testemunho SU_1040. *A* – *Medidas Sn em testemunho SU_1041. C* – *Sn em testemunho SU_1041; D* – *medidas de planos de veios polimetálicos.* –

Petrograficamente, a foliação S1 é definida como uma xistosidade contínua nas rochas metapelitos e metavulcânica de composição intermediária, caracterizada pela assembleia anfibólio, biotita, apatita, granada, epidoto e quatzo (Figura 4.19).



Figura 4.16: Fotomicrografia da rocha metavulcânica intermediária (biotita-anfibolio-epidoto xisto), amostra 11 – SU_551 com xistosidade marcada pelos anf (anfibólios). A – Imagem a nicois descruzados, note que S1 é plano axial de S0, Ti (titânita) presente, juntamente com ep (epidoto), pl (plagioclásio) e ap (apatita). B – imagem a nicois cruzados com marcação mais forte do dobramento de Sn-1. A medida de S1 tem nessa lâmina rumo do mergulho 266/7 sendo S1 plano axial da dobra formada pelos cristais de epidoto e anfibólio.

Contudo, no domínio SW do alvo Suruca (Figura 4.5), a foliação é do tipo espaçada, anastomosada, com domínios de xistosidade marcados por biotita e muscovita e domínios de microlitons amendoados marcados por quartzo *ribbon*, pirita e apatita (Figura 4.17).



Figura 4.17: fotomicrografia de da amostra 2a MTS. A – nicois cruzados com xitosidade continua marcada pelos cristais de micas. B – muscovitização obliterando minerais como quartzo e até mesmo a biotita. Ap – apatita; ms – muscovita; py – pirita – qtz – quartzo; bt – biotita.

• Estruturas Relacionadas A D2

Também ocorrem veios de quartzo concordantes e discordantes da foliação mais proeminente S1 (Figura 4.10A e B). Em geral são constituídos de quartzo monominerálico, ou quartzo, carbonato e sulfetos, em especial pirita. . Os veios são

observáveis tanto em escala microscópica como em escala macroscópica. Os veios discordantes observados, em escala microscópica, não ocorrem em planos de ruptura da rocha, preenchem espaços entre limites de grão de quartzo recristalizado. (figura 4.18C e D).



Figura 4.18: Veios de quartzo discordantes e concordantes à foliação principal S1 do depósito. Esses veios são em geral compostos por quartzo leitoso, carbonato e sulfetos. A – escala de afloramento, veio de quartzo, com fraturas paralelas as suas paredes, com rumo do mergulho 40/90. linha tracejada branca marca o veio . B – Foliação S1 (linha amarela) marcada por filossilicatos com rumo de mergulho 310/30, observada no saprolito no garimpo do Suruca. Veio discordante, composto por quartzo leitoso e sulfetos com rumo do mergulho 35/70. C – fotomicrografia de metapelito (amostra 6), com veio de quartzo com textura granoblástica poligonal, concordante com a foliação S1 (linha tracejada amarela). Notar veio veio discordante de carbonato . D – Fotomicrografia de detalhe, com veio discordante de carbonato preenchendo os limites dos grãos poligonais de quartzo do veioconcordante.

Associado ao evento deformacional D1 ocorre intensa recristalização dos veios de quartzo, evidenciada por grãos granoblásticos poligonais (Figura 4.19). Estes veios são concordantes com a foliação S1.



Figura 4.19: Fotomicrografia de metapelito, apresentando fraturas que representam estruturas discordantes da foliação principal. A – veio de quartzo com textura granoblástica poligonal. As faces dos grãos são côncavo-convexas. Vênulas discordantes de carbonato seccionam o veio de quartzo. B – veio discordante de pirita (py).

Importante ressaltar que no garimpo do Suruca o minério era retirado de zonas com ocorrência dos veios de quartzo concordantes que serviam de guia prospectivo no garimpo. Porém, nas análises químicas dos testemunhos de sondagem, as porções com sua ocorrência não representam teores significativos ou anômalos.

O evento de deformação D2 resultou na foliação S2 e em vênulas de carbonato e sulfetos. A foliação S2 é somente observada microscopicamente, como zonas de cisalhamento discretas, infletindo e transpondo a foliação S1 nos metapelitos, metavulcânicas e quartzo diorito porfirítico. Muitos indicadores cinemáticos são observados, como inflexão de S1 para S2, mica *fish* como muscovita ou clorita pseudomorfa de anfibólio, pares S-C, entre outros (Figura 4.20). Esses indicadores apresentam via de regra movimento reverso de topo para SE.



Figura 4.20: Fotomicrografia de metapelito (rocha granada-clorita-biotita-epidoto xisto) (amostra 7a) primeira linha amostra de mão, e fotomicrografia em LN e LP: zona de cisalhamento discreta milimétrica, afetando a foliação S1, oblíqua. Notar o par S-C internamente a faixa de cisalhamento. e clorita fish com movimento com topo para SE. (amostra 7b) segunda linha: lamela de clorita fish, utilizada como indicador cinemático. Porção SW do alvo Suruca. Qtz – quartzo; anf – anfibólio; chl – clorita; act – actinolita.

A rocha metapelito (granada-clorita-biotita-epidoto xisto) apresenta a foliação S2, composta pelo par S-C, onde S é marcada por clorita *fish* e C por quartzo recristalizado. O plano de foliação S1 com rumo de mergulho 283/38, a orientação da lâmina é NW—SE, configurando movimento reverso, de topo para SE (Figura 4.21).



Figura 4.21: Fotomicrografia da rocha metapelito (amostra 8). Biotita fish, marcando a S do par S-C, e sombrea de pressão de minerais opacos, indicando sentido do movimento reverso. Orientação de S1 na lâmina é 283/38.

O quartzo diorito porfirítico apresenta indicadores cinemáticos como sombra de pressão em granada e biotita fish. A reconstrução da posição original da lâmina indica que o movimento ocorreu com topo cavalgando para SE. A sombra de pressão é marcada por quartzo, epidoto e biotita fish (Figura 4.22).



Figura 4.22: Fotomicrografia de sombra de pressão em granada em quartzodiorito. A – Indicador cinemático apresenta movimento de topo para SE, sombra de pressão de biotita e quartzo. Bt – biotita; grt – granada. B – granada com sombra de pressão assimétrica indicando movimento de topo para SE. A sombra de pressão de biotita e quartzo - quartzo.

Os veios são observáveis tanto em escala microscópica quanto macroscópica, dos dados de mapeamentos, foram coletadas 4 medidas desses veios discordantes, essas medições foram realizadas na cava do antigo garimpo do Suruca. Diagrama de igual área e hemisfério inferior foram produzidos para avaliação dessas medidas (Figura 4.23). A maior densidade de planos dos veios discordantes coletados na cava do Suruca é um rumo de mergulho de 44/90. Uma diferença de 105° graus entre a maior frequência de medidas para a região central que tem rumo de mergulho 300/39.



Figura 4.23: Estereogramas de igual área e hemisfério inferior dos polos de fraturas discordantes da foliação coletadas na cava do garimpo. Maior densidade dos planos é 44/90.

4.3. Evento Hidrotermal De Muscovitização

A muscovitização foi observada somente petrograficamente nos metapelitos, cortando os minerais da matriz (Figura 4.24). A muscovita é bem formada, as lamelas apresentam limites retos e não reativos, sem orientação preferencial. Podem ter textura poiquiloblástica, com inclusões da matriz do metapelito. O hábito principal é lamelar a fibroradiado



Figura 4.24: Fotomicrografia do metapelito. Muscovita lamelar a fibroradiada sem orientação preferencial. Ms – muscovita; py – pirita.

5. DISCUSSÃO

A evolução geológica da área de estudo se relaciona com a evolução do Arco magmático de Goias, esta teve como evento deformacional o período que se inicia em 890 Ma até 610 Ma (Pimentel *et al.*, 1992; Pimentel *et al.*, 2000). Durante este intervalo de tempo três períodos deformacionais são descritos para a região e encontram-se no cap 2. Neste momento os dados produzidos serão questionados e confrontados com os dados da literatura, sobretudo no que se refere aos dados estruturais.

O depósito do Suruca é um depósito de característica de mineralização magmática hidrotermal com eventos de deformação e metamorfismo sobrepostos. Os litotipos que hospedam o minério são essencialmente metapelitos e metavulcânicas. Para Pian (2017) A alteração que hospeda a mineralização é sericítica e biotitica no caso do alvo Suruca SW, e cálcica na porção central e NE do depósito.

Interpretado como um sistema skarnífero proximal Sillitoe (2014, relatório interno), a mineralização do Suruca foi originada durante o início da subducção da placa oceânica em ambiente de arco de ilha Junges *et al.* (2002). Durante este período houve a intrusão de um corpo diorítico com posterior formação de halos hidrotermais propiciou alteração magmática hidrotermal com as características dos skarns de zinco definidos por (Meinert, 1992).

Em consultoria realizada em 2014, Silitoe (relatório interno) definiu o depósito como um skarn proximal Cu-Au e distal Zn-Pb, que se relaciona com o pórfiro que origina a mineralização do depósito Chapada (Oliveira *et al,* 2015). E, posteriormente, deformado e submetido às condições geotectônicas que abrangem a evolução da sequência metavulcanossedimentar Mara Rosa. Os depósitos associados à intrusões porfiríticas (Figura 5.1).



Figura 5.1: 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).

Das campanhas prospectivas de exploração da empresa YamanaGold, sabese que os veios polimetálicos (Figura 4.9) indicam alto teor de Au, são concordantes com a foliação S1 e estão associados principalmente ao nível com alteração cálcica. Estes então, podem ser veios, vênulas e *stockworks* que foram paralelizados a S1 pela deformação D1.

O alvo Suruca está no mesmo *trend* NE do depósito de Chapada, estudado por Oliveira (2009). Tal relação foi base para produção da figura de lineamentos (Figura 4.1) que buscou separar a área de estudo em zonas homólogas e posteriormente domínios. Foram identificadas três zonas homólogas com base na densidade de lineamentos estruturais (Figura 4.1). O diagrama de roseta para os lineamentos (Figura 4.2) mostram que há uma predominância de lineamentos estruturais na direção NW-SE tanto para a área regional quanto para a área de estudo, com uma componente E-W relativamente significativa. Esse padrão NW-SE de lineamentos pode estar associado ao que Oliveira (2009) define como falhas associadas

reativação de estruturas pré-existentes, decorrentes da deformação Dn+2 (Oliveira, 2009).

Entretanto, neste trabalho optou-se por não separar um evento de natureza rúptil. Seguindo a sugestão de Fossen (2012) e Blenkinsop *et al*, (2018), não é recomendável separar os ambientes de deformação em rúptil e dúctil, principalmente em ambiente de percolação de fluidos e mineralização onde ambos ocorrem ao mesmo tempo. Por isso, o presente trabalho não considera D3 como um evento tardio de natureza rúptil, e sim associado possivelmente ao evento D2. Estudo estrutural de dinâmica do evento de cisalhamento D2 é necessário para definir os elipsóides de tensão-deformação e a relação das falhas, veios posteriores, etc a modelos do tipo riedel.

5.1. Eventos que compartimentam o depósito Suruca

Evento hidrotermal e de mineralização

O primeiro evento descrito nos resultados é de natureza hidrotermal e como citado, faz parte da mineralização escarnífera associada ao depósito do Suruca. A paragênese desse sistema era formada por Piroxênio, granada, anfibólios e minerais de minério. A assembleia correspondente ao retrometamorfismo desses minerais fica marcada pela associação Anfibólio, epidoto, carbonato, biotita e clorita (Figura 4.12).

Evento de deformação D1

S1 é a foliação mais proeminente da região, e está possivelmente associada ao pico metamórfico registrado em D1, não obstante a paragênese associada à foliação S1 representa esses minerais de mais alto grau metamórfico.

As medidas de campo mostram que há uma predominância de rumo de mergulho 310/27.

A imagem de lineamentos e zonas homólogas permitiu avaliar a variação de S1 ao longo do *trend* estrutural do Suruca (Indicar figura de mapa). A maior densidade do rumo do mergulho no alvo varia de 310/27 no domínio SW, para 300/39 no domínio central e 290/32 no domínio NE (Figura 4.5). Esses dados dos testemunhos de sondagem mostram a inflexão que a foliação S1 do alvo faz para norte à medida que se avança para NE. A NE da região, ocorre a falha Rio dos Bois., responsável por remobilizar a mineralização no depósito Chapada (Oliveira *et al,* 2015). No alvo Suruca, estudos mais detalhados podem indicar a mesma influência da Falha dos Bois da disposição atual do alvo Suruca.

Dos dados de testemunhos orientados, a orientação dos veios polimetálicos foi medida. Os testemunhos usados (SU_1040 e SU_1041) registraram uma variação de 20º entre a máxima densidade de valores S1 e a máxima densidade de valores para os veios polimetálicos. Essa inflexão de S1 em relação aos veios que em amostra de mão parecem sub concordantes, mostra que os veios estão sendo possivelmente transpostos por S1 (Figura 4.16; 4.18; 4.19).

Em lâmina a foliação se trata de uma xistosidade continua marcada pelos anfibólio e biotita. Por vezes S1 marca o plano axial de dobras recumbentes, essas são compostas de um Sn-1 que foi deformado por S1 em condições de fácies anfibolito. A mineralogia é composta de anfibólio, epidoto, quartzo e apatita. (Figura 4.20).

Evento de deformação D2

O evento de deformação D2 é um evento de característica de cisalhamento como observado no padrão da deformação S2. O evento D2 gera uma foliação oblíqua que inflete, transpõe ou corta a S1. Muitos indicadores cinemáticos microscópicos indicam caráter compressivo de cavalgamento, tanto na porção SW quanto na porção NE do alvo. Como inflexão de foliação S1 para S2, par S-C, biotita e clorita fish, sombra de pressão assimétrica em granada. O sentido de movimento observado é de topo para SE (Figuras 3.2 e 3.3). O padrão de cavalgamento observado no alvo Suruca coincide com o evento Dn+1 de Oliveira (2009) relacionado a falha Rio dos Bois. Contudo um estudo sistemático e estatístico deve corroborar estes resultados para o alvo Suruca.

Na seção geológica, quando se associam os dados de S2, observa-se que é a foliação mais proeminente e é mais concordante com o mergulho das camadas, ao passo que S2 é oblíquo, trunca S1 e desenvolve um sistema de cavalgamento com sentido de todo de camada para SE (Figura 3.2 e 3.3).

Outra estrutura relacionada possivelmente ao evento D2 são os veios de quartzos discordantes, por vezes com carbonato e pirita. Esses veios por vezes não ocorrem em planos de descontinuidade ou ruptura da rocha, e sim entre os limites dos cristais de quartzo recristalizados, podendo indicar que: se formaram em um evento

posterior à deformação dinâmica e de recristalização D1, ou em momento tardideformação, pois não houve ruptura da rocha.

Evento posterior de muscovitização

A muscovitização afeta as foliações S1 e S2 e a muscovita apresenta hábito fibro-radiado sem orientação preferencial. Levanta hipótese para um evento de hidratação posterior ao desenvolvimento de D1 e D2. A formação de pirita com muscovita chama atenção por si só para um estudo mais aprofundado deste hidrotermalismo. Pode levantar algumas hipóteses muito preliminares, onde a alteração pode estar ligada a algum halo de alteração hidrotermal ou metamorfismo de contato resultado da colocação de granitos pós orogênicos.

6. CONCLUSÃO

A partir do conjunto de dados interpretados no presente estudo as seguintes considerações são feitas a respeito da geologia estrutural do alvo Suruca:

- O mapa de lineamentos estruturais, além de auxiliar na definição dos domínios estruturais permite perceber a predominância de estruturas para NE e para NW. Uma componente E-W aparece de maneira secundária, mas pode estar associada a alguns dos eventos D1 e D2, ou mesmo outro posterior a ser estudado;
- ii. A fase D1 é responsável pela formação da foliação S1, mais proeminente em toda a região e a transposição dos 3 tipos de veios: cálcicos, com biotitaquartzo e polimetálicos auríferos.
- A fase D2 é um evento de cisalhamento compressivo ou de cavalgamento que desenvolve a foliação milonítica S2. Esta inflete, transpõe ou trunca a foliação S1. Muitos indicadores cinemáticos como a inflexão de S1, par S-C, mica fish, clorita fish e assimetria de sobra de pressão em granada indicam movimento de topo para SE;
- iv. Os veios polimetálicos auríferos mostram variação de orientação de 20º em relação a S1, medido nos testemunhos orientados. Isso pode significar ou que faziam ângulo alto em relação aos planos de fraqueza que geraram S1, ou uma inflexão dos veios gerada pelo evento D2;
- v. O terceiro evento identificado é de hidratação e formação de muscovita e pirita, que mascaram tanto D1 como D2. É importante entender a origem desse sistema hidrotermal, como sua ocorrência não está associada aos eventos de deformação citados, este evento pode estar relacionado a sistemas pós a anorogênicos.
- vi. Os dados de foliação S1 dos furos de sondagem, obtidos com o IQ-LOGGER, mostram uma inflexão da foliação S1 à medida que se avança de SW para NE no alvo Suruca. Essa inflexão pode estar relacionada a inflexão de S1 por S2 identificada microscopicamente e pode ter sido gerada pela ação da falha Rio dos Bois, como já identificado no depósito de Chapada. Os lineamentos E-W extraídos do mapa e as fraturas do garimpo do Suruca podem indicar um *trend* prospectivo a ser devidamente estudado.

Como sugestões para trabalhos futuros, indica-se investigar: (a) a ligação de fraturas discordantes em D2 ou outro evento posterior e os lineamentos E-W, que podem marcar novos condicionantes da mineralização, diferentes daqueles que hoje são observados. (b) o aprofundamento do estudo da muscovitização, posterior a D1 e D2, e sua possível relação com eventos de fraturamento hidráulico ligados a metamorfismo de contato e alteração hidrotermal associado a corpos graníticos pós tectônicos a anorogênicos; (c) a relação dos veios polimetálicos auríferos com os eventos D1 e D2 pode abrir novas perspectivas de mineralização para o alvo.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, F.F.M, 1977. O Cráton São Francisco. Revista Brasileira de Geociências 7, 349-364.

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.

T. G. BLENKINSOP, N.H.S. OLIVER, P. G. H. M. DIRKS, M. NUGUS, G. TRIPP, I. SANISLAV. Structural geology applied to the evaluation of hydrothermal gold deposits. **Manuscript Structural Geology and Gold Deposits**. 14-2-2018

OLIVEIRA, F. O. 2009. Características epigenéticas do depósito de Cu-Au Chapada, Arco Magmático de Goiás. Dissertação de Mestrado 264, Universidade de Brasília, 113p.

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.

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.; FUCK, R. A. Brasília: UnB/CPRM, 2007. (Série Programa de Geologia do Brasil – PGB). 68p.

FOSSEN, HAAKON. Geologia Estrutural. (Tradução Fábio R. D. de Andrade – São Paulo. Oficina de Textos, 2012.

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.

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 LM (1992) Skarns and skarn deposits. Geosci Can 19:145–162

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 goldcopper belt, Neoproterozoic Goiás Magmatic Arc. Rev. Bras.Geoc., 30:219-221. 2000.94 OLIVEIRA, C. G.; PIMENTEL, M. M.; MELO, L. V.; FUCK, R. A. The coppergold and gold deposits of the Neoproterozoic Mara Rosa Magmatic Arc, central Brasil. **Ore Geology Reviews**, v.25, **p.285**-299. 2004.

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.

OLIVEIRIA, 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.

PIAN, T. B. Caracterização da alteração hidrotermal do minério de cobre e ouro do Alvo Suruca SW, Chapada (GO). Trabalho de Conclusão de Curso, UNESP, Rio Claro, SP. 2017.

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.

PIMENTEL, M.M., FUCK, R.A., FERREIRA FILHO, C.F., ARAÚJO, S.M., 2000. The basement of the Brasília Belt and the Goiás Magmatic Arc. In: Cordani, U.G., Milani, E.J.Thomaz Filho, A., Campos, D.A. (eds) Tectonic Evolution of S outh America. 31st International Geological Congress, Rio de Janeiro, 195–229.

PIMENTEL, M.M., FERREIRA FILHO, C.F., ARMSTRONG, R.A., 2004. SHRIMP U-Pb and Sm-Nd ages of the Niquelândia layered complex: Meso-(1.25 Ga) and Neoproterozoic 153(0.79 Ga) extentional events in central Brazil. **Precambrian Research** 132, **133**-153.

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 wallrock porphyry copper deposit. **Economic Geology**, v.81, **p.1884**-1898. 1986.

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.

8. ANEXO

Testemunho	Amostra	Profundidade (m)	Mergulho	Direção	Rocha
SU_952	1	76,7	-	-	Metaquartzo diorito porfirítico (QDP)
	2.a	142,15	-	-	Rocha metassedimentar (MTS)
	2.b	142,15	-	-	Rocha metassedimentar (MTS)
SU_953	3	55	-	-	Rocha metassedimentar (MTS)
	4	71,9	-	-	Metaquartzo diorito porfirítico (QDP)
	5.a	119,7	-	-	Rocha metassedimentar (MTS)
	5.b	119,7	-	-	Rocha metassedimentar (MTS)
SU_966	6	36,86	-	-	Rocha metassedimentar (MTS)
	7.a	85,17	-	-	Rocha metassedimentar (MTS)
	7.b	85,17	-	-	Rocha metassedimentar (MTS)
	8	86,22	-	-	Rocha metassedimentar (MTS)
SU_968	9	79,39	-	-	Rocha metassedimentar (MTS)
	10	89,12	-	-	Rocha metassedimentar (MTS)
	11	96,71	7	266	Rocha metavulcânica intermediária (MVI)
30_331					Rocha metavulcânica intermediária
	12	111,4	29	287	(MVI)
SU_938	13.a	224,11	65	266	Rocha metassedimentar (MTS)
	13.b	224,11	65	266	Rocha metassedimentar (MTS)
	14	311,5	45	310	Metaquartzo diorito porfirítico (QDP)
SU_947	15	138,4	-	-	Metaquartzo diorito porfirítico (QDP)

 Tabela 1. Amostras selecionadas para a caracterização petrográfica microestrutural.