

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

JEAN CARLO HENZEL TAGLIEBER

**INTEGRAÇÃO MULTI-FONTE DE DADOS EM MINERALIZAÇÕES NA PORÇÃO OESTE DO
TERRENO SÃO GABRIEL, CAÇAPAVA DO SUL/RS**

**Caçapava do Sul
2022**

JEAN CARLO HENZEL TAGLIEBER

**INTEGRAÇÃO MULTI-FONTE DE DADOS EM MINERALIZAÇÕES NA PORÇÃO OESTE DO
TERRENO SÃO GABRIEL, CAÇAPAVA DO SUL/RS**

Trabalho de Conclusão de Curso II apresentado ao Curso de Geologia da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Geologia.

Orientador: Maximilian Fries

Coorientadora: Marieli Machado Zago

**Caçapava do Sul - RS
2022**

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos
pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do
Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais) .

T127i TAGLIEBER, JEAN CARLO HENZEL

Integração Multi-Fonte de Dados em Mineralizações na
Porção Oeste do Terreno São Gabriel, Caçapava do Sul/RS /
JEAN CARLO HENZEL TAGLIEBER.

214 p.

Trabalho de Conclusão de Curso(Graduação)-- Universidade
Federal do Pampa, GEOLOGIA, 2022.

"Orientação: MAXIMILIAN FRIES".

1. Mineralizações cupríferas. 2. Passo Feio. 3. Bacia do
Camaquã. 4. Aerogeofísica. 5. Susceptibilidade Magnética. I.
Título.

JEAN CARLO HENZEL TAGLIEBER

INTEGRAÇÃO MULTI-FONTE DE DADOS EM MINERALIZAÇÕES NA PORÇÃO OESTE DO
TERRENO SÃO GABRIEL, CAÇAPAVA DO SUL/RS

Projeto de Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Bacharelado em
Geologia da Universidade Federal do Pampa,
como requisito parcial para aprovação na
Componente Curricular Trabalho de
Conclusão de Curso II

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em:

17 de março de 2022.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Maximilian Fries
Orientador
Universidade Federal do Pampa

Prof. Dr^a. Delia Del Pilar Montecinos de Almeida
Universidade Federal do Pampa

Professor Dr. Luis Gustavo Castro
Universidade Federal do Paraná



Assinado eletronicamente por **DELIA DEL PILAR MONTECINOS DE ALMEIDA, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 21/03/2022, às 20:24, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **Luís Gustavo de Castro, Usuário Externo**, em 24/03/2022, às 14:15, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **MAXIMILIAN FRIES, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 24/03/2022, às 15:35, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0760582** e o código CRC **92DD4867**.

Universidade Federal do Pampa, Campus Caçapava do Sul

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus, que forneceu caminhos e forças nos momentos mais difíceis da vida e ao longo dos anos de graduação.

Aos meus pais Carlos e Rejane e irmão Alessandro, meus mais sinceros agradecimentos, pelo apoio imensurável, pelo suporte nas mais diversas esferas e pela proximidade mesmo na distância física. Tudo o que passamos tornou nossa família cada vez mais forte. Aos meus avós, tios e primos, muito obrigado.

Aos meus orientadores, amigos e futuramente colegas de profissão, Maximilian Fries e Marieli M. Zago, muito obrigado pelo apoio ao longo desta trajetória, pelas comemorações, churrascos e noites de boêmia, mas acima de tudo, por terem contribuído imensamente com meu desenvolvimento pessoal, acadêmico e profissional. Levarei todos os aprendizados e ensinamentos para a vida pessoal e profissional!

Meus agradecimentos ao geólogo Lucas Galinari e equipe da empresa Águia Metais, que forneceu subsídio técnico e logístico para a realização deste trabalho. Ao colega Nauan Benedet, pelo auxílio nos trabalhos de campo e laboratório e ao técnico Lenon pela confecção de lâminas delgadas.

A Universidade Federal do Pampa – Campus Caçapava do Sul pelo ensino público, gratuito e de qualidade ao longo destes 5 anos de graduação, local que contribuiu na minha formação profissional, pessoal e cidadã. Aos professores (as) Cristiane Gomes, Delia Pilar, Diogo Cordova (Mini mestre), Ezequiel Galvão (Zaza), Felipe Guadagnin (Guada), Igor Clemente (Juba), Jéssica Weiler, José Waldomiro Rojas, Luis Eduardo de Souza, Maximilian Fries, Tiago Gregory (Greg) e Vinicius Matté (Vini), meus mais sinceros agradecimentos, por todos ensinamentos geológicos, da vida e pelos diversos trabalhos de campo. À professora Daniela Tolfo (*in memorium*), pelo que ensinou dentro e fora de aula, pelo coração enorme e por acreditar no potencial de cada um, mesmo quando perdíamos as próprias esperanças.

A República Geoloki (família), que me acolheu desde os tempos de calouro, ensinou sobre a vida, a geologia e os diferentes costumes deste país. Os meus mais sinceros agradecimentos aos membros: André Ramalho (Miqueias), Diogo Sperandio (Biel), Gabriel Smith (Will), Gustavo Knak, Issacar Barroso (Issac), Juliana Gomides, Juliana Gimenes, Paulo García (Barber), Renê Coutinho (Rôia) e Tailon Sigales (Alemão). Obrigado família Geoloki por tudo!

Aos locais onde realizei estágio. Aos futuros colegas de profissão Bruno Machado (Canibal) e Ricardo Lemos (Jesus) da empresa Explore e ao Jarbas Coppeti (Zico), Andreas

Dalmas, Carla e Carine da empresa Geomac, muito obrigado pelas oportunidades concedidas, pelo aprendizado e pelas experiências adquiridas ao longo destes 2 anos.

Aos meus colegas de Mapeamento Geológico (I, II, III e IV), Arthur Vicozzi, Anna Clara, Leonardo Santos e Lucas Scarpini (*in memorium*), meus agradecimentos por terem dividido a sua companhia subindo morros, quebrando pedras, medindo atitudes de estruturas e contemplando lindas paisagens nos pampas gaúchos.

A graduação nunca é feita sozinha, sempre é acompanhada de amigos/colegas/ irmãos de rocha, aos meus: Adriano Gomes (Parazão), Ana Artine, Bruno Gomes (Tio Nija), Bruno Scaf, Daniele Martins (Iracema), Enzo Maran, Fabiano Madrid, Fernando Fernandes (Costinha), Francisco Alves (Dom Pedrito), Guilherme Pazzinato, Hernanes Firmo (Crocs), João Monteiro (Joãozinho), Jorge Trovó (Jorgito), Ladislau Aparecido (Ladis), Layandra Oliveira (Lay), Lucas Martini (Lucão), Luis Eduardo Duarte (Jujo), Maria Eduarda Martins (Cusca), Nauan Benedet (Gordin), Paula Sampaio, Pablo Guedes, Pedro Borborema (Guinha), Pedro Manhães, Pedro Hernandez, Ronisson Miotto (Roni), Renan Cardoso (Renan Fly), Wellington (Well Big Log) e Yuri Faé. Muito obrigado!

Aos demais colegas, técnicos administrativos e pessoas que fizeram parte desta trajetória, meu muito obrigado.

Por fim, meus agradecimentos ao município de Caçapava do Sul, de invernos gelados, mas de pessoas com coração quente e que me acolheu desde o primeiro dia. Os vários dias aqui vividos jamais serão esquecidos na linha do tempo da vida humana e ao longo das eras geológicas.

“And be a simple kind of man
Oh be something you love and understand
Baby be a simple kind of man
Oh won't you do this for me son if you can

Oh yes I will
Oh don't you worry you'll find yourself
Follow your heart and nothing else
And you can do this oh babe if you try
All that I want for you my son is to be satisfied”

Simple Man – Lynyrd Skynyrd

RESUMO

No estado do Rio Grande do Sul, o denominado Escudo Sul-Riograndense, situado no setor meridional da Província da Mantiqueira é reconhecido por pesquisadores como importante testemunho da evolução da plataforma sul-americana e principalmente, pelas formações rochosas peculiares, mineralizações e potenciais depósitos minerais associados. Especificamente, as rochas do embasamento metamórfico e da Bacia do Camaquã compreendem diversas ocorrências de minerais metálicos de base e preciosos com marcante controle estrutural. A partir desses elementos, este trabalho tem como objetivo principal detectar feições, descontinuidades e assinaturas magnéticas associáveis as ocorrências minerais aplicando dados geofísicos na porção oeste do Terreno São Gabriel , ao sul do município de Caçapava do Sul, estado do Rio Grande do Sul. Inicialmente, integrou-se dados de aeromagnetometria e sensoriamento remoto (dados indiretos) com dados litológicos-estruturais e das mineralizações (informações diretas) oriundas da bibliografia, na qual, pode-se constatar a relação das mineralizações com altos magnéticos bem como refinar e sugerir corpos e estruturas anteriormente não mapeados. Através do mapeamento geológico, descrição dos litotipos e mineralização cuprífera associada e das medidas de susceptibilidade magnética *in situ*, pode-se verificar a ausência de controle estrutural na porção aflorante da mineralização, que está inserida em baixos magnéticos e há pouco contraste de susceptibilidade magnética entre os litotipos e através da caracterização petrográfica preliminar pode-se descrever a mineralização e as diferentes fases de cimentação da rocha hospedeira. Apesar da porção aflorante ser considerada como supergênica, tal conclusão não pode ser adotado em profundidade devido aos diversos corpos e estruturas caracterizados através da geofísica. Ademais, os resultados obtidos neste trabalho consistem em um importante subsídio para pesquisas exploratórias em escala de detalhe, possibilitando a otimização de recursos financeiros e humanos, através da orientação de campanhas de amostragem de solo, trincheiras e sondagens com recuperação de testemunho em alvos exploratórios.

Palavras-Chave: Aerogeofísica; Magnetometria; Susceptibilidade magnética; Mineralização.

ABSTRACT

In the state of Rio Grande do Sul, the so-called Sul-Riograndense Shield, located in the southern sector of the Province of Mantiqueira, is recognized by researchers as an important witness to the evolution of the South American platform, mainly due to the peculiar rock formations, mineralizations and potential associated mineral deposits. Specifically, the rocks of the metamorphic basement and the Camaquã Basin comprise several occurrences of base and precious metallic minerals with marked structural control. Considering these elements, this work has as main objective to detect features, discontinuities and magnetic signatures associable to mineral occurrences by applying geophysical data in the western portion of the São Gabriel Terrane, south of the municipality of Caçapava do Sul, in state of Rio Grande do Sul. Initially, data from aeromagnetometry and remote sensing (indirect data) were integrated with lithological-structural and mineralization data (direct information) from the bibliography, in which it was possible to verify the relation of mineralizations with high magnetics as well as to refine and suggest previously unmapped bodies and structures. Through geological mapping, description of the lithotypes and associated copper mineralization and *in situ* magnetic susceptibility measurements, it is possible to verify the absence of structural control in the outcrop portion of the mineralization, which is inserted in magnetic lows and there is little contrast of magnetic susceptibility between the lithotypes, and through preliminary petrographic characterization it is possible to describe the mineralization and the different stages of cementation of the host rock. Despite the outcrop portion being considered as supergenic, such a conclusion cannot be adopted in depth due to the diverse bodies and structures characterized through geophysics. Furthermore, the results obtained in this work constitute an important subsidy for exploratory research on a detailed scale, enabling the optimization of financial and human resources, through the guidance of soil sampling campaigns, trenches and drilling with core recovery in targets.

Keywords: Aerogeophysical; Magnetometry; Magnetic Susceptibility.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Mapa de situação e localização da área de estudo regional (polígono em vermelho).	16
Figura 2 Principais unidades geotectônicas do Escudo Sul-Rio-Grandense (ESRG).	18
Figura 3 Principais unidades litoestratigráficas, limites e eventos relacionados do Terreno São Gabriel.	20
Figura 4 Bacia do Camaquã, sua divisão em sub-bacias, principais unidades litoestratigráficas que compõem e estruturas geológicas.	25
Figura 5 Limites do projeto aerogeofísico (polígono amarelo) e mapa geológico da área de estudo no contexto regional com as principais unidades litoestratigráficas, estruturas e ocorrências minerais descritas.	29
Figura 6 Histogramas dos valores de $\delta^{34}\text{S}$ nos principais depósitos e prospectos de Cu-Au-Pb-Zn da região de Caçapava do Sul.	34
Figura 7 Fluxograma das principais etapas e atividades realizadas	45
Figura 8 Fluxo de atividades propostas para o processamento, geração e realce das anomalias magnetométricas aéreas.	48
Figura 9 Medidas de susceptibilidade magnética com o KT -10. A) Medição In situ; B) Medição em amostras de mão.	49
Figura 10 Área de estudo, linha de voo 12530 e pontos descritos em campo.	50
Figura 11 Feições geológicas analisadas ao longo do mapeamento geológico ao longo da linha de voo 12530 (Linha 03). Em A) Descrição dos diferentes tipos de afloramento; B) Descrição em escala macroscópica de rochas, minerais de alteração e mineralização; C) Descrição de perfil pedológico na ausência de afloramentos rochosos e em pontos de controle; D) Descrição da geomorfologia e sua relação com o arcabouço geológico-estrutural; E) Identificação e separação de amostras de mão e F) Análise em maior detalhe de amostras de interesse na área de estudo.	51
Figura 12 Obtenção de atitudes de estruturas geológicas.	52
Figura 13 Exemplo de uma representação gráfica das estruturas planares no software Stereonet 11.	53
Figura 14 - Integração de dados e resultados no contexto regional da área. Em A) Imagem de satélite - cor de composição de cor verdadeira (bandas 4,3,2), B) mapa hipsométrico; C) mapa de Declividade; D) Principais drenagens na região.; E) mapa das Classes dos solos (EMBRAPA, 2018), F) mapa com o <i>Normalized Difference Vegetation Index</i> (NDVI), G) Imagem de satélite - composição falsa cor (bandas 4,8,3) e H) mapa dos Lineamentos morfoestruturais.	59
Figura 15 Mapa dos valores magnéticos anômalos determinados a partir da aerogeofísica (TMI), localização dos contatos das unidades litológicas, estruturas e mineralizações descritas para a região.	62
Figura 16 Mapa dos valores magnéticos anômalos determinados a partir da aerogeofísica (RTP), localização dos contatos das unidades litológicas, estruturas e mineralizações descritas para a região.	64
Figura 17 Mapa dos valores magnéticos anômalos determinados a partir da aerogeofísica (ASA), localização dos contatos das unidades litológicas, estruturas e mineralizações descritas para a região.	66
Figura 18 Mapa dos valores magnéticos anômalos determinados a partir da aerogeofísica (1 DV), localização dos contatos das unidades litológicas, estruturas e mineralizações descritas para a região.	68

Figura 19 Mapa dos valores magnéticos anômalos determinados a partir da aerogeofísica (GHT), localização dos contatos das unidades litológicas, estruturas e mineralizações descritas para a região.....	70
Figura 20 Mapa dos valores magnéticos anômalos determinados a partir da aerogeofísica (ISA), localização dos contatos das unidades litológicas, estruturas e mineralizações descritas para a região.....	71
Figura 21 Em A) Mapa das linhas de voo do Projeto Aerogeofísico Escudo-Sul-Riograndense para análise local e B) Mapa da área no contexto regional e local (área de interesse - polígono amarelo).....	74
Figura 22 - Mapa geológico-estrutural de detalhe para embasamento das interpretações	75
Figura 23 Mosaico de integração geológica-aerogeofísica da Linha de voo 12550 (Linha 01). Em A) Perfil geológico-topográfico; B) Perfil com valores de TMI; C) Perfil com valores de RTP; D) Perfil com valores de ASA; E) Perfil com valores de DV 1; F) Perfil com valores de GHT; G) Perfil com valores de ISA; H) Perfil com valores de ISA_GHT.	78
Figura 24 Histograma dos dados da linha 12550	80
Figura 25 Mosaico de integração geológico-aerogeofísica da Linha de voo 12540 (Linha 02). A) Perfil geológico-topográfico; B) Perfil de TMI; C) Perfil de RTP; D) Perfil de ASA; E) Perfil de DV 1; F) Perfil de GHT; G) Perfil de ISA; H) Perfil de ISA_GHT.	82
Figura 26 Histograma dos dados da Linha 1540.	84
Figura 27 Mosaico de integração geológico-aerogeofísica da Linha de voo 12530 (Linha 03). A) Perfil geológico-topográfico; B) Perfil de TMI; C) Perfil de RTP; D) Perfil de ASA; E) Perfil de DV 1; F) Perfil de GHT; G) Perfil de ISA; H) Perfil de ISA_GHT.	86
Figura 28 Histograma dos dados da Linha 12530.	88
Figura 29 Mosaico de integração geológico-aerogeofísica da Linha de voo 12520 (Linha 04). A) Perfil geológico-topográfico; B) Perfil de TMI; C) Perfil de RTP; D) Perfil de ASA; E) Perfil de DV 1; F) Perfil de GHT; G) Perfil de ISA; H) Perfil de ISA_GHT.	90
Figura 30 Histograma dos dados da Linha 12520	92
Figura 31 Mosaico de integração geológico-aerogeofísica da Linha de voo 12510 (Linha 05). A) Perfil geológico-topográfico; B) Perfil de TMI; C) Perfil de RTP; D) Perfil de ASA; E) Perfil de DV 1; F) Perfil de GHT; G) Perfil de ISA; H) Perfil de ISA_GHT.	94
Figura 32 Histograma dos dados da Linha 12510.	96
Figura 33 Litologias presentes na área de estudo. Em A) Xistos esverdeados; B) Ardósias de coloração escura; C) Metabásicas; D) Andesito porfíritico; E) Basalto com presença de malaquita disseminada; F) Brecha de falha com clastos de rocha vulcânica; G) Ortoconglomerado com matriz silicificada H) Ortoconglomerado com disseminação de malaquita- calcita – pirolusita – limonita; I) Intercalação de arenitos e lamitos.	98
Figura 34 Estruturas geológicas identificadas na área de estudo. Em A) Acamamento sedimentar em intercalações de arenitos e pelitos; B) Fraturas perpendiculares ao acamamento sedimentar; C) Foliação metamórfica; D) Plano de falha; E) Plano sigmoidal da falha; F) Falha sinistral e G) Veio de quartzo em foliação metamórfica com indicador cinemático sinistral	100
Figura 35 Estereograma das principais atitudes das estruturas geológicas medidas em campo. A) Acamamento Sedimentar; B) Foliação metamórfica; C) Fraturas das diferentes unidades litoestratigráficas; D) Planos de falha.....	101
Figura 36 Mapa geológico-estrutural de detalhe da região de estudo.	102
Figura 37 Distribuição da susceptibilidade magnética de conglomerados. A) Histograma das medidas de todos os litotipos de conglomerados; B) Histograma das medidas de conglomerados hospedeiros da mineralização.	104
Figura 38 Histograma das medidas de susceptibilidade das rochas vulcânicas da área de estudo.....	105

Figura 39 Histograma das medidas de susceptibilidade das rochas metamórficas da área de estudo.....	106
Figura 40 Histograma das medidas de susceptibilidade magnética dos solos na região de estudo.....	107
Figura 41 A) Histograma da susceptibilidade magnética dos veios de quartzo; B) Histograma das medidas de susceptibilidade magnética da brecha de falha.	108
Figura 42 Lâmina petrográfica PPF 05 sob aumento de 5x das objetivas e 10x das oculares. A) e B) Arcabouço, matriz e preenchimento da porosidade por diferentes tipos de cimentos (em A) vistos a ND e B) vistos a NC); C) e D) Litoclastos de rocha vulcânica, clastos de veios de quartzo, cimentação de borda de clastos por quartzo e disseminação de limonita e localmente malaquita (em C) vistos a ND e D) vistos a NC); E) e F) Disseminação de malaquita em descontinuidade de litoclasto metamórficos e limonita ao longo da matriz da rocha (em E) vistos a ND e F) vistos a NC); G) e H) Disseminação de malaquita na borda de clastos, clastos com recristalização de quartzo, litoclastos de rochas vulcânica oxidados e disseminação de limonita na matriz.	110
Figura 43 Lâmina petrográfica PPF 11 sob aumento de 5x das objetivas e 10x das oculares. A) e B) Porção da lâmina com foliação metamórfica mais incipiente (em A) vistos a ND e B) vistos a NC); C) e D) Porção com foliação metamórfica mais visíveis, marcada pela alinhamento de minerais micáceos e do quartzo e presença de texturas de recristalização do quartzo (em C) vistos a ND e D) vistos a NC); E) e F) Composição mineralógica predominante na rocha e foliação de crenulação na marcada pelo minerais micáceos (em E) vistos a ND e F) vistos a NC); G) e H) Porção da amostra composta por minerais quartzo-micáceos com ondulação da foliação.	111
Figura 44 Lâmina petrográfica PPF 14 sob aumento de 5x das objetivas e 10x das oculares. A) e B) Composição mineralógica de plagioclásio (labradorita e bitownita) parcialmente argilizados, sanidina com macla Carlsbad, óxidos e piroxênios parcialmente a totalmente dissolvidos (em A) vistos a ND e B) vistos a NC); C) e D) Cristais de piroxênio dissolvido formando bordas de óxidos de ferro e porção com minerais menos argilizados (em C) vistos a ND e D) vistos a NC).	112
Figura 45 Lâmina petrográfica PPF 17 sob aumento de 5x das objetivas e 10x das oculares. A) e B) Composição mineralógica do arcabouço de quartzo, plagioclásio, opacos e minerais micáceos e cimentação de quartzo microcristalino (em A) vistos a ND e B) vistos a NC); C) e D) Cimentação de quartzo macrocristalino e presença de feições de recristalização na borda de alguns cristais (em C) vistos a ND e D) vistos a NC); E) e F) Segunda fase de cimentação e/ou preenchimento de veios de quartzo na porção cimentada pelo menos mineral (em E) vistos a ND e F) vistos a NC).	113
Figura 46 Lâmina petrográfica PPF 31 sob aumento de 5x das objetivas e 10x das oculares. A) e B) Arcabouço, matriz e cimento da rocha composta por litoclastos de rochas vulcânicas, matriz composta de maior variedade mineralógica e cimentação de quartzo microcristalino (em A) vistos a ND e B) vistos a NC); C) e D) Clasto de rocha vulcânica oxidada com presença de feições de dissolução nos fenocristais, preenchimento de amígdalas por quartzo e presença de cimentação de borda do litoclasto por óxidos de ferro.	115
Figura 47 Mapa de anomalias magnéticas dipolares, anomalias de bordas de corpos e lineamentos magnéticos sobrepostos aos contatos litológicos, estruturas e ocorrências minerais na área de estudo.....	117
Figura 48 - Integração entre estruturas mapeadas, lineamentos morfoestruturais e lineamentos magnéticos.	118
Figura 49 Integração da geologia descrita e dos valores de susceptibilidade magnética ao longo do perfil da Linha de voo 12530 (Linha 03). Em A) Mapa geológico-estrutural ao longo da linha 3 e B) Interpolação pelo método IDW dos valores de susceptibilidade magnética. .	120

Figura 50 – Características do terreno na região do mapeamento do Projeto Passo Feio. A) Relevo fortemente ondulado com vista para porção de rochas metamórficas ao norte da área; B) Relevo suave ondulado a ondulado (relevo em coxilhas) na porção sul da área de estudo onde ocorrem rochas vulcânicas; C)Vegetação de mata nativa densa; D) Vegetação de gramíneas em relevo fortemente ondulado e vegetação densa nas porções baixas do relevo; E) Solo com cobertura orgânica; F) Perfil de solo exposto na porção sul da área de estudo.....	122
Figura 51 Mapa com feições aeromagnético que podem estar associadas a corpos e a estruturas não identificadas nos mapeamentos previamente realizados.....	124
Figura 52 Comparação entre intervalos de susceptibilidade magnética oriundos da bibliografia e valores medidos nas rochas das áreas de estudo.....	126

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Sumário contemplando as principais informações do Satélite Sentinel 2A	40
Tabela 2 Sumário estatístico dos dados da Linha 12550	79
Tabela 3 Sumário estatístico dos dados da Linha 12540	83
Tabela 4 Sumário estatístico dos dados da Linha 12530.....	87
Tabela 5 Sumário estatístico dos dados da Linha 12520	91
Tabela 6 Sumário estatístico dos dados da Linha 12510	95

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 Modelos Genéticos das Mineralizações de Metais Base e Preciosos na região de Caçapava do Sul.....	32
------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

1 DV – 1° Derivada Vertical

ASA – Amplitude do Sinal Analítico

BIGRID – Bi-directional line gridding

CPRM – Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais (Serviço Geológico do Brasil)

ESRG – Escudo Sul-Rio-Grandense

GHT – Gradiente Horizontal Total

IGRF – *International Geomagnetic Reference Field*

ISA – Inclinação do Sinal Analítico

ISA_GHT – Inclinação do Sinal Analítico do Gradiente Horizontal Total

LI – Lineamento Ibaré

RANGRID – *Minimum Curvature*

RTP – *Reduction to Pole*

SCS – Sutura de Caçapava do Sul

SIG – Sistema de Informações Geográficas

SR – Sensoriamento Remoto

TMI – *Total Magnetic Intensity*

TSG – Terreno São Gabriel

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. OBJETIVOS	15
3. JUSTIFICATIVA	15
4. ÁREA DE ESTUDO	16
5. CONTEXTO GEOLÓGICO	17
5.1. Contexto geológico regional	17
5.1.1. Terreno São Gabriel	18
5.2 Contexto geológico local	20
5.2.1. Formação Arroio Mudador	21
5.2.2. Complexo Metamórfico Passo Feio	21
5.2.3. Complexo Granítico Caçapava Do Sul e Granito Santo Ferreira	22
5.2.4. Bacia do Camaquã	23
6. MINERALIZAÇÕES CUPRÍFERAS DESCRITAS NA REGIÃO	29
6.1. Contexto histórico	30
6.2. Geologia, estruturas e fontes associadas às mineralizações	31
6.3. Mineralizações no Complexo Metamórfico Passo Feio	34
7. FUNDAMENTOS TEÓRICOS	36
7.1. Magnetometria	36
7.2. Aerogeofísica	38
7.3. Susceptibilidade magnética dos materiais	38
7.4. Sensoriamento remoto e técnicas associadas	39
7.4.1. Satélite e sensor ALOS PALSAR	40
7.4.2. Satélite Sentinel 2	40
7.5. Trabalhos anteriores	41
8. MATERIAIS E MÉTODOS	44
8.1. Etapas definidas para o trabalho de conclusão de curso	44
8.2. Geofísica Aérea	45
8.3. Dados aeromagnetométricos – processamentos e mapas de valores anômalos	46
8.4. Susceptibilidade magnética dos principais litotipos	48
8.5 Mapeamento geológico	49
8.5.1 Geologia de campo	50
8.5.2 Medidas de estruturas geológicas	51
8.6. Análise de perfis aerogeofísicos	53
8.7. Petrografia microscópica	53
8.8. Integração de dados	54
9. RESULTADOS	54
9.1. Análise do terreno	55
9.1.1. Hipsometria	55
9.1.2. Declividade	55
9.1.3. Drenagens	55
9.1.4. Lineamentos morfoestruturais	56
9.1.5. Vegetação	56
9.1.6. Classificação dos solos	57
9.1.7. Análise do terreno - interpretação	57

9.2 Aerogeofísica - Magnetometria	59
9.2.1. Campo Magnético Anômalo Total (TMI)	61
9.2.2. Campo Magnético Anômalo Total Reduzido ao Polo (RTP).....	63
9.2.3. Amplitude Do Sinal Analítico (ASA)	64
9.2.4. 1° Derivada Vertical (1 DV).....	66
9.2.5. Gradiente Horizontal Total (GHT).....	68
9.2.6. Inclinação do Sinal Analítico (ISA).....	70
9.2.7. Integração geológica-aerogeofísica e interpretação.....	71
9.3. Análise de perfis aeromagnetométricos – Linhas de vôo	72
9.3.1. Linha de voo 12550 – linha 1	76
9.3.2. Linha de voo 12540 – linha 2	80
9.3.2.1 Análise da distribuição dos valores anômalos da linha de voo 12540 – linha 2 ...	83
9.3.3. Linha de voo 12530 – linha 3	84
9.3.3.1 Análise da distribuição dos valores anômalos da linha de voo 12530 – linha 3	87
9.3.4. Linha de voo 12520 – linha 4	88
9.3.4.1. Análise da distribuição dos valores anômalos da linha de voo 12520 – linha 4 ...	91
9.3.5. Linha de voo 12510 – linha 5	92
9.3.5.1 Análise da distribuição dos valores anômalos da linha de voo 12510 – linha 5	95
9.4. Informações oriundas do mapeamento - dados diretos	96
9.4.1 Descrição das unidades litoestratigráficas	96
9.4.2 Medidas estruturais	98
9.4.3 Susceptibilidade magnética das rochas.....	103
9.4.4. Petrografia microscópica	109
9.4.4.1. Lâmina petrográfica PPF 05	109
9.4.4.2. Lâmina petrográfica PPF 11	110
9.4.4.3. Lâmina petrográfica PPF 14	111
9.4.4.4. Lâmina petrográfica PPF 17	112
9.4.4.5. Lâmina petrográfica PPF 31	114
9.5. Integração dos resultados geológicos, geofísicos e de sensoriamento remoto	115
9.5.1. Integração Geológica-Geofísica.....	115
9.5.2. Integração Geologia-Geofísica-Sensoriamento Remoto.....	118
9.5.3. Integração Geologia-Susceptibilidade Magnética	119
10. DISCUSSÕES	120
11. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	127
12. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	130
APÊNDICE A – SUMÁRIO DAS PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS ASSOCIADAS AS MINERALIZAÇÕES NA REGIÃO DE CAÇAPAVA DO SUL.....	140
APÊNDICE B – MAPA GEOLÓGICO DO MUNICÍPIO DE CAÇAPAVA DO SUL E A DISTRIBUIÇÃO DOS PRINCIPAIS DEPÓSITOS, PROSPECTOS E OCORRÊNCIAS DE METAIS BASE E PRECIOSOS.....	144
APÊNDICE C – TABELA DE PONTOS MAPEADOS EM CAMPO DO PROJETO PASSO FEIO.....	145
APÊNDICE D – TABELA DA ORIENTAÇÃO DAS PRINCIPAIS ESTRUTURAS E CAMADAS SEDIMENTARES MAPEADAS EM CAMPO.....	147

APÊNDICE E – PONTOS COM COLETA DE AMOSTRAS DE MÃO AO LONGO DO TRABALHO DE CAMPO.....	148
APÊNDICE F - SUSCEPTIBILIDADE MAGNÉTICA DO LITOTIPOS E SOLOS NA REGIÃO DE ESTUDO. A) CONGLOMERADOS; B) CONGLOMERADOS MINERALIZADOS; C) ROCHAS VULCÂNICAS; D) ROCHAS METAMÓRFICAS; E) SOLOS; F) BRECHA DE FALHA; G) VEIOS DE QUARTZO.	149
APÊNDICE G – PONTOS COM REALIZAÇÃO DE MEDIDAS DE SUSCEPTIBILIDADE MAGNÉTICA <i>IN SITU</i> E EM AMOSTRAS DE MÃO.....	150
APÊNDICE H - MEDIDAS DE SUSCEPTIBILIDADE MAGNÉTICA DAS ROCHAS E SOLOS NA ÁREA DO PROJETO PASSO FEIO (PPF).....	151
APÊNDICE I - PONTOS DO PROJETO PASSO FEIO (PPF) – DESCRIÇÕES MACROSCÓPICAS	160

1. INTRODUÇÃO

O município de Caçapava do Sul é reconhecido pelo seu potencial mineral vinculado as diversas ocorrências, prospectos e depósitos de Cu-Pb-Zn-Au-Ag. Estes são comumente associados com as rochas metamórficas do embasamento que circundam a Suíte Granítica Caçapava do Sul (SGCS) (NARDI; BITENCOURT, 1989; REMUS *et al.*, 2000) e as rochas da Bacia do Camaquã, de idade neoproterozóica, depositada no intervalo entre 610 e 535 Ma, após o principal evento colisional do Ciclo Brasileiro e que compreende uma sequência de arenitos, conglomerados e pelitos, bem como a intercalação e/ou intrusão de rochas vulcânicas básicas, intermediárias e ácidas, que são divididos em Grupos, estes separados por discordâncias erosivas e angulares (FRAGOSO-CÉSAR *et al.*, 2003; ALMEIDA *et al.*, 2010; JANIKIAN *et al.*, 2012).

Desde a segunda metade do século XX, empresas tem dedicado esforços e investido recursos humanos e financeiros em trabalhos de prospecção na região, como os trabalhos de Badi e Kolling (1978) e Beckel *et al.* (1978), além de trabalhos de mapeamento geológico como os de Ribeiro *et al.* (1966), Ribeiro (1970) e Porcher *et al.* (1995). Complementarmente, estudos com ênfase ao entendimento geral dessas mineralizações e compilação de informações, principalmente cupríferas foram realizados por Ribeiro (1978), Camozzato (1987). Mais recentemente, o Projeto Baneo do Serviço Geológico Brasileiro (CPRM), na Bacia do Camaquã realizado por Toniolo, Gil e Sander (2007) oferecem significativos resultados e informações quanto as características geoquímicas e petrográficas das rochas na região. Universidades e instituições de ensino oferecem, adicionalmente, uma importante gama de estudos, utilizando as mais diversas ferramentas, e que tem contribuído com o conhecimento acerca das mineralizações na região, dentre estes, pode-se citar os estudos de Remus (1999 a,b), Reis (2013), Machado (2017), Lisboa (2018) e Lopes *et al.* (2018).

Recentemente, no ano de 2010, foi realizado pelo Serviço Geológico Brasileiro (CPRM) intitulado Projeto Aerogeofísico do Escudo Sul-Rio-Grandense (CPRM, 2010) oferecendo grande contribuição ao conhecimento e o entendimento do arcabouço geológico-estrutural em escala regional no Escudo Sul-Riograndense. Neste projeto, os aerolevantamentos de magnetometria e gamaespectrometria constituem importantes subsídios no refinamento do mapeamento geológico. Pode-se citar, por exemplo, a detecção de contatos geológicos, estruturas regionais e secundárias em subsuperfície e, corpos não aflorantes. Estas informações constituem relevantes fatores no avanço do conhecimento acerca das ocorrências minerais metálicas e, no âmbito da exploração mineral, na análise de feições como zonas com

enriquecimento em elementos, alteração hidrotermal bem como a relação destas com as assinaturas geofísicas, informações lito-estruturais e mineralizações.

A sul do município de Caçapava do Sul, são descritas ocorrências minerais metálicas inseridas tanto nas rochas metamórficas quanto na sequência vulcano-sedimentar da Bacia do Camaquã. Estas mineralizações são, no entanto, pouco conhecidas quanto as estruturas associadas, profundidades e distribuição espacial (geometria). Apresentam, conseqüentemente, poucos estudos que contemplem a integração de informações multi-fonte voltadas ao entendimento do controle dessas mineralizações e feições associadas.

2. OBJETIVOS

Reconhecer e delimitar feições geológicas, estruturas e assinaturas magnéticas associadas as mineralizações de metais base e preciosos hospedados na região na porção sul do município de Caçapava do Sul.

Especificamente, foi proposto:

- i) Definir limites, descontinuidades e estruturas associadas as rochas na região contribuindo no refinamento do arcabouço geológico-estrutural;
- ii) Caracterizar as assinaturas magnéticas das litologias no local e reconhecer a relação destas com as litologias e ocorrências minerais descritas;
- iii) Caracterizar petrograficamente os litotipos e as rochas hospedeiras da mineralização;
- iv) Estabelecer uma relação das informações geológicas de campo e características fisiográficas (diretas) com os dados de sensoriamento Remoto e anomalias geofísicas (indiretas);
- v) Delimitar potenciais áreas (*targets*) para estudos exploratórios e orientações (localização/profundidade/*plunge*) para subseqüentes métodos analíticos e quantitativos.

3. JUSTIFICATIVA

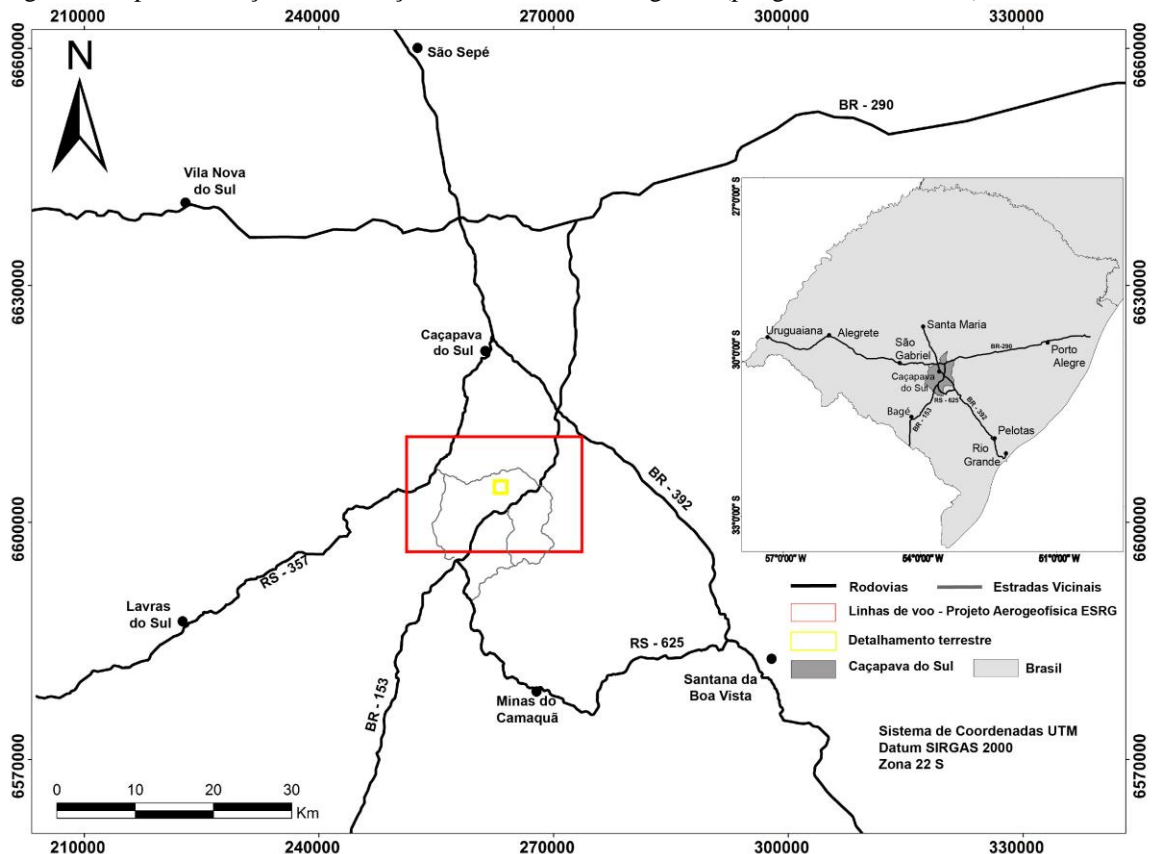
A região proposta para este estudo, possui interesse prospectivo e importantes ocorrências minerais. No entanto, carece de estudos geofísicos e que sejam associados a descrições geológicas e medidas de susceptibilidade magnética das rochas e afloramentos (*in situ*). Tal rotina, é fundamental no estabelecimento de um parâmetro físico direto a fim de se caracterizar as variações mínimas e máximas (*ranges*) das anomalias magnéticas associadas,

principalmente, associadas as rochas da área. Desta forma, o presente trabalho justifica-se por oferecer uma contribuição ao conhecimento, ao entendimento do arcabouço geológico-estrutural em subsuperfície e a compressão das anomalias geofísicas associadas. Ademais, o estabelecimento de uma rotina metodológica oferecerá importante acréscimo nos estudos prospectivos conduzidos por empresas no direcionamento e estabelecimento de novos alvos de interesse para futuros estudos acadêmicos.

4. ÁREA DE ESTUDO

A região proposta para este estudo situa-se no município de Caçapava do Sul, distante cerca de 290 km da capital do estado do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. Seu acesso principal dá-se pela BR-290 e, no sentido sul, pela BR-392, que liga o centro do Estado a Pelotas e Rio Grande e a BR-153, que liga a região central a região da Campanha. A região é denominada de Passo Feio e encontra-se ao sul da área urbana do município de Caçapava do Sul, contemplando a localidade conhecida como Rincão da Salete. O acesso principal para a área de estudo se faz através de estradas vicinais e particulares (Figura 1).

Figura 1 Mapa de situação e localização da área de estudo regional (polígono em vermelho).



Fonte: Autor

5. CONTEXTO GEOLÓGICO

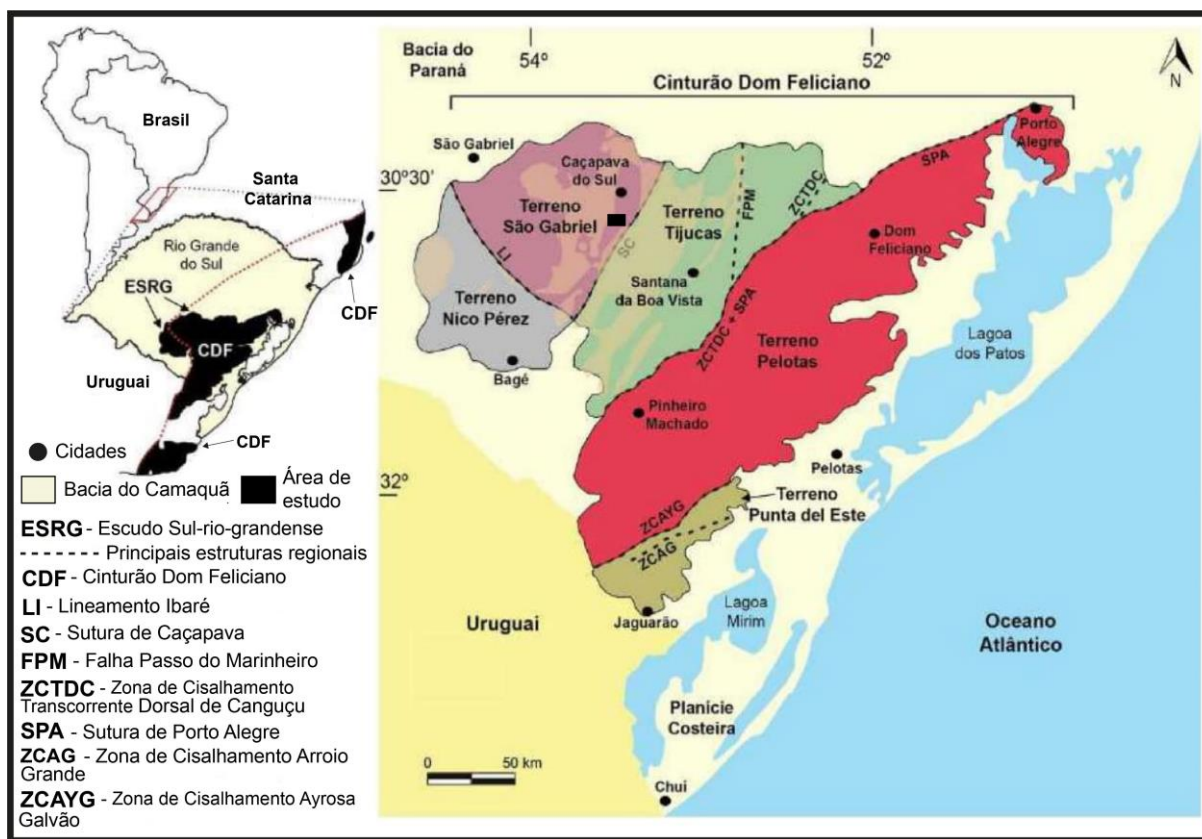
5.1. Contexto geológico regional

A região encontra-se inserida no contexto geotectônico do Escudo Sul-Rio-Grandense (ESRG), que compreende parte da porção meridional da Província Mantiqueira (ALMEIDA *et al.* 1981).

Formado por rochas principalmente de idades arqueanas a paleoproterozóicas e neoproterozóicas, que são resultado de dois ciclos orogênicos: i) o Transamazônico (2.26-2.0 Ga) e o ii) Brasileiro/Pan-Africano (900-535 Ma). O ESRG divide-se em cinco domínios: i) Terreno Taquarembó (TT) / Terreno Nico Pérez, inserido na Microplaca Nico Pérez e os ii) Terreno São Gabriel (TSG), iii) Terreno Tijucas (TTj), iv) Batólito de Pelotas/Terreno Pelotas (BP) e o v) Terreno Jaguarão/*Punta del Leste* (TJ), que compreendem o Cinturão Dom Feliciano (CDF) (HARTMANN; CHEMALE JR; PHILIPP, 2007; PHILIPP; PIMENTAL; CHEMALE JR, 2016; PHILIPP; PIMENTEL; BASEI, 2018; KOESTER, *et al.*, 2021). Recobrimo o TT, TSG e o TTj, está inserido as rochas vulcano-sedimentares da Bacia do Camaquã (PAIM; CHEMALE JR; WILDNER, 2014). A distribuição espacial dos domínios geotectônicos e as estruturas regionais limitantes do ESRG, bem como a área de estudo, encontram-se inseridos na (Figura 2).

A formação do ESRG está relacionada a quatro grandes eventos orogenéticos: i) Passinho (890-860 Ma), ii) Porongos (800-750 Ma), iii) São Gabriel (750-680 Ma) e o iv) Dom Feliciano (650-540 Ma) (PHILIPP; PIMENTEL; CHEMALE JR, 2016; PHILIPP; PIMENTEL; BASEI, 2018). Estes eventos orogenéticos, através da assinatura de isótopos, mostram uma significativa formação de crosta durante o Paleoproterozóico e principalmente no Neoproterozóico, ocorrendo em ambas eras retrabalhamento crustal (KOESTER *et al.* 2021).

Figura 2 Principais unidades geotectônicas do Escudo Sul-Rio-Grandense (ESRG).



Fonte: Extraído e modificado de Koester, et al., (2021)

5.1.1. Terreno São Gabriel

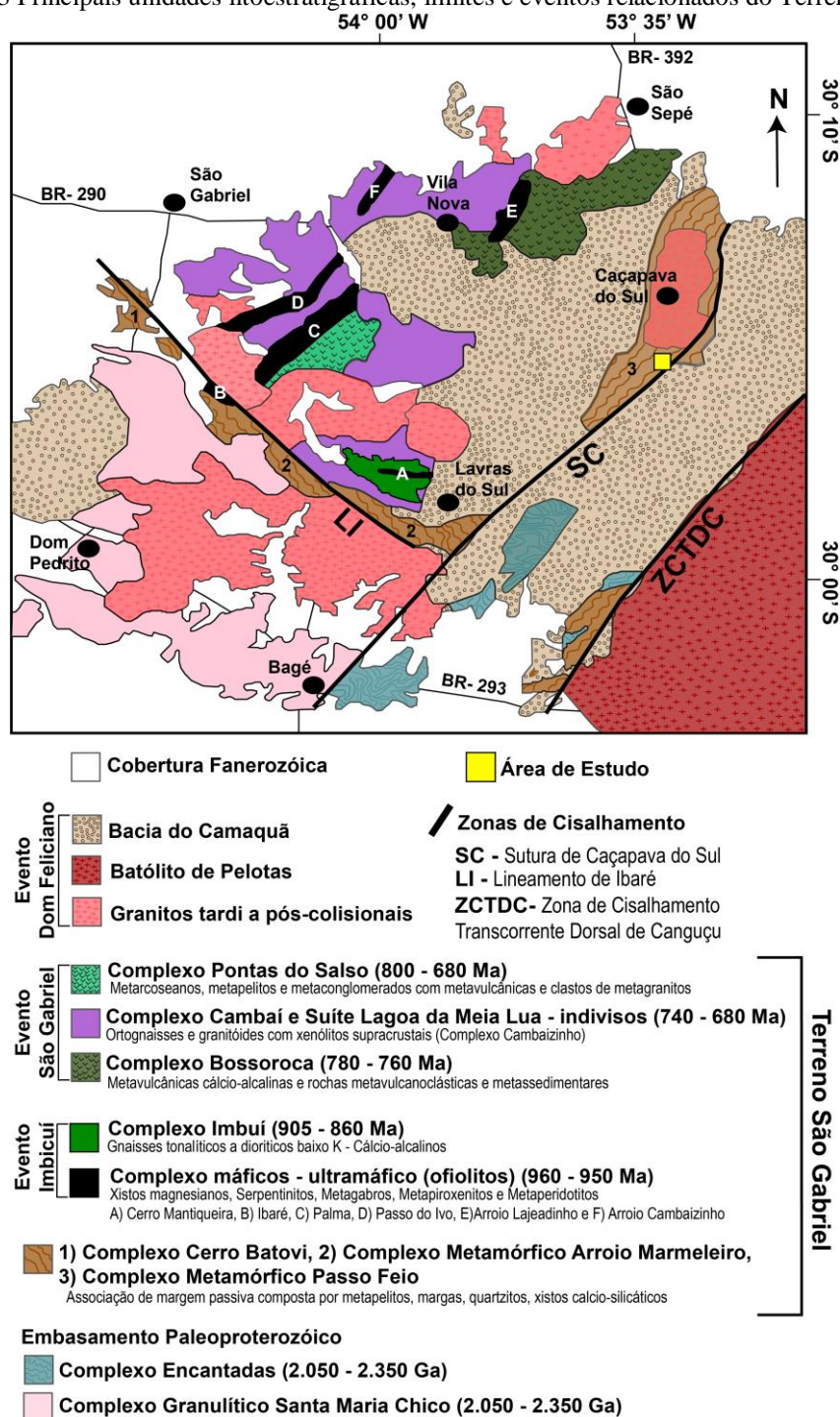
O Terreno São Gabriel (TSG), domínio geotectônico onde está inserido a área de estudo, está situado na porção noroeste do ESRG. Limitado a norte e a oeste pela cobertura Fanerozoica da Bacia do Paraná, ao sudoeste pelo Lineamento de Ibaré (LI) e a leste pela Sutura de Caçapava do Sul (SCS). O TSG é composto por complexos ofiolíticos, arcos magmáticos e margens continentais ativas, que representam a evolução progressiva de um arco de ilhas (intra-oceânico) para arco magmático continental no intervalo entre 879 e 650 Ma (LENA *et al.* 2014; PHILIPP; PIMENTAL; CHEMALE JR, 2016). A disposição espacial das principais unidades do TSG encontra-se inserida na Figura 3.

São descritos associações petrotectônicas no TSG: i) Prisma Acrescionário Palmas, que compreende complexos ofiolíticos que são formados principalmente por xistos magnesianos, serpentinitos e anfibolitos em corpos alongados paralelos as estruturas regionais; ii) Associações relacionadas ao Arco, que é formado por rochas metavulcano-sedimentares relacionadas ao arco Passinho e São Gabriel e iii) Associação vulcano-sedimentar-plutônica do Seival, que representa uma associação de rochas formadas no estágio

tardi a pós-orogênese Dom Feliciano. Ademais, ocorrem complexos de rochas relacionadas ao estágio tardi-orogênético e de margem passiva. O TSG apresenta 4 eventos deformacionais, na qual, os eventos D₁ ao D₃ são natureza dúctil e o evento D₄ é de natureza rúptil-dúctil. As unidades litoestratigráficas são fortemente controladas por zonas de cisalhamento de direção N30°- 40E° e rotacionadas a E-W e N70°W pelo LI (SAALMAN; REMUS; HARTMANN, 2005; HARTMANN; CHEMALE JR; PHILIPP, 2007; PHILIPP; PIMENTAL; CHEMALE JR, 2016; PHILIPP; PIMENTEL; BASEI, 2018).

São interpretados 3 períodos de evolução do arco: i) início da subducção em ambiente arco de ilha (840-750 Ma), com magmas derivados do manto; ii) significativo evento desenvolvimento do arco magmático, com pico da atividade magmática (Evento São Gabriel - 750-680 Ma), mistura de magmas continentais, mantélicos e manto alterado; iii) período acrescionário do sistema de arco (690-650 Ma) com magmas derivados de crosta continental (BABINSKI *et al*, 1996; LENA *et al*. 2014). Hartmann *et al* (2011) sumariza os principais eventos (vulcanismo, deformacionais e magmáticos) relacionados a Orogênese São Gabriel, com a presença de vulcanismo (753 Ma), principal evento colisional (719 Ma), principal evento intrusivo pós-colisional (705 – 690 Ma) e o término a intrusão de granodioritos (680 Ma).

Figura 3 Principais unidades litoestratigráficas, limites e eventos relacionados do Terreno São Gabriel.



Fonte: Extraído e modificado de (PHILIPP; PIMENTEL; BASEI, 2018)

5.2 Contexto geológico local

Na região de estudo, afloram rochas metamórficas do embasamento que compreendem as unidades litoestratigráficas Formação Arroio Mudador e Complexo Metamórfico Passo Feio (CMPF). Adicionalmente, encontram-se litologias da Suíte Granítica Caçapava do Sul, Granito Santo Ferreira e os Grupos Bom Jardim, Santa Bárbara e Guaritas da Bacia do

Camaquã (BC). Tais unidades litoestratigráficas encontram-se inseridas na porção oeste do Terreno São Gabriel.

5.2.1. Formação Arroio Mudador

A Formação Arroio Mudador (FAM) ocorre ao sul do município de Caçapava do Sul, em afloramento as margens do arroio homônimo e é individualizado dos metabasitos do CMPF, em contato tectônico a oeste e através de aspectos texturais das rochas. A FAM é composta por metabasitos hidrotermalizadas, presença de *pillow lavas*, que apresentam textura fanerítica no centro e afanítica nas bordas, fraturas radiais, amigdaloidais e com presença de preenchimento de fraturas por prehnita, epidoto, albita e calcita, além deste, ocorrem metabasitos maciços. Seu protólito é associado a rochas vulcânicas de fundo oceânico. (MACEDO *et al.*, 1978; BICALHO *et al.*, 2019; CPRM, 2020).

5.2.2. Complexo Metamórfico Passo Feio

O Complexo Metamórfico Passo Feio (CMPF) foi mapeado inicialmente na região de Caçapava do Sul por Ribeiro *et al.*, (1966), na qual, tais rochas metamórficas eram agrupadas sob a denominação de Complexo Vacacaí. Posteriormente, em trabalhos sistemáticos de Bitencourt (1983) recebe a denominação de CMPF, adotado neste trabalho.

Compreendem principalmente xistos, anfíbolitos, filitos e metavulcanoclásticas e em menor expressão ocorrem de gnaisses quartzo-feldspáticos, metassedimentares, metavulcânicas, mármore, quartzitos e rochas calcossilicáticas metamorfizadas.

São descritos dois eventos metamórficos regionais, M₁ em 700 Ma (U-Pb) e M₂ em 562 ± 8 Ma (U – Pb) e três eventos deformacionais (D₁, D₂ e D₃), sendo os dois primeiros eventos (D₁ e D₂) de escala regional. O evento metamórfico-deformacional (M₁ e D₁) é o evento de maior temperatura e atinge a fácies anfíbolito inferior, na zona da estauroлита, ao passo que, o evento M₂ é acompanhado pelo evento D₂, consiste em um evento retrogressivo, que atinge a fácies xisto verde, zona da Biotita e apresenta de forma concomitante o magmatismo sintectônico do Granito Caçapava. Posteriormente, o último evento deformacional (D₃) está associado com a formação de estrutura antiformal regional com o núcleo associado ao Granito Caçapava (BITENCOURT, 1983; REMUS, *et al.*, 2000; BICALHO *et al.*, 2019; TEENHOLM, 2019; SOUZA, 2020).

Teenhholm (2019) descreve três zonas metamórficas na porção sul do CMPF (compreende a área de estudo), na qual, ocorre o decréscimo do gradiente metamórfico na

direção W/SW, onde passa da fácies anfíbolito médio a inferior (zonas 1 e 2 respectivamente) para a fácies xisto verde (zona 3), com pico térmico entre 485°C e 555°C e pressões no intervalo de 2.6 a 4.8 quilobar (KBar).

As rochas consideradas protólito do CMPF consistem em basaltos, relacionados a formação de nova crosta oceânica associados a margas, carbonatos e pelitos em ambiente de mar restrito. Posteriormente, com o fechamento desses oceanos e a intrusão do corpo granítico, essas rochas sofreram diferentes etapas de metamorfismo e deformação (BICALHO *et al.*, 2019). Tais rochas associada ao CMPF foram formadas inicialmente em uma bacia de retroarco (800 Ma), que sofreu subducção e a posterior formação de uma nova bacia intra-arco (700 Ma) (SOUZA, 2020).

Recentemente, Souza (2020) propõem que a sequência supracrustal do CMPF pertenceria a um domínio mais antigo, dessa forma, o limite do Terreno São Gabriel estaria mais a oeste, na Zona de Falhas do Andradas. Esta constatação é feita com base na distribuição das idades de zircões detríticos, o CMPF apresenta maior predominância de zircões de idades Paleoproterozóicas a Mesoproterozóicas comparados com zircões de idade Neoproterozóica. Teenholm (2019) sugere que o CMPF e o Complexo Metamórfico Porongos (inserido no Terreno Tijucas) apresentam o mesmo protólito de bacia *rift*.

5.2.3. Complexo Granítico Caçapava Do Sul e Granito Santo Ferreira

O Complexo Granítico Caçapava do Sul (CGCS) compreende um corpo plutônico batolítico, alongado na direção N-S, de colocação sin-tectônica em profundidades de mesozona e contato intrusivo nas rochas do CMPF. Composto por sienogranitos, granodioritos e monzogranitos e de forma subordinada ocorrem tonalitos e quartzo dioritos de idades 589 ± 5 e 565 ± 14 (U-Pb), 552 ± 4 Ma (Rb-Sr), 660 ± 20 Ma, 593 ± 22 Ma e 556 ± 9 Ma (K-Ar), 568 ± 8 Ma (U-Pb) (RIBEIRO *et al.*, 1966; SOLANI JR, 1986; SARTORI; KAWASHITA, 1989; NARDI; BITENCOURT 1989; REMUS, 1999a; REMUS *et al.*, 2000).

O CGCS apresenta as fácies: i) biotita granitóides, rochas graníticas de coloração cinza a avermelhada com presença de biotita e alanita como minerais acessórios; ii) granitoides transicionais, apresentam características intermediárias entre ambos os extremos e iii) leucogranitóides, rochas de coloração rósea, com baixo teor de minerais máficos, apresentando localmente granada e/ou muscovita. Além dessas litologias, ocorre a presença de microgranitos, aplitos e pegmatitos associada principalmente a fácies de leucogranitóides (NARDI; BITENCOURT, 1989). Com base nas informações geoquímicas, interpreta-se a

origem do magma granítico relacionada ao magmatismo básico mantélico que sofreu diferenciação ou contaminação crustal ou ainda, fusão de rochas granulíticas.

O batólito granítico apresenta estrutura planar bem marcada em todas as fácies descritas, sendo mais incipiente nas rochas de granulação mais fina, na qual, essa foliação nas porções do centro tende a ser horizontalizada ao passo que nas bordas tende a apresentar um mergulho baixo a moderado, estando concordante com a foliação das rochas metamórficas que as circundam. No contato entre as rochas graníticas e as rochas do embasamento há presença de foliação milonítica bem marcada nas rochas, além disso, ocorrem apófises graníticas intrusivas nas rochas metamórficas e a presença de xenólitos do embasamento no granitóide (BITENCOURT, 1983; NARDI; BITENCOURT, 1989).

O Granito Santo Ferreira (GSF) consiste em corpo de dimensões de *stock*, intrusivo nas rochas metamórficas do CMPF, situado a sudeste do CGCS. O corpo compreende uma área de 8 km², forma elíptica com seu eixo maior de direção N30°E e geomorfologicamente compreende dois morros seccionados perpendicularmente por falha de direção N25°W, encaixada no Arroio Passo Feio (RIBEIRO, 1970; MACHADO, 2017).

O GSF é composto por sienogranitos, muscovita sienogranitos, biotita monzogranitos e granada leucogranitos e presença subordinada de rochas relacionadas a estruturas, como protomilonitos, milonitos e filonito. São distintas, assim como no CGCS, três fácies do granitóide, sendo elas o biotita-granitóide, o granitóide transicional e o leucogranitóide. As rochas do GSF apresentam idade de 552 ± 4 (Rb-Sr) (SARTORI; KAWASHITA, 1989; MACHADO, 2017; SANTANA *et al.*, 2019).

Machado (2017) descreve a presença de mineralizações de hematita, principalmente associada a falhas, na forma *stockworks* ou através de cimentação em estruturas rúpteis. Ademais, são descritos a presença pirita, por vezes de malaquita e de textura *boxwork*, não sendo identificados sulfetos primários de cobre.

5.2.4. Bacia do Camaquã

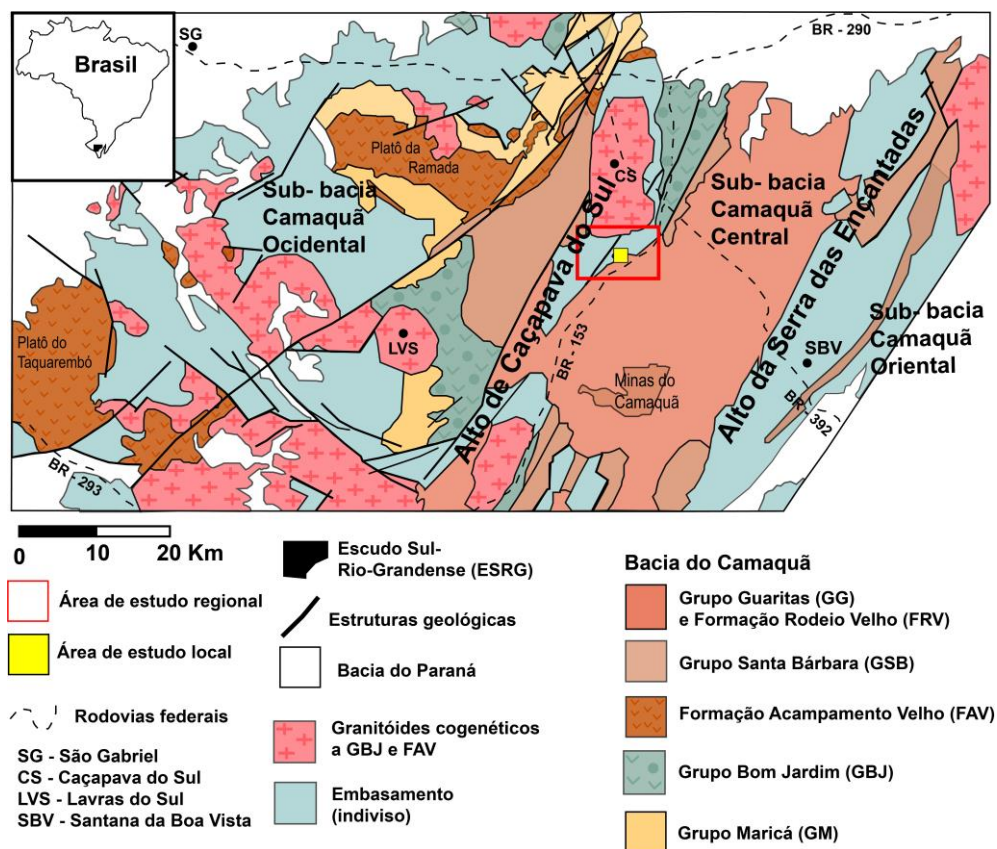
A partir do término do principal evento colisional do Ciclo Brasileiro, foram formadas uma série de bacias limitadas por falhas, de idade Ediacarana ao Cambriano Inferior, que apresentam preenchimento por rochas sedimentares, vulcânicas, ausência de metamorfismo (ou de baixo grau) e localmente dobradas. Dentre essas bacias neoproterozóicas, a Bacia do Camaquã (BC) consiste na bacia neoproterozóica que apresenta o registro mais completo e preservado (FRAGOSO- CÉSAR *et al.*, 2000; ALMEIDA ; JANIKIAN; FAMBRINI, 2010).

A BC compreende uma sequência vulcano-sedimentar, gerada através de vários episódios de sedimentação e vulcanismo que compreendem uma sequência de 8 km de espessura, no intervalo entre 601 a 535 Ma, que foi depositadas sobre o embasamento de rochas metamórficas e intrusivas relacionadas ao ESRG (JANIKIAN *et al.*, 2012). As orientações destas descontinuidades do embasamento foram reativadas durante a deposição da bacia e produziram uma anisotropia das estruturas, onde predominam sistemas de falhas de direção NNE-SSW e WNW-ESE, e o principal estilo deformacional da bacia composta por falhas normais de alto mergulho, oblíquas e *strike-slip* (ALMEIDA ; JANIKIAN; FAMBRINI, 2010).

A BC, também denominada de Supergrupo Camaquã é dividida, da base para o topo em: Grupo Maricá, Grupo Bom Jardim, Formação Acampamento Velho, Grupo Santa Bárbara, Grupo Guaritas, separadas através de discordâncias erosivas ou angulares (FRAGOSO-CÉSAR *et al.*, 2003). Outra proposta de divisão da Bacia do Camaquã consiste através de Alogrupos: Maricá, Bom Jardim, Santa Bárbara e Guaritas (PAIM; LOPES; CHEMALE JR, 1995). Independente da divisão proposta, há consenso quanto a continentalização dos ambientes sedimentares da base para o topo.

Cada uma das unidades apresenta distintos episódios de subsidência com diferentes depocentros, que são expressos pela divisão da bacia em três sub-bacias: Ocidental, Central e Oriental, separadas através do soerguimento dos altos do embasamento, alto de Caçapava do Sul (situado a oeste) e o da Serra das Encantadas (situado a leste), limitados por falhas de alto mergulho de direção NNE-SSW (ALMEIDA *et al.*, 2010; JANIKIAN *et al.*, 2012). Segundo o modelo de Paim; Chemale Jr; Lopes (1995), a Bacia do Camaquã pode ser divididas nas sub-bacias: Boicí-Piquiri, Guartias, Santa Bárbara, Ramada e Taquarembó. Ao comparar-se os dois modelos para a subdivisão da bacia, há equivalência entre as sub-bacias Boicí-Piquirí e Oriental, a sub-bacia Guaritas e a Central e as sub-bacias Santa Bárbara, Ramada e Taquarembó e a Ocidental. A Figura 4 ilustra a divisão da Bacia do Camaquã e as sub-bacias, bem como a disposição das unidades.

Figura 4 Bacia do Camaquã, sua divisão em sub-bacias, principais unidades litoestratigráficas que compõem e estruturas geológicas.



Fonte: Extraído e modificado de Janikian et al (2005)

O Grupo Maricá (GM) e/ou Formação Maricá, de idades entre $601 \pm 13 - 592$ Ma (idades U – Pb) consiste na unidade base do Supergrupo Camaquã e sua principal exposição está associada principalmente na sub-bacia Ocidental ou nas sub-bacias Ramada e Piquirí. O contato com o embasamento metamórfico ocorre através de falhas normais com componentes laterais e por discordâncias tanto angulares quanto litológicas. O GM é composto principalmente por arenitos arcoseanos e arenitos conglomeráticos com presença subordinada de pelitos, com pronunciado grau de litificação, compactação e fraturamento, o que mascara texturas e estruturas primárias das rochas. Dividido da base para o topo nas Formações Passo da Promessa, São Rafael e Arroio América, na qual, tais formações do topo e base compreendem depósitos de planície fluvial de rios entrelaçados e a formação intermediária depósitos de turbiditos e tempestitos associados de ambiente marinho raso (PELOSI; FRAGOSO-CÉSAR, 2003; BORBA; MARASCHIN; MIZUSAKI, 2004; ALMEIDA; CHEMALE JR; MACHADO, 2012). Sugere-se que houve a presença de vulcanismo durante a deposição do Grupo Maricá (BORBA *et al.*, 2006).

O Grupo Bom Jardim (GBJ) de idades entre 593 e 580 Ma (U-Pb), encontra-se nas sub-bacias Central e Ocidental ou sub-bacia Santa Bárbara e Guaritas, através de discordâncias angulares está sotoposta ao Grupo Maricá e é sobreposto pela Formação Acampamento Velho, podendo também estar em contato com unidades do Grupo Santa Bárbara e do embasamento metamórfico através de contatos por falhas. O GBJ compreende uma sequência de rochas vulcano-sedimentares, que é dividida da base para o topo em: i) Formação Cerro da Angélica; ii) Formação Hilário; iii) Formação Picada das Graças. A Formação Cerro da Angélica é composta por arenitos finos, pelitos e arenitos conglomeráticos, com camadas mergulhantes (15° - 60° para ESE e NW) e representa a transição de sistemas de leque sub-lacustres para ambiente deltaicos; a Formação Hilário compreende rochas vulcânicas ácidas-intermediárias-básicas e rochas piroclásticas de regime de fluxo e queda, de afinidade soshonítica, que intercalam-se com rochas sedimentares; a Formação Picada das Graças é composta sucessões areno-argilosas de leques deltaicos, arenitos finos a médios e localmente conglomeráticos de ambiente fluvial e arenitos tabulares a lenticulares oriundos de depósitos deltaicos dominados por rios e a presença de rocha vulcânicas extrusivas e *sills* associados ao início da deposição do GBJ. São interpretados eventos de subsidência, na qual, o vulcanismo é concomitante a ativação das falhas de bordas da bacia (JANIKIAN; FRAGOSO-CÉSAR; ALMEIDA, 2003; LIMA; SOMMER; NARDI, 2007; ALMEIDA *et al.*, 2012). CPRM (2017) e CPRM (2020) adota a nomenclatura de Formação Arroio dos Nobres, baseando-se em critérios litológicos apenas, dessa forma, não individualizando as Formações Cerro da Angélica e Picada das Graças nas Cartas Caçapava do Sul e Lavras do Sul, que são agrupados nos mapas regionais neste trabalho.

A Formação Acampamento Velho (FAV), de idades 573 ± 18 a 553 ± 5.4 (U-Pb), ocorre principalmente na sub-bacia do Camaquã Ocidental ou nas sub-bacias Santa Bárbara, Ramada e Taquarembó. Sobrepõem o embasamento metamórfico no Plato do Taquarembó e da Ramada, as rochas do GBJ e GM e é sotoposta pelas rochas do Grupo Santa Bárbara em discordância angular. O grupo é composto por arenitos, siltitos e conglomerados e principalmente por rochas vulcânicas e piroclásticas bimodais formadas em ambiente subaéreo através de condutos fissurais. A FAV apresenta uma sequência de rochas vulcânicas e piroclásticas, na qual, a base é composta basalto e basaltos andesíticos, uma sequência de lapili tufos e tufos soldados e riolitos no topo (ALMEIDA, *et al.*, 2002; LIMA; SOMMER; NARDI, 2007; JANIKIAN *et al.*, 2012; ALMEIDA; CHEMALE JR; MACHADO, 2012). As

rochas da FAV tem como fontes i) crosta de Paleoproterozóica ou mistura de crosta brasileira e ii) mistura de magmas máficos e componente crustal (ALMEIDA *et al.*, 2005).

O Grupo Santa Bárbara (GSB) de idades 574 ± 7 e 553 ± 5.4 Ma (U-Pb), está inserido nas sub-bacias Ocidental, Oriental e em janelas estruturais na sub-bacia Central ou nas sub-bacia Santa Bárbara, Guaritas ou sub-bacias Ramada, Santa Bárbara, Guaritas e Piquirí. Na sub-bacia Ocidental, o GSB apresenta contatos predominantemente por falha e localmente erosivos com as unidades sotopostas, sendo composto pelas formações (da base para o topo): i) Formação Estância Santa Fé, formada por conglomerados e arenitos de ambiente aluviais associado a siltitos e arenitos finos de ambiente marinho; ii) Formação Seival compreende ritmitos de ambiente estuariano associados a arenitos e heterolitos associados a ambiente de maré; iii) Formação Serra dos Lanceiros compreende conglomerados e arenitos conglomeráticos de ambiente fluvial entrelaçado; iv) Formação Arroio Umbu é composta por siltitos e arenitos de ambiente lagunar; v) Formação Pedra do Segredo é composta na base por arenitos deltaicos e no topo por conglomerados e arenitos conglomeráticos de ambiente aluvial (FAMBRINI *et al.*, 2006; PAIM; CHEMALE JR. WILDNER, 2014). Na sub-bacia Central, ocorre contato tectônico com o GBJ através da Falha do Cerro da Angélica e justaposta a leste com as rochas do Grupo Guaritas. Essa sub-bacia é composta pelas: i) Formação Passo da Capela, que apresenta intercalações de arenitos, siltitos e argilitos relacionados a turbiditos e tempestitos; ii) Formação Seival composta por arenitos e siltitos de ambiente costeiro e planícies de maré; iii) Formação Rincão dos Mouras por arenitos conglomeráticos de leques aluviais-fluviais; iv) Formação João Dias é composta de arenitos de ambiente costeiro e tempestitos (FAMBRINI *et al.*, 2007).

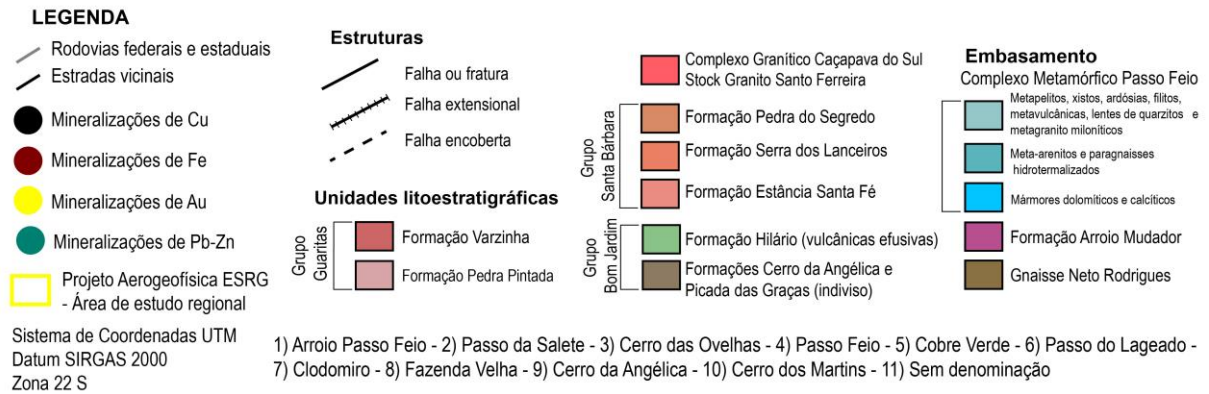
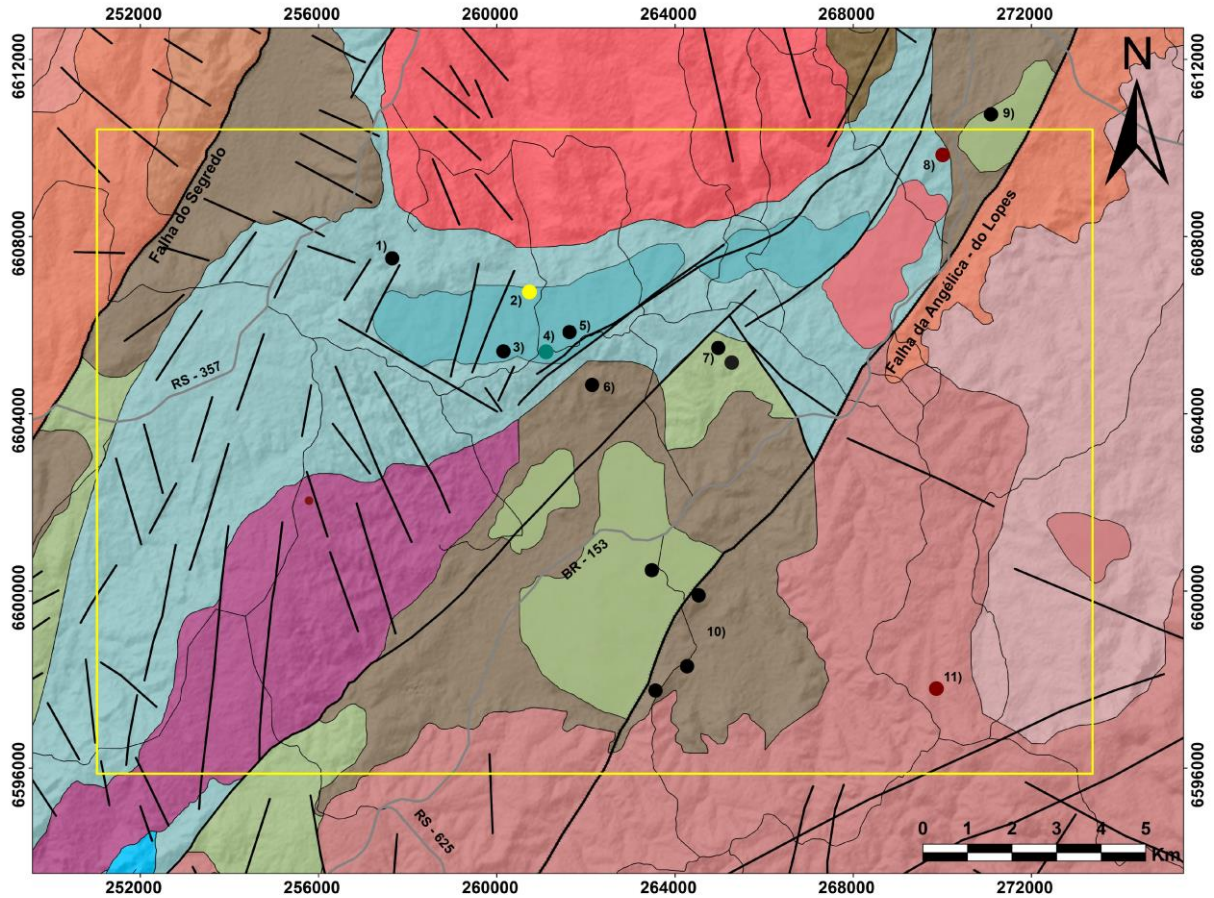
O Grupo Guaritas (GG), de idades entre 535 ± 10 Ma (U-Pb), encontra-se inserido na sub-bacia Camaquã Central ou nas sub-bacias Guaritas e Piquiri. Depositado sobre o GSB através de discordância angular e sobre o embasamento metamórfico através de discordância litológica. O GG é dividido nas formações cronocorrelatas: i) Formação Guarda Velha, composta por arenitos conglomeráticos e conglomerados relacionados a sistema flúvio-aluvial; ii) Formação Varzinha, que compreende por ritmitos (intercalação de arenitos e pelitos) e arenitos conglomeráticos relacionado a depósitos de planície de inundação e canais efêmeros; iii) Formação Pedra das Torrinhas, composta por brechas e intercalações de conglomerados, arenitos conglomeráticos e pelitos em ambiente de leques aluviais; iv) Formação Pedra Pintada é formada por arenitos de ambiente eólico associados a arenitos e pelitos em ambiente fluvial interdunas; v) Formação Serra do Apertado é composta por

arenitos conglomeráticos e conglomerados de ambiente fluvial. As Formações Pedra das Torrinhas, Varzinha e Pedra Pintada são cronocorrelatas, caracterizadas pela diminuição gradual da granulometria (ALMEIDA, 2005; HARTMANN; SANTOS; MCNAUGHTON, 2008; ALMEIDA *et al.*, 2009; ALMEIDA; CHEMALE JR; MACHADO, 2012; PAIM; CHEMALE JR; WILDNER, 2014).

A fm rodeio velho, a qual se encontra na base do grupo guaritas, na Fm. Pedra pintada, apresenta idades de 470 M.a (Hartmann, 1998) e de 547 ± 6.3 Ma (Almeida et al 2012) está presente nas sub-bacias Central e Ocidental ou nas sub-bacias Guaritas e Santa Bárbara, ocorre na forma de fluxos de lava interdigitados com as rochas do Formação Pedra Pintada. Composta por basaltos e andesitos maciços, vesiculares e amigdaloidais, além de depósitos piroclásticos de tufos, lapili tufos e brechas com intensa alteração hidrotermal. São descritas feições de interações de rochas vulcânicas e sedimentos saturados, tubos de lava, estruturas *pahoehoe* e *aa* (ALMEIDA *et al.*, 2000; ALMEIDA *et al.*, 2003; LIMA; SOMMER; NARDI, 2007; ALMEIDA; CHEMALE JR; MACHADO, 2012).

A Figura 5 ilustra a distribuição das unidades litoestratigráficas, estruturas e mineralizações de Cu-Au-Pb-Zn-Fe que ocorrem na região de estudo regional

Figura 5 Limites do projeto aerogeofísico (polígono amarelo) e mapa geológico da área de estudo no contexto regional com as principais unidades litoestratigráficas, estruturas e ocorrências minerais descritas.



Fonte: Extraído e Modificado de CPRM (2017) e CPRM (2020).

6. MINERALIZAÇÕES CUPRÍFERAS DESCRITAS NA REGIÃO

As mineralizações na região de Caçapava do Sul são descritas, de forma geral, abordado os seguintes tópicos conforme abaixo: i) contexto histórico dos trabalhos realizados e o avanço do conhecimento técnico-científico sobre as mineralizações; ii) descrição aspectos do arcabouço geológico-estrutural, modelos genéticos propostos e fontes associadas; iii) mineralizações hospedadas em rochas do CMPF.

6.1. Contexto histórico

Na região de Caçapava do Sul, a presença de mineralizações cupríferas é conhecida há mais de um século, sendo na região de Minas do Camaquã a extração de cobre e metais associados ocorrendo inicialmente nas Minas Uruguai e São Luiz (TONIOLO; REMUS; REISCHL, 2010).

Desde então, várias ocorrências cupríferas associadas à Pb-Zn-Au-Ag foram catalogadas e estudadas através de diversos mapeamentos na região, realizados pelo DNPM/CPRM, como Ribeiro *et al.* (1966), Ribeiro (1970), Bocchi (1970) e Porcher *et al.*, (1995). Complementarmente, trabalhos conduzidos por empresas de prospecção mineral e de mineração contribuíram para o conhecimento técnico-científico das ocorrências e prospectos. Como exemplo, encontram-se os trabalhos de Reischl (1978) nas minas do Seival, Badi e Kolling, (1978) na ocorrência Cerro das Ovelhas e Beckel *et al.*, (1978) na ocorrência Salsinho.

Os grandes esforços tanto do setor público quanto do setor privado foram sintetizados e categorizados através da análise global das ocorrências, prospectos e depósitos de cobre associado a metais base e/ou preciosos associados através do “Mapa Previsional do Cobre no Escudo Sul-Rio-Grandense”. Este contempla informações gerais como o tipo de mineralização, unidade geológica hospedeira, paragênese mineral e estruturas condicionantes das principais mineralizações cupríferas da região (RIBEIRO, 1978). Posteriormente, Camozzato (1987) agrupa informações acerca de todos os recursos minerais metálicos, não metálicos e energéticos contidos na Carta Cachoeira do Sul, na qual, adiciona novas ocorrências cupríferas e informações geológicas relevantes. Mais recentemente, através do projeto Metalogenia das Bacia Neoproterozóico-Eopaleozóicas do Sul do Brasil (Projeto Baneo), realizado na Bacia do Camaquã (BC) houve importante contribuição no conhecimento das mineralizações de metais base e preciosos associados as sequências vulcano-sedimentares da BC, com a realização de estudos petrográficos, geocronológicos, geoquímicos, geofísicos e de prospecção mineral (TONIOLO; GIL; SANDER, 2007).

A região que contempla grande número de mineralizações inseridas principalmente o município de Caçapava do Sul é conhecida como “Polígono Cuprífero Rio Grandense”, na qual, Ribeiro, *et al.* (1966) constata o controle estrutural sobrepondo o controle estratigráfico nas mineralizações. Posteriormente, Remus (2000) propõem a “Província Cuprífera de Caçapava do Sul”, contemplando principalmente os depósitos, prospectos e ocorrências inseridas no município.

6.2. Geologia, estruturas e fontes associadas às mineralizações

Na região de Caçapava do Sul são descritas mineralizações de Cu-Pb-Zn-Au-Ag-Fe que são hospedadas tanto nas rochas metamórficas do CMPF quanto na sequência vulcano-sedimentar da BC. Estas, são descritas como filoneana, irregulares ou estratiformes e os minerais de minério encontram-se na forma maciça ou disseminado na rocha (CAMOZZATO, 1987; REMUS *et al.*, 2000; TONIOLO; GIL; SANDER, 2007). As principais características referente as mineralizações de metais base e preciosos na região de Caçapava do Sul estão contidas no (Apêndice A) e sua distribuição espacial no (Apêndice B).

As mineralizações contidas nas sequências vulcano-sedimentares da BC tendem a estar relacionadas espacialmente com as rochas do Grupo Bom Jardim e aos vulcanismos Hilário e Acampamento Velho, porém, estão presentes também nos Grupo Santa Bárbara e no Grupo Maricá. Dentre as principais mineralizações associadas a BC e com potencial econômico, vale salientar as minas Uruguai e São Luiz (Grupo Santa Bárbara), na região de Minas do Camaquã e a mina do Seival (Grupo Bom Jardim) e os depósitos Santa Maria (Grupo Santa Bárbara) e Cerro dos Martins (Grupo Bom Jardim), além da presença de inúmeras ocorrências e prospectos. Já nas rochas metamórficas do CMPF, vale destacar o potencial econômico associado as mineralizações cupríferas nos depósitos Andradas e Primavera e a presença das demais ocorrências (RIBEIRO, 1978; TONIOLO; GIL; SANDER, 2007).

A condicionante litoestratigráfica das mineralizações é sobreposta pelo controle estrutural. De acordo com Ribeiro *et al.* (1966) e Ribeiro (1970), ocorrências cupríferas da região apresentam orientação espacial segundo falhamentos regionais de direção N20°- 30°E, denominado Sistema de Falhas do Irapuá, que contempla as falhas da Angélica, do Caboclo e do Mato Dentro, ao passo que as falhas de direção N50-60°W, são denominadas de Sistema de Falha do Cerro da Vigia, caracterizada por falhas secundárias tensionais, bem como estruturas regionais de direção E-W. Nas intersecções desses sistemas de falhas, tendem a apresentar mineralizações em fraturas, brechas e falhas de direção NW, sendo esta condicionamento estrutural um importante modelo prospectivo para as mineralizações de metais base na região (RIBEIRO, 1978; REMUS, 1999b). Dessa forma, interpreta-se que as estruturas tanto NW quanto E-W atuam na canalização dos fluídos mineralizados e na deposição/precipitação de minério nas descontinuidades (REMUS, 1999a).

Devido as mineralizações de metais base e preciosos ocorrem de forma ampla na região, muitos modelos genéticos foram propostos para explicar os processos que atuaram na

formação das mineralizações hospedadas tanto nas sequências vulcano-sedimentares quanto na rochas metamórficas. Laux *et al.* (2005) exemplifica essa problemática na região de Minas do Camaquã, onde a adoção de um modelo genético da mineralização variou ao longo do tempo de vida da mina e que poderia ser uma solução imediata para problemas relacionados com as etapas dos processo mineiros. Dessa forma, foram propostos diversos modelos genéticos conflitantes para as principais mineralizações da região Mina Uruguai e São Luiz (Minas do Camaquã), Depósito Santa Maria e Depósito Cerro dos Martins, que são basicamente sintetizados por modelos magmáticos-hidrotermais ou modelos sedimentares (*red-bed copper*), sendo os principais modelos genéticos associados aos diferentes depósitos estão sumarizados na Quadro abaixo (Quadro 1) (RIBEIRO, 1978; TONIOLO; GIL; SANDER, 2007).

Quadro 1 Modelos Genéticos das Mineralizações de Metais Base e Preciosos na região de Caçapava do Sul.

DEPÓSITO	MODELO GENÉTICO	AUTORES
Minas do Camaquã (Uruguai e São Luiz) Cu-Au-Ag	Vulcanogênico	Leinz e Almeida (1941) Ribeiro et al. (1966) Ribeiro (1968) Ribeiro (1986)
	Plutogênico	Melcher e Mau (1960) Bettencourt (1972) Remus (1999)
	Vulcano-sedimentar	Suszczinski (1975)
	Hidrotermal	Beckel (1990) Lima (1998) Laux (1999)
	Magmático-hidrotermal (epitermal)	Hoerlle et al. (2019) Pereira et al. (2021)
	Sedimentar - exalativo	Teixeira et al. (1978) Gonzáles e Teixeira (1978)
	Sedimentar - diagenético	Veigel (1989)
	Sedimentar - singenético	Ribeiro (1991)
Santa Maria Pb-Zn- Au-Cu	Sedimentar	Badi (1983)
	Sedimentar - exalativo	Gonzáles e Teixeira (1980)
	Sedimentar - diagenético	Veigel (1989)
	Diagenético	Ribeiro (1991)
	Hidrotermal	Beckel (1990) Lima (1998)
	Magmático-hidrotermal (epitermal)	Hoerlle et al. (2019) Pereira et al. (2021)
	Plutogênico	Remus (1999)
Cerro dos Martins Cu-Pb-Zn	Sedimentar (estratiforme)	Chaban et al. (1978)
	Sedimentar - diagenético	Allamirano (1981)
	Hidrotermal	Eckert e Fabricio (1970)
	Magmático-hidrotermal	Toniolo (2004)

Fonte: Extraído e modificado de Toniolo, Gil e Sander (2007).

A origem das mineralizações é vinculada ao período pós-colisional da Orôgenese Dom Feliciano, ao final do Ciclo Brasileiro, entre 590 Ma e 550 Ma, que compreende um intervalo de tempo com grande relevância metalogenético para o Terreno São Gabriel. Através da

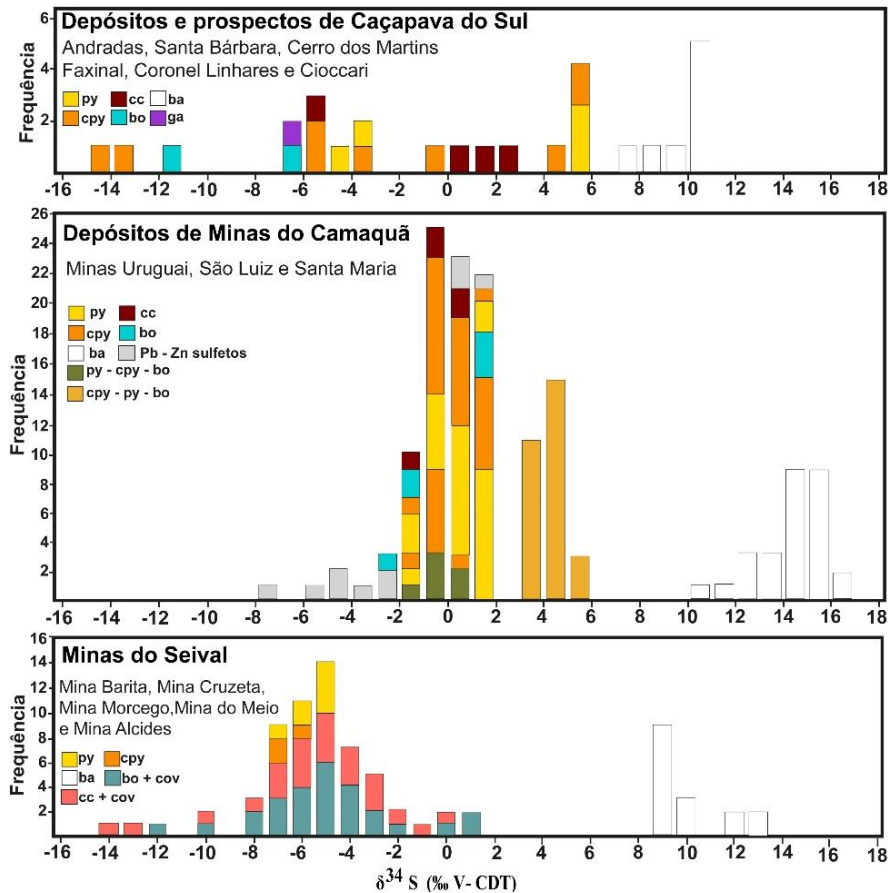
atuação de magmatismo (plutonismo ou vulcanismo) são fornecidos calor e fluídos, que associados em menor proporção aos fluídos meteóricos e metamórficos lixiviam as rochas e depositam os metais principalmente em descontinuidades. (REMUS, 1999b; TONIOLO; GIL; SANDER, 2007), (HOERLLE *et al.*, 2021b).

Remus *et al.* (2000) classifica os depósitos hospedados nas rochas adjacentes ao Granito Caçapava como depósitos epigenéticos com idade de 562 Ma, sendo que não poderiam ser a fonte principal para as mineralizações na região das Minas do Camaquã, onde interpreta-se a idade da mineralização de 594 Ma para o local (Remus, 1999b). Porém, mais recentemente Pereira *et al.* (2021) obtém idades de 565 Ma relacionado as rochas da Formação Acampamento Velho, onde o magmatismo teria relação genética com as mineralizações do depósito Santa Maria.

Atualmente, as mineralizações de Cu-Au-Pb-Zn tem sido vinculadas a sistemas epitermais que podem a vir estar associados a sistema pórfiros em profundidade (REMUS, 1999b), (TONIOLO; GIL; SANDER, 2007; FONTANA *et al.*, 2016), onde os sistemas epitermais estariam vinculados a caldeiras silicosas do vulcanismo pós-colisional da FAV (HOERLLE *et al.*, 2019).

Fontana *et al.* (2016) compila os principais valores obtidos ao longo de praticamente 50 anos de estudos de isotópos de $\delta^{34}\text{S}$ ilustrados no histograma da Figura 6, analisados tanto em minerais de minério quanto em minerais de ganga. Interpreta-se condições características de sistemas epitermais, onde o S tem origem magmática e variável grau de contribuição de outras fontes, seja águas meteóricas e/ou sedimentar. Valores de $\delta^{34}\text{S}$ próximos a zero são interpretados como fonte de enxofre magmática, ao passo que, valores mais espalhados no histograma tendem a apresentar misturas de fontes, na qual, os minerais sulfetados rico em cobre em associação com barita e hematita, são interpretados como mistura de fluídos de diferentes fontes, relacionadas a evolução do fluído com mudanças químicas e de temperatura em condições oxidantes.

Figura 6 Histogramas dos valores de $\delta^{34}\text{S}$ nos principais depósitos e prospectos de Cu-Au-Pb-Zn da região de Caçapava do Sul.



Fonte: Extraído e modificado de Fontana *et al.* (2016)

6.3. Mineralizações no Complexo Metamórfico Passo Feio

No CMPF as mineralizações de metais base e metais preciosos encontram-se inseridas nas rochas metamórficas que bordejam os granitóides do CGCS. Estas mineralizações podem ser setorizadas de acordo com a posição geográficas: i) ao norte estão presentes o depósito Santa Bárbara, o prospecto Faxinal e as ocorrências Rosso, Rancho Grande e Arroio da Divisa; ii) a leste estão presentes os prospectos Ciocari, Elionor Spode e Coronel Linhares (escarnitos) e as ocorrências Picada dos Tocos, Sanga da Faxina e Passo dos Burros; iii) a oeste, estão presente os depósitos Andradas e Primavera; iv) ao sul, estão presentes as ocorrências Cerro das Ovelhas, Arroio Passo Feio, Passo da Salete, Cobre Verde, Passo Feio, Clodomiro e Fazenda Velha, que contemplam a área de estudo (CAMOZZATO, 1987).

Devido ao potencial econômico comprovado através da categorização dos recursos, os depósitos cupríferos Santa Bárbara, Andradas e Primavera (porção norte e oeste) apresentam maior quantidade de estudos, onde verifica-se um controle estrutural, com presença de

mineralizações filoneanas maciças ou disseminadas de sulfetos primários e secundários e carbonatos de cobre com a ganga composta por quartzo, calcita, barita e hematita, que estão hospedados principalmente em xistos (BOCCHI, 1970; RIBEIRO, 1978; REMUS *et al.*, 2000; LISBOA, 2018).

Além dos depósitos na porção oeste do CMPF, a presença escarnitos na região das Caieiras (local de extração de mármore), na porção leste do CMPF, apresenta grande importância de cunho técnico-científico. Consistem em mineralizações filoneanas associadas a falhas, fraturas e brechas hidráulicas de *trend* NW, que intersecta a falha regional do Mato Grande, de direção NE. Apresenta multi-estágios de formação de escarnitos tanto de fase progradante quanto em retrogradante (578- 557 Ma) com formação da mineralização principalmente na fase retrogradante, que é composta de Cu-Fe-Mo (Au) na forma de sulfetos primários, secundários e carbonatos e minerais de ganga composta por quartzo, calcita, hematita e clorita (RIBEIRO, 1970; REMUS *et al.*, 2000; GAZZONI, 2010; REIS, 2013; REIS *et al.*, 2016) (HOERLLE *et al.*, 2021a). O intervalo dos *skarns* progradantes (578 Ma) está inserido no mesmo intervalo temporal de formação do sistema pórfiro-epitermal das mineralizações de Cu-Au da Associação Shoshonítica de Lavras do Sul (ASLS), na porção sul do Terreno São Gabriel (HOERLLE *et al.*, 2021c).

Inseridos na porção leste do CMPF ainda ocorrem mineralizações de ferro. A ocorrência Passo dos Burros compreende leitos de *Banded Iron Formation* (BIF) associados a ouro, ao passo que a ocorrência Fazenda Velha contempla mineralização de ferro na forma de filões (REISCHL *et al.*, 1982; CAMOZZATO, 1987).

As ocorrências Rosso, Rancho Grande, Arroio da Divisa, Picada dos Tocos, Sanga da Faxina e o prospecto Faxinal não apresentam trabalhos de detalhe, sendo suas características sumarizadas por Camozzato (1987) e sinterizadas no Apêndice A.

Ao sul do CMPF, as ocorrências Cerro das Ovelhas, Arroio Passo Feio, Passo da Salete, Cobre Verde, Clodomiro e Passo Feio contemplam a área de estudo, a exceção da ocorrência Cerro das Ovelhas, as demais ocorrências não apresentam trabalhos geológico de maior detalhe e estão sintetizadas no Apêndice A.

As mineralizações da ocorrência Cerro das Ovelhas está inserida tanto nas rochas vulcânicas e sedimentares do Grupo Bom Jardim quanto nas rochas metamórficas do CMPF. Caracteriza-se por ser uma mineralização hidrotermal filoneana, com filões de atitudes N55W/80NE e N55E/60SE, que intersectam falhas de direção NE. A mineralização é composta principalmente por sulfetos primários e secundários de Cu-Zn e carbonatos de cobre

preenchendo veios. Nessa localidade, são realizados trabalhos de amostragem de solo e sondagens pela Companhia Brasileira do Cobre (CBC), na qual, a ocorrência Banhado consiste na mais promissora (BADI; KOLLING, 1978; RIBEIRO, 1978).

Remus *et al*, (2000), em trabalho contemplando algumas ocorrências, prospectos e depósitos no CMPF, utiliza ferramentas de isótopos de $\delta^{34}\text{S}$, Pb e Sr. Dessa forma, pode-se concluir que: i) o enxofre apresenta mistura de fontes (magmáticas e sedimentar); ii) sugere-se que os metais teriam sido lixiviados das rochas durante a ascensão do Granito Caçapava; iii) Pb de fonte crustal primitiva; iv) a idade de 562 Ma descarta que o CMPF seria fonte para as mineralizações na região das Minas do Camaquã.

7. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Neste capítulo são detalhados os principais aspectos teóricos e conceitos básicos do método da magnetometria, aquisições aéreas (aerogeofísica) e a susceptibilidade magnética dos materiais. Conjuntamente, são expostos os fundamentos essenciais do sensoriamento remoto e técnicas aplicadas. Complementarmente, são descritos alguns trabalhos anteriores e aplicações dos métodos.

7.1. Magnetometria

A magnetometria consiste em um método geofísico potencial, que tem como parâmetro físico a medição da intensidade do campo magnético terrestre e a susceptibilidade magnética associada aos materiais tanto em superfície quanto em subsuperfície. Possui sua unidade em nanoTesla (nT), compatível com a escala das variações do campo magnético induzido. Os objetivos dos levantamentos magnetométricos consistem em mapear as mudanças espaciais do campo magnético relacionadas as características intrínsecas das rochas que compõem a crosta. Os grandes comprimentos de onda são originados no campo interno, ao passo que, variações locais ocorrem na crosta superior, que gera superimposição de pequenos comprimentos de onda (KEAREY; BROOKS; HILL, 2009; DENTITH; MUDGE, 2014).

O campo geomagnético é composto por três partes: i) campo interno, ii) campo externo (ionosfera) e as iii) variações locais do campo, na qual, o campo interno é o principal responsável pelo indução e magnetismo remanescente nas rochas e as variações locais consistem no objetivo do levantamento, relacionado as rochas. Este campo geomagnético apresenta intensidade/módulo (força) e direção (inclinação e declinação), que variam

especialmente (norte, sul e equador magnético) e ao longo do tempo (variação secular) (TELFFORD; GELDART; SHERIFF, 1990; KEAREY; BROOKS; HILL, 2009; DENTITH; MUDGE, 2014).

As anomalias magnéticas são relacionadas aos minerais magnéticos que estão presentes no arcabouço das rochas, porém, comumente os minerais formadores de rocha apresentam susceptibilidade muito baixa. Além da composição mineralógica, fatores como tamanho, forma, profundidade, orientação com relação ao norte, inclinação do campo magnético, dispersão na rocha e alteração (intemperismo e hidrotermalismo) influenciam na assinatura magnética e na susceptibilidade magnética. Dentre os principais minerais magnéticos, pode-se citar a magnetita (Fe_3O_4) e a pirrotita ($\text{Fe}_{(1-x)}\text{S}$), além da hematita, ilmenita/titanoilmenita e maghemita com respostas mais fracas. Estes, tendem a estar presentes principalmente em rochas básicas, ao passo que, com o aumento da sílica nas rochas, ocorre a diminuição da proporção de minerais magnéticos e por consequência a susceptibilidade magnética, dessa forma, rochas ígneas ácidas e sedimentares tendem a apresentar valores baixos. Outro fator que influencia, além da composição mineralógica e distribuição na rocha consiste no gradiente geotérmico, na qual, minerais magnéticos que ultrapassam a temperatura de *Curie* perdem as propriedades magnéticas. Dessa forma, as fontes de anomalias magnéticas estão relacionadas principalmente a crosta superior, em profundidades inferiores a 40km (TELFFORD; GELDART; SHERIFF, 1990); GUNN; DENDITH, 1997; KEAREY; BROOKS; HILL, 2009; DENDITH; MUDGE, 2014).

Em levantamentos magnetométricos, é necessário o conhecimento da intensidade e variação do Campo Magnético Terrestre, na qual, através de modelos matemáticos obtém-se a direção e intensidade do campo em qualquer posição geográfica através do IGRF (*Internacional Geomagnetic Reference Field*) e da variação diária (variação diurna) do campo magnético terrestre. O conhecimento desses parâmetros são necessários para a realização de reduções dos dados brutos e obtenção de informações referentes apenas ao objetivo do levantamento geofísico (KEAREY; BROOKS; HILL, 2009; DENDITH; MUDGE, 2014).

A magnetometria possui comprovada eficácia em estudos de detalhe aplicados a engenharia até estudos regionais relacionados ao arcabouço geológico-estrutural. Na prospecção mineral, cada tipo de depósito mineral (pórfiro, epitermal, *skarn*, IOCG, VMS, dentre outros) podem apresentar uma assinatura magnética específica, sendo que esta assinatura está associada a mineralogia (minerais de minério e ganga), rocha hospedeira e halos de alteração hidrotermal. A ação de fluídos hidrotermais faz com que ocorra

preservação, destruição ou formação de minerais magnéticos (GUNN; DENDITH, 1997; DENDITH; MUDGE, 2014).

7.2. Aerogeofísica

A aerogeofísica, também denominada de levantamentos aerotransportados, aerolevantamentos ou geofísica aérea, consiste na obtenção de dados geofísicos através da utilização de sensores instalados em aeronave ou em reboques (*birds*). O emprego da aerogeofísica prevê a definição da orientação de uma linha de voo (perpendicular aos principais *trends* geológicos), espaçamento entre linhas e a altitude adotada, sendo esta, padrão ou de acordo com a topografia do terreno (TELFORD; GELDART; SHERIFF, 1990; LUIZ; COSTA; SILVA, 1995). Os métodos geofísicos mais comumente utilizados consistem nos métodos magnéticos, eletromagnéticos, gravimétricos e gamaespectrométricos.,

O emprego da aerogeofísica é atrativo devido a velocidade de aquisição e capacidade de cobertura de grandes áreas em pequeno período de tempo, porém com altos custos operacionais são muitas vezes executados principalmente por órgãos governamentais (TELFORD; GELDART; SHERIFF, 1990). Na exploração mineral, levantamentos aéreos tendem estar relacionados a estudos regionais, em etapas iniciais de reconhecimento e identificação de alvos, na qual, posteriormente, tendem a ser detalhadas através de levantamentos terrestres com maior resolução.

7.3. Susceptibilidade magnética dos materiais

A propriedade física *susceptibilidade magnética* consiste na capacidade da rocha tornar-se temporariamente magnética quando submetida a aplicação de um campo magnético externo. O valor da susceptibilidade magnética depende do tipo de mineral magnético e a sua concentração no arcabouço da rocha. Mensurada através da aplicação de um campo magnético com intensidade conhecida e a medição do acréscimo e/ou decréscimo relacionado a rocha através da geração de um campo magnético extra (MUSSETT; KHAN, 2000).

A medição da susceptibilidade magnética pode ser realizada em afloramentos rochosos e testemunhos de sondagem, através da utilização do equipamento de mão ou em laboratórios quando necessário maior acurácia. Dentre os cuidados com a aplicação do método, especial atenção deve ser dada a representatividade das amostras medidas e o grau de alteração destas (MUSSETT; KHAN, 2000; DENTITH; MUDGE, 2014). Comumente, medidas de susceptibilidade magnética podem ser analisadas por meio de ferramentas estatísticas,

permitindo a visualização de diferentes populações, variações (valores mínimos e máximos) por unidades litoestratigráficas e assimetria da distribuição.

7.4. Sensoriamento remoto e técnicas associadas

O sensoriamento remoto consiste na obtenção de informações de determinadas feições desejadas à distância, através de imagens ou formas da radiação eletromagnéticas, seja ela refletida ou emitida pela superfície da Terra. Essas informações são mensuradas e armazenados por sensores contidos tanto em satélites orbitais quanto em aeronaves (CAMPBELL; WYNNE, 2011). A utilização de técnicas de sensoriamento remoto apresenta diferentes tipos de resolução e sua análise permite gerar os seguintes produtos e informações: i) resolução espectral, relacionada a energia refletida ou emitida; ii) resolução radiométrica, detecção e diferença de brilho; iii) resolução espacial, a menor feição identificável; iv) resolução temporal, variação da feição ao longo do tempo.

Dentre os sensores, pode-se classificá-los como sensores imageadores e sensores não imageadores. Outra classificação está relacionada a presença de fonte de energia própria, na qual, os sensores ativos possuem fonte própria de energia, que emitem e capturam a reflexão dos alvos, ao passo que, os sensores passivos não possuem fonte de energia própria e necessitam de uma fonte externa para a captação da reflexão (FITZ, 2010).

A radiação eletromagnética é composta pelos campos magnéticos e elétrico, que propagam-se na forma de onda e consiste na energia detectada e utilizada no sensoriamento remoto. A onda eletromagnética varia em função das suas propriedades de comprimento de onda, frequência, velocidade de propagação da onda e fase entre as ondas (CAMPBELL; WYNNE, 2011). A relação entre comprimento de onda e frequência é inversamente proporcional, ao passo que, a velocidade de propagação da onda é diretamente proporcional (JENSEN, 2009).

A radiação eletromagnética apresenta diferentes faixas dentro do espectro eletromagnético em decorrência do comprimento de onda, que contempla curtos comprimentos de onda com alta frequência e longos comprimento de onda com baixa frequência. O espectro eletromagnético divide-se em ordem crescente do comprimento de onda: raios gama, raios-x, radiação ultravioleta, luz visível, radiação infravermelho (infravermelho proximal, médio e distante-termal), radiação de microndas e ondas de rádio (CAMPBELL; WYNNE, 2011).

O sensoriamento remoto e suas técnicas apresentam uma gama de aplicações nas mais diversas áreas do conhecimento, na qual, em atividades de prospecção mineral, servem como fonte de informações indiretas na busca de áreas potenciais para a mineralização, bem como informações sobre a composição mineralógica de solo e/ou rocha, halos de alteração hidrotermal e estruturas geológicas associadas a depósitos minerais (CRÓSTA *et al.*, 2016).

7.4.1. Satélite e sensor ALOS PALSAR

O satélite *Advanced Land Observing Satellite* (ALOS) teve sua missão executada pela Agência Exploratória Aeroespacial Japonesa (JAXA). O satélite conta com os sensores: i) radiômetro PRISM; ii) radiômetro multiespectral AVNIR-2 e o sensor de microondas PALSAR. Através deste sensor (PALSAR), é possivelmente a obtenção de imagens noturnas e diurnas e independente das condições atmosféricas (ASF, 2021; EMBRAPA, 2021a).

7.4.2. Satélite Sentinel 2

O satélite Sentinel 2 faz parte de uma série de satélite relacionado a projetos da Agência Espacial Europeia (ESA) relacionado ao Programa Copernicus. O par de satélite Sentinel- 2 contempla um sensor multiespectral MSI que contém 13 bandas espectrais que apresentam comprimento de onda entre 443 – 2190 nm e tem como objetivo o monitoramento da variabilidade das condições superficiais do terreno, relacionado a vegetação, solo e regiões costeiras (ESA, 2021), (EMBRAPA, 2021b). Informações individuais de cada banda estão sumarizadas na Tabela 1.

Tabela 1 Sumário contemplando as principais informações do Satélite Sentinel 2A

Resolução (m)	Número da Banda	Nome da Banda	Comprimento da onda (nm)
10	B02	Azul	490
	B03	Verde	560
	B04	Vermelho	665
	B08	Infravermelho (NIR)	842
20	B05	Red Edge 1	705
	B06	Red Edge 2	740
	B07	Red Edge 3	783
	B08A	Red Edge 4	865
	B11	Infravermelho de ondas curtas (SWIR 1)	1610
	B12	Infravermelho de ondas curtas (SWIR 2)	2160

60	B01	Aerossóis	443
	B09	Vapor d'água	940
	B10	Nuvens altas (Cirrus)	1375

Fonte: Extraído de USGS EROS ARCHIVE – SENTINEL 2.

7.5. Trabalhos anteriores

Magalhães, Souza Filho e Silva (2007) com o objetivo de compreender as relações entre o arcabouço geológico-estrutural e as mineralizações do tipo ouro orogênico, utilizam dados aerogeofísicos (magnetometria e gamaespectrometria) do Projeto Aerogeofísico Rio Araguari, inserido na porção centro-norte no Estado do Amapá. Verifica-se através dos resultados a relação das mineralizações auríferas com estruturas NNW e a melhor definição de limites de unidades litoestratigráficas.

Chang *et al.* (2011), através da integração de dados de aeromagnetometria, susceptibilidade magnética em rochas e dados de geologia de campo fornecem um guia prospectivo a depósitos pórfiro-epitermais no distrito de Mankayan, ao norte da Filipinas. Os autores concluem que depósitos hospedados principalmente em rochas vulcânicas e piroclásticas estão inseridos em baixos magnéticos e com baixa susceptibilidade magnética. Tal fato relaciona-se a destruição da magnetita em zonas onde estão presentes halo de alteração fílica que sobrepõem a alteração potássica e a alteração argílica avançada sobre rochas sãs. Adicionalmente, observou-se uma relação entre as anomalias aeromagnéticas e as estruturas regionais em campo, bem como a presença de anomalias que podem estar relacionadas a estruturas, inseridas nos locais pouco mapeados.

Na região que encontra-se inserida a proposta deste Trabalho de Conclusão de Curso, Travassos (2014) empregou dados aeromagnetométricos do Projeto Aerogeofísico do Escudo Sul-Riograndense com o objetivo de delimitar o ESRG e seus domínios magnéticos. Detectou-se e delineou-se lineamentos magnéticos, estruturas regionais e padrões associados, contribuindo com o conhecimento dos eventos deformacionais de cada domínio (unidades geotectônicas do ESRG) aliados a integração com informações de campo, bem como o entendimento dos modelos tectônicos propostos para o ESRG. O autor estabeleceu cinco domínios magnéticos: Taquarembó, São Gabriel, Tijucas, Pelotas e Paraná, na qual, cada um destes compreendem unidades que são individualizadas por padrões estruturais e deformacionais.

Castro e Ferreira (2015) utilizam dados aeromagnetométricos, gravimetria terrestre e dados geológicos com o objetivo de verificar a distribuição das zonas de cisalhamento neoproterozóica inseridas na porção meridional da Faixa Ribeira, que compreende os

Terrenos Apiaí, Curitiba, Luis Alves, Paranaguá e porções da Bacia do Paraná. Os autores realizaram o realce de anomalias (análise qualitativa), estimativa de profundidades de fontes (análise semiquantitativa) e modelos geológico-geofísico-estruturais (análise quantitativa). Concluiu-se que há correspondência entre os lineamentos magnéticos e as zonas de cisalhamento, o prolongamento destas na Bacia do Paraná, a conexão em subsuperfície em padrão sigmoidal e a estimativa de profundidades superiores a 2000m para estas estruturas.

An *et al.* (2018) através da integração de dados aeromagnetométricos e de gravimetria terrestre na porção leste do cinturão Tianshan, situado na Província metalogenética da Ásia Central, realizou-se a análise das implicações dos dados geofísicos com as mineralizações polimetálicas de diversos tipos de depósitos. Através da metodologia, pode-se verificar a correlação entre as anomalias magnética e gravimetria com as principais estruturas regionais e a relação de proximidade entre tais anomalias e os depósitos metálicos da região, além da favorabilidade de áreas prospectivas estarem relacionada a estruturas E-W e NEE, bem como intersecção de *trends* estruturais. Complementarmente, foi verificado a presença de anomalias magnéticas possivelmente relacionadas a estruturas não mapeadas.

Pereira, Santos e Carrino (2019) aplicaram dados aerogeofísicos (gamaespectrometria e magnetometria) e informações geológico-estruturais de campo com o intuito de compreender o arcabouço geológico-estrutural e assinaturas radiométricas associadas as mineralizações auríferas do tipo ouro-orogênico. Estas, encontram-se inseridas no distrito Itapetim, na Província Borborema, na divisa dos Estados de Pernambuco e Paraíba. Dessa forma, concluiu-se que as mineralizações auríferas inseridas na região apresentam como característica estarem associadas a grandes estruturas regionais e estruturas secundárias que são caracterizadas através de altos magnéticos e a presença de rochas que sofreram alteração hidrotermal, com o aumento da presença de K nas rochas hospedeiras.

Tavares (2019) a partir de informações oriundas de dados geológicos, aerogeofísicos (gamaespectrometria e magnetometria) e dados de sensoriamento remoto teve como objetivos a identificação e detecção de padrão do arcabouço estrutural em escala regional. Tais feições associam-se a mineralizações metálicas descritas no Cinturão Dom Feliciano (Escudos Catarinense e Sul-Riograndense) da Província Mantiqueira Meridional. Através da integração multi-fonte, pode-se constatar que as presenças de mineralizações tendem estar associadas a estruturas de direção NE-SW, havendo maiores concentrações associadas a intersecção destas estruturas com outras de direção NW-SE, salientando um controle estrutura. Ademais, a

relação da distribuição espacial das rochas vulcânicas da Formação Hilário e a presença de mineralizações de metais base e preciosos nos Terrenos São Gabriel, Tijucas e Taquarembó.

Fries, Zago e Silva (2020) através da abordagem metodológica de integração multi-fonte de dados aeromagnéticos, levantamento magnetométrico terrestre, medidas de susceptibilidade magnética e dados geológicos de campo, na ocorrência cuprífera Capão Grande, hospedado em rochas sedimentares do Grupo Maricá, possibilitou a melhor definição, realce e resolução das anomalias geofísicas. Dessa forma, pode-se delimitar zonas mineralizadas em subsuperfície, orientação preferencial do arcabouço estrutural e definição de profundidades e geometrias das zonas anômalas com maior acurácia.

Huhn *et al.* (2020) com a utilização de dados aeromagnetométricos, medidas de susceptibilidade magnética em afloramentos e testemunhos de sondagem e outros métodos geofísicos, com objetivo de compreender o sistema mineral que posicionou os depósitos IOCG do Vale do Curaça e Riacho do Pontal, de idades Paleoproterozóica e Neoproterozóica respectivamente. Como resultados, concluiu-se que o distrito do Riacho do Pontal está associado a zonas de baixos magnéticos e de susceptibilidade magnética e controle estrutural marcante, ao passo que, o distrito do Vale do Curaçá está associado a um *trend* estrutural N-S de estrutural e que apresenta-se inseridas em zonas de anomalias magnéticas, bem como o corpo mineralizado apresenta altos valores de susceptibilidade magnética. Em ambos, a intensidade da alteração hidrotermal influencia nas anomalias, na qual, no distrito de Riacho do Pontal, predomina hematita em relação a magnetita (associado a baixos magnéticos) e no distrito do Vale do Curaçá ocorre a formação de magnetita associada a zonas de cisalhamento e halos hidrotermais (associado a altos magnéticos).

Silva, Silva e Santos (2020) utilizando-se de aeromagnetometria, gravimetria terrestre, dados diretos de geologia de campo e mineralizações caracterizam o arcabouço estrutural relacionado as mineralizações de Cu-Au inseridas no Arco Magmático de Arenópolis, Góias. Os autores puderam concluir que as mineralizações apresentam controle estrutural bem marcado e que estão inseridas nas porções adjacentes a anomalias gravimétricas e limites litológicas ou de lineamentos magnéticos. Pode-se, adicionalmente, visualizar importantes estruturas relacionadas as mineralizações, mas que não estão mapeadas.

Zago (2021) com o objetivo de compreender as assinaturas magnetométricas de rochas e minerais sob ação intempérica na região do Seival, Caçapava do Sul (RS), integra dados de magnetometria aérea e terrestre, susceptibilidade e descrições petrográficas dos litotipos. Dessa forma, a autora conclui que as anomalias magnéticas são influenciadas pela taxa de

alteração, os valores anômalos oriundos da aerogeofísica não constituem-se satisfatórias para estudos de detalhe devido a fatores do terreno (espessura do solo e cobertura vegetal), a correlação entre as soluções de Euler, declividade do terreno e direções preferencias das drenagens com a presença de estruturas geológicas.

8. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização deste Trabalho de Conclusão de Curso, foram determinados os seguintes materiais, métodos e sequencia das etapas de execução:

- I) Etapas do fluxograma de atividades
- II) Base de dados aeromagnetométricos;
- III) Processamentos e Mapas de valores anômalos;
- IV) Medidas de Susceptibilidade Magnética *in situ* e amostras de mão – análise e caracterização das assinaturas magnéticas no local;
- V) Informações geológicas do local – Mapeamento geológico local;
- VI) Análises das anomalias aerogeofísicas - Perfis Aerogeofísicos integrados a informações geológico - estruturais - topográficos;
- VII) Informações geológicas dos litotipos na área - Petrografia microscópica;
- VIII) Integração de Dados – Correlação dos resultados, mapas integrados e litogeofísicos.

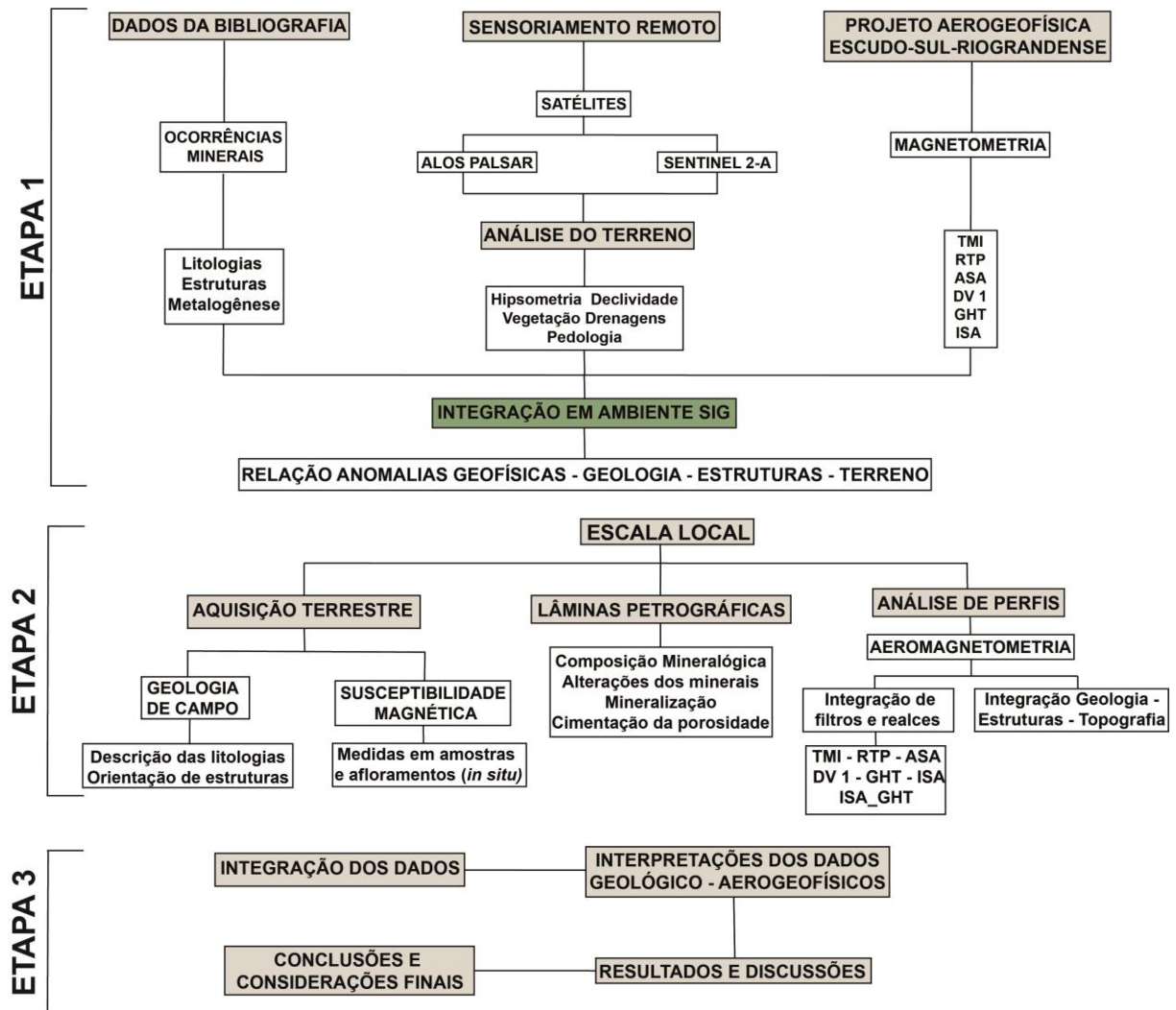
8.1. Etapas definidas para o trabalho de conclusão de curso

As etapas deste projeto são descritas de forma sucinta conforme abaixo:

- Integração, processamento e análises aerogeofísicos;
- Integração de informações geológicas – litologias, condicionantes estruturais e mineralizações;
- Processamento avançado dos dados geofísicos (aéreos), aplicação de filtros, técnicas de realce e integração com dados diretos;
- Integração de dados geológicos e geoprocessamento – sensoriamento remoto;
- Mapeamento geológico-estrutural, medidas de susceptibilidade magnética dos litotipos e petrografia microscópica;
- Integração das informações de geologia e aerogeofísicas em perfis com os diferentes filtros e realces utilizados;
- Análise e interpretação dos resultados.

O fluxograma das principais etapas e respectivas atividades deste projeto está sumarizado na Figura 7.

Figura 7 Fluxograma das principais etapas e atividades realizadas



Fonte: Autor (2022)

8.2. Geofísica Aérea

Os dados aerogeofísicos são oriundos do Projeto Aerogeofísico do Escudo Sul-Rio-grandense, que foi realizado pela empresa LASA Prospecções S.A, que contemplam levantamentos aeromagnetométricos e aerogamaespectrométricos na porção extremo sul do Rio Grande do Sul (CPRM, 2010).

O levantamento foi realizado de acordo com os seguintes parâmetros:

- **Linhas de vô principais:** orientação N-S, com um espaçamento entre as linhas de 500 metros;
- **Linhas de voo de controle:** seccionando ortogonalmente as linhas principais, com direção E- W com espaçamento de 10km entre linhas;
- **A altura média de vô é de 100 metros** nos aerolevantamentos e os perfis contemplam um total de 159.781,21 km;
- **As medições geofísicas magnetométricas** foram realizadas a cada **0,1s** e o equipamento utilizado consiste no sensor *Scintrex CS-2*, **sensor de vapor de Césio**, com montagem acoplado na cauda (tipo *stinger*);
- **Resolução de 0,001 nT e faixa de 20.000 a 95.000 nT** (CPRM, 2010)

Os dados aeromagnetométricos são disponibilizados em um banco de dados em formato .XYZ . Como processamentos foram empregados i) a correção do erro de paralaxe, ii) variação diurna, iii) nivelamentos de perfis, iv) micronivelamento de perfis e v) remoção do Campo Geomagnético Internacional de Referência (IGRF) em altitude de 200 metros e o ano de referência da aquisição.

Os valores interpolados (*grids*) foram gerados por meio dos métodos de interpolação *Minimum curvature (RANGRID)* e *Bi-directional line gridding (BIGRID)*. Os mapas de contorno gerados compreendem *grids* regulares, com tamanhos de célula de 125m x 125m (CPRM, 2010).

8.3. Dados aeromagnetométricos – processamentos e mapas de valores anômalos

A partir da base de dados aerogeofísica (CPRM, 2010) e valores anômalos, são gerados mapas e perfis por meio da delimitação (recorte) da área de interesse. Estes, consistem na base de dados adotada para a aplicação de filtragens, técnicas de realce e definição das principais anomalias magnéticas observadas.

Para este estudo proposto foram realizados os seguintes processamentos e respectivos mapas:

- **Mapa do Campo Magnético Anômalo Total - Total Magnetic Intensity (TMI):** compreende o resultado do processamento inicial, gerado após correção do IGRF e da variação diurna do campo magnético. Porém, apresenta pouca utilidade devido ter como caráter dipolar, o que dificulta interpretações.
- **Mapa das Anomalias Magnéticas de Campo Total (TMI) Reduzidas ao Polo (RTP):** A partir do mapa (TMI) foi aplicado o filtro de Redução ao Polo (RTP). Neste, a anomalia

magnética apresenta caráter monopolar e incide sobre o corpo causativo. A partir dos valores anômalos reduzidos ao polo (RTP) foram definidos as seguintes fitragens e técnicas de realce:

- a) Amplitude do Sinal Analítico (ASA);**
- b) Primeira Derivada Vertical de Grau 1 (DV 1);**
- c) Gradiente Horizontal Total (GHT);**
- d) Inclinação do Sinal Analítico (ISA).**

A fim de realçar e/ou atenuar as anomalias magnéticas causadas pelas fontes causativas (feições em subsuperfície) essas técnicas possibilitam a delimitação de bordas/limites e geometria dos elementos analisados.

A aplicação do filtro de Amplitude do Sinal Analítico (ASA) (NABIGHIAN, 1972; ROEST; VERHOEF; PILKINGTON, 1992) apresenta anomalias incidentes sobre a fonte causativa, sendo utilizados para a delimitação de limites de corpos geológicos.

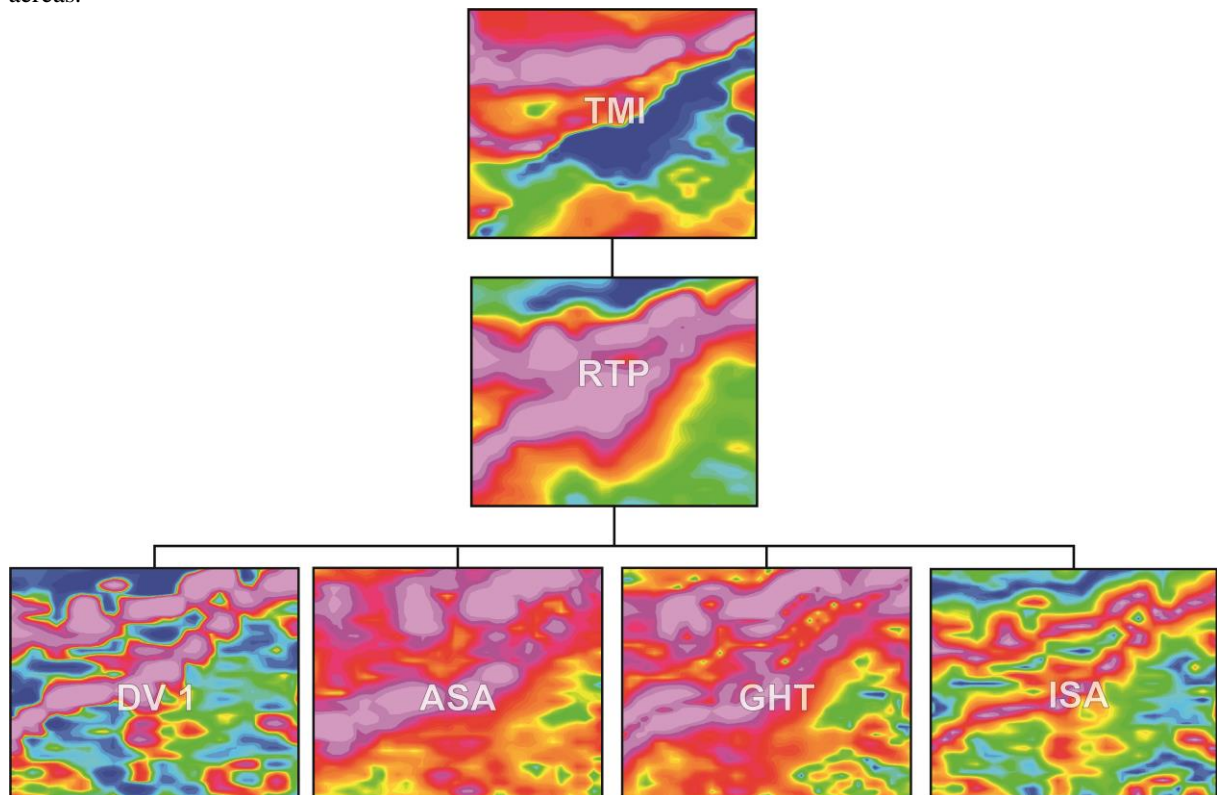
A utilização do filtro de Primeira Derivada Vertical (DV 1) (DENTITH; MUDGE, 2014) é utilizado para o realce de anomalias magnética de alta frequência relacionadas as fontes causativas rasas.

O filtro de Gradiente Horizontal Total (GHT) (CORDELL; GRAUCH, 1985) apresenta a função de amplificar o eixo horizontal, dessa forma, ressalta bordas de corpos em detrimento ao centro do corpos.

A utilização do filtro Inclinação do Sinal Analítico (ISA) (MILLER; SINGH, 1994) compreende anomalias sobre o centro dos corpos ao passo que, valores nulos próximos aos limites do corpo e valores máximos e negativos fora (não coincidentes) da fonte causativa.

Os mapas das anomalias aerogeofísicas observadas, fitragens e técnicas de realce aplicadas encontram-se simplificados através do fluxograma abaixo na Figura 8.

Figura 8 Fluxo de atividades propostas para o processamento, geração e realce das anomalias magnetométricas aéreas.



Fonte: Extraído e modificado de CPRM (2010).

8.4. Susceptibilidade magnética dos principais litotipos

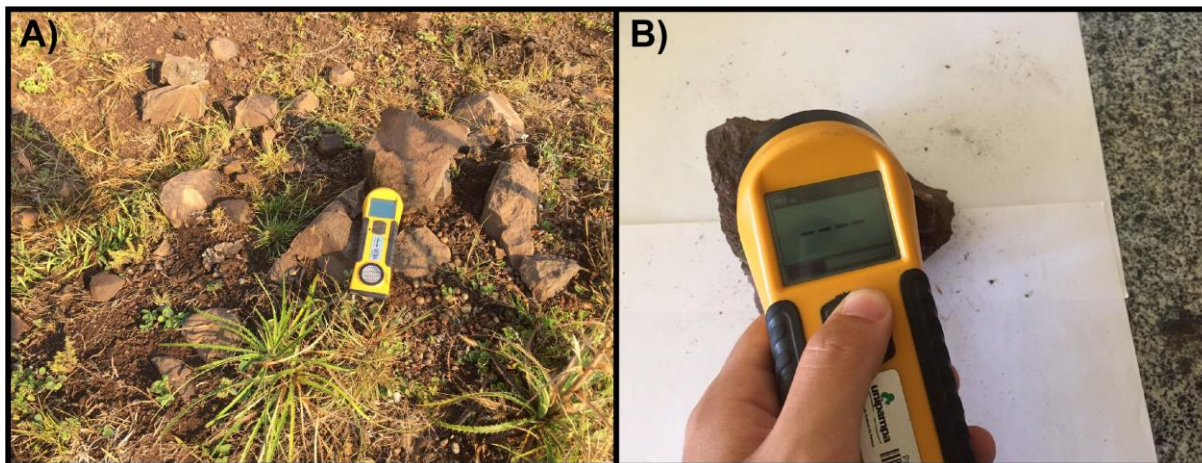
Como complemento ao Mapeamento Geológico e parametrização das assinaturas geofísicas detectadas por meio da aerogeofísica, foram efetuadas medidas de susceptibilidade magnética na área. Foi utilizado o susceptibilímetro modelo KT-10 da marca Kappameter, equipamento pertence à Universidade Federal do Pampa- Campus Caçapava do Sul.

Foram executadas medidas de susceptibilidade nos principais litotipos referentes as unidades litoestratigráficas em duas etapas, sendo i) em afloramentos (*in situ*) e perfis de solo no campo e ii) amostras de mão em laboratório. Adotou-se a realização de cerca 10 medidas em cada ponto/amostra para determinação de médias consistentes (valores). Estes, servem como informações para caracterização estatística como tendência de valores, tendências e médias.

As informações de susceptibilidade magnética, posteriormente são organizados e elencados conforme o litotipo e a relação com a mineralogia associada. Como complemento a análise, foi realizado o tratamento estatístico com respectiva geração de histogramas em planilhas apropriadas.

A Figura 9 abaixo ilustra a aquisição dos dados *in situ* realizados no campo e nas amostras de mão em laboratório.

Figura 9 Medidas de susceptibilidade magnética com o KT -10. A) Medição In situ; B) Medição em amostras de mão.



Fonte: Autor (2022)

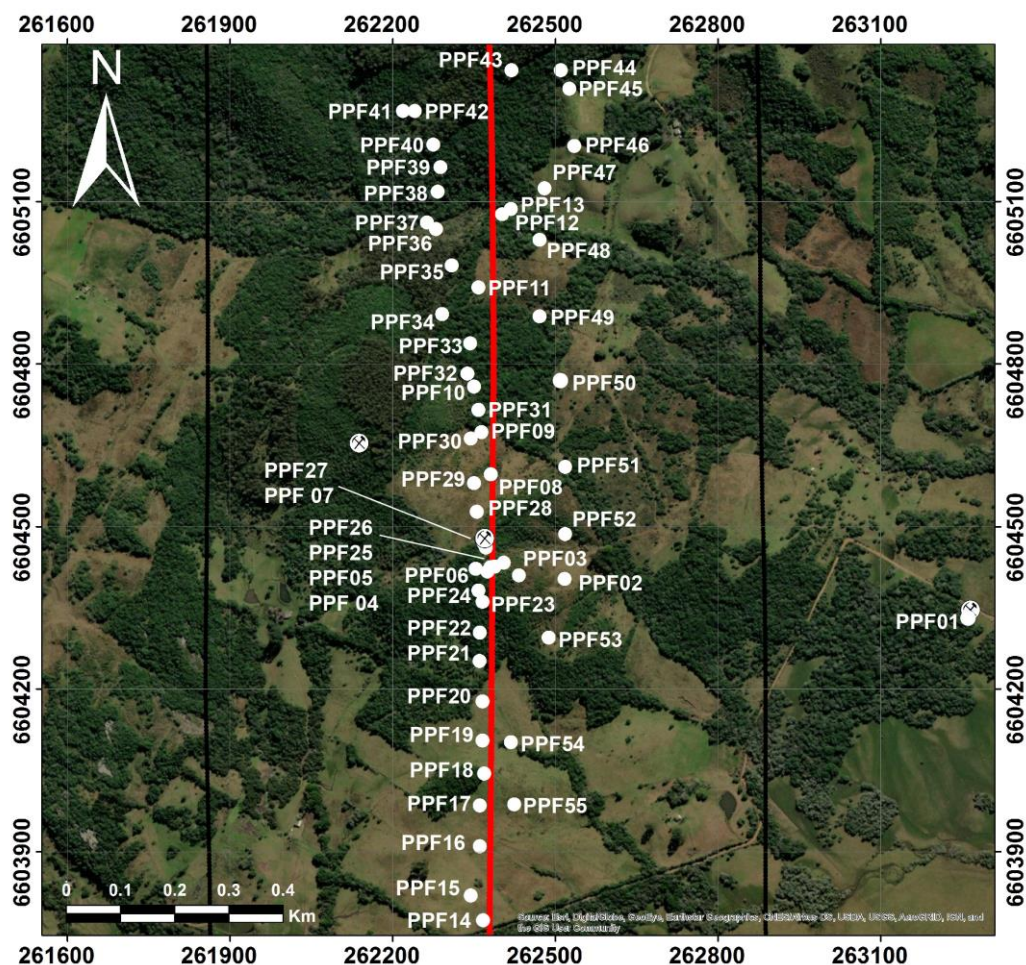
8.5 Mapeamento geológico

Os trabalhos de Mapeamento Geológico foram realizados nos dias 29/11/2021 e 21/01/2022. Neste, um total de 55 pontos foram descritos ao longo da Linha de Voo 12530 (Linha 03) do Projeto Aerogeofísico do ESRG (CPRM, 2010). A nomenclatura dos pontos foi denominada de Projeto Passo Feio (PPF) acompanhado da numeração do ponto.

O Sistema de Coordenadas adotado no projeto foi *Universal Transversor Mercator* (UTM), Datum SIRGAS 2000 e a área está inserida na Zona 22 J. A escala do mapeamento geológico foi de 1:5000 com um ponto em média a cada 50m ao longo da linha de voo, havendo porções com pontos mais distantes.

A Figura 10 ilustra a distribuição dos pontos descritos em campo no Projeto Passo Feio.

Figura 10 Área de estudo, linha de voo 12530 e pontos descritos em campo.



LEGENDA

- Pontos do Projeto Passo Feio (PPF)
- ⊗ Mineralizações cupríferas
- ▬ Linhas de Voo do Projeto Aerogeofísica do ESRG

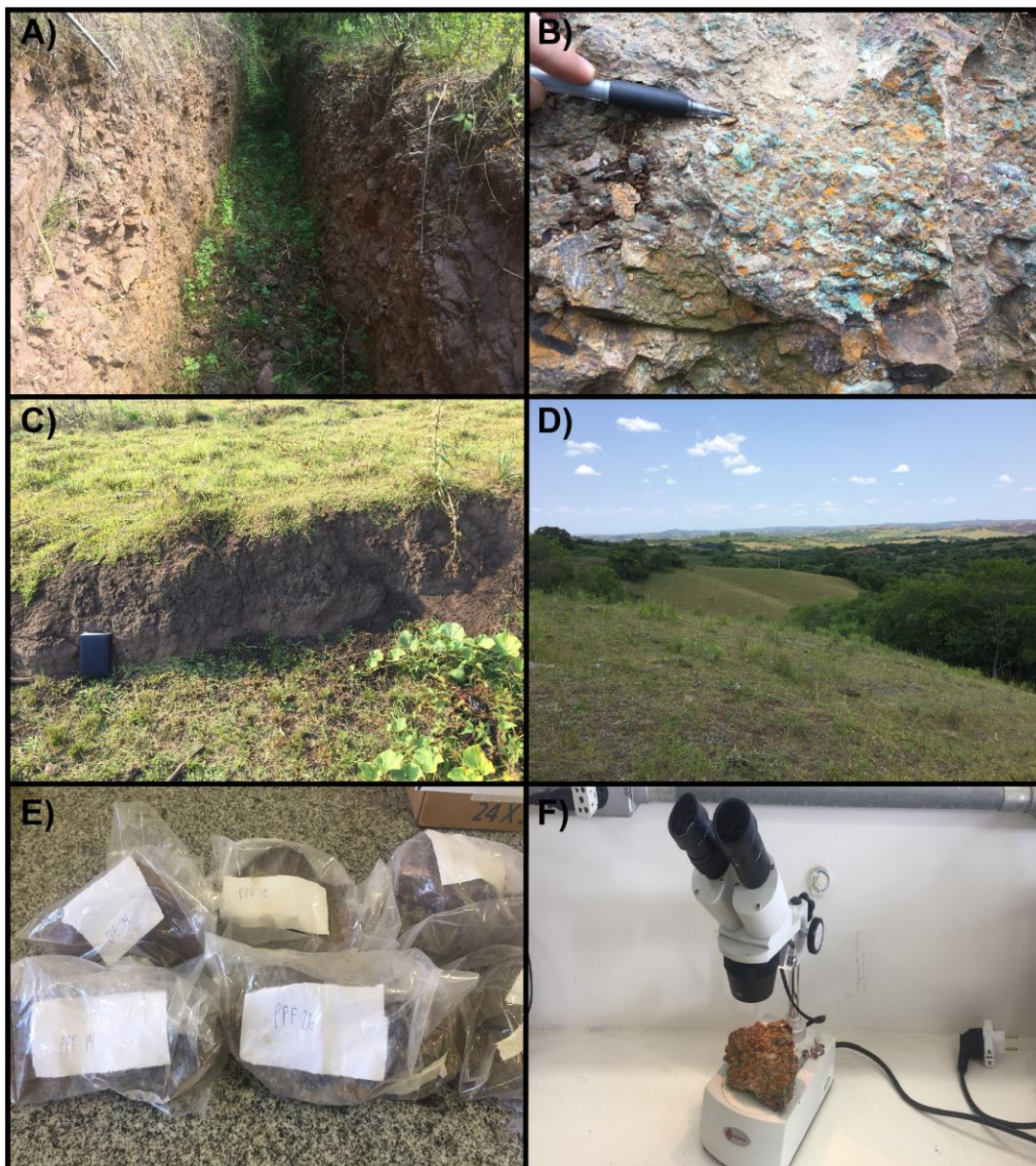
Sistema de Coordenadas UTM Datum SIRGAS 2000 Zona 22 S

Fonte: Autor (2022)

8.5.1 Geologia de campo

Em campo foram descritos as características dos afloramentos rochosos (*in situ*) e blocos rolados, características do terreno, solo e vegetação. Adicionalmente encontram-se os diferentes litotipos que compreendem cada unidade litoestratigráfica (associação de minerais primários, minerais de alteração, presença de mineralização e texturas das rochas e arcabouço). Nos locais (pontos) de acesso as rochas com menor intemperização (frescas) foram retiradas amostras de mão para análise e descrição em laboratório utilizando uma lupa de mesa conforme Figura 11.

Figura 11 Feições geológicas analisadas ao longo do mapeamento geológico ao longo da linha de voo 12530 (Linha 03). Em A) Descrição dos diferentes tipos de afloramento; B) Descrição em escala macroscópica de rochas, minerais de alteração e mineralização; C) Descrição de perfil pedológico na ausência de afloramentos rochosos e em pontos de controle; D) Descrição da geomorfologia e sua relação com o arcabouço geológico-estrutural; E) Identificação e separação de amostras de mão e F) Análise em maior detalhe de amostras de interesse na área de estudo.



Fonte: Autor (2022)

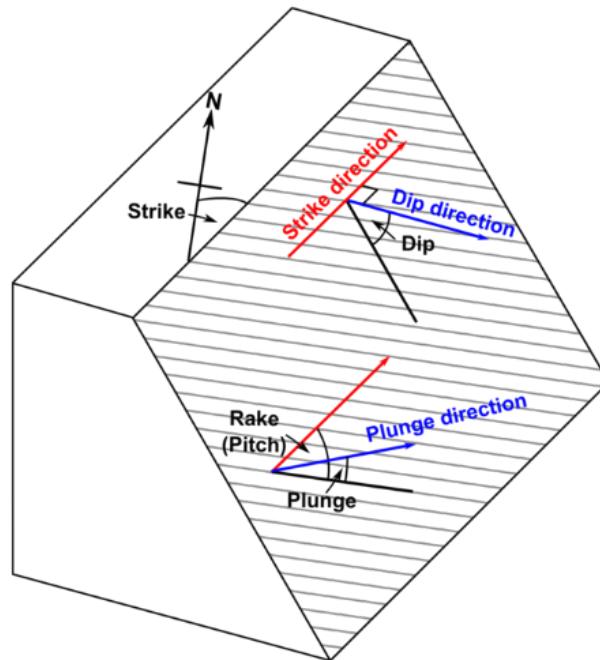
8.5.2 Medidas de estruturas geológicas

Juntamente com o mapeamento geológico e as medidas de susceptibilidade magnética, foram realizadas medidas estruturais (atitudes de diferentes estruturas geológicas em afloramentos *in situ* nos pontos do mapeamento geológico). As medidas das atitudes realizadas nas estruturas geológicas são:

- i) acamamento sedimentar (So);
- ii) foliação metamórfica;
- iii) fraturas e
- iv) planos de falhas.

Para as medidas das atitudes das diferentes estruturas geológicas foi adotado o método da mão esquerda com a obtenção da direção de mergulho (*dip direction*) e o mergulho (*dip*), ilustrado na Figura 12.

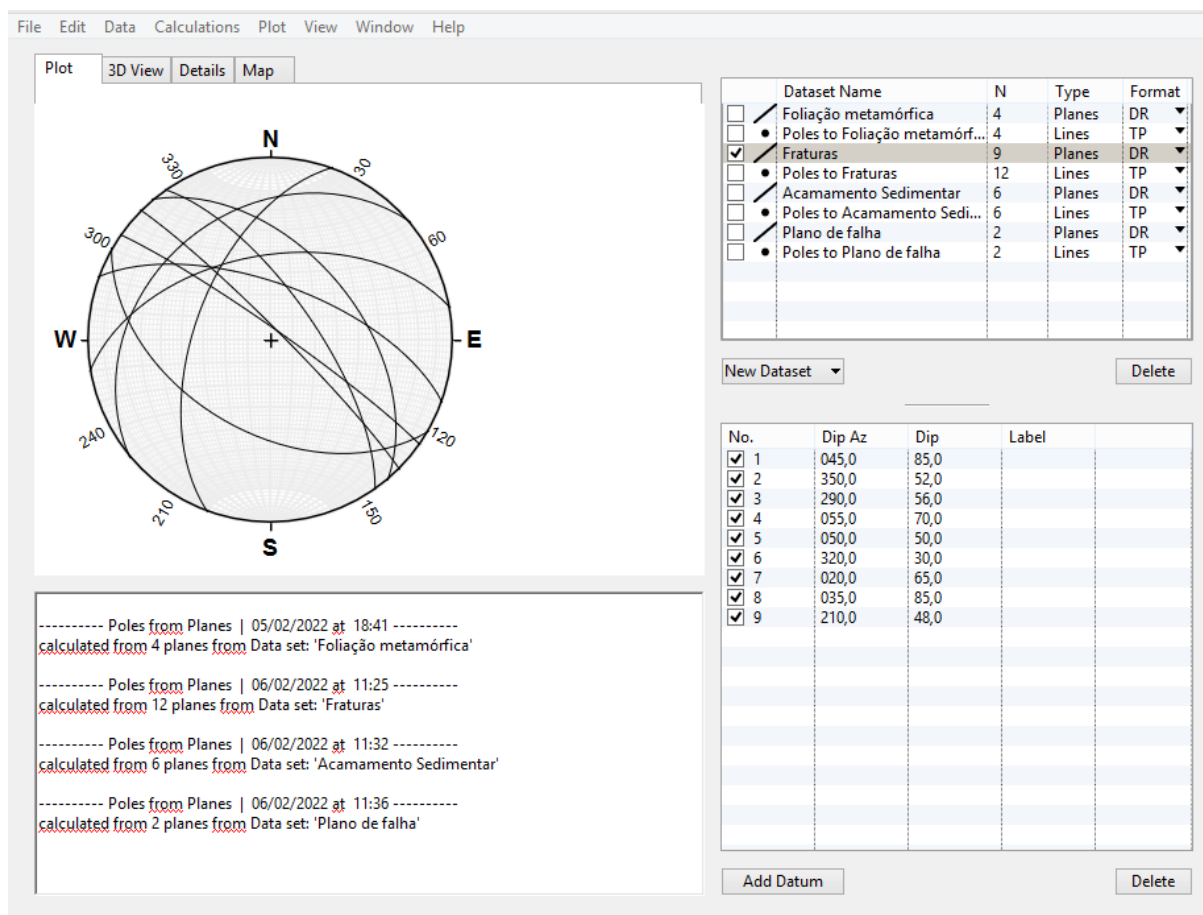
Figura 12 Obtenção de atitudes de estruturas geológicas.



Fonte: WIKWAND (2022)

Após esta etapa, as informações (medidas estruturais) foram organizadas e elencadas na forma de tabelas. Estas, contém as medidas de direção de mergulho, mergulho e tipo de estruturas. Os dados e gráficos apresentados foram gerados utilizando-se o *software Stereonet 11*. São ajustados para a representação pelo método da mão esquerda (Direção do Mergulho e Mergulho) e, posteriormente, criadas representações estereográficas dos planos das diferentes estruturas geológicas (LISLE; BRABHAM; BARNES 2011), como exemplificados na Figura 13.

Figura 13 Exemplo de uma representação gráfica das estruturas planares no software Stereonet 11.



Fonte: RICK ALLMENDINGER'S STUFF (2022)

8.6. Análise de perfis aerogeofísicos

A partir das linhas de voo do Projeto Aerogeofísica Escudo-Sul-Riograndense (CPRM, 2010) e separação destas (recortes) para a área de interesse, efetuou-se a análise e integração das anomalias magnetométricas observadas. Este procedimento, foi efetuado por meio da integração com dados de terreno e geológicos da área (perfis).

A criação de perfis utilizando os Modelos Digitais de Elevação do Satélite – sensor Alos Palsar. Esse perfil é integrado com as informações das litologias, contatos de unidades, estruturas e suas orientações conforme o mapa geológico de campo de detalhe gerado a partir de mapas geológicos pré-existentis (CPRM, 2017) e (ÁGUIA RESOURCES LIMITED, 2019).

8.7. Petrografia microscópica

Realizada as análises e descrições foram selecionadas 5 amostras de mão com a identificação PPF 05, PPF 11, PPF 14, PPF17 e PPF 31. Estas, por representarem menor grau

de intemperização, foram submetidas a para a confecção de lâminas petrográficas no Laboratório de Laminação. Posteriormente, realizou-se a análise e descrição em microscópio de Luz Transmitida da marca Zeiss no Laboratório de Microscopia, ambos situados na Universidade Federal do Pampa, Campus Caçapava do Sul.

8.8. Integração de dados

Para possibilitar uma análise e interpretação efetiva foram utilizadas imagens de satélite. Esta abordagem permite integrar e definir-se com maior confiabilidade elementos do ambiente como relevo, drenagens, vegetação e feições antrópicas.

Como análise de terreno foram empregados os dados do satélite com sensor Alos Palsar e, adicionalmente, para as feições do ambiente, do Satélite Sentinel 2. A partir das imagens de satélite, e respectivas análises, os produtos gerados foram integrados em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG).

Adicionalmente, os dados em formato *Raster* do satélite Alos Palsar servem como subsídios para a geração de mapas hipsométricos, declividade e sombreamento. Com a utilização das imagens do satélite Sentinel 2 A foram gerados mapas de composição de bandas multiespectrais, tanto de cor verdadeira (Banda 4,3,2) como de banda falsa cor (4,8,3/8,4,3).

Como produtos finais, em ambiente SIG, os resultados oriundos dos dados aeromagnetométricos, susceptibilidade magnética e geológicos foram integrados em mapas temáticos. Tais produtos serviram como base as interpretações e caracterizações finais.

9. RESULTADOS

Considerando os materiais e métodos propostos para o estudo, os resultados obtidos e discussões foram organizados na seguinte ordem:

- i) Análise/interpretação do terreno – topografia;
- ii) Análise/interpretação dos mapas aerogeofísicos (anomalias magnéticas), filtros e realces;
- iii) Integração dados diretos *versus* indiretos - análise/intepretação de perfis geofísicos/geológicos, litologias, estruturas, topografia e parâmetros estatísticos.

9.1. Análise do terreno

Dados oriundos dos satélites Sentinel 2 e sensor Alos Palsar constituem os elementos para geração dos seguintes mapas:

- i) hipsométrico (elevação/variação de terreno);
- ii) declividade;
- iii) drenagens;
- iv) lineamentos morfoestruturais;
- v) vegetação e
- vi) classes dos solos.

9.1.1. Hipsometria

A elevação da região varia de 109m a 430m. Na porção noroeste e oeste predominam elevações que, acima de 300m, que estão relacionadas a Serra do Segredo. Observa-se locais isolados ao sul da região de estudo (Cerro dos Martins) e a nordeste (Cerro da Angélica). Na porção central, leste e nordeste e sul ocorre a predominância de baixas elevações, predominantemente abaixo de 250m.

9.1.2. Declividade

A declividade da região apresenta variação predominantemente entre ondulada a escarpado. Porções planas ou suave onduladas ocorrem de formas isoladas e de menor expressão.

De forma geral, as declividades entre forte ondulado a escarpado estão associadas as drenagens e a locais com altos valores de elevação na região, como a Serra do Segredo a noroeste. Entre essas regiões de declividade superior a 20%, ocorrem regiões onduladas e por vezes com ondulação suave a plana.

9.1.3. Drenagens

A região de estudo contempla uma área com significativa presença de drenagens principalmente encaixadas (estruturalmente controladas). Os principais representantes são o Arroio Passo Feio, Guarda Velha, Passo do Lageado e Passo da Areia (CPRM, 2017), (CPRM, 2020).

A densidade de drenagens varia entre de média a alta na porção norte e oeste (região que contempla o Arroio Passo Feio) e predomina no restante da região a densidade de drenagens baixa a média.

A sinuosidade dos arroios variam, sendo curvos a mistos principalmente na região do Passo Feio e variando de retilíneo a mista nas demais regiões.

A angularidade das drenagens varia na região, moderada a alta na região do Passo Feio e baixa nas demais regiões.

O grau de tropia, relacionado com o arranjo da rede de drenagem apresenta-se predominantemente bidirecional a tridirecional na região do Passo Feio e principalmente unidirecional na região situada a sul-sudeste da área de estudo. A assimetria, que relaciona a rede de drenagem com a rede principal é predominantemente fraca em toda área de estudo (ARCANJO, 2011).

Dentre as formas anômalas encontradas, pode-se verificar a presença de meandros isolados e principalmente cotovelos/ ângulos retos.

Dessa forma, pode-se verificar que, na região de estudo, a rede de drenagens possuem duas regiões bastante distintas, na qual, a região que contempla principalmente o Arroio Passo Feio apresenta um padrão diferente dos demais padrões de drenagem da região.

9.1.4. Lineamentos morfoestruturais

Na área de estudo observa-se uma variabilidade na densidade de lineamentos, na qual, na região centro-norte, apresenta maior densidade, ao passo que, nas demais regiões, a densidade é menor.

Com relação a orientação dos lineamentos morfoestruturais, há presença principal de duas famílias, uma de direção N30°E e a segunda de direção N30°-60°W. Subordinamente, há presença de padrões N-N15°W.

9.1.5. Vegetação

A análise de vegetação no local foi realizada por meio da técnica *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) conjuntamente a composição falsa cor de banda (bandas 4,8 e 3).

Através do NDVI verifica-se uma predominância dos valores entre 0.3 e 0.6, na transição entre uma vegetação rasteira arbustiva/pradaria e floresta subtropical. A exposição de rocha e solo (0 – 0.1) ocorrem principalmente próximo a RS- 357 (porção oeste), nas

proximidades da BR-153 e na porção nordeste da área de estudo. De forma isolada, a vegetação subtropical densa (0.6 – 0.8), vegetação rasteira (0.2 – 0.3), transição entre vegetação rasteira e exposição de rocha e solo (0.1 – 0.2) e água (-0.006 – 0) na porção oeste, próximo a RS- 357.

A análise de composição de bandas pode ressaltar em tons de verde mais intenso zonas onde associáveis a presença de vegetação mais densa, ao passo que, os tons mais fracos de verde estão associados a vegetação de menor densidade. Os tons avermelhados, estão relacionados a solo exposto e a corpos d'água.

9.1.6. Classificação dos solos

Os solos da região são descritos como: i) Argissolo Vermelho-amarelo distrófico e eutrófico abrupto e ii) Neossolos litólico-distro-úmbrico e regolítico húmico típico.

Os Argissolos da região apresentam como característica geral serem compostos principalmente de matéria mineral, podendo apresentar atividade da argila (relacionada a contração e expansão dos argilominerais) baixa ou alta, relacionado a saturação por bases (trocas iônicas) ou caráter alumínico (EMBRAPA, 2018) (ZARONI & SANTOS, 2021a), (ZARONI & SANTOS, 2021b).

Já os Neossolos são pouco desenvolvidos, composto por material mineral ou por material orgânico pouco espesso. Os Neossolos litólicos apresentam contato direto com a rocha e/ou fragmentos e são compostos por fragmentos de minerais e rochas, ao passo que, o Neossolo regolítico, contempla tais características além de presença de minerais primários alteráveis e porção marcada por saprólito/rochas semi-intemperizadas (EMBRAPA, 2018).

Dessa forma, pode-se concluir que a região de estudo é recoberta por solos poucos desenvolvidos (Neossolos) e solos relativamente mais desenvolvidos (Argissolos). Os Argissolos possuem a característica de apresentarem atividade da argila variável e a saturação por bases (relacionada a fertilidade) variável também, apresentando solos férteis

9.1.7. Análise do terreno - interpretação

Na região de estudo, as análises realizadas permitiram interpretar-se que há intrínseca relação entre os constituintes do terreno. Há, também, um marcante controle estrutural das drenagens, principalmente na região do Passo Feio. A presença de vales escavados pelos cursos hídricos, que formam regiões com altas declividades corroboram com esta caracterização. Ademais, pode-se verificar que a alta densidade de lineamentos

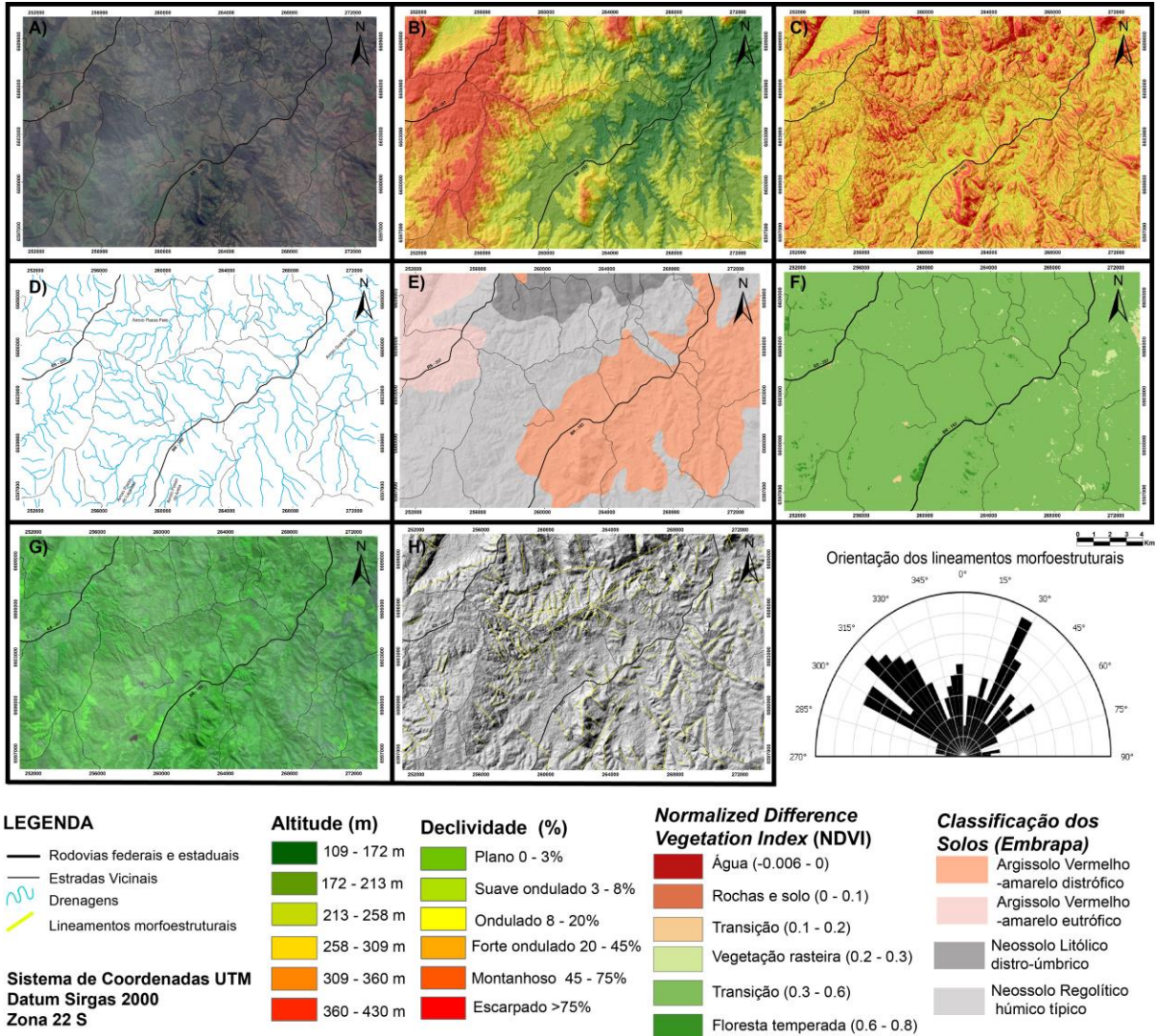
morfoestruturais apresenta significativa relação com as drenagens, bem como o padrão contrastante apresentado peça drenagem na região do Passo Feio.

As altas declividades influenciam diretamente a favorabilidade quanto a formação de solos, na qual, pode-se verificar a presença, principalmente, de Neossolos em regiões com declividade moderada a alta e, de forma, subordinada Argissolos. As maiores elevações não apresentam grande influência na formação dos solos da região de estudo.

A vegetação, principalmente de grande porte, é relacionada as drenagens ao longo de toda região de estudo por conta da legislação ambiental e da obrigatoriedade da manutenção da faixa de mata ciliar. São, em grande parte, consituíntes antrópicos no local considerando que a região é majoritariamente voltada ao plantio de soja (agricultura). A vegetação de menor porte, bem como a exposição de solo, sedimentos arenosos e rochas, ocorrem preferencialmente na porção oeste e centro-norte na região de estudo.

A Figura 14 apresenta os mapas temáticos gerados para a análise do terreno.

Figura 14 - Integração de dados e resultados no contexto regional da área. Em A) Imagem de satélite - cor de composição de cor verdadeira (bandas 4,3,2), B) mapa hipsométrico; C) mapa de Declividade; D) Principais drenagens na região.; E) mapa das Classes dos solos (EMBRAPA, 2018), F) mapa com o *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), G) Imagem de satélite - composição falsa cor (bandas 4,8,3) e H) mapa dos Lineamentos morfoestruturais.



Fonte: ESA, Earth Explorer, Embrapa (2018)

9.2 Aerogeofísica - Magnetometria

A partir da base de dados aeromagnetométrica (CPRM, 2010) foram gerados os seguintes mapas:

- Campo Magnético Anômalo Total - *Total Magnetic Intensity* (TMI)

O mapa de TMI e as respectivas anomalias observadas possuem anomalias semi-circulares e alongadas com direções preferenciais de NE e NW. São correlacionáveis as áreas próximas as mineralizações conhecidas, contatos entre corpos de diferentes unidades litoestratigráficas e discontinuidades/estruturas associadas. Observa-se dipolos de máxima a

moderada amplitude e que mostram uma associação com as estruturas regionais e as mineralizações de Cu-Au-Pb-Zn-Fe. As anomalias magnéticas apresentam valores mínimos de 22495 nT e máximos de 23161 nT.

- Campo Magnético Anômalo Total com valores Reduzidos ao Polo (RTP)

O mapa dos valores de Campo Magnético Anômalo Total (TMI) Reduzidos ao Polo (RTP) apresenta formas circulares a semi-circulares de anomalias, bem como a delimitação do contato geológico de parte das rochas metamórficas do CMPF. O contraste entre anomalias positivas e negativas ocorrem próximos a este (citado anteriormente) e a outros corpos e estruturas geológicas. As mineralizações de Cu-Au-Pb-Zn estão inseridas principalmente nos altos a moderados anômalos magnéticos, ao passo que, as ocorrências de Fe, em baixos magnéticos. Os valores apresentam mínimos de 22388 nT e valores máximos de 23222 nT.

-Amplitude do Sinal Analítico (ASA)

O Mapa da Amplitude do Sinal Analítico (ASA) dos valores de Campo Magnético Anômalo Total (TMI) reduzidos ao polo (RTP) apresenta formas circulares, semi-circulares e elípticas alongadas que delimitam bordas de corpos e estruturas geológicas, bem como ocorrem em porções onde não são mapeadas estruturas. As mineralizações de Cu-Au-Pb-Zn estão inseridas principalmente em altos a moderados valores magnéticos. Os valores apresentam mínimos de 0.003 nT/m e máximos de 2.204 nT/m.

- 1° Derivada Vertical (DV 1)

O Mapa da 1° Derivada Vertical (1DV) dos valores do Campo Magnético Anômalo Total (TMI) Reduzidos ao Polo (RTP) apresenta principalmente formas alongadas de direção NW, N e NE e de forma subordinada, formas circulares a semi-circulares com orientações semelhantes (NW, N e NE), que ressaltam principalmente lineamentos magnéticos relacionadas a estruturas e alguns corpos geológicos, por vezes, ainda não mapeados. As mineralizações de Cu-Au-Pb-Zn-Fe tendem a estar associadas a altos magnéticos e/ou adjacentes a estes altos magnéticos. Os valores apresentam mínimos de -1.615 nT/m e máximos de 2.201 nT/m.

- Gradiente Horizontal Total (GHT)

O mapa de Gradiente Horizontal Total (GHT) dos dos valores do Campo Magnético Anômalo Total (TMI) Reduzidos ao Polo (RTP) apresenta formas circulares, semi-circulares, elípticas e alongadas de direções principalmente NE e NW, na qual, algumas de suas anomalias são concordantes com as bordas de corpos geológicos e estruturas, apresentando semelhanças as anomalias do filtro da ASA. As mineralizações de Cu-Au-Pb-Zn-Fe tendem estar associadas aos altos magnéticos e/ou adjacentes a estes, já de forma mais localizada em valores moderados ou baixos magnéticos. Os valores apresentam mínimos de 0.001 nT/m e máximos de 1.323 nT/m.

-Inclinação do Sinal Analítico (ISA)

O mapa de Inclinação do Sinal Analítico (ISA) apresentam principalmente formas alongadas e de forma mais local formas circulares a semi-circulares de direções NW, N e NW, na qual, as anomalias são concordantes com parte das estruturas geológicas e bordas de alguns corpos geológicos mapeados, bem como podem sugerir corpos e/ou estruturas ainda não mapeadas, assim como aplicado no mapa de 1 DV. As mineralizações de Cu-Au-Pb-Zn-Fe estão principalmente inseridas nos altos magnéticos ou de forma adjancetes. Os valores apresentam mínimos de -1.369 radianos e máximos de 0.674 radianos.

Nos tópicos abaixo, são descritos e ilustrados em maior detalhe o filtros e realces utilizados no trabalho.

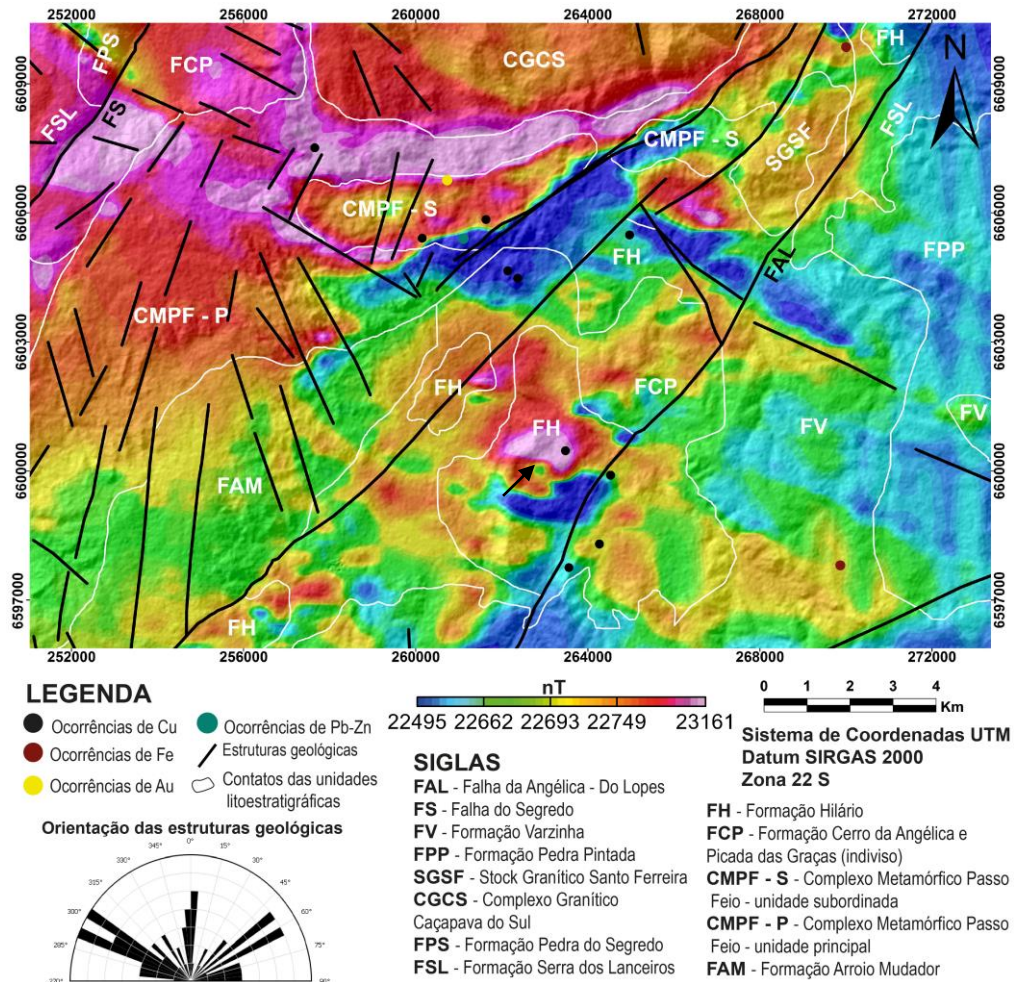
9.2.1. Campo Magnético Anômalo Total (TMI)

O mapa do Campo Magnético Anômalo Total (TMI) apresenta significante variação nos valores magnéticos anômalos observados (nanoTesla). Altos valores (acima de 22749 nT) encontram-se principalmente na porção norte e noroeste, bem como na porção central. Valores anômalos negativos, da ordem de 22662 nT estão associados, principalmente, a porção leste, centro-norte e centro-sul do mapa.

É notável que as mineralizações de Cu descritas no local situam-se tanto em locais com altos valores anômalos magnéticos como nas porções com baixos valores anômalos magnéticos. As mineralizações de Fe são correlacionáveis somente aos valores moderados e as mineralizações de Au e Pb-Zn com valores magnéticos altos e baixos respectivamente. Situam-se na mesma unidade litológica.

A figura 15 apresenta a distribuição dos valores magnéticos do Campo Magnético Anômalo Total (TMI).

Figura 15 Mapa dos valores magnéticos anômalos determinados a partir da aerogeofísica (TMI), localização dos contatos das unidades litológicas, estruturas e mineralizações descritas para a região.



Fonte: Extraído e modificado de CAMOZZATO (1987), CPRM (2010), CPRM (2017), CPRM (2020)

As mineralizações cupríferas no mapa de TMI associadas a valores magnéticos baixos encontram-se nas rochas do Grupo Bom Jardim, como a Formação Hilário (FH no mapa) e as Formações Cerro da Angélica e Picada das Graças (FCP no mapa). Na região do Cerro dos Martins (indicada pela seta preta no mapa), as mineralizações estão próximo a Falha da Angélica- do Lopes (FAL no mapa). Ocorrem, principalmente, em baixos magnéticos e, por vezes, observa-se de forma específica e localizada em locais com altos magnéticos.

A unidade metamórfica composta por metarenitos e paragneisses hidrotermalizados (CMPF-S no mapa) apresenta seus contatos delineados em grande parte por valores

magnéticos anômalos altos. Na porção ao sul-sudeste do corpo, apresenta valores magnéticos anômalos baixos localizados próximos a estruturas regionais.

9.2.2. Campo Magnético Anômalo Total Reduzido ao Polo (RTP)

O mapa do Campo Magnético Anômalo Total Reduzido ao Polo apresenta grande variação nos valores magnéticos anômalos observados (nanoTesla). Altos valores (próximos a 23222 nT) encontram-se inserido na porção centro-norte do mapa, na porção NW do mapa, na região do Cerro dos Martins (pontilhada no mapa) e em anomalia alongada de direção NW (indicada por seta preta no mapa) e os valores negativos (próximos a 22388 nT) na porção NW, N e praticamente toda porção NE, E e SE, muitas vezes adjacente aos altos magnéticos.

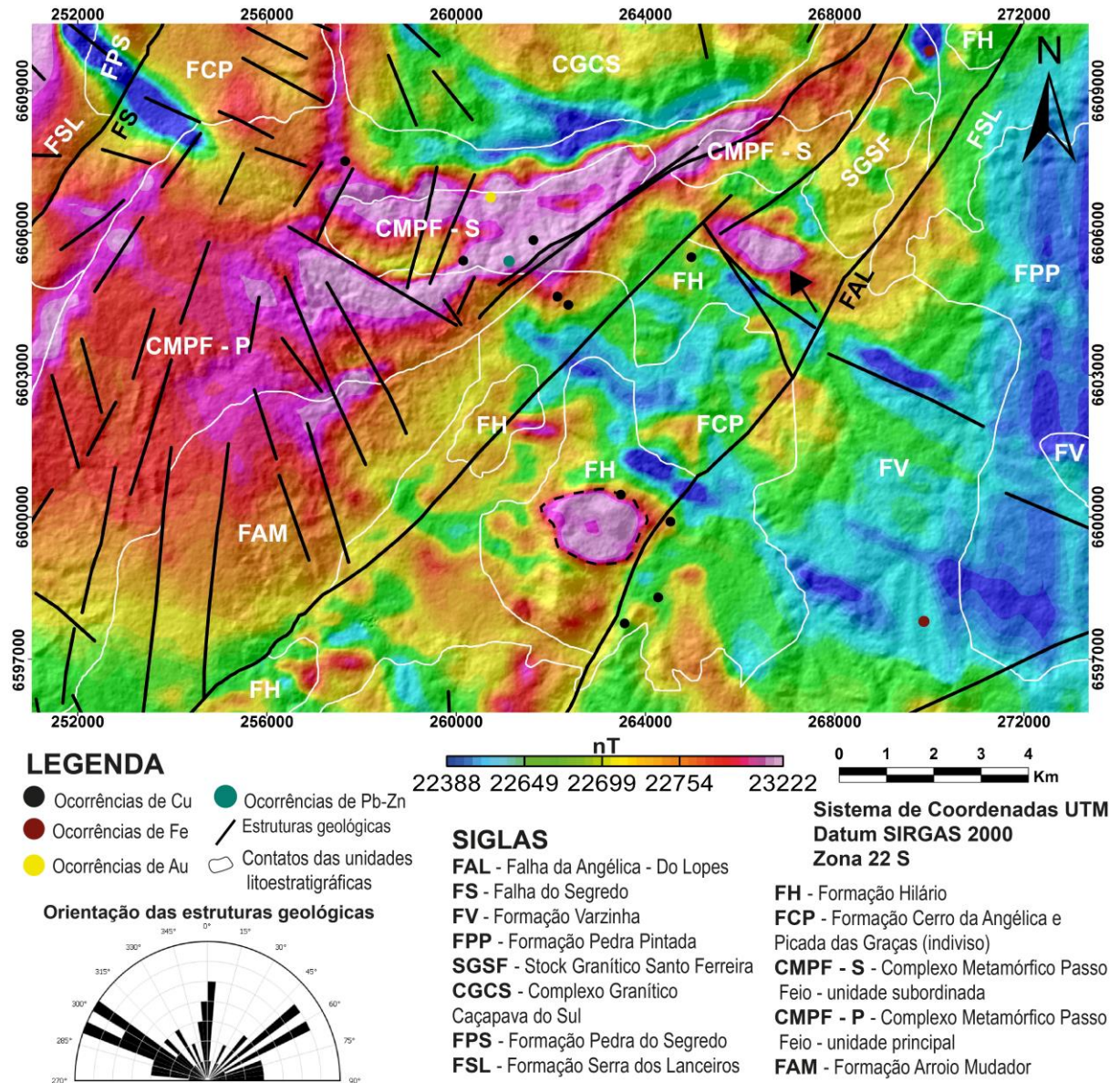
Na porção centro-norte da área, na unidade denominada CMPF-S, composta por arenitos e paragneisses hidrotermalizados, que hospedam a maioria das mineralizações de Cu-Au-Pb-Zn, ocorre nos contatos e porção centrais do altos valores (entre 22754 - 23222 nT) bem como associado as mineralizações próximas (CPRM, 2017).

As mineralizações cupríferas ocorrem principalmente em dois domínios: i) domínio de valores altos e moderados, como no corpo CMPF-S e no Cerro dos Martins (pontilhado) e ii) domínios de baixos magnéticos associados as rochas vulcânicas da FH e sedimentares do FCP.

As mineralizações de Au e Pb-Zn estão inseridas em altos magnéticos no CMPF-S, ao passo que, as mineralizações de Fe estão em baixo magnéticos tanto no CMPF-P quanto na FV.

A Figura 16 apresenta o mapa do Campo Magnético Anômalo Total (TMI) Reduzidos ao Polo (RTP).

Figura 16 Mapa dos valores magnéticos anômalos determinados a partir da aerogeofísica (RTP), localização dos contatos das unidades litológicas, estruturas e mineralizações descritas para a região.



Fonte: Extraído e modificado de CAMOZZATO (1987), CPRM (2010), CPRM (2017), CPRM (2020)

9.2.3. Amplitude Do Sinal Analítico (ASA)

O mapa de Amplitude do Sinal Analítico (ASA) dos valores do Campo Magnético Anômalo Total (TMI) Reduzidos ao Polo (RTP) apresentam variação no valores magnéticos anômalo observado (nanoTesla por metro), com altos magnéticos com valores próximos a 2.204 nT/m que ocorrem principalmente próximos aos contatos litológicos e as estruturas e baixos magnéticos com valores próximos a 0.003 nT/m dipersos, normalmente adjacentes aos altos magnéticos.

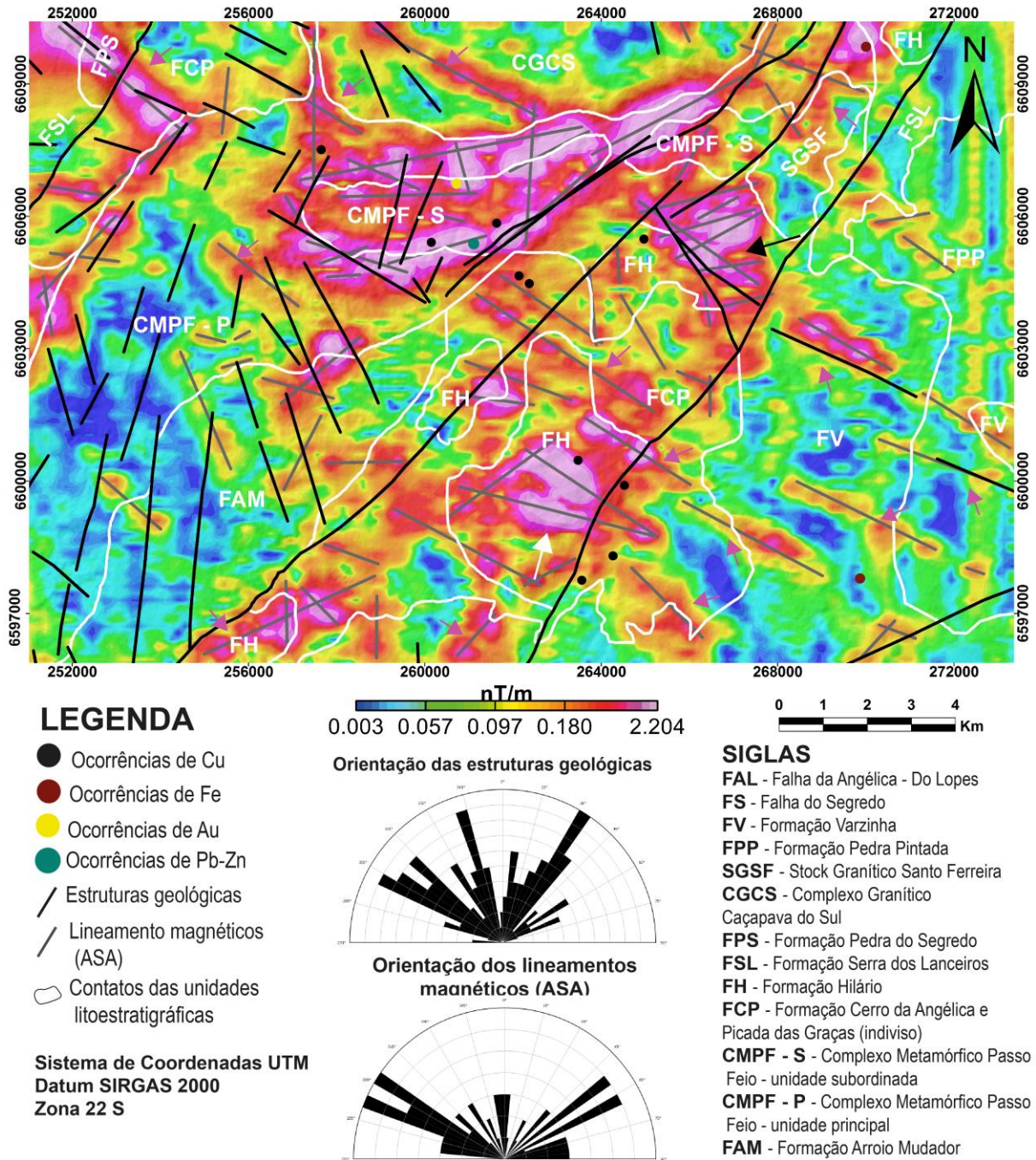
As mineralizações de Cu encontram-se inseridas em dois domínios: i) associados a altos magnéticos (bordas de corpos) e ii) adjacentes a altos magnéticos (adjacente as bordas de corpos), a exemplo do corpo CMPF-S e do Cerro dos Martins (seta branca).

As mineralizações de Au e Pb-Zn encontram-se inseridas em altos magnéticos (CMPF-S), ao passo que as mineralizações de Fe encontram-se tanto em altos (CMPF-P) quanto em baixos magnéticos (FV).

Os lineamentos magnéticos traçados apresentam 2 populações de orientação de estruturas: NW e NE. Os lineamentos NW, variam entre $N15^{\circ}-75^{\circ}W$, com predominância de direção $N15^{\circ}NW$, ao passo que, os lineamentos NE, apresentam variação entre $N5^{\circ}-70^{\circ}E$, com predomínio de direção $N30^{\circ}E$. Ao comparar-se a orientação dos lineamentos magnéticos com as estruturas geológicas mapeadas (CPRM, 2017), (CPRM, 2020), pode-se notar diferenças, na qual, a presença de uma família de estruturas de direção N-S e a presença de grandes estruturas regionais NE, por vezes, intersectadas por estruturas ou lineamentos magnéticos de direção NW. As setas em rosa indicam a presença de lineamentos magnéticos de direção NW (importantes condicionantes para mineralizações na região) que intersectam por vezes estruturas geológicas de direção NE.

A Figura 17 ilustra o mapa de Amplitude do Sinal Analítico (ASA) dos valores do Campo Magnético Anômalo Total (TMI) Reduzidos ao Polo (RTP).

Figura 17 Mapa dos valores magnéticos anômalos determinados a partir da aerogeofísica (ASA), localização dos contatos das unidades litológicas, estruturas e mineralizações descritas para a região.



Fonte: Extraído e modificado de CAMOZZATO (1987), CPRM (2010), CPRM (2017), CPRM (2020)

9.2.4. 1° Derivada Vertical (1 DV)

O Mapa de 1° Derivada Vertical (1DV) dos valores do Campo Magnético Anômalo Total (TMI) Reduzidos ao Polo (RTP) apresentam variação nos valores magnéticos anômalos observados (nanoTesla por metro), com altos magnéticos próximos a 2.201 nT/m, associados

principalmente com bordas de corpos e estruturas geológicas mapeadas, e baixos magnéticos próximos a -1.615 nT/m.

As mineralizações de Cu estão associadas a dois domínios diferentes: i) altos valores magnéticos, como no CMPF-S e adjacentes (CMPF, FH e FCP) e ii) baixos magnéticos, como as associadas próximos ao Cerro dos Martins (seta preta) e a FAL.

As mineralizações de Au e Pb-Zn ocorrem em altos magnéticos no CMPF, adjacente a mineralizações de Cu, ao passo que, as mineralizações de Fe estão inseridas em baixos magnéticos (CMPF-P) e valores intermediários (FV).

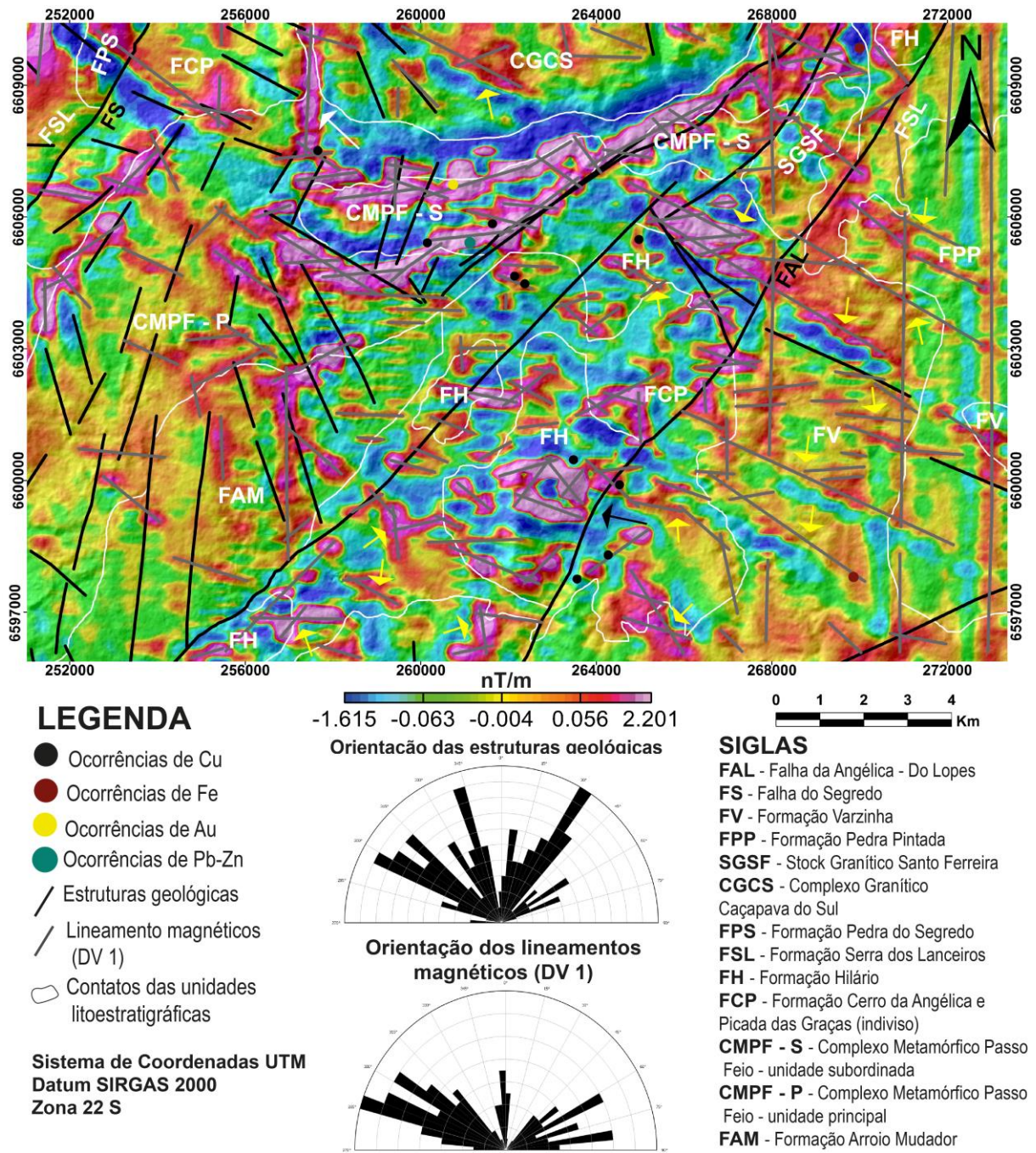
Os lineamentos magnéticos apresentam as quatro direções principais: E-W, N-S, N40°-80°W e N45°-80°E.

Pode-se salientar também que os lineamentos magnéticos de direção NW por vezes intersectam as principais estruturas geológicas de direção NE, como a FAL, a FS e a Falha do Andrade (seta branca).

Ademais, estão presentes lineamentos magnéticos (setas amarelas) que podem a vir indicar estruturas ou corpos rasos e que não apresentam relação direta com as estruturas indicadas nas cartas geológicas da região (não mapeadas) (CPRM, 2017; CPRM, 2020).

A figura 18 ilustra o Mapa de 1° Derivada Vertical (1 DV) dos valores do Campo Magnético Anômalo Tota (TMI) Reduzidos ao Polo (RTP).

Figura 18 Mapa dos valores magnéticos anômalos determinados a partir da aerogeofísica (1 DV), localização dos contatos das unidades litológicas, estruturas e mineralizações descritas para a região.



Fonte: Extraído e modificado de CAMOZZATO (1987), CPRM (2010), CPRM (2017), CPRM (2020)

9.2.5. Gradiente Horizontal Total (GHT)

O mapa do Gradiente Horizontal Total (GHT) dos valores do Campo Magnético Anômalo Total (TMI) Reduzidos ao Polo (RTP) apresenta significativa variação nos valores magnéticos anômalos observados (nanoTesla por metro), com os altos magnéticos com valores próximos de 1.323 nT/m na porção centro-norte, NW, NE e S e os baixos magnéticos

com valores próximos de 0.001 nT/m concentram-se na portão W, SW e SE, bem como, adjacentes aos altos magnéticos.

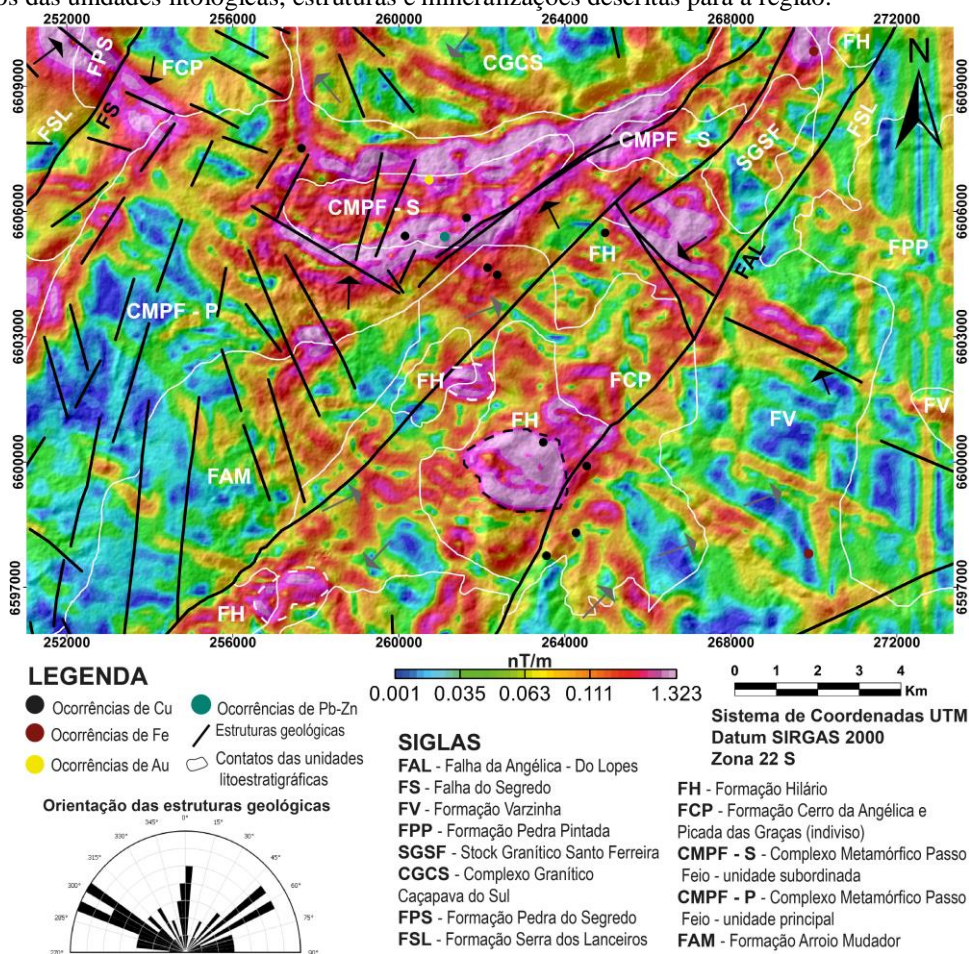
É notável que as mineralizações cupríferas estão associadas a altos magnéticos, como no CMPF-S, mineralizações adjacentes no FCP, FH e CMPF-P e no Cerro dos Martins (pontilhado preto) .

As mineralizações de Au e Pb-Zn estão inseridas em altos magnéticos, ao passo que, as mineralizações de Fe ocorrem tanto em baixos (inserida na FV) e em altos magnéticos (inserida no CMPF-P).

Ademais, as anomalias magnéticas (indicadas pela seta preta) apresentam correlação com estruturas tanto de direção NE quanto NW. Já as anomalias magnéticas (indicadas pelas setas cinzas) não apresentam correlação com as estruturas já mapeadas e apresentam ambas as direções também. As regiões destacadas (pontilhado branco) apresentam formas elípticas a semi-circulares, de direção NE e NW e associadas a FH e ao FCP.

A figura 19 ilustra o Mapa Gradiente Horizontal Total (GHT) dos valores do Campo Magnético Anômalo Total (TMI) Reduzidos ao Polo (RTP).

Figura 19 Mapa dos valores magnéticos anômalos determinados a partir da aerogeofísica (GHT), localização dos contatos das unidades litológicas, estruturas e mineralizações descritas para a região.



Fonte: Extraído e modificado de CAMOZZATO (1987), CPRM (2010), CPRM (2017), CPRM (2020)

9.2.6. Inclinação do Sinal Analítico (ISA)

O mapa de Inclinação do Sinal Analítico (ISA) dos valores do Campo Magnético Total (TMI) Reduzidos ao Polo (RTP) apresenta variação nos valores magnéticos anômalos observados (radianos). Altos valores magnéticos são superiores a 0.674 radianos e os baixos valores magnéticos são próximos a -1.369 radianos, sendo que, os valores ocorrem ao longo de praticamente todo o mapa, a maioria com altos magnéticos adjacentes a baixos magnéticos.

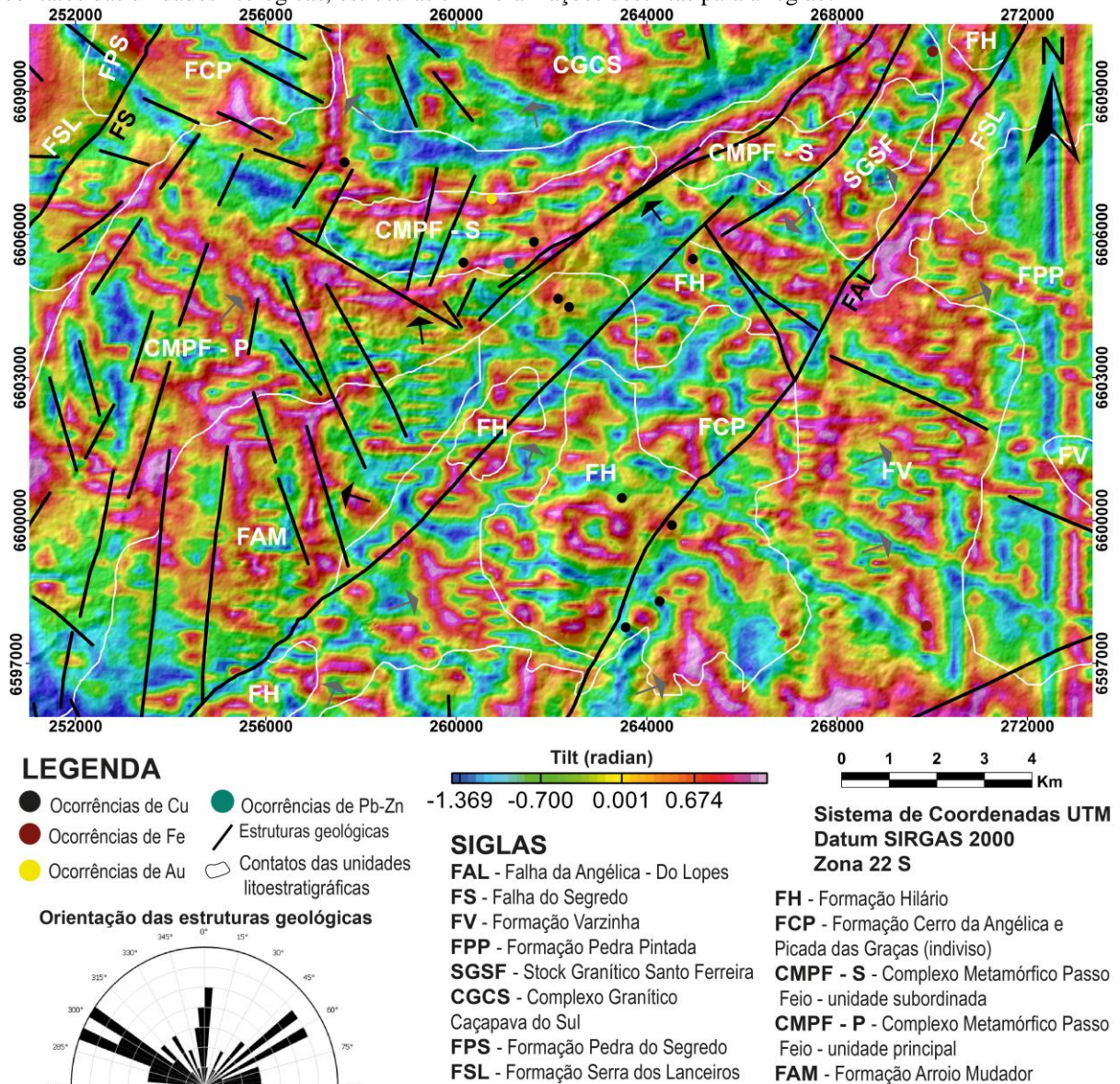
As mineralizações cupríferas estão associadas a dois domínios: i) altos a moderados valores magnéticos, como no CMPF-S, adjacentes a este (FH e FCP) e parte das mineralizações do Cerro dos Martins e ii) baixos magnéticos adjacentes aos altos, como a maioria das mineralizações do Cerro dos Martins.

As mineralizações de Au e Pb-Zn estão associadas a altos magnéticos, ao passo que, as mineralizações de Fe, ocorrem tanto em altos (inserido na FV) quanto em baixos (inserido no CMPF).

As setas em preta indicam a correspondência de estruturas de direção NE e NW com anomalias magnéticas positivas, ao passo que, as setas cinzas indicam anomalias de direção NW, que não apresentam correspondência a estruturas mapeadas.

A figura 20 ilustra o Mapa da Inclinação do Sinal Analítico (ISA) dos valores do Campo Magnético Anômalo Tota (TMI) Reduzidos ao Polo (RTP).

Figura 20 Mapa dos valores magnéticos anômalos determinados a partir da aerogeofísica (ISA), localização dos contatos das unidades litológicas, estruturas e mineralizações descritas para a região.



Fonte: Extraído e modificado de CAMOZZATO (1987), CPRM (2010), CPRM (2017), CPRM (2020)

9.2.7. Integração geológica-aerogeofísica e interpretação

Através das anomalias magnéticas observadas nos dados aerogeofísicos- Projeto Aerogeofísico do Escudo Sul-Riograndense e respectivas análises/interpretações, efetuou-se a

integração destes com as informações geológicas (litologias, contatos, estruturas e mineralizações) conforme apresentado nas Figuras 15, 16, 17, 18, 19 e 20 e os diferentes mapas aeofofísicos, os contatos litológicos, estruturas e mineralizações encontram-se inseridos no Apêndice C de forma integrada.

Utilizando a aplicação dos diferentes filtros e realces possibilita-se delinear feições (descontinuidades/estruturas) associadas as características da área.

A aeromagnetometria e anomalias observadas possibilitam verificar-se que: i) de forma geral, as mineralizações associadas ao CMPF –S tendem a estar associada aos altos valores anômalos magnéticos, centro de corpos causativos rasos; ii) assinaturas magnéticas representativas apontam a presença de estruturas e corpos causativos que não foram identificados em campo ou não afloram, principalmente de direção NW; iii) observa-se anomalias magnéticas associadas as mineralizações de Cu-Au-Pb-Zn-Fe. Estas, são correlacionáveis a estruturas que controlam estas mineralizações e/ou indiquem a continuidade em maiores profundidades; iv) há presença de anomalias magnéticas circulares associadas as rochas vulcânicas (FH) no Cerro dos Martins e próximo as mineralizações de Cu.

9.3. Análise de perfis aeromagnetométricos – Linhas de vôo

A análise ao longo das linhas de voo (perfis) constitui importante elemento no diagnóstico e interpretação em caráter mais localizado (escala local). Esta, contempla um total de 5 linhas de voo do Projeto Aerogeofísica Escudo- Sul- Riograndense (CPRM, 2010):

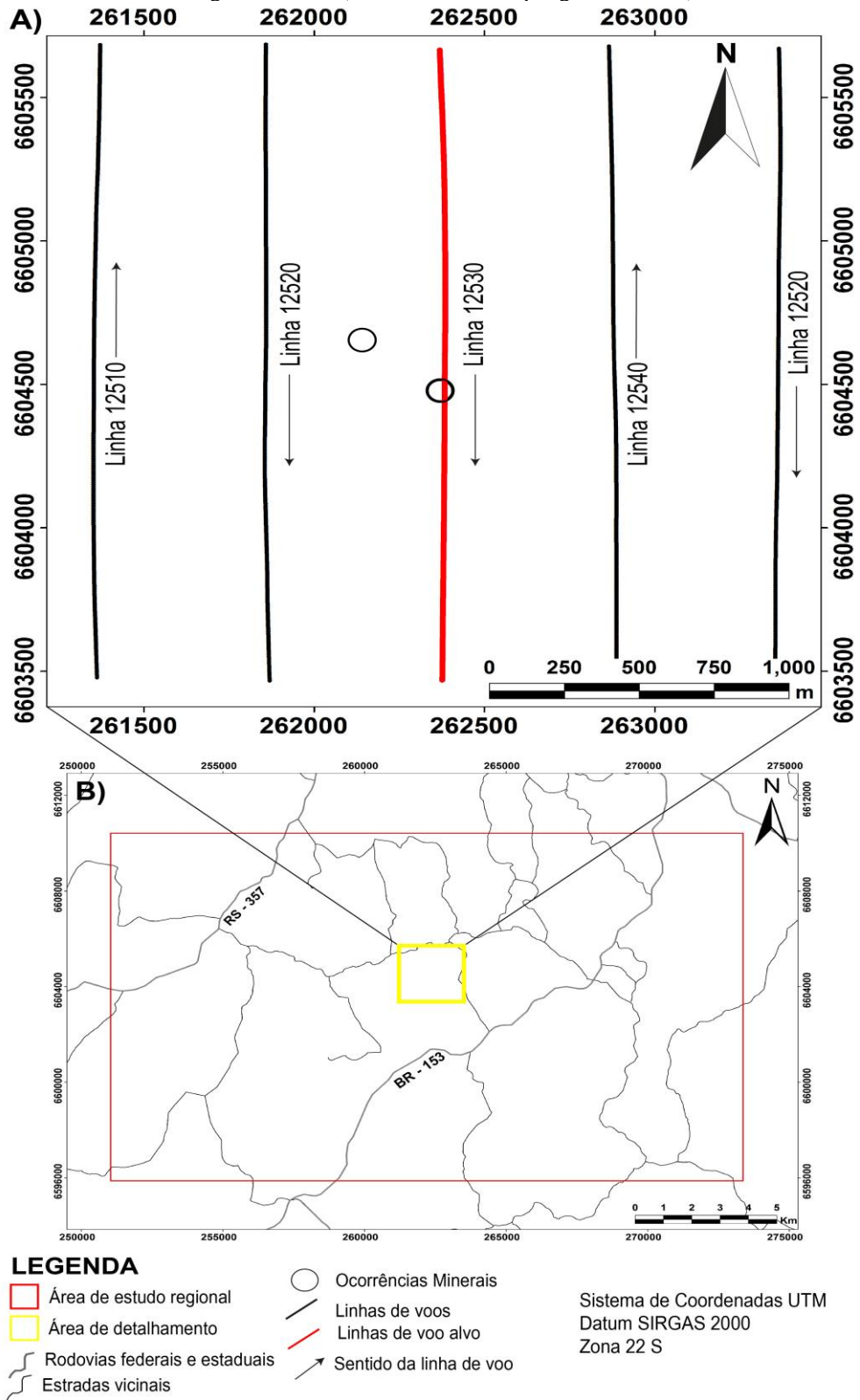
- linha de voo 12550 (linha 01);**
- linha de voo 12540 (linha02);**
- linha de voo 12530 (linha 03);**
- linha de voo 12520 (linha 04);**
- linha de voo 12510 (linha 05)**

Os perfis apresentam sentido Norte e Sul (padrão de voo do projeto) com extensão total de 2.2 quilômetros (Figura 21). Para a análise e interpretação, realizou-se a integração com informações de terreno (topografia), litologias e estruturas inseridas na região conforme (CPRM, 2017), (AGUIA RESOURCES LIMITED, 2019).

A região de interesse, possui como constituintes litológicos as rochas do embasamento cristalino pertencentes ao CMPF e, recobrando estas, estão dispostas rochas sedimentares (conglomerados, arenitos e lamitos) e rochas vulcânicas da Bacia do Camaquã. As unidades litoestratigráficas são seccionadas por falhas regionais de direção NE pertencentes ao Sistema de Falha do Irapuá (RIBEIRO, 1978), (CPRM, 2017), (AGUIA RESOURCES LIMITED, 2019). A Figura 22 apresenta a distribuição das litologias na área de estudo local, bem como estruturas para melhor análise e integração dos dados.

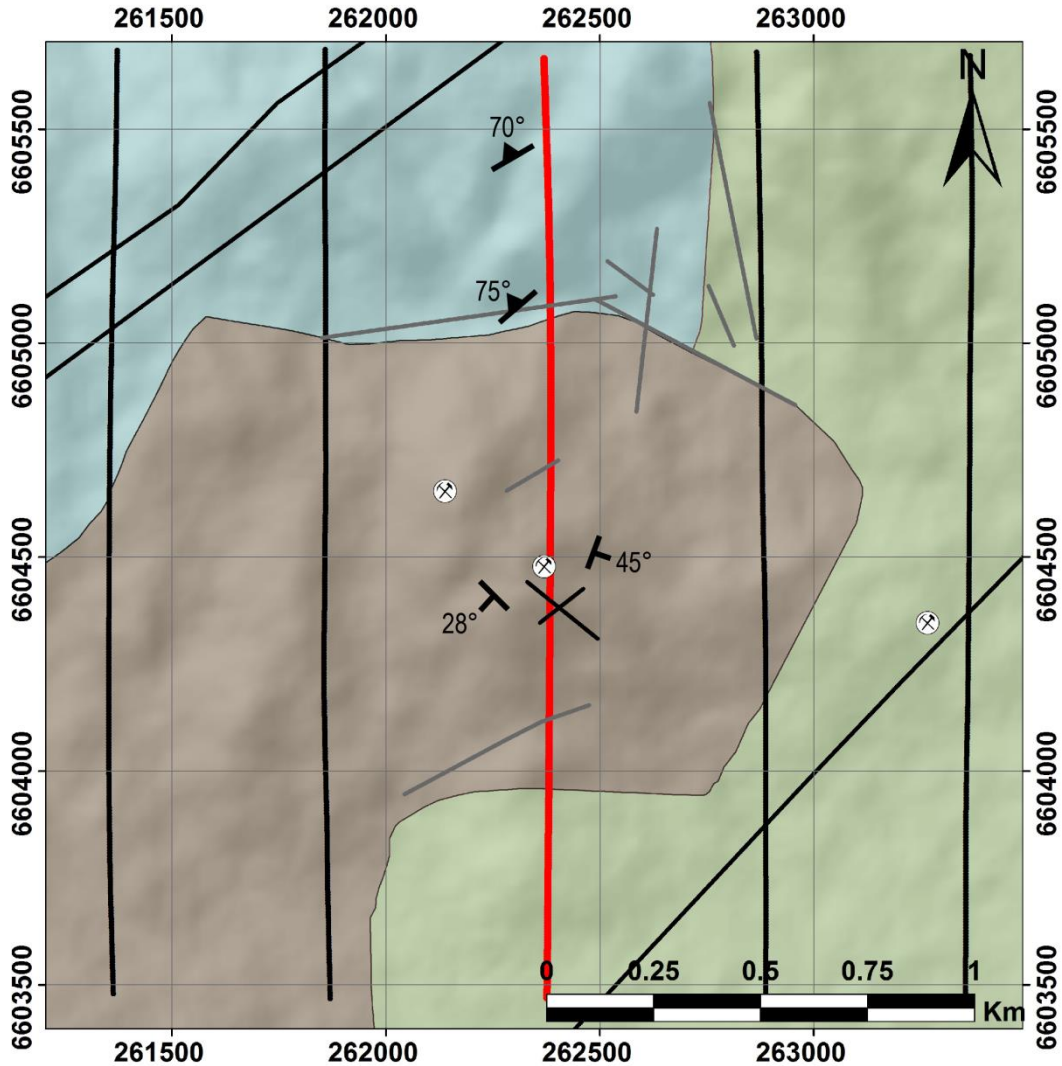
Inserido na área de estudo, entre as linhas 12530 e 12520, é descrita ocorrência cuprífera Passo do Lageado, mineralização do tipo filoneana, hospedada em sequências vulcano-sedimentares do Grupo Bom Jardim. A paragênese mineral é constituída por malaquita, calcocita, azurita, crisocola, calcita, quartzo e barita (CAMOZZATO, 1987).

Figura 21 Em A) Mapa das linhas de voo do Projeto Aerogeofísico Escudo-Sul-Riograndense para análise local e B) Mapa da área no contexto regional e local (área de interesse - polígono amarelo).



Fonte: CPRM (2010)

Figura 22 - Mapa geológico-estrutural de detalhe para embasamento das interpretações



LEGENDA

- Linhas de voo (Projeto Aerogeofísica ESRG) Mineralizações cupríferas
 - Falhas Falhas inferidas Acamamento sedimentar (So) Foliação metamórfica (S1)
 - Rochas sedimentares (GBJ)
 - Rochas vulcânicas (Fm Hilário - GBJ)
 - Rochas metamórficas (CMPF)
- Sistema de Coordenadas UTM
Datum SIRGAS 2000
Zona 22 J

Fonte: CPRM (2010), CPRM (2017), AGUIA RESOURCES LIMITED (2019).

Abaixo são descritos e interpretados os perfis aerogeofísicos, com a aplicação de filtros e realces, bem como a geração de perfis geológico-topográficos.

9.3.1. Linha de voo 12550 – linha 1

A Linha de voo 12550 (Linha 1) apresenta sentido N-S e comprimento de 2.2 Km de aquisição de dados aerogeofísicos. A região apresenta suas porções mais elevadas (260m) no início da linha, ao passo que, na porção final da linha, apresenta elevações de cerca de 160m. Na região são descrito apenas rochas vulcânicas e uma ocorrência cuprífera próximo a falha de direção NE (Figura 23.A) (CPRM, 2017), (AGUIA RESOURCES LIMITED, 2019).

O perfil com os valores anômalos observados de (TMI) (Figura 22.B) apresenta um aumento moderado dos valores até cerca de 1500m (22720 nT) e posterior declínio dos valores. Próximo a ocorrência mineral e a falha apresentam valores moderados próximos a 22640 nT.

Os valores TMI submetidos a Redução ao Polo (RTP) (Figura 23.C) possibilitam a visualização da anomalias em caráter monopolar. Ou seja, situada sobre a fonte causativa. O perfil com os valores de RTP apresenta maior amplitude de valores que o perfil de TMI, porém, um comportamento semelhante, com o aumento progressivo e não linear ao longo do perfil. Na porção do perfil próximo a 1200m, onde há a ocorrência mineral e a falha, apresenta valores próximo a 22650 nT.

O perfil com os valores anômalos da Amplitude do Sinal Analítico (ASA) (Figura 23.D) apresenta variação de valores entre 0.10 a 0.50 nT/m, com a presença de um pico (*spike*) na porção final do perfil (próximo a 1900m) e valores de ASA anteriores a este pico (*spike*) a variação de valores é um pequena amplitude. Este alto possivelmente pode estar relacionada em profundidade com a falha geológica (Figura 23.A).

O perfil com os valores Reduzidos ao Polo (RTP) submetidos à 1° Derivada Vertical (DV 1) (Figura 23.E) apresenta variação de valores entre -0.10 a 0.30 nT/m, comportamento semelhante com o perfil de ASA (Figura 23.D) e pico (*spike*) por volta de 1900m. Assim como no perfil de ASA, interpreta-se que esteja relacionada com a falha em subsuperfície, bem como esta, seja rasa com mergulho para SE visto seu *strike* com direção NE (CPRM, 2017).

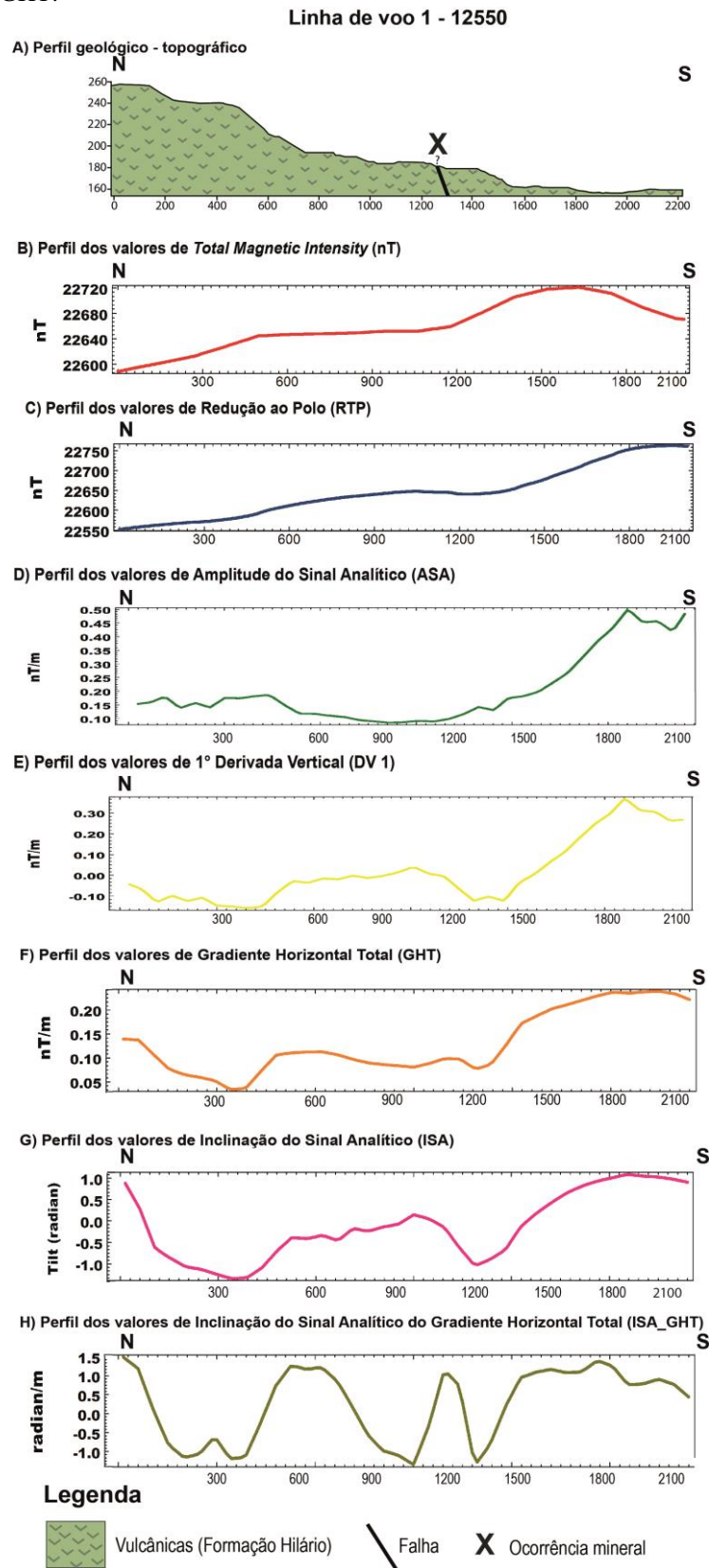
O perfil dos valores Reduzidos ao Polo (RTP) e submetidos ao Gradiente Horizontal Total (GHT) (Figura 23.F) apresenta valores inferiores a 0.05 nT/m a superiores a 0.20 nT/m (amplitude) e longos comprimentos de onda. Ao longo do perfil é visível dois altos (*spikes*) com amplitude superior a 0.15 nT/m (parte inicial e final do perfil), porém, mais delimitado na porção central, entre cerca de 400m e 1200m, apresentando amplitude de 0.10 nT/m. A porção onde ocorre a ocorrência mineral cuprífera, possivelmente associada a falha, é

marcada por baixos valores neste filtro que realça os limites/bordas dos corpos caustivos. Sugere-se a delimitação de um corpo (porções iniciais) e, adicionalmente, outros dois corpos porção final do perfil).

O perfil com os valores Reduzidos ao Polo (RTP) submetidos à Inclinação do Sinal Analítico (ISA) (Figura 23.G) apresenta comportamento semelhante ao do filtro GHT. Entretanto, realça feições diferentes e apresenta valores que variam entre 1.0 a -1.0 radianos. Tal detecção ocorre em virtude deste filtro realçar em maior detalhe as porções centrais (meio) das fontes causativas. São observados na parte inicial (cerca de 100m) e final (1900m) dois altos (*spikes*) com valores próximos a 1.0 radiano, marcando o centro de corpo. Já na porção central do perfil, observa-se uma anomalia tênue (baixa amplitude).

O perfil com os valores Reduzidos ao Polo (RTP) submetidos à Inclinação do Sinal Analítico do Gradiente Horizontal Total (ISA_GHT)(Figura 23.H) apresenta valores entre - 1.5 a 1.5 radianos/m, na qual, suas anomalias apresentam grande amplitude e comprimento de onda variável. Pode-se verificar que são realçados os limites de corpos e/ou estruturas geológicas em 200m,400m, 1000m e 1300m, sendo nesta porção (cerca de 1300m), local onde está inserido a falha no perfil geológico (Figura 22.A) ocorre entre dois picos (*spikes*) com amplitude de cerca de 1.0 radianos/m.

Figura 23 Mosaico de integração geológica-aerogeofísica da Linha de voo 12550 (Linha 01). Em A) Perfil geológico-topográfico; B) Perfil com valores de TMI; C) Perfil com valores de RTP; D) Perfil com valores de ASA; E) Perfil com valores de DV 1; F) Perfil com valores de GHT; G) Perfil com valores de ISA; H) Perfil com valores de ISA_GHT.



Fonte: CPRM (2010), CPRM (2017), AGUIA RESOURCES LIMITED (2019)

9.3.1.1 Análise da distribuição dos valores anômalos da linha de voo 12550 – linha 1

A distribuição dos valores anômalos detectados nos dados aerogeofísicos para as linhas de voo possui uma média de 22629.4432 (nT) e mediana de 22619.5380 (nT), o que caracteriza uma assimetria positiva. Os demais parâmetros estatísticos estão sumarizados na (Tabela 2).

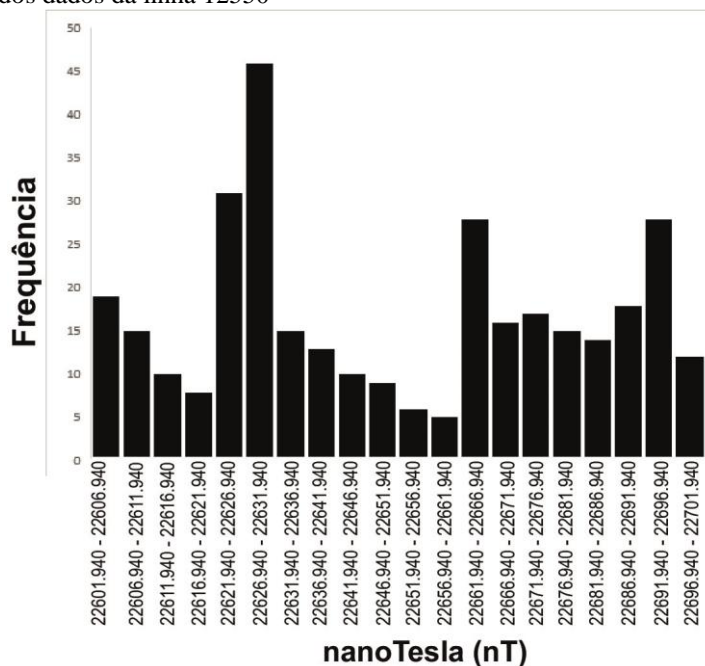
A distribuição dos valores em nanotesla encontra-se na (Figura 24), onde pode-se verificar a presença de três populações com valores de 22585.262 -22591.023, 22608.308 – 22619.830 e 22642.876 – 22654.399 nT respectivamente, na qual, as duas primeiras populações de valores estão abaixo da média, ao passo que, a última encontra-se acima.

0,Tabela 2 Sumário estatístico dos dados da Linha 12550

	nanoTesla (nT)
Média	22651.30608
Mediana	22647.42500
Mínimo	22601.94000
Máximo	22697.49100
Q1	22626.95900
Q3	22678.02500
Variância	871.70225
Desvio Padrão	29.48050
Coeficiente de Assimetria (CA)	0.0862
Coeficiente de Variação (CV)	0.00130

Fonte: CPRM (2010)

Figura 24 Histograma dos dados da linha 12550



Fonte: CPRM (2010)

9.3.2. Linha de voo 12540 – linha 2

A Linha de voo 12540 (Linha 2) apresenta sentido S-N e comprimento de 2.2 Km de aquisição de dados aerogeofísicos. A região apresenta suas porções mais elevadas (280m) no início da linha, ao passo que, na porção final da linha, apresenta elevações de cerca de 160m. Na região são descrito apenas rochas vulcânicas na porção inicial do perfil (0 – 700m), um intervalo de rochas sedimentares (entre 700- 1450m), falhas no início do perfil de direção NE (cerca de 400m) e uma falha inferida (próximo a 450m e ao contato das unidades litoestratigráficas) (Figura 25.A) (CPRM, 2017) (AGUIA RESOURCES LIMITED, 2019).

O perfil com valores anômalos de (TMI) (Figura 25.B) apresenta uma diminuição gradual e não linear dos valores ao longo do perfil, com valores máximos próximos de 22700 nT e mínimos inferiores a 22600 nT.

Os valores de TMI submetidos à Redução ao Polo (RTP) (Figura 25.C) apresenta aumento inicial (pico) dos valores até aproximadamente 400m, atingindo 22640 nT, na qual, posteriormente, apresenta um declínio não linear nos valores até atingir um mínimo até 22580 nT em 1500m. Esse pico nos valores entre 300-400m corresponde no perfil geológico a falha mapeada (CPRM, 2017).

O perfil com valores anômalos de Amplitude do Sinal Analítico (ASA) (Figura 25.D) variação dos valores entre 0.05 a 0.25 nT/m com presença de 3 picos (*spikes*), sendo os dois primeiros de menor amplitude e o último de maior amplitude dos valores. Interpreta-se que o

primeiro pico (*spike*) esteja relacionada a falha no perfil geológico (Figura 25.A) em cerca de 400m, na qual, no perfil dos valores está deslocado mais a sul, dessa forma, sugere-se seu mergulho para SE. O segundo pico (*spike*) está próximo ao contato entre as vulcânicas e os conglomerados e o terceiro, sugere-se a relação com falhas inferidas em campo.

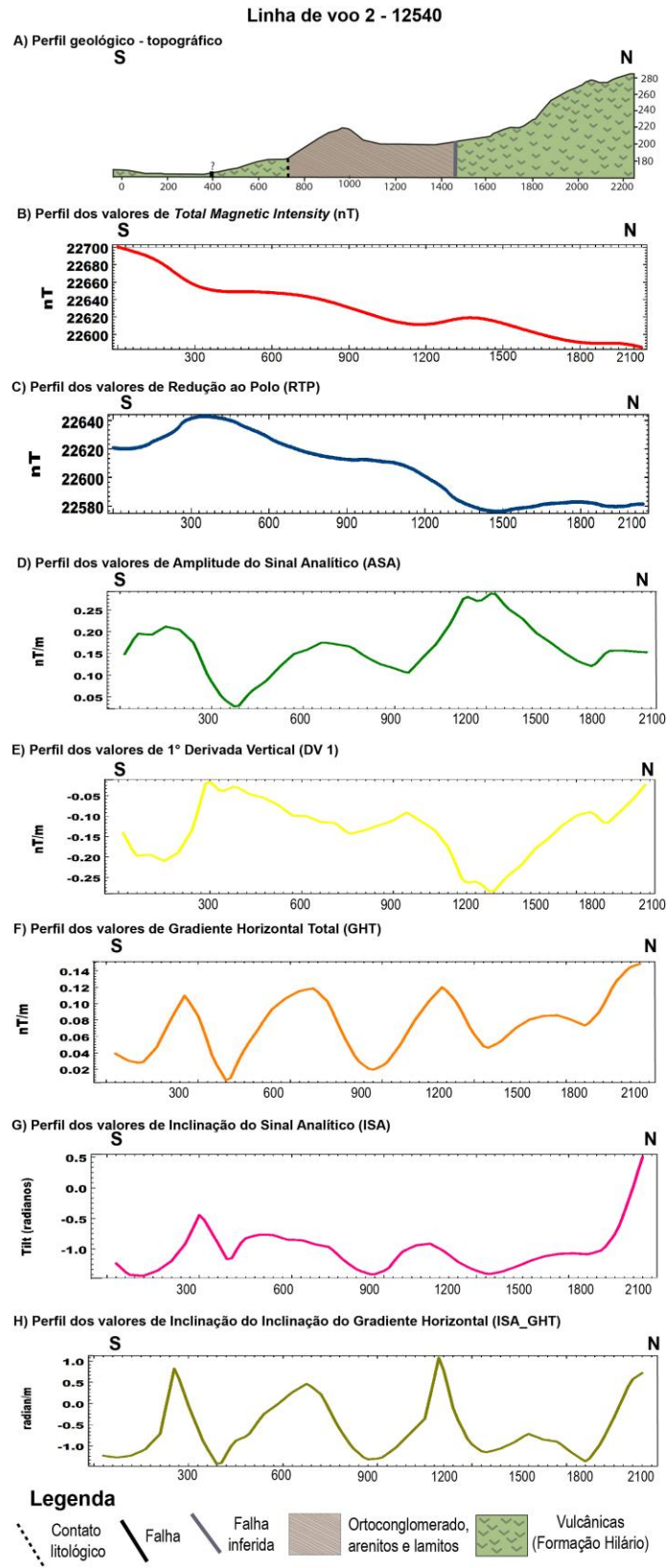
O perfil com valores Reduzidos ao Polo (RTP) e submetidos à 1° Derivada Vertical (1 DV) (Figura 25.E) apresenta variação dos valores entre -0.25 a -0.05 com presença de dois picos (*spikes*) em 300 e 900m e outro próximo pico em 1800m. Nestes iniciais, o primeiro apresenta relação com a falha no perfil geológico (Figura 25.A) e outro pode estar relacionado com a falha inferida. O último pico, tende a apresenta continuidade para o N, na qual, pode estar relacionado a estruturas não mapeadas.

O perfil com valores Reduzidos ao Polo (RTP) e submetidos ao Gradiente Horizontal Total (GHT) (Figura 24.F) apresenta variação dos valores entre 0.02 e 0.14 nT/m, com a presença de 3 altos (*spikes*) bem marcados na porção inicial e intermediária do perfil e na porção final, um alto (*spike*) atinge a amplitude máxima do perfil, mas que apresenta continuação para norte. A falha demarcada em cerca de 400m no perfil geológico (Figura 25.A) ocorre próximo entre dois altos (*spikes*), na qual, possivelmente, o filtro de GHT possa demarcar as bordas da estrutura. Na porção central do perfil ocorre, entre dois altos (*spikes*) que pode delimitar um corpo e/ou estrutura não mapeada. A falha inferida (cerca de 1500m) ocorre entre dois altos (*spikes*) de menor amplitude.

O perfil de valores Reduzidos ao Polo (RTP) e submetidos à Inclinação do Sinal Analítico (ISA) (Figura 25.G) apresenta amplitude dos valores entre -1.0 a 0.5 radianos, com a presença de um alto (*spike*) no início do perfil (cerca de 350m) e outro próximo alto (*spike*) próximo ao final do perfil. Pode-se interpretar que tais altos (*spike*) estejam relacionadas com estruturas e corpos não mapeados.

O perfil de valores Reduzidos ao Polo (RTP) e submetidos à Inclinação do Sinal Analítico do Gradiente Horizontal Total (ISA_GHT) (Figura 25.H) apresenta variação nos valores de -1.0 a 5.0 radianos/m e apresenta maior amplitude dos altos (*spikes*). Apresenta altos (*spikes*) com diferentes amplitudes, sendo que os altos (*spikes*) na porção inicial associados possam demarcar a falha em cerca de 400m. Ademais, o local entre os altos (*spikes*), entre 700m e 1100m, possam indicar a borda de um corpo e/ou estrutura não mapeada.

Figura 25 Mosaico de integração geológico-aerogeofísica da Linha de voo 12540 (Linha 02). A) Perfil geológico-topográfico; B) Perfil de TMI; C) Perfil de RTP; D) Perfil de ASA; E) Perfil de DV 1; F) Perfil de GHT; G) Perfil de ISA; H) Perfil de ISA_GHT.



Fonte: CPRM (2010), CPRM (2017), AGUIA RESOURCES LIMITED (2019)

9.3.2.1 Análise da distribuição dos valores anômalos da linha de voo 12540 – linha 2

A distribuição dos valores apresenta média de 22629.4432 (nT) e mediana de 22619.5380 (nT), o que caracteriza uma assimetria positiva. Os demais parâmetros estatísticos estão sumarizados na (Tabela 3).

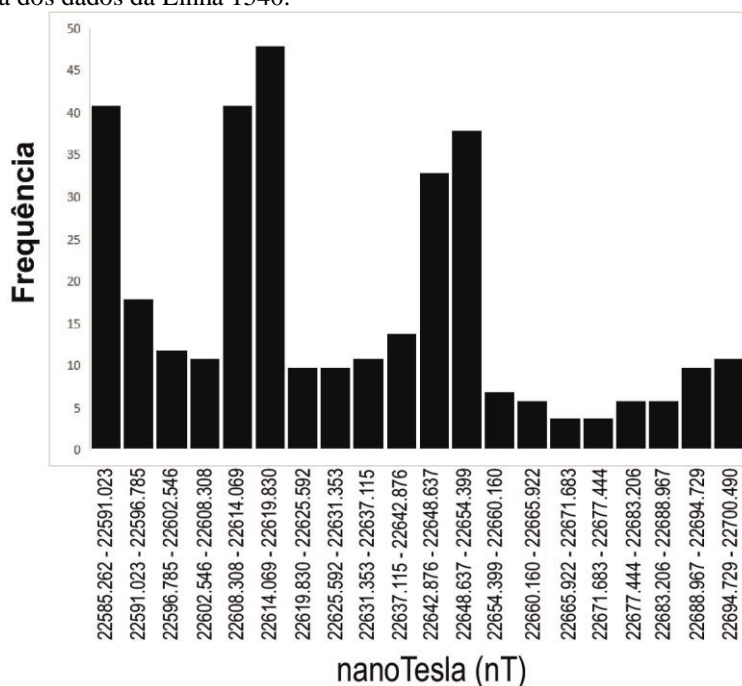
A distribuição dos valores em nanotesla estão contidas na (Figura 26), onde pode-se verificar a presença de três populações com valores de 22585.262 - 22591.023, 22608.308 – 22619.830 e 22642.876 – 22654.399 nT respectivamente, na qual, as duas primeiras populações de valores estão abaixo da média, ao passo que, a última encontra-se acima.

Tabela 3 Sumário estatístico dos dados da Linha 12540

	nanoTesla (nT)
Média	22629.4432
Mediana	22619.5380
Mínimo	22585.2620
Máximo	22700.4900
Q1	22609.8575
Q3	22648.9020
Variância	901.5170
Desvio Padrão	29.9812
Coeficiente de Assimetria (CA)	0.5551
Coeficiente de Variação (CV)	0.0013

Fonte: CPRM (2010)

Figura 26 Histograma dos dados da Linha 1540.



Fonte: CPRM (2010)

9.3.3. Linha de voo 12530 – linha 3

A Linha de voo 12530 (Linha 3) apresenta sentido N-S e comprimento de 2.2 Km de aquisição de dados aerogeofísicos e variação topográfica entre 300 e 180m. Apresenta três unidades geológicas: i) rochas metamórficas ao norte; ii) ortoconglomerados, arenitos e lamitos do Grupo Bom Jardim na porção central e iii) rochas vulcânicas da Formação Hilário ao sul (Figura 27.A). Na porção onde está mapeada a ocorrência mineral ocorre duas falhas mapeadas em campo que apresentam *strike* de direções opostas e são inferidas mais duas falhas ao longo do perfil (AGUIA RESOURCES LIMITED, 2019).

O perfil com valores anômalos observados (TMI) (Figura 27.B) apresenta um aumento contínuo e não linear dos valores, atingindo seu máximo com valores superiores a 22680 nT.

O perfil de TMI submetidos à Redução ao Polo (RTP) (Figura 27.C) apresenta uma pequena anomalia na porção inicial do perfil e uma anomalia positiva na metade final do perfil. A anomalia negativa apresenta valores de 22540 nT e ocorre próximo a 250m, ao passo que, a anomalia positiva apresenta valores de até 22640 nT e ocorre na região onde está presente a anomalia descrita a ocorrência mineral e onde foram mapeadas as falhas, entre 1100 – 1400m no perfil geológico-topográfico (Figura 27.A)

O perfil com valores anômalos da Amplitude do Sinal Analítico (ASA) (Figura 27.D) apresenta variação dos valores entre 0.10 a 0.80 nT/m, com presença de um pico (*spike*) na porção inicial do perfil (próximo a 250m) e posterior declínio não linear dos valores, na qual

este pico pode vir estar associado a estruturas geológicas, seja a falha inferida na drenagem na (Figura 27.A) ou estruturas não mapeadas. Na porção onde ocorre a mineralização e falhas próximos, no perfil não é salientado nenhuma pico (*spike*).

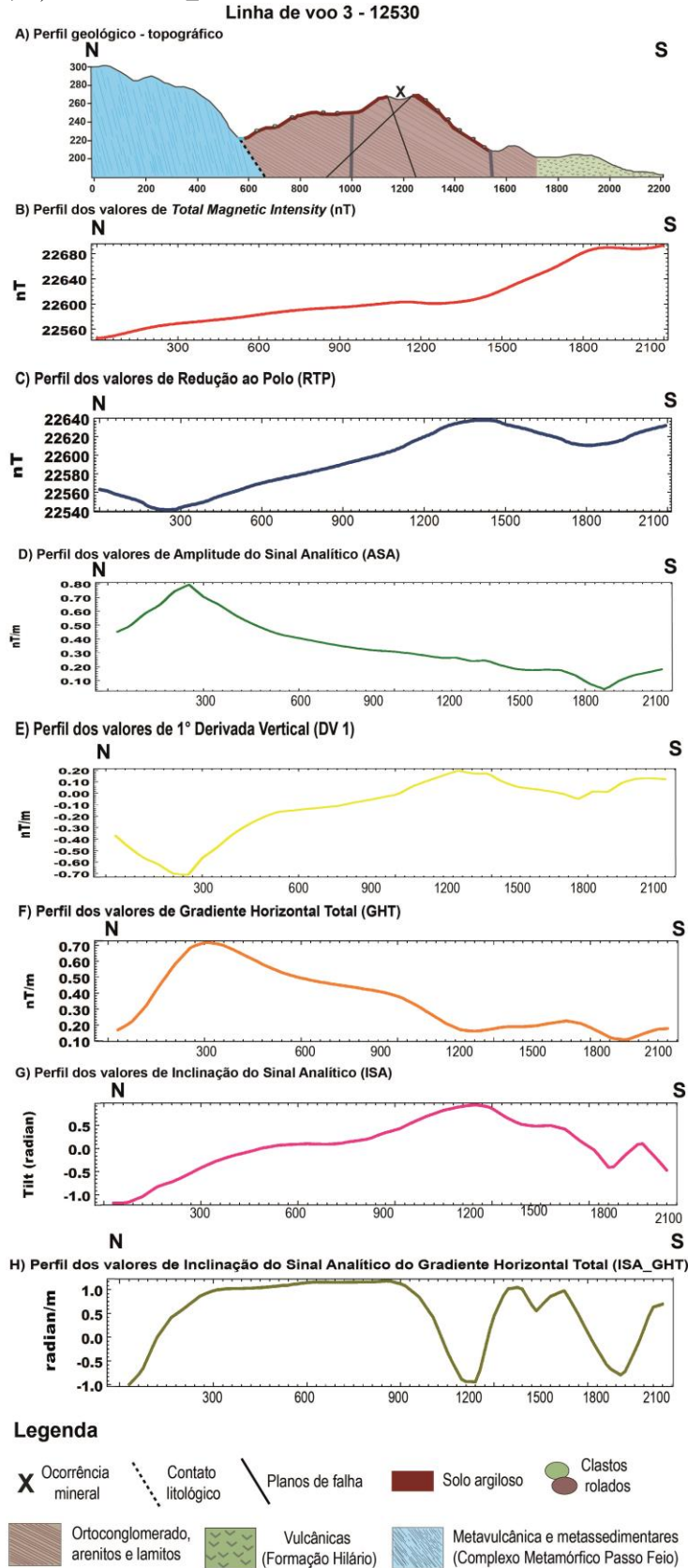
O perfil com valores Reduzidos ao Polo (RTP) e submetidos à 1° Derivada Vertical (DV 1) (Figura 27.E) apresenta variação dos valores da ordem de -0.70 a 0.20 nT/m, com declínio dos valores na porção inicial do perfil e posterior subida não linear dos valores. Não são identificado picos salientes (*spikes*), porém, na porção mineralizada e das falhas mapeadas, tende a apresentar valores superiores a 0.0 nT/m.

O perfil com valores Reduzidos ao Polo (RTP) e submetidos ao Gradiente Horizontal Total (GHT) (Figura 27.F) apresenta amplitude dos valores entre 0.1 a 0.7 nT/m, com alto (*spike*) em 300m, próximo ao contato das rochas metamórficas e das rochas sedimentares, e diminuição progressiva de forma não linear ao longo do restante do perfil. Próximo a ocorrência, por volta de 1200m no perfil geológico, ocorre um leve declínio nos valores, até cerca de 0.20 nT/m, marcando um pequena nuance no valores.

O perfil com valores Reduzidos ao Polo (RTP) e submetidos à Inclinação do Sinal Analítico (ISA) (Figura 27.G) apresenta amplitude dos valores entre -1.0 a 0.5 radianos, na qual, pode-se visualizar um crescimento não linear nos valores na porção inicial do perfil geológico, atingindo um máximo em 1200m, onde está inserida a ocorrência mineral, e posterior declínio, apresentando grande comprimento de onda e amplitude máxima. Após, ocorre alto (*spike*) com amplitude menor dos valores e de comprimento de onda de pequeno. Interpreta-se que tal anomalia possa identificar um corpo, onde neste, possa estar inserida ocorrência mineral em profundidade.

O perfil com valores Reduzidos ao Polo (RTP) e submetidos à Inclinação do Sinal Analítico do Gradiente Horizontal Total (ISA_GHT) (Figura 27.H) no perfil ocorrem valores entre -1.0 a 1.0 radianos/m, com alto (*spike*) de grande comprimento de onda e amplitude máxima entre cerca de 150m a 1100m no perfil geológico, o segundo alto (*spike*) entre 1300 e 1700m e o último alto (*spike*), apenas uma porção, com possível continuação para sul. Na região da mineralização, ocorre um baixo, o que pode-se interpretar com sendo as bordas de um corpo próximos a 1300m e 1700m.

Figura 27 Mosaico de integração geológico-aerogeofísica da Linha de voo 12530 (Linha 03). A) Perfil geológico-topográfico; B) Perfil de TMI; C) Perfil de RTP; D) Perfil de ASA; E) Perfil de DV 1; F) Perfil de GHT; G) Perfil de ISA; H) Perfil de ISA_GHT.



Fonte: CPRM (2010), CPRM (2017), AGUIA RESOURCES LIMITED (2019)

9.3.3.1 Análise da distribuição dos valores anômalos da linha de voo 12530 – linha 3

A distribuição dos valores apresenta média de 22609.59788 (nT) e mediana de 22600.201 (nT), o que caracteriza uma assimetria positiva. Os demais parâmetros estatísticos estão sumarizados na (Tabela 4).

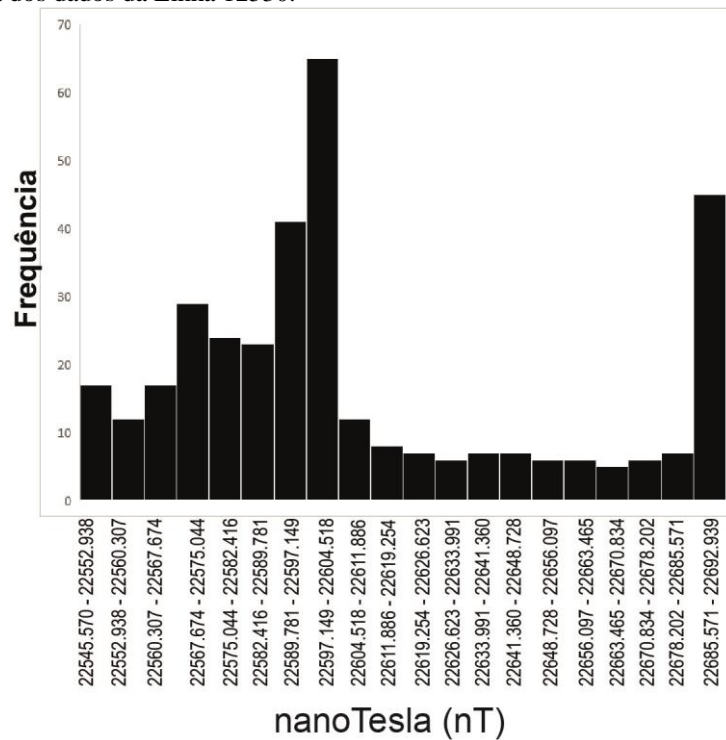
A distribuição dos valores em nanotesla estão contidas na (Figura 28), onde pode-se verificar uma distribuição caracterizada como sendo não gaussiana, com predominância de valores abaixo de 22600 nT e pico isolado próximo aos valores máximos.

Tabela 4 Sumário estatístico dos dados da Linha 12530.

	nanoTesla (nT)
Média	226209.5978
Mediana	22600.2010
Mínimo	22545.5700
Máximo	22692.9390
Q1	22578.5192
Q3	22635.9570
Variância	1813.1421
Desvio Padrão	42.5201
Coefficiente de Assimetria (CA)	0.7285
Coefficiente de Variação (CV)	0.0019

Fonte: CPRM (2010)

Figura 28 Histograma dos dados da Linha 12530.



Fonte: CPRM (2010)

9.3.4. Linha de voo 12520 – linha 4

A Linha de voo 12520 (Linha 4) apresenta sentido N-S e comprimento de 2.2 Km de aquisição de dados aerogeofísicos e variação topográfica entre 300 e 180m. Apresenta duas unidades geológicas: i) rochas metamórficas do CMPF e ortoconglomerados, arenitos e lamitos do Grupo Bom Jardim NE (Figura 29.A) (AGUIA RESOURCES LIMITED, 2019). Na porção inicial são mapeadas duas falhas de direção NE na Folha Caçapava do Sul dentro do contexto da área de estudo local (CPRM, 2017).

O perfil com valores observados de (TMI) (Figura 29.B) apresenta uma anomalia negativa com valores de 22550 nT no início do perfil e posteriormente um aumento progressivo não linear nos valores dos perfis. A anomalia negativa apresenta correspondência com as falhas mapeadas.

O perfil com valores de TMI submetidos à Redução ao Polo (RTP) (Figura 29.C) apresenta os maiores valores (22800 nT) em 300m no perfil e posterior declínio dos valores de forma não linear, atingindo o mínimo em 22500 nT ao final do perfil.

O perfil com valores anômalos de Amplitude do Sinal Analítico (ASA) (Figura 29.D) apresenta variação nos valores entre 03 a 0.9 nT/m. O pico (spike) inicial, em cerca de 200m tende a estar associado as falha NE dos perfil geológico (Figura 29.A), porém, os outros dois

que tendem a ser ruídos do sinal aeromagnetométrico. No decorrer do perfil, a nuance dos valores é pequena e não são correlacionados a estruturas ou corpos.

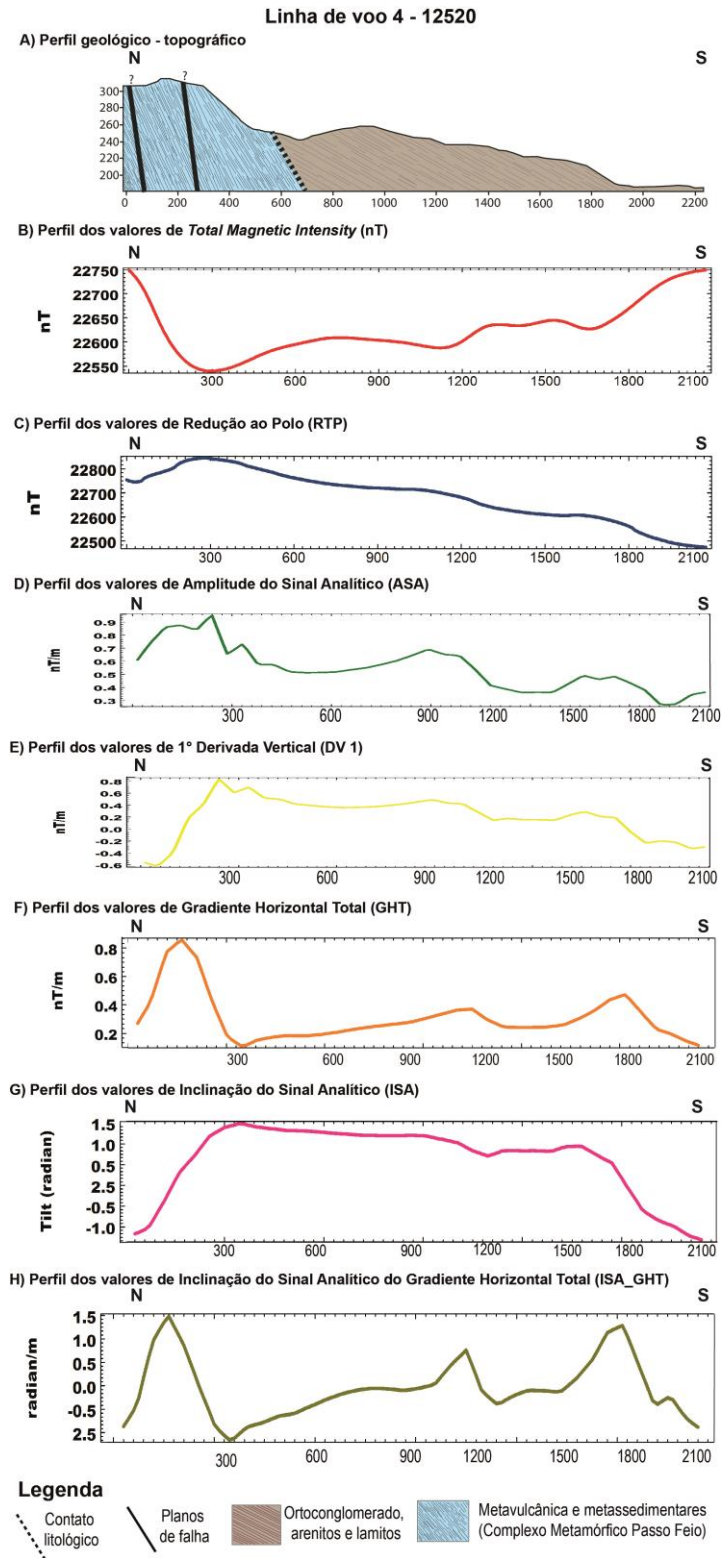
O perfil com valores Reduzidos ao Polo (RTP) submetidos à 1° Derivada Vertical (DV 1) (Figura 29.E) apresenta variação dos valores entre -0.6 a 0.8 nT/m, com um pico (*spike*) inicial em cerca de 350-400m, que possivelmente tende a estar associado as falhas no perfil geológico (Figura 29.A), porém, os valores tendem a diminuir de forma não linear na direção sul, na qual, não são identificados picos (*spikes*).

O perfil com valores Reduzidos ao Polo (RTP) submetidos ao Gradiente Horizontal Total (GHT) (Figura 29.F) apresenta variação dos valores entre 0.8 a 0.2 nT/m, com presença de altos que apresentam alta amplitude e baixa amplitude. Na porção inicial, ocorre um alto (*spike*) com amplitude de cerca de 0.7 nT/m, marcando possivelmente a borda de corpo causativo, ao passo que, os demais altos (*spikes*) no perfil são inferiores a amplitudes de 0.2 nT/m.

O perfil com valores Reduzidos ao Polo (RTP) submetidos à Inclinação do Sinal Analítico (ISA) (Figura 29.G) apresenta variação dos seus valores de -1.0 a 1.5 radianos. No perfil ocorre apenas um único alto (*spike*), com amplitude máxima dos valores e bordas da anomalia próximos a 200m e 1950m.

O perfil com valores Reduzidos ao Polo (RTP) submetidos à Inclinação do Sinal Analítico do Gradiente Horizontal Total (ISA_GHT) (Figura 29.H) apresenta variação de amplitude de seus valores entre -1.0 a 1.5 radianos/m, na qual, ressaltam mais os altos (*spikes*) que apresentam pouca amplitude no filtro de GHT. Na porção inicial, o alto (*spike*) de grande amplitude e pequeno comprimento de onda pode estar associado as falhas no perfil geológico (Figura 29.A). Próximo ao contato das unidades litoestratigráficas não ocorrem realce de anomalias magnéticas, ao passo que, em 1200m e 1700m ocorrem dois altos (*spikes*), que podem indicar bordas de corpo e/ou estruturas não mapeadas anteriormente.

Figura 29 Mosaico de integração geológico-aerogeofísica da Linha de voo 12520 (Linha 04). A) Perfil geológico-topográfico; B) Perfil de TMI; C) Perfil de RTP; D) Perfil de ASA; E) Perfil de DV 1; F) Perfil de GHT; G) Perfil de ISA; H) Perfil de ISA_GHT.



Fonte: CPRM (2010), CPRM (2017), AGUIA RESOURCES LIMITED (2019)

9.3.4.1. Análise da distribuição dos valores anômalos da linha de voo 12520 – linha 4

A distribuição dos valores apresenta média de 22624.6125 (nT) e mediana de 22608.8270 (nT), o que caracteriza uma assimetria positiva. Os demais parâmetros estatísticos estão sumarizados na (Tabela 5).

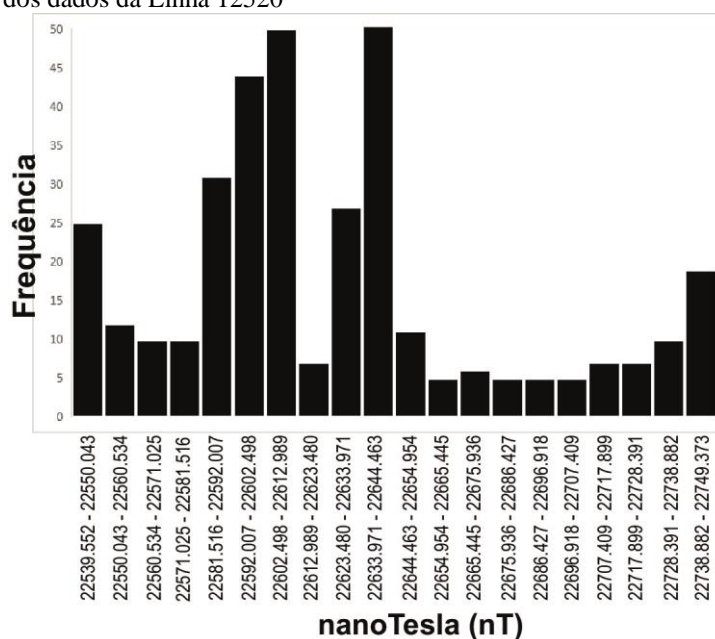
A distribuição dos valores em nanoTesla estão contidas na (Figura 30), onde pode-se verificar distribuição não gaussiana, com a presença de três populações principais bem marcadas, com valores entre 22539.552- 22550.043, 22581.516 - 22612.989 e 22623.480 – 22644.463 nT respectivamente.

Tabela 5 Sumário estatístico dos dados da Linha 12520

	nanoTesla (nT)
Média	226224.6125
Mediana	22608.8270
Mínimo	22539.5520
Máximo	22749.3730
Q1	22591.6360
Q3	22642.8660
Variância	2880.8660
Desvio Padrão	53.0299
Coeficiente de Assimetria (CA)	0.7512
Coeficiente de Variação (CV)	0.0024

Fonte: CPRM (2010)

Figura 30 Histograma dos dados da Linha 12520



Fonte: CPRM (2010)

9.3.5. Linha de voo 12510 – linha 5

A Linha de voo 12510 (Linha 5) apresenta sentido S-N e comprimento de 2.2 Km de aquisição de dados aerogeofísicos e variação topográfica entre 300 e 180m. Apresenta duas unidades geológicas: i) rochas metamórficas do CMPF e ortoconglomerados, arenitos e lamitos do Grupo Bom Jardim NE (Figura 31.A) (AGUIA RESOURCES LIMITED, 2019). Na porção final são mapeadas duas falhas de direção NE na Folha Caçapava do Sul dentro do contexto da área de estudo local(CPRM, 2017).

O perfil com valores anômalos observados de (TMI) (Figura 31.B) apresenta diminuição não linear dos valores até cerca de 1800m, atingindo os mínimos valores (22500 nT) do perfil, na qual, volta novamente a valores elevados (22700 nT) no final do perfil. A anomalia negativa ocorre próximo as duas falhas mapeadas.

O valores de TMI submetidos à Redução ao Polo (RTP) (Figura 31.C), ao contrário do perfil TMI (Figura 30.A), apresenta seu maior valor por volta de 1800m no perfil, atingindo 22900 nT. A anomalia positiva, apesar de pouco deslocado, relaciona-se as falhas mapeadas.

O perfil com valores anômalos de Amplitude do Sinal Analítico (ASA) (Figura 31.D) apresenta valores entre 0.2 a 1.0 nT/m, na qual, inicialmente dois picos (*spikes*) em 300m e 750m podem estar associados a estruturas ou corpos não mapeados, ao passo que, o pico em 1700m tende a estar associado as falhas do perfil geológico (Figura 31.A), porém, com ruídos associados próximos ao pico.

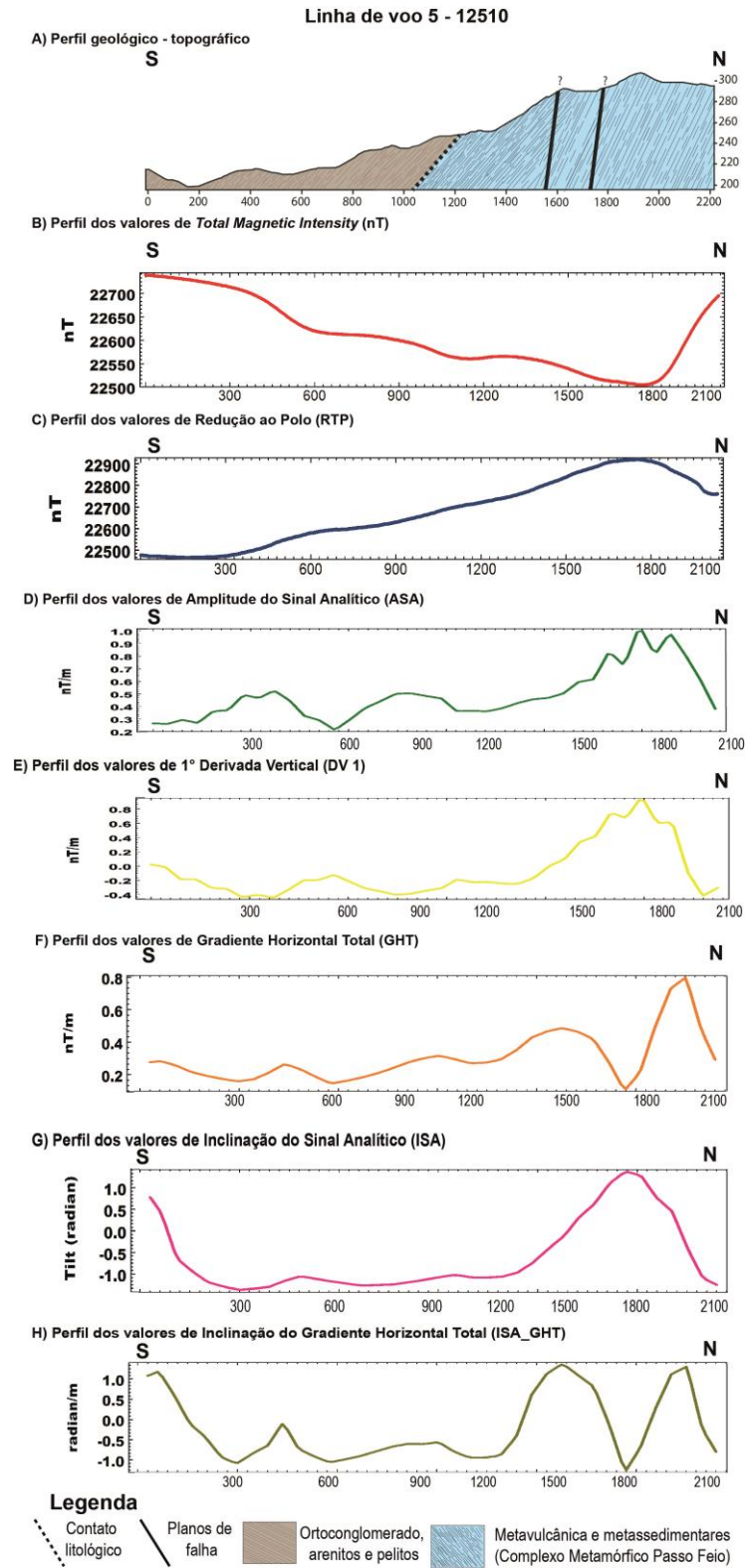
O perfil com valores Reduzidos ao Polo (RTP) e submetidos à 1° Derivada Vertical (DV 1) (Figura 31.E) 1

O perfil com valores Reduzidos ao Polo (RTP) e submetidos ao Gradiente Horizontal Total (GHT) (Figura 31.F).

O perfil com valores Reduzidos ao Polo (RTP) e submetidos à Inclinação do Sinal Analítico (ISA) (Figura 31.G) apresenta amplitude com valores entre -1.0 a 1.0 radianos ao longo do perfil, na qual na porção inicial ocorre um alto (*spike*) (próximo a 100m), possivelmente a continuação de um corpo mais ao sul da área e a norte, ocorre outro alto (*spike*) (próximo a 1800m) que possivelmente pode estar associada as falhas no perfil geológico (Figura 31.A).

O perfil com valores Reduzidos ao Polo (RTP) e submetidos à Inclinação do Sinal Analítico do Gradiente Horizontal Total (ISA_GHT) (Figura 31.H) apresenta realce dos altos (*spikes*) das anomalias antes pouco evidentes no filtro do GHT. Ocorre amplitude de valores de -1.0 a 1.0 radianos/m ao longo do perfil, com altos (*spikes*) de menor e outros de maior comprimento de onda. Na porção inicial (entre 200m e 500m) são evidentes dois altos (*spikes*), que podem ressaltar um corpo antes não mapeados, ao passo que, na porção final, ocorrem dois altos (*spikes*) novamente, de amplitude máxima, próximos a 1600m e 1800m, que podem estar associados as falhas anteriormente mapeadas, conforme perfil geológico da Figura abaixo (Figura 31.A)

Figura 31 Mosaico de integração geológico-aerogeofísica da Linha de voo 12510 (Linha 05). A) Perfil geológico-topográfico; B) Perfil de TMI; C) Perfil de RTP; D) Perfil de ASA; E) Perfil de DV 1; F) Perfil de GHT; G) Perfil de ISA; H) Perfil de ISA_GHT.



Fonte: CPRM (2010), CPRM (2017), AGUIA RESOURCES LIMITED (2019)

9.3.5.1 Análise da distribuição dos valores anômalos da linha de voo 12510 – linha 5

A distribuição dos valores apresenta média de 22608.7191 (nT) e mediana de 22599.8085 (nT), o que caracteriza uma assimetria positiva. Os demais parâmetros estatísticos estão sumarizados na (Tabela 6).

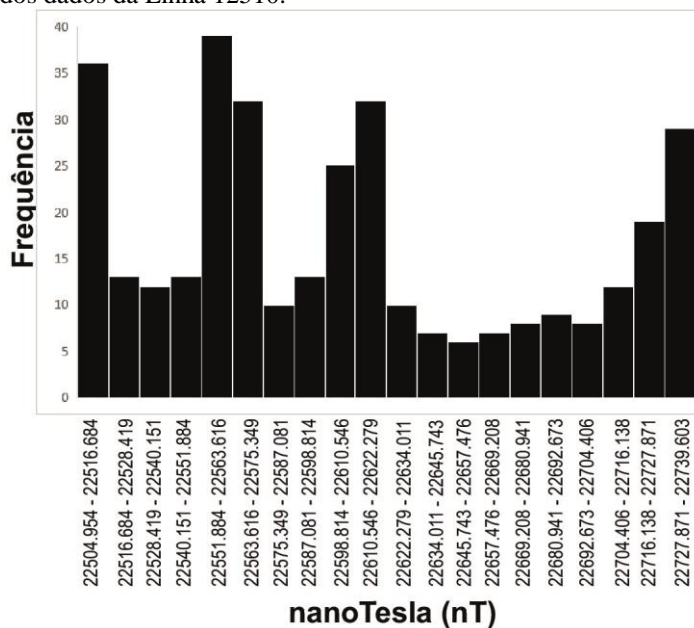
A distribuição dos valores em nanotesla estão contidas na (Figura 32), onde pode-se verificar uma distribuição não gaussiana, com a presença de quatro populações principais bem marcadas, com valores entre 22504.954 – 22516.684, 2251.884 – 22575.349, 22587.081 – 22622.279 e 22719.138 – 22739.603 nT, respectivamente, onde as duas primeiras populações são inferiores a média ao passo que as duas últimas são superiores

Tabela 6 Sumário estatístico dos dados da Linha 12510

	nanoTesla (nT)
Média	226224.6125
Mediana	22608.8270
Mínimo	22539.5520
Máximo	22749.3730
Q1	22591.6360
Q3	22642.8660
Variância	2880.8660
Desvio Padrão	53.0299
Coeficiente de Assimetria (CA)	0.7512
Coeficiente de Variação (CV)	0.0024

Fonte: CPRM (2010)

Figura 32 Histograma dos dados da Linha 12510.



Fonte: CPRM (2010)

9.4. Informações oriundas do mapeamento - dados diretos

Neste tópico do presente trabalho é apresentada a descrição sucinta das unidades litoestratigráficas, atitude das estruturas geológicas, dados de susceptibilidade magnética dos diferentes litotipos e as descrições das lâminas petrográficas (petrografia microscópica).

9.4.1 Descrição das unidades litoestratigráficas

Nas etapas de trabalho de campo foram identificadas e descritas 3 unidades litoestratigráficas: i) rochas metamórficas, ii) rochas vulcânicas e iii) rochas sedimentares. As coordenadas dos pontos mapeados no Projeto Passo Feio (PPF) encontra-se no Apêndice C e as características litológicas, estruturais e gerais do terreno associadas a cada ponto estão inseridas no Apêndice I. As principais litologias reconhecidas no diagnóstico das unidades litoestratigráficas e a interrelação destas com feições da área são descritas a seguir.

- **Rochas Metamórficas:** estão relacionadas ao contexto do Complexo Metamórfico Passo Feio (CMPF), embasamento da Bacia do Camaquã, ocorrem na porção norte e nordeste da área de estudo em afloramentos em drenagens e blocos rolados nas porções baixas do terreno e nas coxilhas onduladas de forte declividade. As litologias que estão inseridas são xistos esverdeadas a acinzentadas, ardósias de coloração escura e metasedimentar esverdeada.

Ademais, são visualizados ao longo de toda unidade veios de quartzo, tanto *in situ* quanto em blocos rolados.

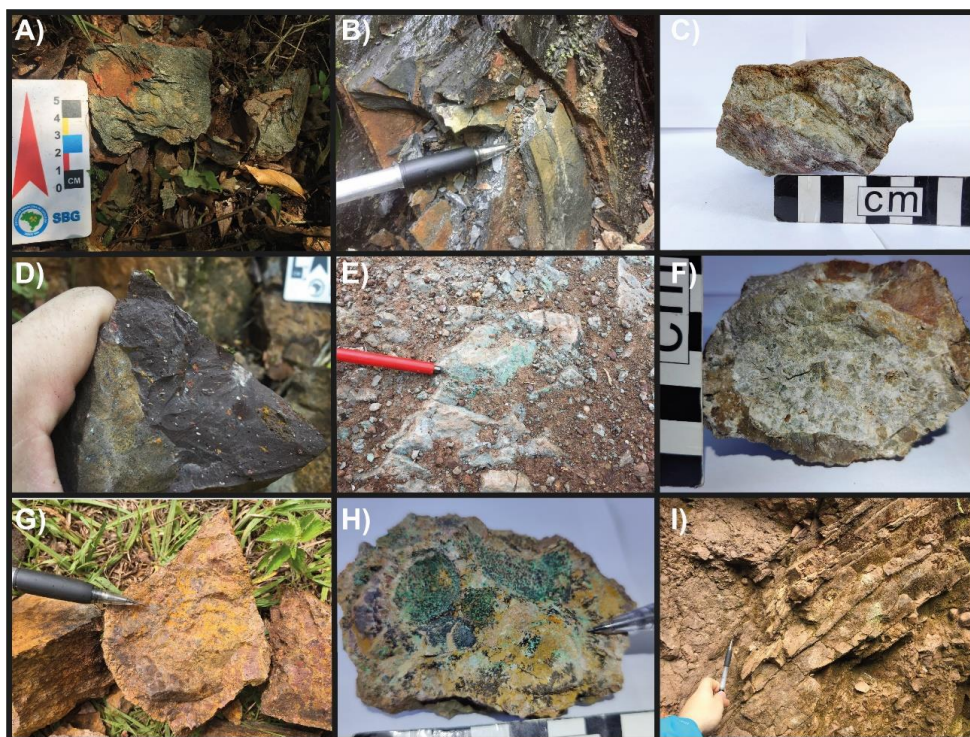
- **Rochas vulcânicas:** estão relacionadas a Formação Hilário do Grupo Bom Jardim (Bacia do Camaquã) e ocorrem na porção nordeste, leste e sudeste da área de estudo, principalmente nas regiões com declividade moderada e relevo em coxilhas na porção mais baixa do terreno na área de estudo. Tais litologias ocorrem apenas em afloramentos de blocos e matacões rolados ao longo de campo nativo. São identificados os litotipos: basaltos e andesitos de matriz afanítica, textura porfírica (em algumas amostras) e porções limonitizadas. Localmente são identificados blocos de brecha de falha com fragmentos de rocha vulcânica e preenchimento de quartzo.

Rochas sedimentares: estão relacionadas a Formação (Grupo Bom Jardim, Bacia do Camaquã), ocorrem na porção central, oeste e sudoeste da área de estudo em locais com declividade elevada e nas porções mais elevadas com declividade moderada a alta. As litologias afloram em blocos e matacões dispersos no campo nativo e em trincheiras exploratórias na porção central do local de estudo. São identificados principalmente ortoconglomerados e de forma subordinada ocorrem paraconglomerados, arenitos e lamitos. As rochas conglomeráticas apresentam clastos de granulometria variada, de composição principalmente vulcânicas e de forma subordinada de clastos de rochas metamórficas e matriz arenosa de composição quartzosa e com porções silicificadas.

A região de maior interesse, hospedeira das mineralizações, compreende mineralização de malaquita disseminada associada a calcita (com porções parcialmente dissolvidas), pirolusita e limonita, na qual as porções mineralizadas estão inseridas principalmente em locais com menor presença de silicificação da matriz. Apesar da mineralização estar disseminada, apresenta-se apenas em uma porção das rochas das trincheiras, não ocorrendo em todas trincheiras mapeadas, mas sim de forma mais dispersa. De forma pontual, é identificada disseminação de malaquita em fraturas e na matriz de rocha vulcânica no PPF 01.

A Figura 33 ilustra as litologias mapeadas em amostras de mão e em afloramentos na região de estudo.

Figura 33 Litologias presentes na área de estudo. Em A) Xistos esverdeados; B) Ardósias de coloração escura; C) Metabásicas; D) Andesito porfíritico; E) Basalto com presença de malaquita disseminada; F) Brecha de falha com clastos de rocha vulcânica; G) Ortoconglomerado com matriz silicificada H) Ortoconglomerado com disseminação de malaquita- calcita – pirolusita – limonita; I) Intercalação de arenitos e lamitos.



Fonte: Autor (2022)

9.4.2 Medidas estruturais

As atitudes das estruturas geológicas mensuradas são: i) acamamento sedimentar (S_0), ii) foliação metamórfica (S_1), iii) fraturas e iv) plano de falhas, retiradas de afloramentos nas drenagens, trincheiras exploratórias previamente abertas e lajeados. Os dados das atitudes das diferentes estruturas geológicas estão sumarizados de acordo com o tipo de estrutura, as atitudes (*dip direction/dip*) em cada ponto no Apêndice E.

Acamamento sedimentar (S_0) pode ser verificado apenas nos pacotes intercalados entre arenitos e pelitos, visto que os ortoconglomerados apresentavam-se bastante caóticos, dessa forma, não salientando sua direção preferencial. De forma geral, as camadas das rochas sedimentares apresentam direção de mergulho para SW-SE e mergulho entre 30° - 45° .

Foliação metamórfica (S_1) pode ser mensurada apenas nas drenagens onde afloravam as rochas metamórficas, nos demais, apenas em blocos dispersos. A foliação metamórfica

apresenta comportamento uniforme com direção de mergulho para NW e mergulho entre 35° - 70°.

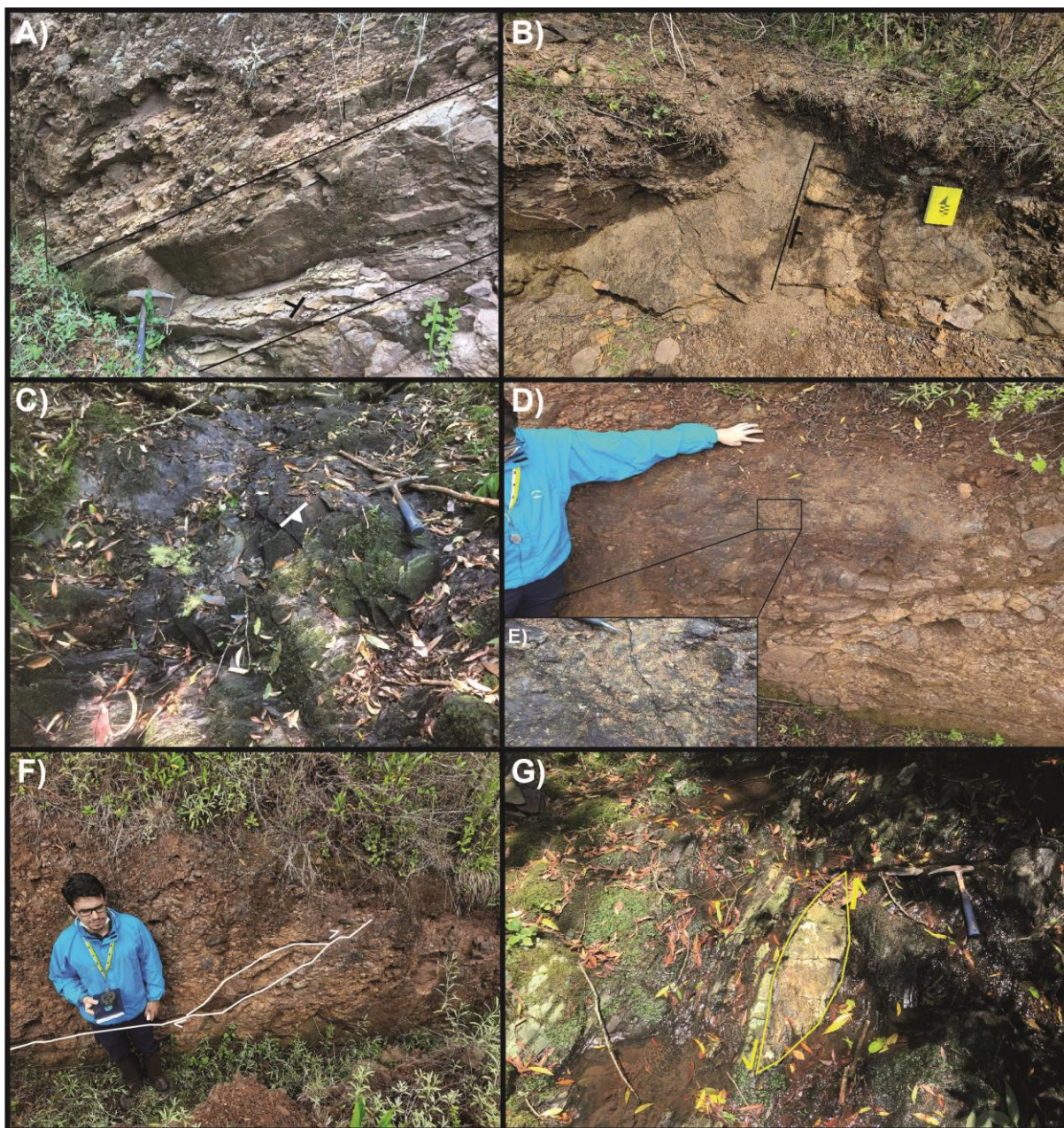
Fraturas por serem coletadas nas três unidades litoestratigráficas diferentes, apresentam comportamentos variados em função dos eventos deformacionais que sofreram. De maneira geral, são identificados famílias com direção de mergulho para NE, NW e SW com mergulho variando entre 50° - 85°, 30° - 50° e 56° respectivamente. As unidades litoestratigráficas mapeadas apresentavam de forma geral entre 1 a 3 famílias de fraturas, que por vezes formavam pares ordenados e apresentavam densidade diferentes ao longo dos afloramentos, havendo porções bastante fragmentadas (zonas de falha) e outras com menor densidade.

Planos de falha foram identificados e medidos apenas nas trincheiras exploratórias, dessa forma, mapeados apenas na unidade de rochas sedimentares. As falhas mapeadas apresentam planos de direção oposta, NW e NE com mergulho de 80° e 60° respectivamente, sendo esta de comportamento sigmoidal e aquela com movimento cinemático sinistral, que apresenta o mesmo indicador cinemático de veios de quartzo nas rochas metamórficas. Ademais, há possibilidade de que as falhas se intersectem em profundidade e por estarem na região das mineralizações possam ser canalizadores de fluídos em profundidade.

Ao longo dos pontos de mapeamento foram inferidas outras falhas, principalmente com base nas características fisiográficas do relevo, plotadas posteriormente nos mapa geológico de detalhe do projeto.

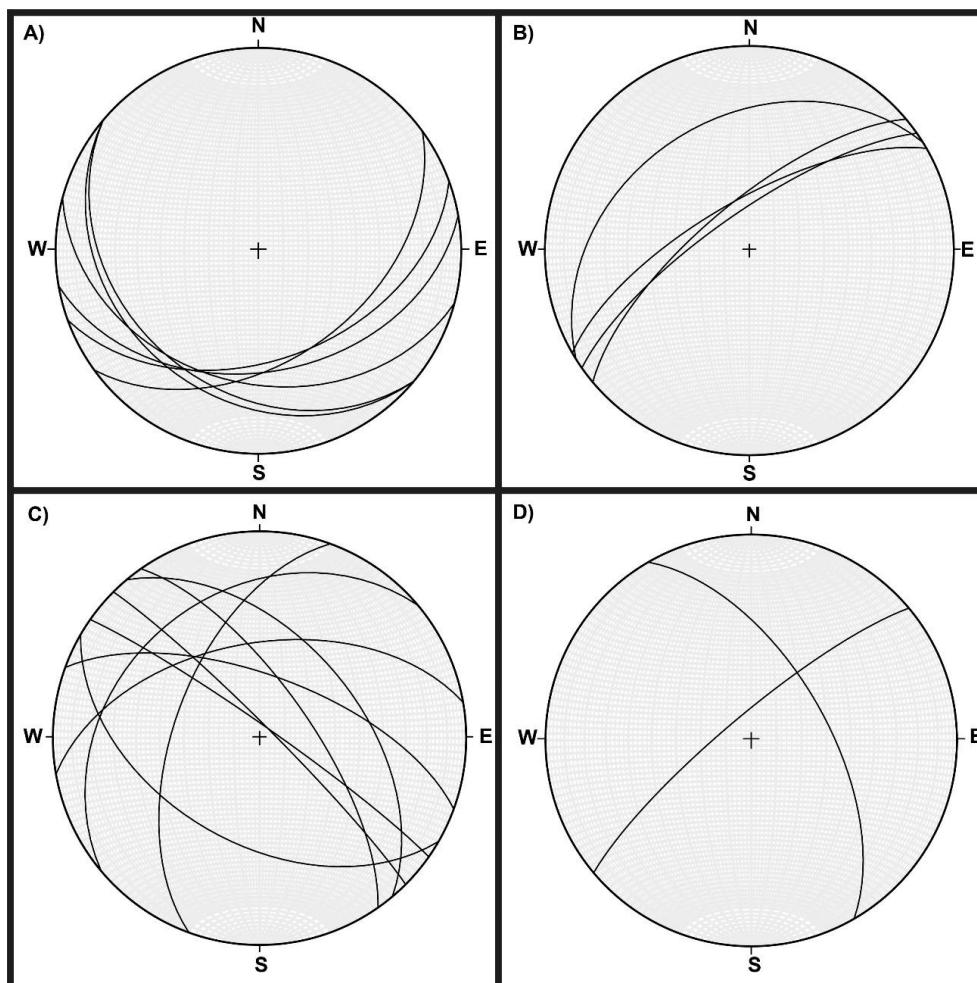
As Figuras 34 e 35 ilustram as estruturas geológicas identificadas em campo e as respectivas representações esteroográficas respectivamente.

Figura 34 Estruturas geológicas identificadas na área de estudo. Em A) Acamamento sedimentar em intercalações de arenitos e pelitos; B) Fraturas perpendiculares ao acamamento sedimentar; C) Foliação metamórfica; D) Plano de falha; E) Plano sigmoidal da falha; F) Falha sinistral e G) Veio de quartzo em foliação metamórfica com indicador cinemático sinistral .



Fonte: Autor (2022)

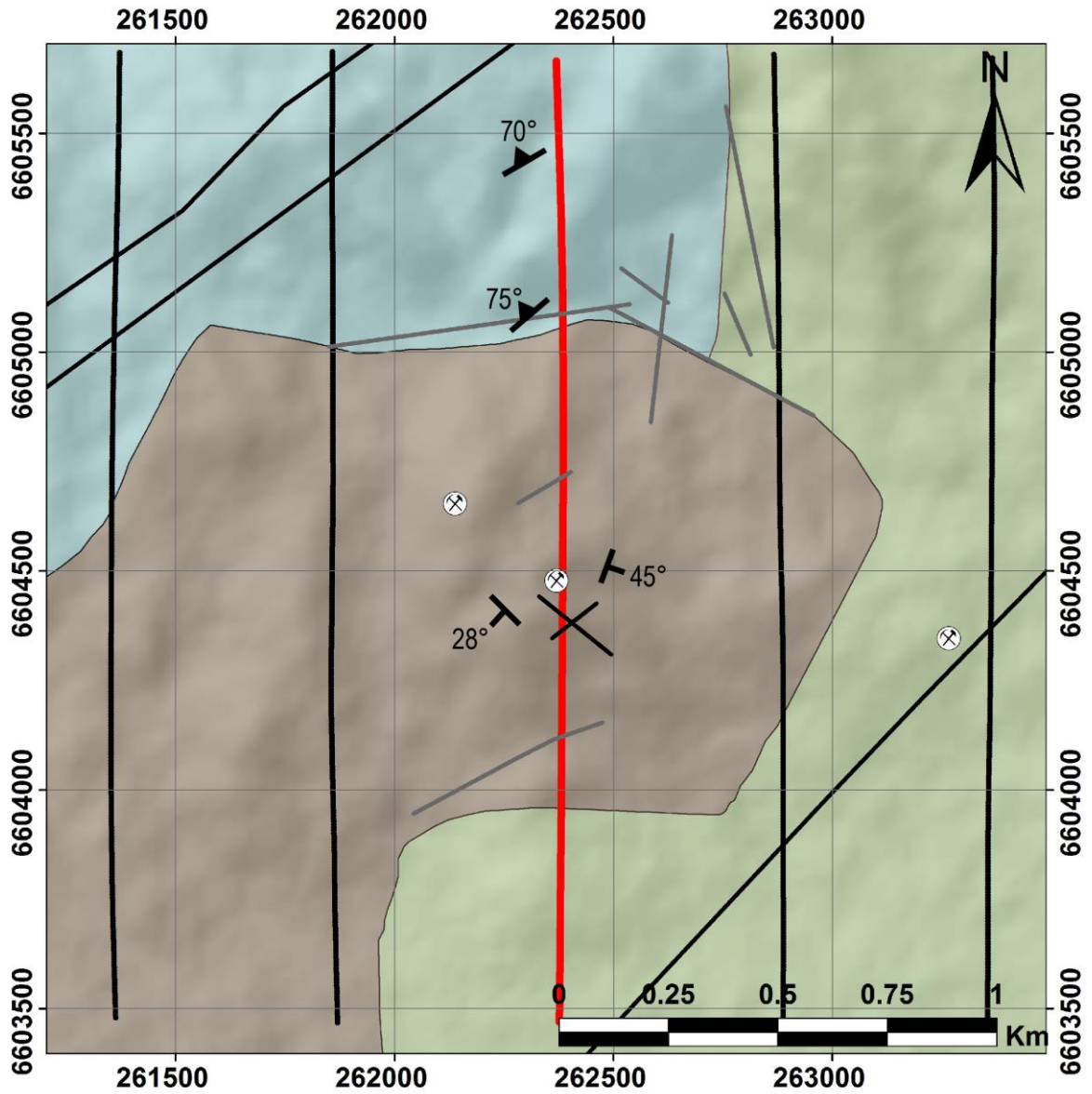
Figura 35 Estereograma das principais atitudes das estruturas geológicas medidas em campo. A) Acamamento Sedimentar; B) Foliação metamórfica; C) Fraturas das diferentes unidades litoestratigráficas; D) Planos de falha.



Fonte: Autor (2022)

A figura abaixo (Figura 36) apresenta a distribuição das unidades litoestratigráficas, estruturas, linhas de voo da aerogeofísica e mineralizações na região de estudo de detalhamento terrestre.

Figura 36 Mapa geológico-estrutural de detalhe da região de estudo.



LEGENDA

Linhas de voo (Projeto Aerogeofísica ESRG) Mineralizações cupríferas

Falhas Falhas inferidas Acamamento sedimentar (So) Folição metamórfica (S1)

Rochas sedimentares (GBJ)

Rochas vulcânicas (Fm Hilário - GBJ)

Rochas metamórficas (CMPF)

Sistema de Coordenadas UTM
Datum SIRGAS 2000
Zona 22 J

Fonte: Extraído e modificado de (CPRM, 2017), (AGUIA RESOURCES LIMITED, 2019)

9.4.3 Susceptibilidade magnética das rochas

As medidas de susceptibilidade magnética realizadas *in situ* em afloramentos e nas amostras de mão são relacionadas aos seguintes grupos: i) conglomerados; ii) rochas vulcânicas; iii) rochas metamórficas; iv) perfis de solos; v) brecha de falha e vi) veios de quartzo. Informações mais detalhadas, importantes como elementos de análise do estudo como histogramas gerados encontram-se Apêndice F. Os pontos com medidas de susceptibilidade magnética, a litologia, perfil de solo ou mineral mensurados estão inseridos no Apêndice H.

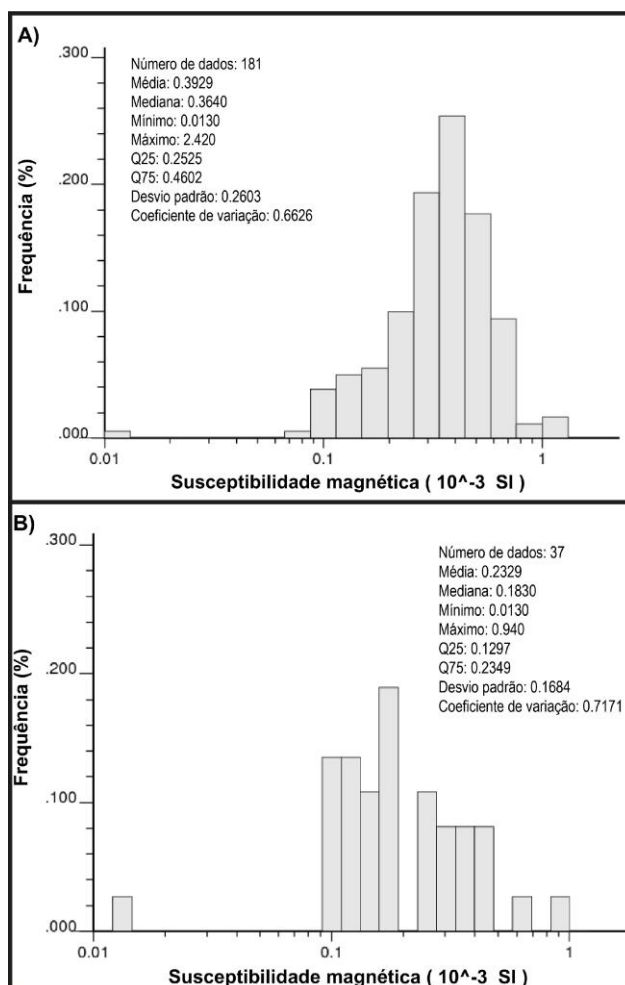
A partir deste diagnóstico quantitativo, foi possível adotar-se a seguinte classificação (*ranking*):

Grupo das rochas conglomeráticas

Grupo com maior número de medidas, visto sua grande distribuição ao longo da área de estudo e a maioria dos pontos coletados (Figura 37). Apresenta distribuição normal com presença de uma família bem marcada, com média e desvio padrão de 0.3929×10^{-3} SI e 0.2603×10^{-3} SI respectivamente. Os valores superiores a 1×10^{-3} SI sugere-se que estão relacionadas com a susceptibilidade associadas a clastos de rochas vulcânicas presentes no arcabouço dos conglomerados ao passo que o menores valores estão relacionados a locais com silicificação e cimentação de minerais (hidrotermalismo). A Figura 37.A apresenta a distribuição das medidas de susceptibilidade magnética para os conglomerados.

Os conglomerados situados na porções mineralizadas foram agrupados de forma separada na busca de visualizarem-se nuances nos valores de susceptibilidade magnética. Dessa forma, pode-se verificar que os conglomerados mineralizados (malaquita) associado a disseminação de calcita, pirolusita, limonita e cimentação de quartzo apresentam duas famílias bem marcadas e outros picos de menor frequência, com mediana e desvio padrão de 0.1830×10^{-3} SI e 0.1684×10^{-3} SI respectivamente, valores suavemente inferiores se comparados a toda população de conglomerados. A Figura 37.B abaixo apresenta a distribuição das medidas de susceptibilidade magnética para os conglomerados situados na porções mineralizadas.

Figura 37 Distribuição da susceptibilidade magnética de conglomerados. A) Histograma das medidas de todos os litotipos de conglomerados; B) Histograma das medidas de conglomerados hospedeiros da mineralização.



Fonte: Autor (2022)

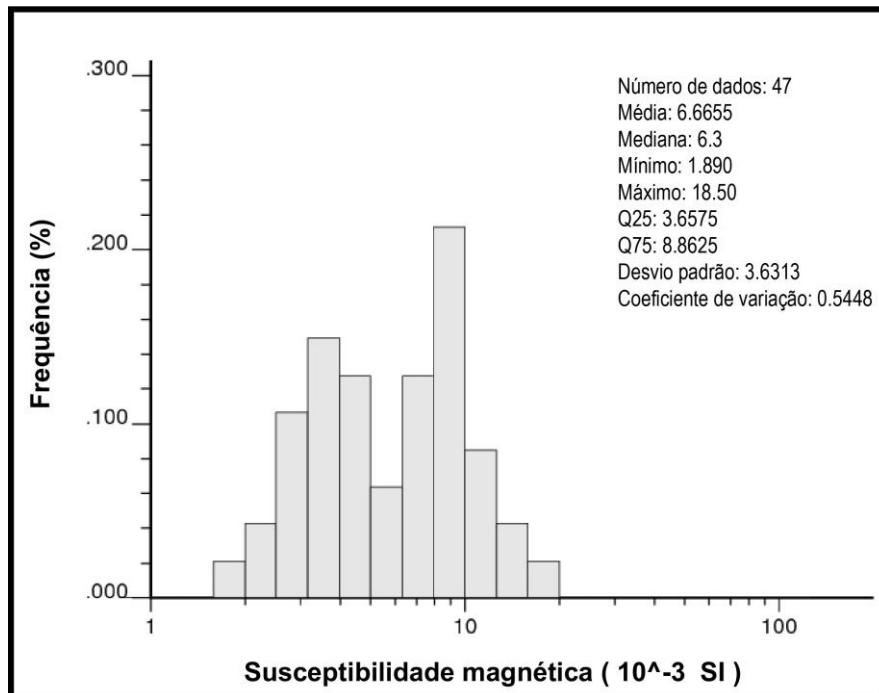
Grupo das rochas vulcânicas

Estas foram agrupadas, indiferente dos litotipos (básicas ou intermediárias), para a realização de medidas de susceptibilidade magnética e análise estatística. Consiste no grupo com os maiores valores de susceptibilidade magnética devido a possível maior concentração de minerais magnéticos na sua composição mineralógica.

A distribuição bimodal, com duas famílias bem marcadas, com valores de 4×10^{-3} e 10×10^{-3} respectivamente, média de 6.6655×10^{-3} SI e desvio padrão de 3.6313×10^{-3} SI. A variabilidade dos dados está relacionado a fatores composicionais da rocha bem como fatores intempéricos.

A Figura abaixo (Figura 38) representa a distribuição dos valores para as rochas vulcânicas.

Figura 38 Histograma das medidas de susceptibilidade das rochas vulcânicas da área de estudo



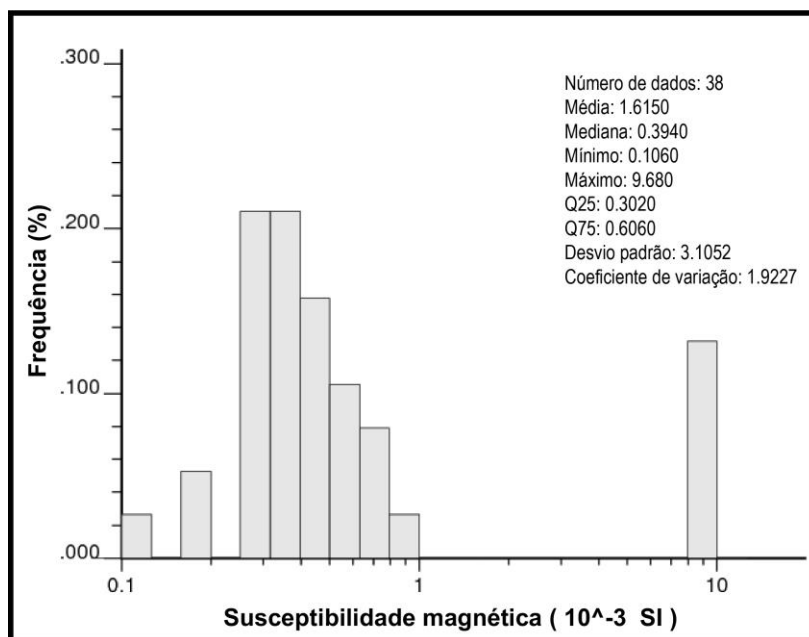
Fonte: Autor (2022)

Grupo das rochas metamórficas

Estes litotipos foram classificados em um único grupo, indiferente dos litotipos (ardósias, xistos e metasedimentar). É verificado a presença de duas famílias bem marcadas com valores bastante distintos entre si e outros picos isolados de menor expressão, a primeira com valores entre $0.3 - 0.4 \times 10^{-3}$ SI e a segunda com valores de $8 - 10 \times 10^{-3}$ SI, sendo estes valores extremos, associados a apenas um litotipo de um único ponto, as ardósias. Devido tais discrepâncias, o desvio padrão é de 3.1052×10^{-3} SI e adoção da mediana, por ser menos afetada pelo valores extremos, com valor de 0.3940×10^{-3} SI.

A Figura abaixo (Figura 39) representa a distribuição dos valores para as rochas metamórficas.

Figura 39 Histograma das medidas de susceptibilidade das rochas metamórficas da área de estudo.



Fonte: Autor (2022)

Grupo dos perfis de solo

Considerando os fatores intempéricos e a topografia, estas coberturas recentes de solo são presentes ao longo de grande porção da área. Foram realizadas medidas de susceptibilidade magnética nestes materiais inconsolidados, onde pôde-se verificar a presença de três famílias, sendo uma delas, de valores mais superiores, bem diferente das demais, fazendo com que a média dos valores esteja condicionada por tais valores extremos.

As duas primeiras famílias apresentam picos por volta de 0.3 e 0.4 – 0.5 x 10⁻³ SI e terceira, com pico próximo a 2 x 10⁻³ SI, com mediana e desvio padrão de 0.410 e 0.6498 x 10⁻³ SI respectivamente.

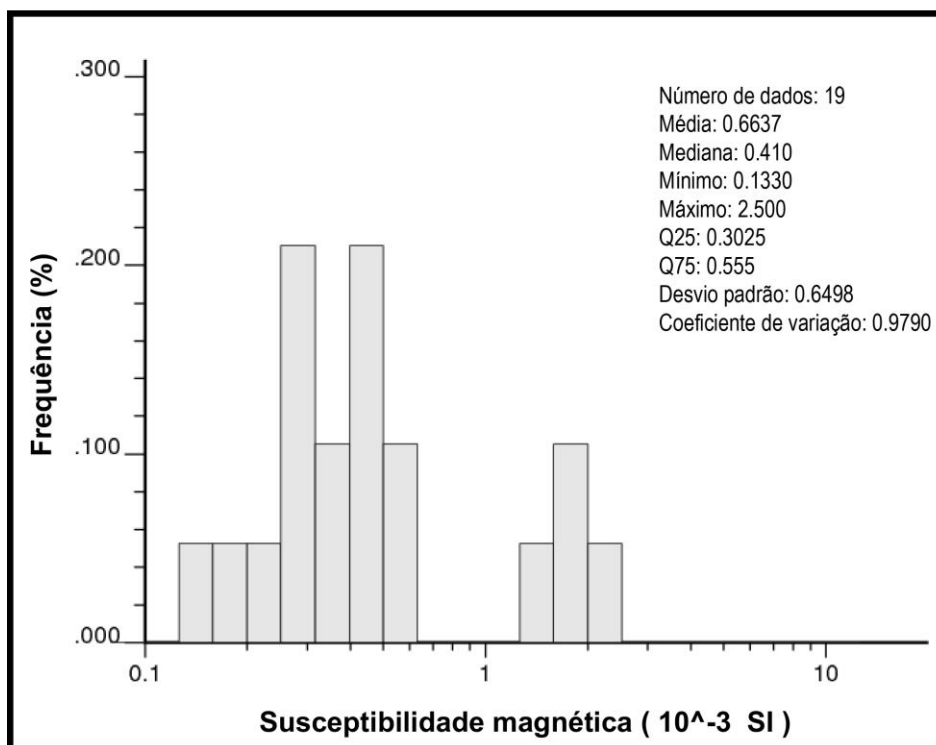
Interpreta-se que os valores entre 0.1 a 0.7 x 10⁻³ SI estão relacionados a solos que apresentam processos pedogenéticos em rochas metamórficas e sedimentares, ao passo que, os valores superiores a 1 x 10⁻³ SI são relacionadas a solos de origem vulcânica.

Processos que podem fazer com que ocorra o realce da magnetização nos solos mais do topo compreendem a redução e a oxidação dos solos, com a transformação de óxidos não ferromagnéticos em magnetita e posteriormente a redução desta para a formação de maghemita. Ademais, os solos como resultado da ação de processos pedogenéticos apresentam composição mineralógica oriunda da fonte, mas que sofreu processos

intempéricos e redox, alterando dessa forma sua magnetização (HINZE; VON FRESE; SAAD, 2013).

A Figura abaixo (Figura 40) apresenta a distribuição dos valores de susceptibilidade magnética para os perfis de solos na área de estudo.

Figura 40 Histograma das medidas de susceptibilidade magnética dos solos na região de estudo.



Fonte: Autor (2022)

Grupos do veios de quartzo e as brechas de falha

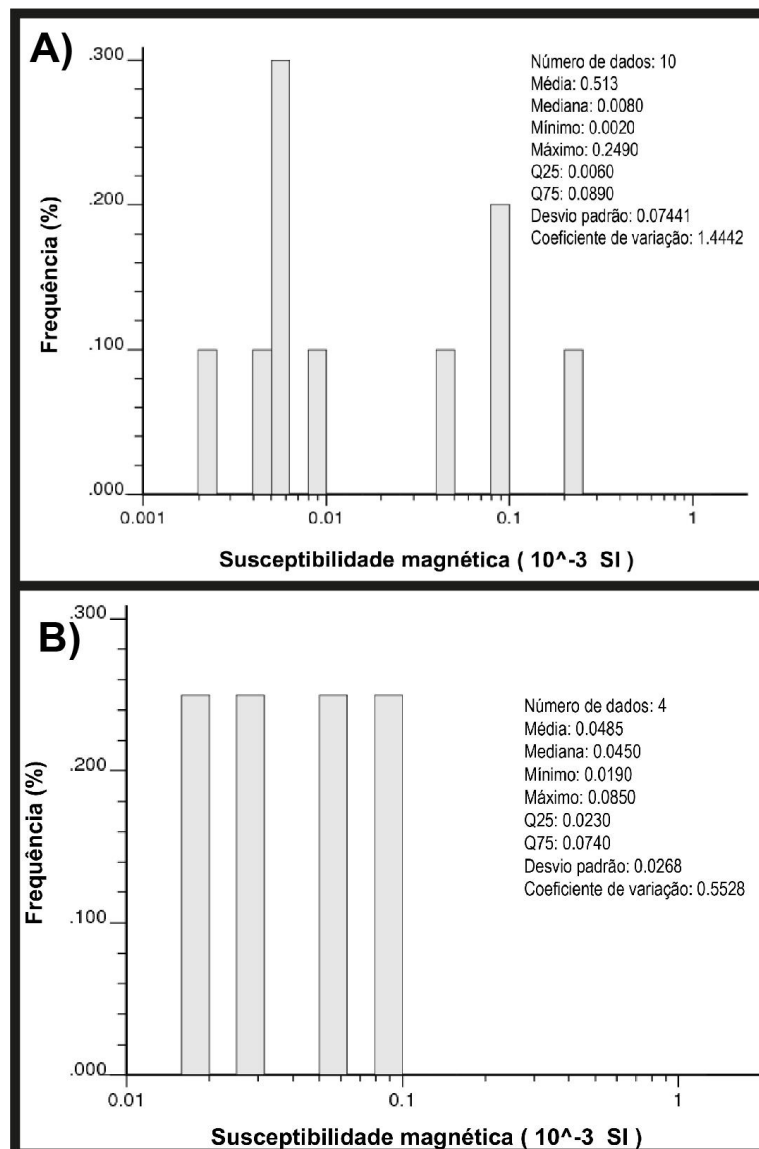
Consistem nos grupos com menores valores de susceptibilidade magnética dentre os todos os grupos que foram realizadas medições. A Figura abaixo (Figura 41) contempla a distribuição dos valores para os veios de quartzo (Figura 41.A) e para as brechas de falha (Figura 41.B).

Os veios de quartzo apresenta uma distribuição polimodal, com seus picos com maior frequência próximos aos valores de $0,005 - 0,006 \times 10^{-3}$ SI e $0,08 - 0,1 \times 10^{-3}$ SI respectivamente. A média apresenta é tendenciada pelos valores extremos, dessa forma, adota-se a mediana, com valor de $0,0080 \times 10^{-3}$ SI e o desvio padrão de $0,07441 \times 10^{-3}$ SI. Dessa forma, pode-se verificar que os veios de quartzo apresentam susceptibilidade magnética extremamente ínfima.

As brechas de falha também apresentam distribuição polimodal (devido ao menor número de medidas), porém não apresentando tendências devido a valores extremos. Apresenta picos em 0.02, 0.03, 0.05 – 0.06 e 0.08 – 0.1 x 10⁻³ SI. A média é de 0.0485 x 10⁻³ SI e desvio padrão de 0.0268 x 10⁻³ SI.

Dessa forma, pode-se verificar que os veios de quartzo e a brechas de falha (cimentadas por quartzo), possivelmente formados por fluídos hidrotermais que percolaram as descontinuidade das rochas na área de estudo, apresentam susceptibilidade magnética extremamente ínfima, que em suas assinaturas magnéticas estão relacionados a baixos magnéticos.

Figura 41 A) Histograma da susceptibilidade magnética dos veios de quartzo; B) Histograma das medidas de susceptibilidade magnética da brecha de falha.



Fonte: Autor (2022)

9.4.4. Petrografia microscópica

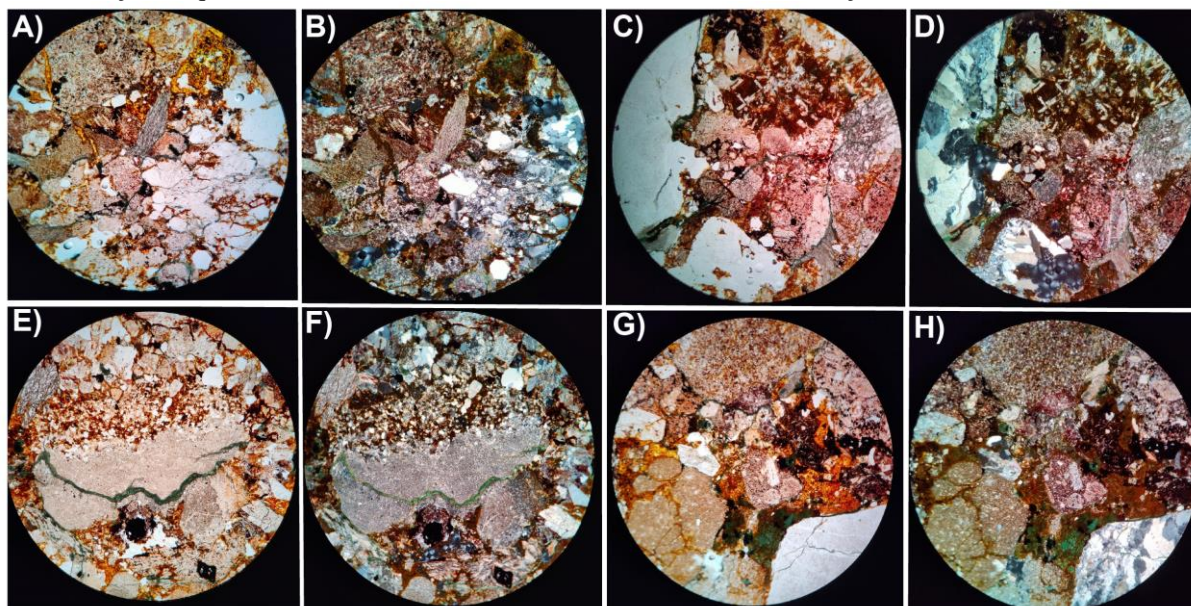
Este tópico contempla aspectos da descrição das lâminas petrográficas oriundos de amostras de mão coletadas em campo dos diferentes litotipos.

9.4.4.1. Lâmina petrográfica PPF 05

Rocha sedimentar apresenta predominância da fração granulométrica de grânulos, presença de matriz variando na fração areia média a grossa e cimento preenchendo a porosidade, com porcentagem visual de cada elemento de 70%, 15% e 15% respectivamente. Rocha apresenta clastos de diversas composições: i) litoclastos de rochas metamórficas com foliação milimetricamente espaçada; ii) litoclastos de rochas vulcânicas com textura inequigranular porfíritica com fenocristais de plagioclásio (intensamente argilizados) e matriz vítrea com intensa disseminação de limonita; iii) litoclastos de quartzo-arenitos e arenitos de composição quartzo-feldspática; iv) clastos de quartzo (veios de quartzo leitoso?) com extinção ondulante. Apesar da composição vasta dos clastos, ocorre predomínio principalmente de clastos de rochas vulcânicas e de forma subordinada, de rochas metamórficas. Clastos apresentam-se, de forma geral, subarredodados, esfericidade predominantemente baixa e contato entre os grãos facetados a intelobados, o que mostra um arcabouço bastante apertado. A cimentação da rocha é composta por quartzo, limonita e malaquita (segundo tal ordem cronológica de cimentação na rocha), na qual, a cimentação de quartzo está localizada principalmente nas bordas dos grãos, ao passo que, a limonita e a malaquita encontram-se disseminadas ao longo de toda amostra, como nos contatos dos clastos, fratura nos intraclastos e na foliação de litoclastos de rochas metamórficas. A rocha classifica-se como um ortoconglomerado polimítico.

A Figura 42 ilustra as principais características da descrição microscópica da lâmina petrográfica PPF 05.

Figura 42 Lâmina petrográfica PPF 05 sob aumento de 5x das objetivas e 10x das oculares. A) e B) Arcabouço, matriz e preenchimento da porosidade por diferentes tipos de cimentos (em A) vistos a ND e B) vistos a NC); C) e D) Litoclastos de rocha vulcânica, clastos de veios de quartzo, cimentação de borda de clastos por quartzo e disseminação de limonita e localmente malaquita (em C) vistos a ND e D) vistos a NC); E) e F) Disseminação de malaquita em descontinuidade de litoclasto metamórficos e limonita ao longo da matriz da rocha (em E) vistos a ND e F) vistos a NC); G) e H) Disseminação de malaquita na borda de clastos, clastos com recristalização de quartzo, litoclastos de rochas vulcânica oxidados e disseminação de limonita na matriz.



Fonte: Autor (2022)

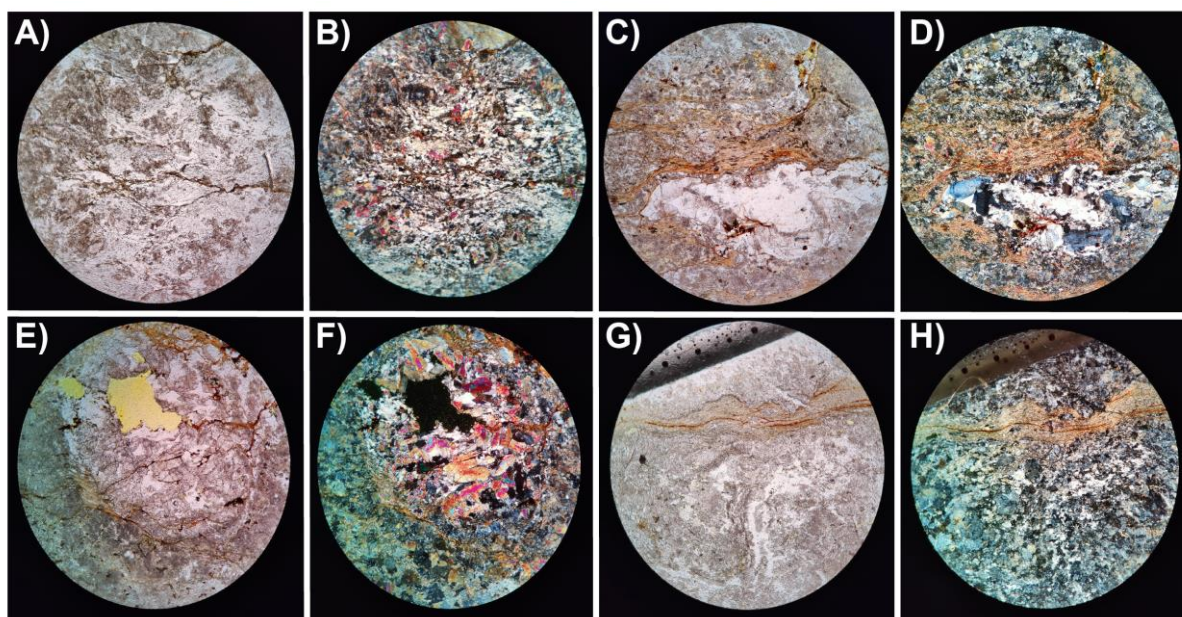
9.4.4.2. Lâmina petrográfica PPF 11

Rocha apresenta foliação bastante heterogênea, havendo porções mais incipientes na lâmina delgada e outras bem marcadas pelo alinhamento de minerais, que ressaltam a foliação paralela a subparalela, com porções apresentando clivagem de crenulação. A rocha apresenta porções que formam lentes de quartzo paralelas a oblíquas a foliação.

A mineralogia é composta por quartzo, muscovita e possivelmente tremolita. Quartzo microcristalino e por vezes criptocristalino, apresenta extinção ondulante e com textura de recristalização nas bordas; Muscovitas apresentam-se alteradas (sericita ou caulinita), hábito tabular e com presença de disseminações de óxidos. A classificação para a amostra PPF 11 é de que seja um rocha metassedimentar.

A Figura 43 ilustra as principais características da descrição microscópica da lâmina petrográfica PPF 11.

Figura 43 Lâmina petrográfica PPF 11 sob aumento de 5x das objetivas e 10x das oculares. A) e B) Porção da lâmina com foliação metamórfica mais incipiente (em A) vistos a ND e B) vistos a NC); C) e D) Porção com foliação metamórfica mais visíveis, marcada pela alinhamento de minerais micáceos e do quartzo e presença de texturas de recristalização do quartzo (em C) vistos a ND e D) vistos a NC); E) e F) Composição mineralógica predominante na rocha e foliação de crenulação na marcada pelo minerais micáceos (em E) vistos a ND e F) vistos a NC); G) e H) Porção da amostra composta por minerais quartzo-micáceos com ondulação da foliação.



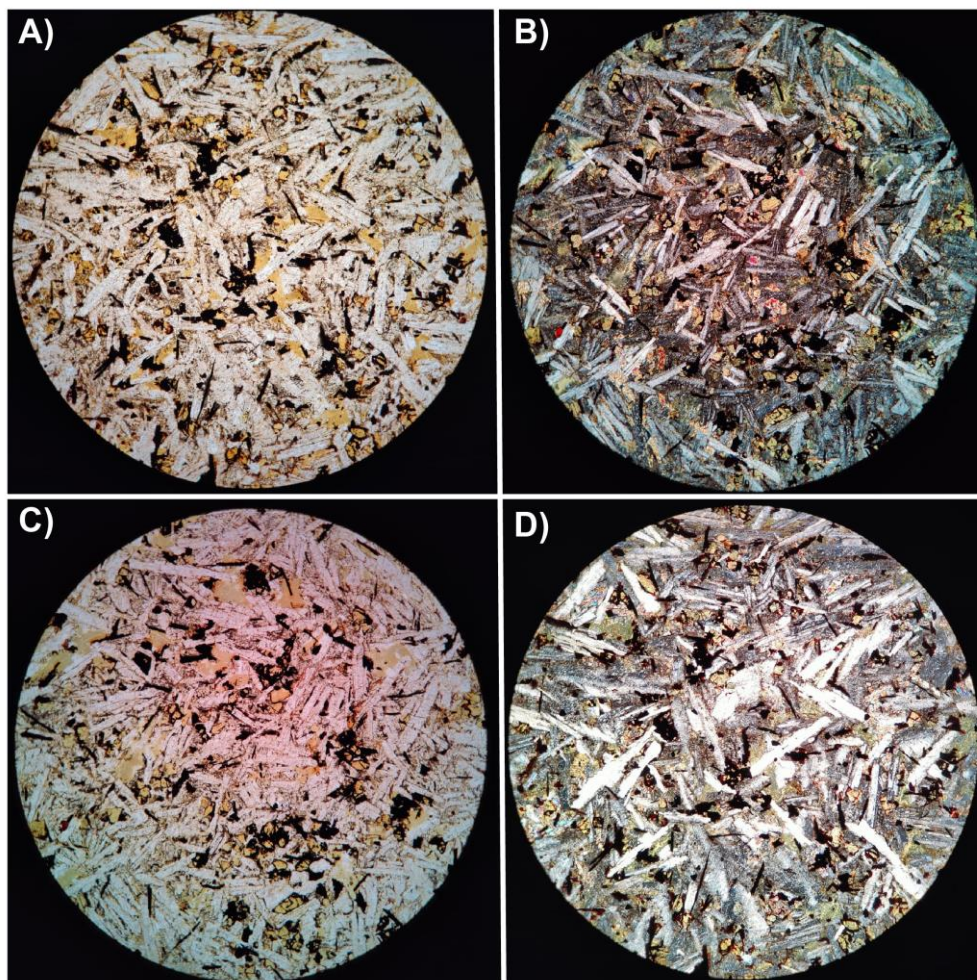
Fonte: Autor (2022)

9.4.4.3. Lâmina petrográfica PPF 14

Rocha vulcânica afanítica, microcristalina, arranjo inequigranular porfíritico com fenocristais de plagioclásio e textura pilotaxítica. A mineralogia primária é composta por: i) plagioclásios com grau de formação subédrico à anédrico, hábito tabular, apresentam maclas polissintéticas, variam entre Labradorita a Bitownita e apresentam intensa argilização (sericita e caulinita) e a representam cerca de 46% da mineralogia da amostra; ii) sanidina com grau de formação euédricos a subédricos, apresenta macla Carlsbad; iii) óxidos de ferro amorfos na borda dos cristais (coroas) e intercristalino na qual, preservam o hábito e relevo dos piroxênios dissolvidos; iv) consumo praticamente total dos piroxênios, dissolvidos, formando apenas “burracos” e que encontram-se circudados por coroas de óxidos de ferro. Como minerais secundário ocorre o epidoto, com cores de 2º a 3º ordem e fraturamento dos cristais. A rocha classifica-se como basalto

A Figura 44 ilustra as principais características da descrição microscópica da lâmina petrográfica PPF 14.

Figura 44 Lâmina petrográfica PPF 14 sob aumento de 5x das objetivas e 10x das oculares. A) e B) Composição mineralógica de plagioclásio (labradorita e bitownita) parcialmente argilizados, sanidina com macla Carlsbad, óxidos e piroxênios parcialmente a totalmente dissolvidos (em A) vistos a ND e B) vistos a NC); C) e D) Cristais de piroxênio dissolvido formando bordas de óxidos de ferro e porção com minerais menos argilizados (em C) vistos a ND e D) vistos a NC).



Fonte: Autor (2022)

9.4.4.4. Lâmina petrográfica PPF 17

Rocha com predominância de granulometria na fração areia média a grossa e apresenta porções conglomeráticas (fração grânulo), composição de quartzo, plagioclásio, opacos e minerais micáceos, com proporção visual de 90%, 6%, 3% e 1% respectivamente. Cristais apresentam arredondamento moderado e esfericidade variando entre porções com baixa esfericidade e outras com alta esfericidade.

A mineralogia é composta por: i) quartzo, extinção ondulante, feições de recristalização nas bordas; ii) plagioclásio com a macla polissintética, alterados em graus variados para sericita (sericitização), com feições de dissolução; iii) opacos apresentam-se

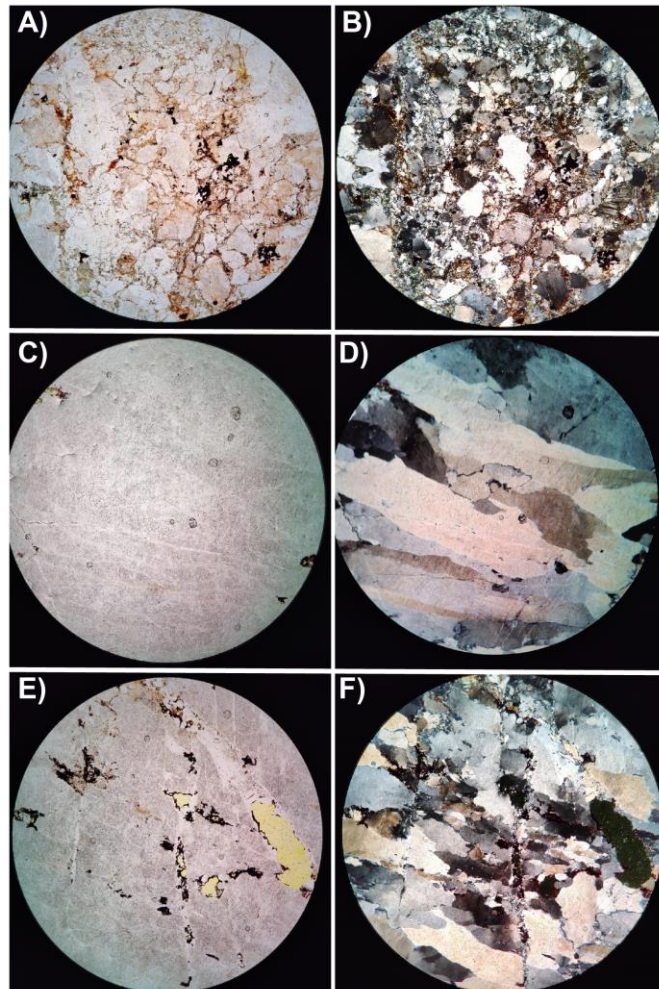
alterando, possivelmente para óxidos e hidróxidos de ferro pela coloração amarronada-avermelhada e iv) minerais micáceos apresentam-se parcialmente sericitizados.

São levantados duas hipóteses para a cimentação da rocha: i) primeira fase de quartzo macrocristalino e ii) segunda fase de quartzo criptocristalino; ou i) fase como cimentação de quartzo e ii) como preenchimento de veio de quartzo.

Apesar da lâmina petrográfica da amostra de mão PPF 17 apresentar maior porcentagem de cimentação e/ou veios com relação a rocha, a análise mesoscópica a rocha consiste em ortoconglomerado polimítico.

A Figura 45 ilustra as principais características da descrição microscópica da lâmina petrográfica PPF 17.

Figura 45 Lâmina petrográfica PPF 17 sob aumento de 5x das objetivas e 10x das oculares. A) e B) Composição mineralógica do arcabouço de quartzo, plagioclásio, opacos e minerais micáceos e cimentação de quartzo microcristalino (em A) vistos a ND e B) vistos a NC); C) e D) Cimentação de quartzo macrocristalino e presença de feições de recristalização na borda de alguns cristais (em C) vistos a ND e D) vistos a NC); E) e F) Segunda fase de cimentação e/ou preenchimento de veios de quartzo na porção cimentada pelo menos mineral (em E) vistos a ND e F) vistos a NC).



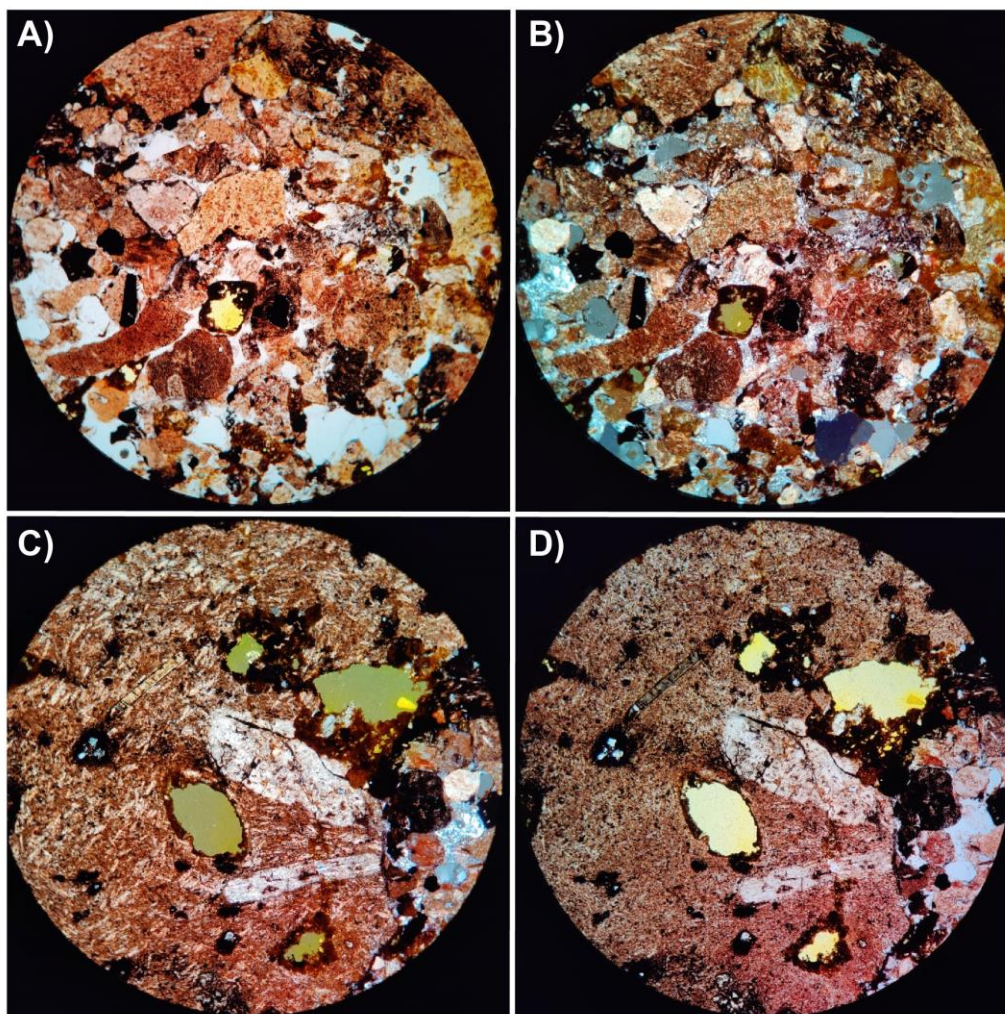
9.4.4.5. Lâmina petrográfica PPF 31

A rocha é composta por clastos, matriz e cimento, na proporções visuais de 70%, 20% e 10% respectivamente. Litoclastos apresentam granulometria predominante de grânulos e localmente seixos (maiores que o campo de visão das objetivas), arredondamento baixo a moderado, esfericidade baixa e composição exclusivamente de rochas vulcânicas. Os litoclastos de basaltos e andesitos apresentam arranjo inequigranular, hipocristalina, matriz afanítica a fanerítica muito fina oxidada, com fenocristais de plagioclásio (alterados parcialmente para sericita), minerais máficos alterados e presença de textura de alinhamento dos minerais (principalmente plagioclásio). Clastos das rochas vulcânicas apresentam amígdalas preenchidas por quartzo total ou parcialmente (bordas).

Matriz é composta por minerais e litoclastos: i) quartzo, ii) muscovita, iii) rochas vulcânicas, iv) opacos e v) plagioclásio, que apresentam granulometria variando entre areia fina a areia grossa, com arredondamento moderado a alto, contato dos grãos pontual ou faces (arcabouço moderadamente apertado). Cimentação por quartzo microcristalino preenchendo a porosidade e clastos parcialmente dissolvidos, ao passo que, localmente, em bordas de litoclastos, ocorre a presença de cimentação por óxidos de ferro. A rocha classifica-se como ortoconglomerado monomítico.

A Figura 46 ilustra as principais características da descrição microscópica da lâmina petrográfica PPF 31.

Figura 46 Lâmina petrográfica PPF 31 sob aumento de 5x das objetivas e 10x das oculares. A) e B) Arcabouço, matriz e cimento da rocha composta por litoclastos de rochas vulcânicas, matriz composta de maior variedade mineralógica e cimentação de quartzo microcristalino (em A) vistos a ND e B) vistos a NC); C) e D) Clasto de rocha vulcânica oxidada com presença de feições de dissolução nos fenocristais, preenchimento de amígdalas por quartzo e presença de cimentação de borda do litoclasto por óxidos de ferro.



Fonte: Autor (2022)

9.5. Integração dos resultados geológicos, geofísicos e de sensoriamento remoto

A integração de dados contempla: i) integração geológica-geofísica, ii) integração geologia-geofísica-sensoriamento remoto e iii) geologia-susceptibilidade magnética.

9.5.1. Integração Geológica-Geofísica

Interpretações obtidas acerca da geologia (dados diretos) foram definidas a partir das informações oriundas da geofísica (dados aeromagnéticos). Estes, por meio das filtragens e técnicas de realce permitem a detecção e caracterização de feições e elementos não

identificados em estudos geológicos anteriores. Estes produtos apresentados são definidos como mapas lito-geofísicos ou mapas interpretativos. Como subsídio na detecção destes elementos encontram-se as seguintes informações, análises e interpretações elencadas abaixo:

- i) Detecção e delimitação de anomalias dipolares (TMI);
- ii) Detecção e delimitação de bordas de corpos magnéticos (ASA/GHT) e
- iii) Detecção e delimitação de lineamentos magnéticos (1 DV/ISA).

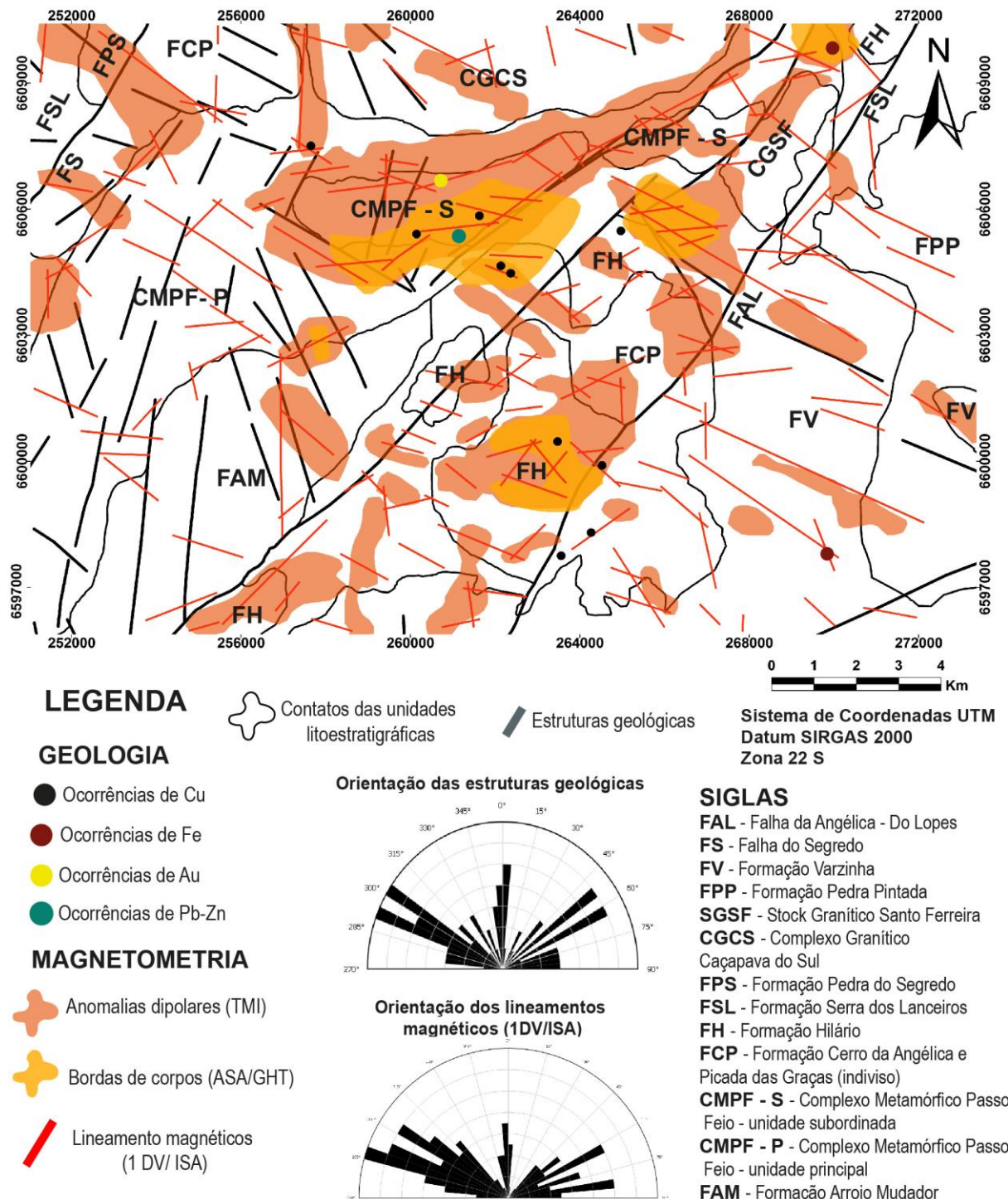
As anomalias dipolares mapeadas a partir do *Total Magnetic Intensity* (TMI) apresentam relação direta com a maioria das mineralizações de Cu-Au-Pb-Zn-Pb inseridas ou adjacentes as anomalias dipolares, como por exemplo no corpo central do CMPF-S, na porção do Cerro dos Martins e na ocorrência cuprífera ao norte. Ocorre uma anomalia dipolar de forma circular a sudoeste do CGSF, não definida a algum corpo específico.

As anomalias de bordas de corpos são oriundas dos filtros de Amplitude do Sinal Analítico (ASA) e Gradiente Horizontal Total (GHT), ambos resultantes a partir da aplicação do Campo Magnético Anômalo Total (TMI) Reduzido ao Polo (RTP). Os filtros e realces ressaltam o corpo do CMPF-S, outro alongado de direção NW (na área de detalhamento local) e na região do Cerro dos Martins, na qual, tais corpos apresentam mineralizações. Ademais, ambos filtros apresentam relação com estruturas geológicas mapeadas (em preto) e possíveis estruturas mapeadas pelos lineamentos magnéticos (vermelho). Apesar de sugerir corpos causativos com base nas anomalias magnética, estas podem estar associadas a heterogeneidades de um mesmo litotipo e/ou unidade, devido ao contraste de susceptibilidade magnética.

Os lineamentos magnéticos são oriundos da aplicação dos filtros da 1^o Derivada Vertical (1 DV) e Inclinação do Sinal Analítico (ISA), ambos resultantes a partir da aplicação do Campo Magnético Anômalo Total (TMI) Reduzido ao Polo (RTP). Os lineamentos magnéticos apresentam por vezes relação com as estruturas mapeadas anteriormente, mas também estão inseridos em porções onde não são mapeadas, o que pode vir a sugerir estruturas geológicas. Ademais, apresentam relação direta com a maioria das mineralizações, estando associadas ou adjacentes a estas, intersectando grandes estruturas regionais (como a Falha do Segredo e a Falha da Angélica- do Lopes).

A Figura abaixo (Figura 47) ilustra a distribuição das anomalias dipolares, de bordas de corpos e de lineamentos magnéticos.

Figura 47 Mapa de anomalias magnéticas dipolares, anomalias de bordas de corpos e lineamentos magnéticos sobrepostos aos contatos litológicos, estruturas e ocorrências minerais na área de estudo.

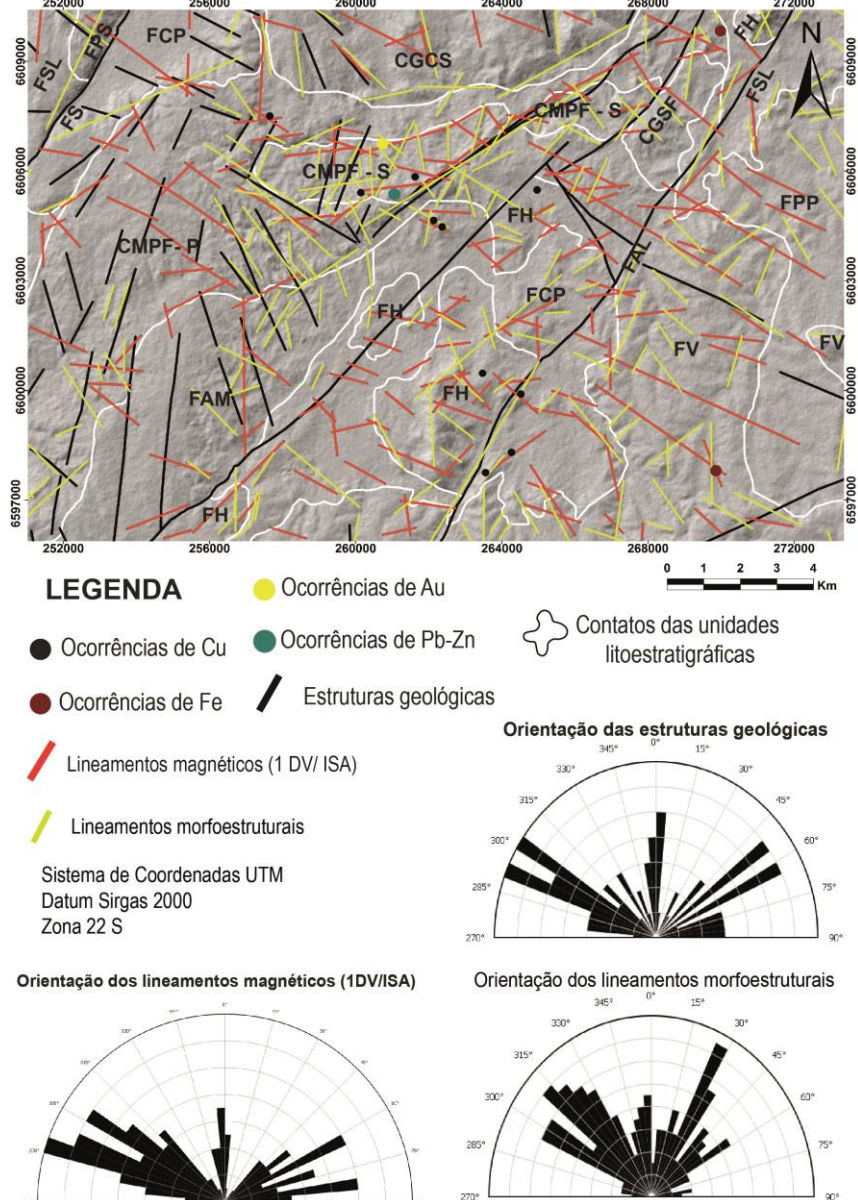


Fonte: Extraído e modificado de CAMOZZATO (1987), CPRM (2010), CPRM (2017), CPRM (2020)

9.5.2. Integração Geologia-Geofísica-Sensoriamento Remoto

Ao compararmos as estruturas mapeadas previamente nas cartas Caçapava do Sul (CPRM, 2017) e Lavras do Sul (CPRM, 2020) com lineamentos morfoestruturais (traçados principalmente em morros e drenagens) advindos do relevo sombreado nas direções NE e NW e lineamentos magnéticos com base nos filtros de 1DV e ISA pode-se verificar certa correspondência, principalmente com relação a direções NE e NW e de forma subordinada, de direção N-S. Ademais, ocorrem diferenças também, em porções onde predominam estruturas mapeadas e lineamentos morfoestruturais de direção NE, mas predominam lineamentos morfoestruturais de direção NW, como na porção SW e SE da Figura abaixo (Figura 48).

Figura 48 - Integração entre estruturas mapeadas, lineamentos morfoestruturais e lineamentos magnéticos.



Fonte: CAMOZZATO (1987), CPRM (2010), CPRM (2017), CPRM (2020), ASF (2021)

Dessa forma, pode-se verificar que as estruturas mapeadas em campo apresentam relação com direções preferenciais no terreno bem como como anomalias magnética alongadas. Ademais, pode-se verificar que estruturas tendem a continuar em profundidade (lineamentos magnéticos), bem como outras não mapeadas que intersectam estruturas mapeadas.

9.5.3. Integração Geologia-Susceptibilidade Magnética

A interpolação dos dados de susceptibilidade magnética obtidos em medidas *in situ* e em amostras de mão são correlacionadas com o mapa geológico ao longo da linha de voo 12530 (Linha 03) e apontam dois grandes domínios locais:

- i) alta susceptibilidade magnética (superior a $1 \times 10^{-3} \text{ SI}$);
- ii) baixa susceptibilidade magnética (inferior a $1 \times 10^{-3} \text{ SI}$).

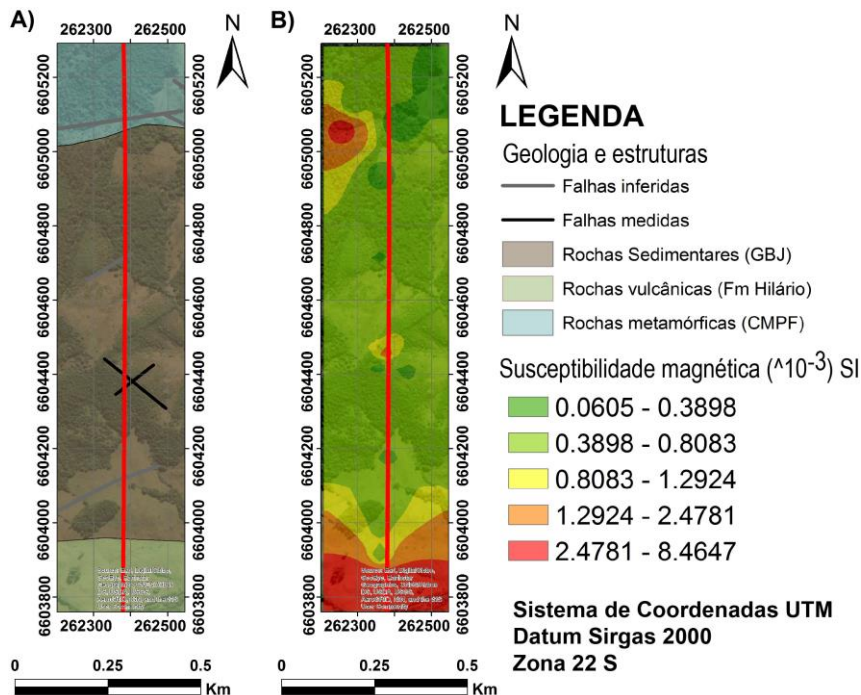
O domínio de altos valores estão relacionados principalmente com as rochas vulcânicas, na porção ao sul, sendo tal assinatura relacionada a composição mineralógica da rocha (maior concentração de minerais magnéticos), mas que por vezes podem ser atenuados pelo intemperismo e alteração dos minerais. O ponto PPF 27 na porção central do mapa, encontra-se o domínio de rochas conglomeráticas e apresenta valor elevado relacionado a clastos de rocha vulcânica que predominam no arcaibouço. O ponto PPF 37 relacionados as rochas metamórficas (ardósias) no ponto inserido na porção norte, na qual, as rochas metamórficas apresentam grande variabilidade das medidas de susceptibilidade, porém, predominam valores inferiores a $0.80 \times 10^{-3} \text{ SI}$.

O domínio de baixos valores predomina na maioria da área de estudo ao longo da linha de voo e está relacionado as rochas sedimentares e em parte com as rochas metamórficas, que tendem a apresentar menores valores de susceptibilidade magnética.

A utilização da interpolação pelo método *Inverse Distance Weighting* (IDW) mostrou-se o mais fidedigno ao mapa geológico, bem como a distribuição espacial dos dados, com um alinhamento preferencial, o que pode gerar tendências no mapa.

A Figura abaixo (Figura 49) ilustra a distribuição dos valores de susceptibilidade magnética interpolados e sua relação com o mapa geológico.

Figura 49 Integração da geologia descrita e dos valores de susceptibilidade magnética ao longo do perfil da Linha de voo 12530 (Linha 03). Em A) Mapa geológico-estrutural ao longo da linha 3 e B) Interpolação pelo método IDW dos valores de susceptibilidade magnética.



Fonte: Autor (2022)

10. DISCUSSÕES

Os materiais, métodos e etapas propostas neste estudo geraram diferentes produtos e resultados. Estes, são suportados por meio de integrações de dados diretos/indiretos, análises qualitativas (mapas e anomalias geofísicas), semi-quantitativas (distribuição das anomalias e *ranges* reconhecidos) e quantitativas (medidas realizadas e distribuição destas em histogramas de frequência).

Considerando a ordem dos capítulos, itens e subitens deste Trabalho de Conclusão de Curso, estes são discutidos de forma hierarquizada por meio dos seguintes elementos: i) Análise do Terreno; ii) Integração Geologia-Aerogeofísica; iii) Análise de perfis geológico-aerogeofísicos; iv) Mapeamento Geológico; v) Medidas de susceptibilidade magnética e vi) Petrografia microscópica.

-Análise do Terreno

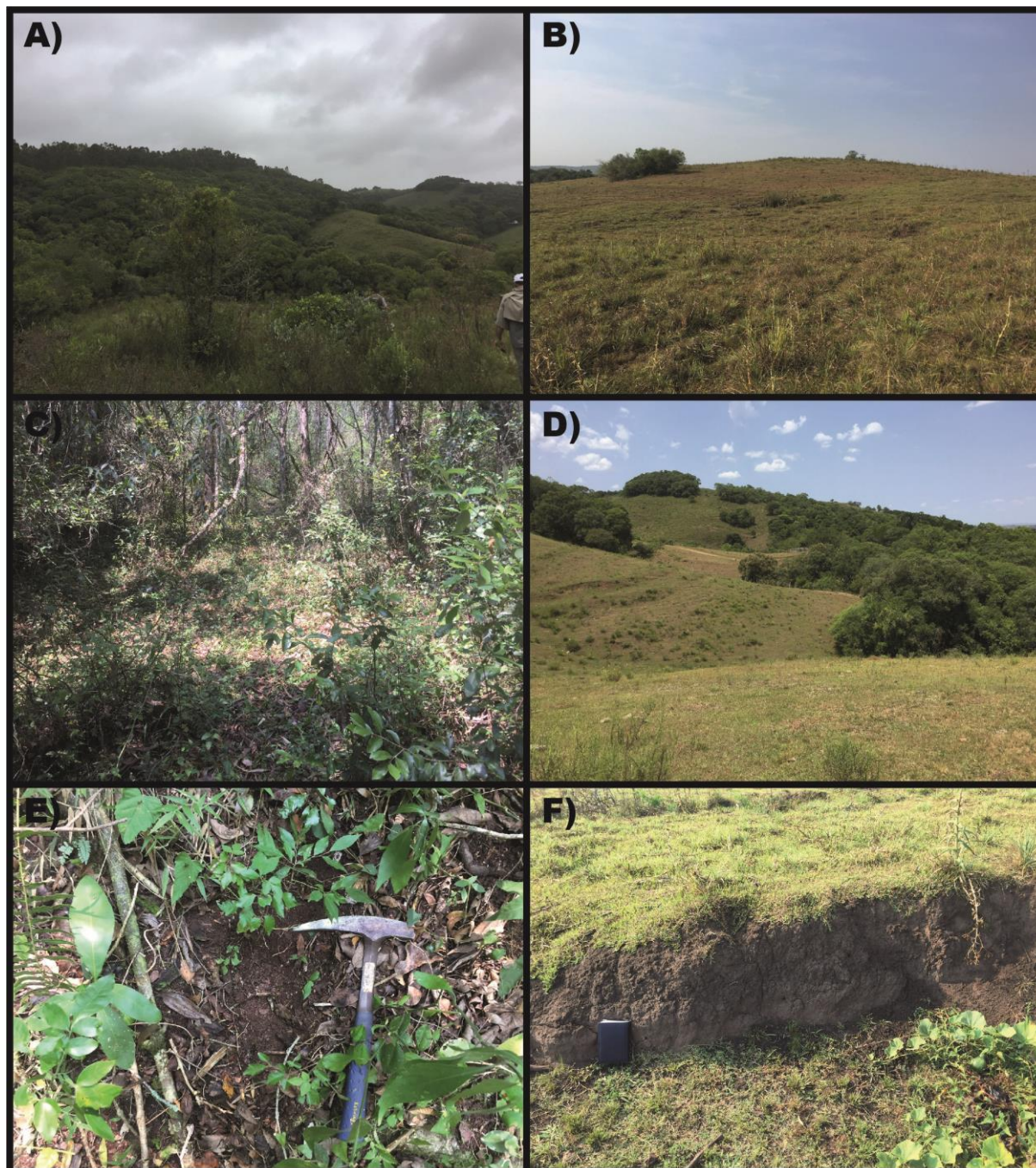
Através da análise prévia do terreno, realizada utilizando ferramentas de sensoriamento remoto, serviu como fonte de informação para entendimento dos aspectos fisiográficos do terreno da área de estudo, sua relação com o arcabouço geológico-estrutural e sua interferência na assinatura aeromagnética.

Dessa forma, com a realização do trabalho de campo, pode-se validar características já levantadas anteriormente, como: i) terreno com alta declividade; ii) vegetação de grande a médio porte próximo a drenagens; iii) drenagens encaixadas (estruturalmente controladas); iv) solo com cobertura argilosa, o que mostra a importância de tal análise.

Tais características podem mascarar a assinatura magnética dos dados aeromagnetométricos em escala de detalhe, a exemplo do trabalho de Zago (2021) em área de estudo próxima. Ademais, a relação de aspectos fisiográficos do terreno também serviu como subsídio para a geração do mapa geológico em escala de detalhe, com a utilização de aspectos do terreno para inferir contatos geológicos e estruturas geológicas, visto a escassez de afloramentos *in situ* na região de estudo.

A Figura abaixo (Figura 50) ilustra características do terreno na área onde foi realizado o detalhamento terrestre.

Figura 50 – Características do terreno na região do mapeamento do Projeto Passo Feio. A) Relevo fortemente ondulado com vista para porção de rochas metamórficas ao norte da área; B) Relevo suave ondulado a ondulado (relevo em coxilhas) na porção sul da área de estudo onde ocorrem rochas vulcânicas; C) Vegetação de mata nativa densa; D) Vegetação de gramíneas em relevo fortemente ondulado e vegetação densa nas porções baixas do relevo; E) Solo com cobertura orgânica; F) Perfil de solo exposto na porção sul da área de estudo.



Fonte: Autor (2022)

-Integração Geologia-Aerogeofísica

Através dos dados aeromagnetométricos a utilização de filtros e realces para ressaltar diferentes formas e geometrias, como bordas de corpo, centros de corpos causativos e corpos

rasos. Com a integração destes dados com arcabouço geológico-estrutural (contatos litológicos e estruturas previamente mapeadas) e as mineralizações de Cu-Au-Pb-Zn-Fe, pode-se verificar padrões, fazer relações e criar hipóteses.

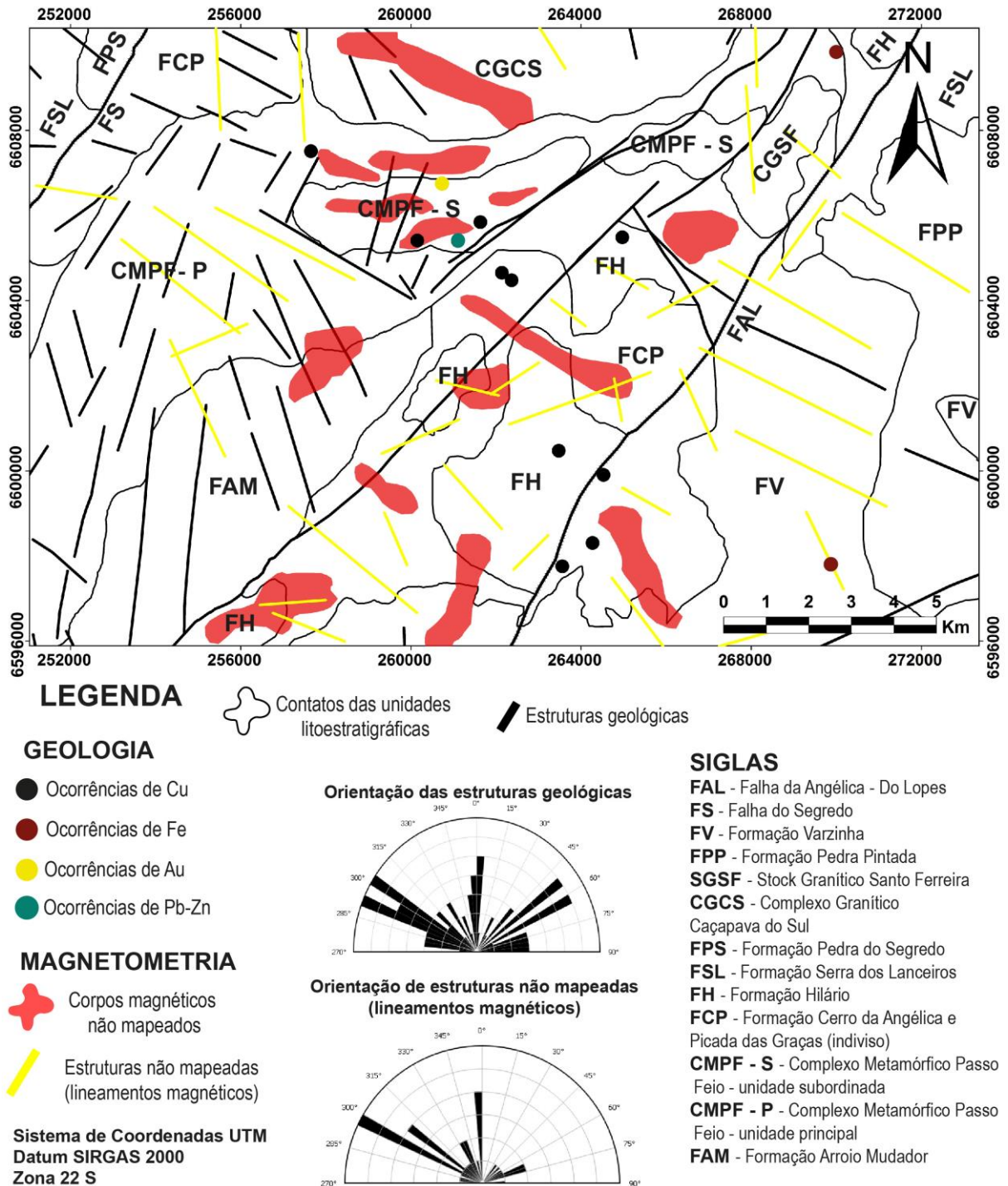
Desta forma, pode-se verificar que a maioria das mineralizações (Cu-Au-Pb-Zn) sob a incidência da anomalia sob o corpo (RTP) ocorrem em anomalias magnéticas positivas e/ ou adjacentes a estas, ao passo que as anomalias negativas estão associadas as mineralizações de Fe. Através dos filtros de bordas de corpos (ASA e GHT) ressaltam os limites de corpos na porção central (CMPF-S) e anomalias positiva circular na região do Cerro dos Martins, na qual, as mineralizações de Cu-Au-Pb-Zn-Fe ocorrem em altos magnéticos e/ou de forma adjacentes aos altos magnéticos. O filtro voltado para corpos rasos (1 DV) apresenta diversas correspondências com o filtro de ISA, sendo que as mineralizações tendem a estar situadas próximos ou adjacentes a anomalias magnéticas positivas que são alongadas tanto na direção NE quanto NW.

Dessa forma, pode-se sugerir que de forma geral, as mineralizações metálicas na porção sul do município de Caçapava do Sul estão inseridas e/ou adjacentes a anomalias magnéticas positivas (RTP), com anomalias de corpos rasos (1 DV) e próximo as bordas dos corpos (GHT e ASA).

Através da utilização de diferentes filtros e realces, é possível refinar o mapa geológico das folhas Caçapava do Sul (CPRM, 2017) e Lavras do Sul (CPRM, 2020), na qual sugere-se corpos que estão inseridos em altos magnéticos, refino dos contatos de corpos geológicos mapeados e lineamentos magnéticos podem estar relacionados a estruturas geológicas não mapeadas anteriormente. Tais lineamentos magnéticos e corpos apresentam influência nos trabalho de prospecção mineral, vide que na região, as estruturas de direção NW, semelhante a maioria dos lineamentos magnéticos sugeridos, são condicionantes para a deposição de mineralizações na região (RIBEIRO, 1970; TONIOLO; GIL; SANDER, 2007).

A Figura abaixo (Figura 51) ilustra anomalias interpretadas que podem estar associadas a corpos e estruturas anteriormente não mapeadas previamente na região.

Figura 51 Mapa com feições aeromagnético que podem estar associadas a corpos e a estruturas não identificadas nos mapeamentos previamente realizados.



Fonte: Extraído e modificado de CAMOZZATO (1987), CPRM (2010), CPRM (2017), CPRM (2020)

-Análise de perfis geológicos-aerogeofísicos

Os perfis aerogeofísicos na área de estudo local e a aplicação de diferentes filtros e realces (ASA, 1 DV, GHT, ISA, ISA_GHT) para salientar diferentes feições, como bordas de corpo, centros de corpos causativos (geometrias) e corpos rasos, e a integração com a

geologia e estruturas mapeadas e/ou inferidas durante a etapa de campo fez com que pudesse ser refinado os perfis, correlacionar as assinaturas com os corpos existentes e sugerir outros.

Sugere-se estruturas, bordas de corpos e também verifica-se a influência da topografia durante os levantamentos aerogeofísicos, com o deslocamento de anomalias magnéticas.

-Mapeamento geológico-estrutural

Através do mapeamento geológico, pode-se refinar o mapeamento previamente realizado na área, modificando contatos litológicos e adicionando estruturas (ÁGUIA RESOURCES LIMITED, 2019).

O mapeamento na região das trincheira relevou a presença de falhas de direção NE e NW. Apesar da presença de falhas e fraturas associadas, tais descontinuidades não apresentam alterações hidrotermais e nem a presença de minerais de minério. A mineralização está inserida apenas cimentando a matriz dos conglomerados (orto e paraconglomerados) e arenitos. A ocorrência histórica (Passo do Lageado), localizada próxima a área de estudo, entre as linha 3 e 4, apresentam características distintas das levantadas no mapeamento, como classificar-se como uma mineralização filoneana (não verificado nos pontos mapeados) e a paragênese mineral com maior gama de minerais como calcocita, azurita, crisocola e na ganga a presença de barita (CAMOZZATO, 1987).

Dessa forma, interpreta-se a região aflorante possa ser apenas uma porção com enriquecimento supergênico através da alteração da mineralização hipogênica, na qual, este processo é otimizado pela porosidade primária e secundária das rochas (BIONDI, 2015). A intensa disseminação de pirolusita e limonita nesta porção da área de estudo, pode-se sugerir que tenha relação com este processo de baixa temperatura, na qual, os íons (Fe e Mg) seriam oriundos da alteração dos minerais primários dos litoclastos das rochas vulcânicas.

- Medidas de susceptibilidade magnética

Os intervalos de máximos e mínimos da susceptibilidade magnética das rochas da área de estudo foram comparados com *ranges* oriundos da bibliografia (Dentith & Mudge, 2014) de rochas vulcânicas, sedimentares e metamórficas, bem como de mineralizações relacionadas a óxidos e sulfetos, que encontra-se ilustrado pela Figura 52.

Pode-se verificar que as rochas vulcânicas e metamórficas apesar de apresentam medidas com maior variabilidade e suas respectivas médias tendenciadas por valores extremos, os valores estão inseridos dentro do *range* de susceptibilidade magnética do gráfico

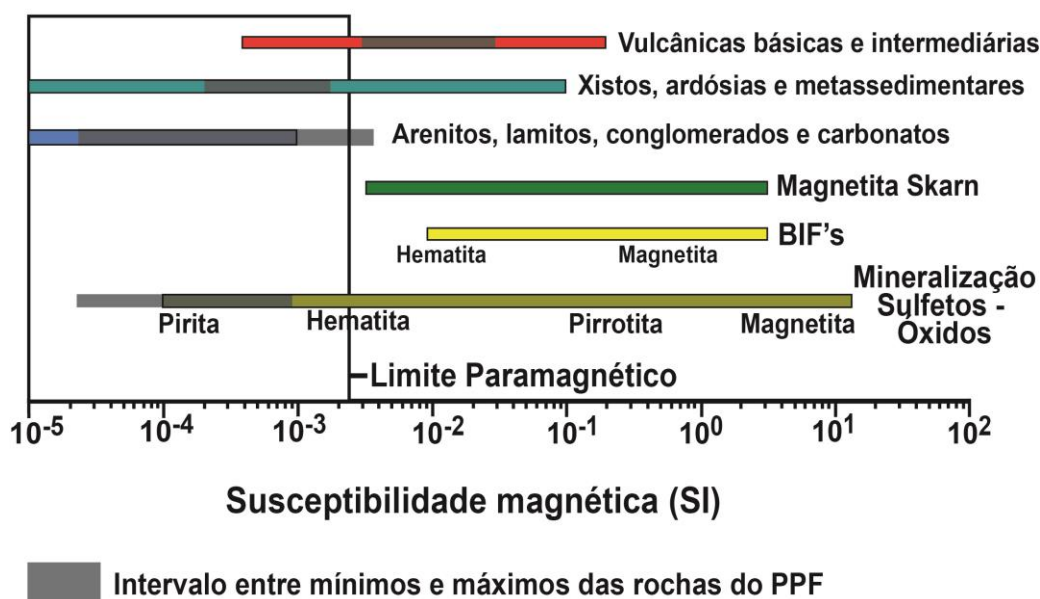
de Dentith & Mudge (2014). A exceção quanto aos litotipos está relacionada aos conglomerados, que apresentam um intervalo superior ao definidos pelos autores, na qual, pode-se interpretar que tal assinatura é oriunda da composição dos seus clastos de origem vulcânica (basaltos e andesitos).

Com relação a assinatura da susceptibilidade magnética relacionada a mineralizações em óxidos e sulfetos primários, as rochas mineralizadas estão inseridas no campo da pirita e hematita, o que interpreta-se que possar estar associada i) a destruição da magnetita ou ii) não formação de magnetita.

A destruição dos minerais magnéticos está relacionado a atuação de fluídos hidrotermais, na qual, em depósitos tipo pórfiro e epitermais (modelos adotados regionalmente) ocorre a destruição desses minerais e formação hematita, o que pode vir a gerar assinaturas mais suavizadas e/ou baixos magnéticos (GUNN; DENTITH, 1997; CHANG *et al* 2011). A não formação de magnetita e formação de outros óxidos e sulfetos de ferro é descrita na maioria das mineralizações na região por Ribeiro (1978) e Camozzatto (1987), na qual, tais fluídos sob condições oxidantes e de alta fugacidade no oxigênio tendem a não formar magnetita durante os processos de deposição da mineralização (BIONDI, 2015).

A exceção de parte dos conglomerados, todas rochas estão inseridas dentro da porção paramagnética do gráfico, o que indica que apesar de baixo, apresentam respostas respostas de susceptibilidade magnéticas (DENTITH; MUDGE, 2014).

Figura 52 Comparação entre intervalos de susceptibilidade magnética oriundos da bibliografia e valores medidos nas rochas das áreas de estudo.



Fonte: Extraído e modificado de Dentith & Mudge (2014)

-Petrografia microscópica

As informações levantadas na petrografia microscópica puderam contribuir com a caracterização mineralógica em maior detalhe na área de estudo, bem como em parte com o entendimento da porção mineralizada na superfície.

Pode-se verificar que as rochas conglomeráticas (lâminas petrográficas PPF 05, PPF 17 e PPF 31), que são hospedeiras da mineralização cuprífera, apresentam sua matriz intensamente cimentada e que este processo ocorreu em estágios diferentes com composições mineralógicas diferentes nos estágios. Inicialmente, a cimentação é de composição quartzosa e ocorre nas bordas dos litoclastos e dos componentes da matriz da rocha. Posteriormente, ocorre a cimentação por limonita (vista em lâmina e amostra de mão) e pirolusita (esta encontrada apenas em amostras de mão), sendo o último estágio a cimentação da matriz por malaquita. Em escala microscópica não foi identificada a cimentação de calcita, porém, em amostras de mão o mineral está presente, o que pode indicar um estágio de cimentação pretérito que foi parcialmente dissolvida por agentes intempéricos e/ou fluídos hidrotermais.

A lâmina PPF 11 na análise microscópica, pode-se classificar a rocha com uma metassedimentar, o que está em concordância mapeamentos prévios realizados (CPRM, 2017; CPRM, 2020).

A lâmina PPF 14 comprova a classificação de basalto para a maioria das rochas vulcânicas aflorantes ao longo do mapeamento. Ademais, o consumo dos piroxênios, formando “buracos” com a formação de coroas de óxidos na borda e a argilização dos plagioclásios pode ser resultado de processos hidrotermais e intempéricos respectivamente.

11. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise do Terreno na área proposta para este estudo consistiu em importante elemento na compreensão das características fisiográficas e a relação com o arcabouço geológico-estrutural. De forma complementar, representa importante fator na análise da qualidade e magnitude das assinaturas aerogeofísicas observadas. Atenuações e/ou amplificações do sinal obtido pelo sensor aerotransportado, juntamente com características naturais como vegetação, solo e declividade são amplamente reconhecidos como *ruídos ambientais* que, por meio dos resultados apresentados foram devidamente reconhecidos/detectados.

Os dados aerogeofísicos de magnetometria, processamentos e análises conduzidas forneceram indicativos importantes quanto as mineralizações de Cu-Au-Pb-Zn-Fe e as

respectivas assinaturas magnéticas visualizadas nesta escala. Estas anomalias inicialmente detectadas encontram-se, na área de interesse, como alto magnéticos e/ou adjacentes a estes. Situam-se, também, próximas a estruturas identificadas em mapeamentos e consistem, desta maneira, em corpos rasos e bordas/limites de corpos magnéticos. Sugere-se, em estudos futuros, um refinamento das cartas geológicas na área de estudo.

A partir dos processamentos realizados nas linhas de voo (dados magnéticos observados) e da análise de perfis geológico-aerogeofísicos em escala de detalhe, foi possível a correlação e detecção de corpos causativos (estruturas e corpos geológicos). Definiu-se, juntamente com a assinatura geofísica a presença de corpos e estruturas presentes tanto em níveis rasos como profundos.

Por meio do mapeamento geológico de detalhe realizado, foi possível refinar e detalhar o mapa geológico existente. Neste, foram detectados e descritos os limites e a presença de litotipos e estruturas em nível de detalhe. Como produto expressivo, pôde-se verificar que as mineralizações na porção superficial (supergênica) não são condicionados por estruturas. Porém, tal conclusão não pode ser adotado em profundidade, visto que os dados indiretos (aeromagnetometria) são associáveis a estruturas e corpos em profundidade.

As medidas de susceptibilidade magnética efetuadas na área de interesse apresentam, em sua grande maioria, tênues contrastes nas rochas *in situ* e nas amostras coletadas. A evidência deste pouco contraste no local e dos litotipos confirmam a ineficácia em se conduzir uma aquisição magnetométrica terrestre de detalhe. Verificou-se, também, que as assinaturas da susceptibilidade magnética nas áreas mineralizadas são baixas. Constituem, desta maneira, baixos magnéticos que podem estar relacionados a i) destruição de magnetita e/ou ii) não formação de magnetita e formação de outros minerais com menor susceptibilidade magnética (hematita e pirita). Processos hidrotermais são o fator mais considerável para tal característica.

As descrições dos litotipos representantes da área realizada por meio da petrografia microscópica propiciou uma caracterização destas rochas que afloram e auxiliar na compreensão da porção mineralizada aflorante e as diferentes fases de cimentação da rocha hospedeira da zona mineralizada.

Os resultados obtidos neste estudo consistem em importante subsídio na condução e orientação de estudos exploratórios no local. Possibilitam a orientação de amostragens geoquímicas de solo, espaçamentos a serem adotados e definição de custo dos procedimentos. Adicionalmente, oferece o indicativo de realização de trincheiras, respectivas orientações

destas e a realização de sondagens em áreas específicas (*targets*). Estes produtos são relevantes no planejamento tanto logístico como de custo exploratório para companhias/investidores.

Sugere-se, baseado nos dados indiretos (geofísica), uma continuidade em trabalhos futuros realizando-se aberturas de um maior número de trincheiras. Posteriormente, recomenda-se, também, a realização de campanhas de sondagens a fim de se verificar a continuidade da mineralização em profundidade, teores, parâgenese mineral e fatores que condicionam a presença de minerais de minério em maior profundidade.

12. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, D.D.P.M.; LOPES, R.C.; LIMA, L.; GOMES, C.H. *Petrography and Geochemistry of the Volcanic Rocks of the Rodeio Velho Member, Ordovician of the Camaqua Basin (RS-Brazil): Preliminary Results*. **Revista Brasileira de Geociências**, vol. 30 (4), pág. 763-768, 2000.

ALMEIDA, D.D.P.M.; ZERFASS, H.; BASEI, M.A.; PETRY, K.; GOMES, C.H. *The Acampamento Velho Formation, a Lower Cambrian Bimodal Volcanic Package: Geochemical and Stratigraphic Studies from the Cerro do Bugio, Perau and Serra de Santa Bárbara (Caçapava do Sul, Rio Grande do Sul, RS-Brazil)*. **Gondwana Research**, 5(3), 721-733. 2002.

ALMEIDA, D.D.P.M.; HANSEN, M.A.F.; FENSTERSEIFER, H. C.; LIMA, L. *Petrology of a Subduction-related Caldera and Post-Colliisional, Extension-related Volcanic Cones from the Early Cambrian and Middle Ordovician (?) of the Camaquã Basin, Southern Brazil*. **Gondwana Research**, vol. 6 (3), pág. 541-552, 2003.

ALMEIDA, D.D.P.M.; CONCEIÇÃO, R.V.; CHEMALE JR, F; KOESTER, E; BORBA, A.W; PETRY, K. *Evolution of Heterogeneous Mantle in the Acampamento Velho and Rodeio Velho Volcanic Events, Camaquã Basin, Southern Brazil*. **Gondwana Research**, vol. 8 (4), pág. 479 – 492, 2005.

ALMEIDA, F. F. M.; HASUI, Y.; BRITO NEVES, B. B.; FUCK, R. A. *Brazilian Structural Provinces: an introduction*. **Earth Science Reviews**, vol. 17, pág. 1-29, abril 1981.

ALMEIDA, R. P. **Tectônica e sedimentação do Ediacarano ao Ordoviciano: exemplos do Supergrupo Camaquã (RS) e do Grupo Caacupé (Paraguai Oriental)**. Tese (Doutorado em Geologia Sedimentar) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

ALMEIDA, R. P.; JANIKIAN, L.; FRAGOSO-CESAR, A.R. S.; MARCONATO, A. *Evolution of a rift basin dominated by subaerial deposits: The Guaritas Rift, Early Cambrian, Southern Brazil*. **Sedimentary Geology**. vol. 217, pág. 30-51, 2009.

ALMEIDA, R.P.; JANIKIAN, L; FRAGOSO-CÉSAR, A.R.S.; FAMBRINI, G.L. *The Ediacaran to Cambrian Rift System of Southeastern South America: Tectonic Implication*. **Journal of Geology**, vol. 118, pág. 145-161. 2010.

ALMEIDA, R. P.; SANTOS, M. G. M.; FRAGOSO-CESAR, A. R. S.; JANIKIAN, L; FAMBRINI, G. *Recurring extensional and strike-slip tectonics after the Neoproterozoic collisional events in the southern Mantiqueira province*. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 84 (2), p. 347–376, 2012.

ALMEIDA, D.D.P.M.; CHEMALE JR, F.; MACHADO, A. *Late to post orogenic Brasiliano-Pan-African volcano-sedimentary basins in the Dom Feliciano Belt, southernmost Brazil*. In: AL-JUBOURY, A. **Petrology-New Perspectives and Applications**. p.73 – 130. 2012

AN, S; ZHOU, K; WANG, J; YANG, H; ZHANG, Z. *Integrated analysis of gravity and magnetic fields in the Eastern Tianshan Belt, Xinjiang, Central Asia: Implications for Cu-Au-*

Fe polymetallic deposits exploration. Journal of Applied Geophysics, vol. 159, pág.319-328, 2018.

ARCANJO, J.B.A. **Fotogeologia: Conceitos, Métodos e Aplicações**. CPRM/SBG. Salvador. 2011.

Alaska Satellite Facility. **ALOS PALSAR – About** Acesso em: 30/07/2021 Disponível em: <https://asf.alaska.edu/data-sets/sar-data-sets/alos-palsar/alos-palsar-about/>

BABINSKI, M.; CHEMALE JR. F.; HARTMANN, L.A.; VAN SCHMUS, W.R.; SILVA, L.C. *Juvenile accretion at 750 – 700 Ma in Southern Brazil. Geology*, vol 24 (5), pág. 439 – 442. *The Geological Society of America*. 1996

BADI, W.S.W; KOLLING, S.L. Mineralizações Cupríferas no Cerro das Ovelhas, RS. In: XXX Congresso Brasileiro de Geologia, Recife. **Anais [...]**, v. 4, pág. 1392-1405, Recife, 1978.

BECKEL, J; FILHO. F. G.; MACEDO, P. M.; SANTOS, E. L.; CHABAN, N. 1978. Ocorrência de cobre nativo em fanconglomerado Eopaleozoico no município de Caçapava do Sul-RS. In: XXX CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA. Recife. **Anais [...]**, Recife, SBG. v. 4, p. 1406-1418, 1978.

BICALHO, V; REMUS, M.V.D.; RIZZARDO, R.; DANI, R. *Geochemistry, Metamorphic Evolution and Tectonic significance of metabasites from Caçapava do Sul, Southern Brazil. Brazilian Journal of Geology*, vol. 49 (2), pág. 1- 16. 2019.

BITENCOURT, M.F. Metamorfitos da Região de Caçapava do Sul, RS Geologia e Relações com o Corpo Granítico. I Simpósio Sul-Brasileiro de Geologia. In: **Atas [...]**, pág. 37 – 47. Porto Alegre, 1983.

BIONDI, J.C. **Processos Metalogenéticos e os Depósitos Minerais Brasileiros**. Editora Oficina de Textos, 2º edição, pág. 16. 2015.

BOCCHI, P.R. Geologia da Folha de Caçapava do Sul, Rio Grande do Sul. Boletim nº 245, **Departamento Nacional de Pesquisa Mineral**. 1970.

BORBA, A.W.; MARASHIN, J; MIZUSAKI, A.M.P. *Stratigraphic Analysis and Depositional Evolution of the Neoproterozoic Maricá Formation (Southern Brazil): Constraints from Fiel Data and Sandstone Petrography. Gondwana Research*, vol. 7 (3), pág. 871 – 886. 2004.

BORBA, A.W.; MISUZAKI, A.M.P.; SILVA, D.R.A.; KOESTER, E; NORONHA, F.L; CASAGRANDE, J. *Provenance of the Neoproterozoic Maricá Formation (Sul-rio-grandense Shield, Southern Brazil): Petrographic and Sm-Nd isotopic constraints. Gondwana Research*, vol. 9, pág. 464 – 474. 2006.

CAMPBELL, J.; WYNNE, R. **Introduction to Remote Sensing**. Editora Guilford, 5º edição. 2011.

CAMOZZATO, E. Cachoeira do Sul Folha SH.22-Y-A. **Projeto Mapas Metalogenéticos e de Previsão de Recursos Minerais**. Departamento Nacional de Pesquisa Mineral, Brasília, 1987.

CASTRO, L.G.; FERREIRA, F.J.F. Arcabouço geofísico-estutural da porção meridional do Cinturão Ribeira. *Brazilian Journal of Geology*, vol. 45 (4), pág. 499-516, 2015.

CHABAN, N; SANTOS, E.L.; MACEDO, P.M.; FILHO, F.G.; BECKEL, J. Ocorrência de Cobre Sedimentar no Cerro dos Martins, Caçapava do Sul- RS. XXX CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA. Recife. *Anais [...]*, Recife, SBG. v. 4, pág. 1445- 1456. 1978.

CHANG, Z.; HENDEQUIST, J.W.; WHITE, N.C.; COOKE, D.R.; ROACH, M.; DEYELL, C.L.; GARCIA JR, J.; GEMMELL, J.B.; MCKNIGHT, S.; CUISON, A.L. *Exploration Tools For Linked Porphyry and Epithermal Deposits: Example from the Mankayan Intusion-Centered Cu-Au District, Luzon, Phillipines*. *Economic Geology*, vol, 106, pág; 1365 – 1398. 2011.

CHEMALE JR, F. Evolução Geológica do Escudo Sul-rio-grandense. In: HOLZ, M, DE ROS, F (Eds). **Geologia do Rio Grande do Sul**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

CORDELL, L.; GRAUCH, V.J.S. *Mapping basement magnetization zones from aeromagnetic data in San Juan basin, New Mexico*. In: Hinze, W.J., Ed., **The Utility of Regional Gravity and Magnetic Anomaly Maps**, Society of Exploration Geophysicists, 181-197. 1985.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil. **Projeto Aerogeofísico Escudo do Rio Grande do Sul**: Relatório final do levantamento e processamento dos dados magnetométricos e gamaespectrométricos. Vol. I, Texto técnico. Lasa Prospecções S.A., pág. 260, 2010.

CPRM. **Carta Geológica Folha SH-22-Y-A-V- Caçapava do Sul** - Escala 1:100.000. 2017.

CPRM. **Carta Geológica Folha SH-22-Y-A-IV- Lavras do Sul** - Escala 1:100.000. Programa Levantamento Geológico e de Potencial de Novas Fronteiras, CPRM, 2020.

CRÓSTA, A.P.; ALMEIDA, T.I.R.; PARADELLA, W.R.; SILVA, S.M.P.; MENESES, P.R. Sensoriamento Remoto em Exploração Mineral no Brasil. In: MELFI, A.J.; MISI, A; CAMPOS, D.A.; CORDANI, U.G. **Recursos Minerais no Brasil: Problemas e Desafios**. Academia Brasileira de Ciências. 2016.

DENTITH, M; MUDGE, S.T. *Geophysics for the Mineral Exploration Geoscientist*. Editora Cambridge University, 2014.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos**. 5º Edição. Brasília, DF, 2018.

EMBRAPA. **Alos – Advanced Land Observating Satellite**. Acesso em: 30/07/2021a Disponível em: <https://www.embrapa.br/satelites-de-monitoramento/missoes/alos>.

EMBRAPA. **Sentinel – Missão Sentinel**. Acesso em: 30/07/2021b Disponível em: <https://www.embrapa.br/satelites-de-monitoramento/missoes/sentinel>.

ESA. **Sentinel -2** Acesso em: 30/07/2021 Disponível em: <https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/missions/sentinel-2>.

EARTH OBSERVING SYSTEM. NDVI. Acesso em: 18/07/2021 Disponível em: <https://eos.com/pt/make-an-analysis/ndvi/>

FAMBRINI, G.L.; JANIKIAN, L.; ALMEIDA, R.P.; FRAGOSO-CESAR, A.R.S.; FITZ, P. R. **Revista Brasileira de Geociências**, vol. 36 (3), pág. 550-565, 2006.

FAMBRINI, G.L.; JANIKIAN, L.; ALMEIDA, R.P.; FRAGOSO-CESAR, A.R.S. Evolução Estratigráfica e Paleogeográfica do Grupo Santa Bárbara (Ediacarano) na Sub-bacia Camaquã Central, RS. **Revista Geologia USP**, vol. 7 (2), pág. 1-24, 2007.

FERREIRA, F.J.F.; SOUZA, J.; BONGIOLO, A.B.S.; CASTRO, L.G.; ROMEIRO, M.A.T. Realce do Gradiente Horizontal Total de anomalias magnéticas usando a inclinação do sinal analítico. Parte 1 – Aplicação dos dados sintéticos. IV Simpósio Brasileiro de Geofísica. In: **Anais do IV Simpósio Brasileiro de Geofísica**, pág. 1- 6, Brasília, 2010.

FITZ. **Geoprocessamento sem complicação**. Editora Oficina de textos, 2010.

FONTANA. E.; RENAC, C.; MEXIAS, A.S.; LOPES, R.W.; GERBE, M.C.; BONGIOLO, E.M.; MARTELETO, N.S.; MULLER, I.F.; GOMES, M.E.B.; NARDI, L.V.S. *Sulfur Isotopes and Base Metal Deposit in the Camaquã Basin. Sul-Rio-Grandense Shield, Brasil. Journal of South American Earth Sciences*, vol. 136. 2016

FRAGOSO-CESAR, A.R.S.; FAMBRINI, G.L.; ALMEIDA, R.P.; PELOSI, A. P.M.R.; JANIKIAN, L.; RICCOMINI, C.; MACHADO, R.; NOGUEIRA, C.R.; SAES, G.S. *The Camaquã Extensional Basin: Neoproterozoic to Early Cambrian Sequences in Southernmost Brazil*, **Revista Brasileira de Geociências**, vol. 30 (3), pág. 442- 445, 2000.

FRAGOSO-CESAR, A. R. S.; FAMBRINI, G. L.; ALMEIDA, R. P.; PELOSI, A. P. M. R.; JANIKIAN, L. A. Bacia do Camaquã: um sistema intracontinental anorogênico de rifts do Neoproterozóico III – Eopaleozóico no Rio Grande do Sul. In: Encontro sobre a estratigrafia do RS, Estudo e Bacias. **Anais ...**, p. 139-144, 2003.

FRIES, M.; ZAGO, M.M.; SILVA, F.G. *A geophysical study contributing to analysis and characterization of a localized copper occurrence. Journal of Applied Geophysics*, vol. 179. 2020.

GAZZONI, C.P. **Padrão Mineralógico de Ocorrência dos Depósitos de Minério de Cobre Hospedados em Escarnitos e Mármore da Região de Caçapava do Sul- RS**. Trabalho de Conclusão do Curso. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2010.

GUNN, P.J.; DENTITH, M.C. *Magnetic responses associated with mineral deposits. AGSO Journal of Australian Geology and Geophysics*, vol. 17 (2), pág. 145-158. 1997.

HARTMANN, L. A.; CHEMALE JR., F.; PHILIPP, R. P. Evolução geotectônica do Rio Grandedo Sul no Pré-Cambriano. In: IANNUZZI, R.; FRANTZ, J. C. (Eds.), **50 anos de**

Geologia: Instituto de Geociências. Porto Alegre: Comunicação e Identidade, p. 97-124, 2007.

HARTMANN, L. A.; SANTOS, J.; MCNAUGHTON, N. *Detrital zircon U-Pb age data, and Precambrian provenance of the Paleozoic Guaritas Formation, Southern Brazilian Shield. **International Geology Review**, Vol. 50, pp. 364–374. 2008*

HARTMANN, L.A.; PHILIPP, R.P.; SANTOS, J.O.S.; NAUGHTON, N.J. *Time frame of 753 – 680 Ma juvenile accretio during the São Gabriel orogeny, Southern Brazilian Shield. **Gondwana Research**, vol. 19, pág. 84 – 99, 2011.*

HINZE, W.J.; VON FRESE, R.R.B.; SAAD, A.H. *Gravity and Magnetic Exploration – Principles, Practices and Applications. Editora Cambridge University, 1º edição, pág. 268 – 271, 2013.*

HOERLLE, G.S.; REMUS, M.V.D.; DANI, N; GOMES, M.E.B.; RONCHI, L.H. *Evolution of fluorite-mica-feldspart veins: Evidences of a fósfil geothermal system in the São Gabriel Terrane and consequences for Pb-Zn-Cu metallogeny. **Journal of South American Earth Sciences**, vol. 92, pág. 209-211. 2019.*

HOERLLE, G.S.; REMU, M.V.D.; MULLER, T.; PIAZOLO, S.; LANA, C.C.; SORGER, D. *Metasomatic reaction triggered by localized and episodic fluid flux record multistage intrusion history: An example from the syntectonic Caçapava do Sul Granitic Complex, Southern Brazil. 2021a.*

HOERLLE, G.S.; REMUS, M.V.D.; DANI, N. *Metalamphyres in the Dom Feliciano Belt: insights for the development of the strike-slip tectonics and localized metamorphism during the post-collisional stage. 2021b.*

HOERLLE, G.S.; REMUS, M.V.D.; SILVA, M.; LANA, C. *Post-collisional magmatic-hydrothermal mineralization in the São Gabriel Terrane (southern Brazil): insights from the mineral chemistry, stable isotopes, and sulfide trace-elements of the Caçapava do Sul skarns. 2021c*

HUHN, S.R.B.; SILVA, A.M.; FERREIRA, F.J.F.; BRAITENBERG, C. *Mapping New IOCG Mineral Systems in Brazil: The Vale do Curaçá e Riacho do Pontal Copper Districts. **Minerals**, vol. 10, pág. 1- 29. 2020.*

JANIKIAN, L; ALMEIDA, R.P.; FRAGOSO-CÉSAR, A.R.S.; FAMBRINI, G.L. *Redefinição do Grupo Bom Jardim (Neoproterozóico III) em sua Área-Tipo: Litoestratigrafia, Evolução Paleoambiental e Contexto Tectônico, **Revista Brasileira de Geociências**, vol. 33 (4), pág. 349-362, 2003.*

JANIKIAN, L.; ALMEIDA, R.P.; FRAGOSO-CÉSAR, A.R.S.; CORRÊA, C.R.A.; PELOSI, A.P.M.R. *Evolução Paleoambiental e Sequências Depositionais do Grupo Bom Jardim e da Formação Acampamento Velho (Supergrupo Camaquã) na Porção Norte da Sub-Bacia Camaquã Ocidental. **Revista Brasileira de Geociências**, vol. 35 (2), pág. 245- 256, 2005.*

JANIKIAN, L.; ALMEIDA, R. P.; FRAGOSO-CESAR, A. R. S.; MARTINS V.T.S., DANTAS, E. L.; TOHVER, E.; MCREATH, I.; D'AGRELLA FILHO, M. S. *Ages (U–Pb*

*SHRIMP and LA ICPMS) and stratigraphic evolution of the Neoproterozoic volcano-sedimentary successions from the extensional Camaquã Basin, Southern Brazil. **Gondwana Research**, 21(2-3), 466-482. 2012.*

JENSEN, J.R. Sensoriamento Remoto do Ambiente – Uma Perspectiva em Recursos Terrestres. Editora Parêntese, 2º edição traduzida, 2009.

KEAREY, P.; BROOKS, M.; HILL, I. **Geofísica de Exploração**. Editora Oficina de Textos, pág. 273 – 305, 2009.

KOESTER, E.; BERTOTTI, A.L.; PORCHER, C.C.; LENZ, C.; VIEIRA, D.T.; OLMO-BARBOSA, L.D.; RAMOS, R.C.; BASTOS, V.A.; PINTO, V.M. A evolução crustal do Escudo Sul-Rio-Grandense sob a perspectiva dos Sistemas Sr- Nd. In: JELINEK, A.R.; SOMMER, C.A. **Contribuição à Geologia do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Sociedade Brasileira de Geologia, pág 13-27, 2021.

LAUX, J.H.; LINDENMAYER, Z.G.; TEIXEIRA, J.B.G.; NETO, A.B. *Ore Genesis at the Camaquã copper minem a neoproterozoic sediment-hosted in the Southern Brazil. **Ore Geology Reviews***, vol 26, pág. 71-89, 2005.

LENA, L.O.F.; PIMENTEL, M.M.; PHILIPP, R.P.; ARMSTRONG, R.; SATO, K. *The evolution of the Neoproterozoic São Gabriel juvenile terrane, Southern Brazil based on high spatial resolution U-Pb ages and $\delta^{18}O$ data from detrital zircons. **Precambrian Research***, vol. 247, pág. 126-138, 2014.

LIMA, E.F.; SOMMER, C.A.; NARDI, L.V.S. O vulcanismo Neoproterozóico-Ordoviciano no Escudo Sul-rio-grandense: Os Ciclos Vulcânicos da Bacia do Camaquã. In: IANNUZZI, R.; FRANTZ, J. C. (Eds.), **50 anos de Geologia**: Instituto de Geociências. Porto Alegre: Comunicação e Identidade, p.79 - 95, 2007.

LISBOA, I.P. **Estudo da Mineralização do Depósito Andradas, Caçapava do Sul- RS**. Trabalho de Conclusão do Curso, Universidade Federal do Pampa, Caçapava do Sul. 2018.

LISLE, R.J.; BRABHAM, P.; BARNES, J. Mapeamento Geológico Básico – Guia Geológico de Campo. 5º edição, Editora Bookman, pág. 103 -111. 2011

LOPES, R.W.; MEXIAS, A.S.; PHILIPP, R.P.; BONGIOLO, E.M.; RENAC; BICCA, M.M.; FONTANA, E. Au-Cu-Ag Mineralization controlled by brittle structures in Lavras do Sul Mining District and Seival Mine deposits, Camaquã Basin, southern Brazil. ***Journal of South American Earth Sciences***, vol. 88, pág. 197-215. 2018.

LUIZ, J.G.; COSTA E SILVA, L.M. **Geofísica de Prospecção**. Volume 1. Universidade Federal do Pará, Belém, 1995.

MACEDO, P.M.; BECKEL, J; CHABAN, N; GONZALES FILHOS, F. Ocorrência de “Pillow-lavas” no Arroio Mudador, Município de Caçapava do Sul – RS. XXX Congresso Brasileiro de Geologia. In: **Anais [...]**, vol. 3, pág. 1269 -1278, Recife, 1978.

MACHADO, B.N. Geologia e Paragênese Mineral das Mineralizações no Granito Santo Ferreira, Sudeste de Caçapava do Sul – RS. Trabalho de Conclusão do Curso, Universidade Federal do Pampa, 2017.

MAGALHÃES, L.A.; SOUZA FILHO, C.A.; SILVA, A.M. Caracterização geológica-geofísica da porção central do Amapá com base em processamento e interpretação de dados aerogeofísicos. **Revista Brasileira de Geociências**, vol. 37 (3), pág. 464-477, 2007.

MILLER, H.G.; SINGH, V. *Potential field tilt – a new concept for location of potential field sources*. **Applied Geophysics**, vol. 32, pág. 213-217. 1994.

MUSSETT, A.E.; KHAN, A.F. *Looking into the Earth- An introduction to geological geophysics*. Editora Cambridge University, pág. 178-180. 2000.

NABIGHIAN, M.N. *The analytic Signal of Two-Dimensional Magnetic Bodies with Polygonal Cross-Section: Its Properties and Use for Automated Anomaly Interpretation*. **Geophysics**, vol. 37, pág. 507-517. 1972.

NARDI, L.V.S.; BITENCOURT, M.F. Geologia, Petrologia e Geoquímica do Complexo Granítico de Caçapava do Sul, RS. **Revista Brasileira de Geociências**, vol. 19 (2), pág. 153-169. 1989.

PAIM, P.S.G.; LOPES, R.C.; CHEMALE JR, F. Aloestratigrafia, Sistemas Depositionais e Evolução Paleogeográfica da Bacia do Camaquã – Vendiano Superior/ Ordoviciano Inferior do RS. 6º Simpósio Sul-Brasileiro de Geologia/ 1º Encontro de Geologia do Cone Sul. In: **Anais [...]**, pág.39 – 50, 1995.

Paim, P. S. G., Chemale, F. & Lopes, R. C. (2000) A Bacia do Camaquã. In: M. Holz & L. F. De Ros (Eds) **Geologia do Rio Grande do Sul**, Porto Alegre, p. 231-274.

PAIM, P.S.G.; CHEMALE JR., F.; WILDNER, W. Estágios evolutivos da Bacia do Camaquã. *Ciência e Natura*. In: **Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas-UFSM Edição Especial**, vol.36, pág. 183-193, 2014.

PELOSI, A.P.M.R.; FRAGOSO-CÉSAR, A.R.S. Proposta Litoestratigráfica e Considerações Paleoambientais sobre o Grupo Maricá (Neoproterozóico III), Bacia do Camaquã, Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Geociências**, vol. 33 (2), pág.137-148. 2003.

PEREIRA, D.R.; MACAMBIRA, M.J.B.; PIRES, K.C.J.; LAGO, S.B. *Isotopic study of the Pb-Zn (Cu-Ag) Santa Maria Deposit, Caçapava do Sul region, Rio Grande do Sul, Brazil*. **Brazilian Journal of Geology**, vol 51 (1). 2021.

PEREIRA, L.C.L.; SANTOS, L.C.M.L.; CARRINO, T.A. *The role of airborne geophysics in the investigation of gold occurrences in the Itapetim Region, Borborema Province, Northeast Brazil*. **Brazilian Journal of Geology**, vol 59 (3), pág.1-17. 2021.

PHILIPP, R.P.; PIMENTEL, M.M.; CHEMALE JR, F. *Tectonic evolution of the Dom Feliciano Belt in Southern Brazil: Geological relationships and U-Pb geochronology*. **Brazilian Journal of Geology**, vol. 46, pág. 83-104. 2016.

PHILIPP, R.P.; PIMENTEL, M.M.; BASEI, M.A.S. *The Tectonic of the São Gabriel Terrane, Dom Feliciano Belt, Southern Brazil: Closure of the Charrua Ocean*. In: SIEGESMUND, S.; BASEI, M.A.S, OYHANTÇABAL. *Geology of Southwest Gondwana*, Editora Springer, pág. 243- 262. 2018.

PORCHER, C.A.; LEITES, S.R.; RAMGRAB, G.E.; CAMOZZATO, E. Passo do Salsinho-Folha SH.22.Y-A-IV. **Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil**. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. 1995.

REIS, R.S. **Significado e Controles da Mineralização Sulfeto-Óxido nos Mármore de Caçapava do Sul**. Trabalho de Conclusão do Curso. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2013.

REIS, R.S.; REMUS, M.V.D.; DANI, N; ANZOLIN, H.M. Alteração clorítica no flanco leste do Granito Caçapava, Rio Grande do Sul: evolução do metassomatismo e sulfetos de Cu-Fe associados. **Revista do Instituto de Geociências – USP**, vol. 17 (4), pág. 61-79. 2016.

REISCHL, J.L. Mineralizações cupríferas associadas a vulcânicas da Mina do Seival- RS. In: XXX Congresso Brasileiro de Geologia, Recife. **Anais [...]**, vol.4, pág. 1568-1582. 1978.

REISCHL, J.L.; KOLLING, S.L.; FELDMAN, E. Ocorrência de Ouro em Formações Ferríferas Pré-Cambrianas, Caçapava do Sul, RS. In: XXXII Congresso Brasileiro de Geologia, Salvador. **Anais [...]**, vol.4, pág.912 - 921. 1982

REMUS, M.V.D. Metalogênese dos depósitos hidrotermais de metais-base e Au do Ciclo Brasileiro no Bloco São Gabriel, RS. Tese de doutorado. Programa de Pós-Graduação em Geociências, Porto Alegre, 1999a.

REMUS, M.V.D.; HARTMANN, L.A.; MCNAUGHTON, N.J.; GROVES, D.I.; REISCHL, J.L. *A Distal Magmatic-Hydrothermal Origin for the Camaquã Cu (Au-Ag) and Santa Maria Pb, Zn (Cu-Ag) Deposits, Southern Brazil*. Tese de doutorado. Programa de Pós-Graduação em Geociências, Porto Alegre, 1999b.

REMUS, M.V.D.; HARTMANN, L.A.; NAUGHTON, N.J.; GROVES, D.I.; FLETCHER, I.R. *The link between hydrothermal epigenetic copper mineralization and the Caçapava do Sul Granite of the Brasileiro Cycle in the Southern Brazil*. **Journal of South American Earth Sciences**, vol. 13, pág. 191-216. 2000.

RICK ALLMENDINGER'S STUFF. **Stereonet 11**. Acesso em: 06/02/2022 Disponível em: <http://www.geo.cornell.edu/geology/faculty/RWA/programs/stereonet.html>

RIBEIRO, M.; BOCCHI, P.R.; FIGUEIREDO, P.M.; TESSARI, R.I. Geologia da Quadrícula de Caçapava do Sul- Rio Grande do Sul – Brasil. Boletim n° 127. **Departamento Nacional de Pesquisa Mineral**. 1966.

RIBEIRO, M. Investigação preliminar sobre a gênese de algumas ocorrências cupríferas da Folha Bom Jardim. In: Congresso Brasileiro de Geologia. **Anais...** Belo Horizonte: SBG. 1968, v1, pág 65-73, 1968.

RIBEIRO, M. Geologia da Folha de Bom Jardim, **Boletim Div. Geol. Min. Bras**, Rio de Janeiro: 1970, n.24, p. 1-142, junho de 1970.

RIBEIRO, M.J. Mapa Previsional do Cobre no Escudo Sul-Rio-Grandense- Nota explicativa. Seção Geologia Econômica n° 1. **Departamento Nacional de Pesquisa Mineral**, Brasília, 1978.

ROEST, W.R.; VERHOEF, J.; PILKINGTON, M. *Magnetic Interpretation using 3-D analytic signal*. **Geophysics**, vol. 57, pág. 116-125. 1992

SAALMANN, K.; REMUS, M.V.D.; HARTMANN, L.A. *Geochemistry and Crustal Evolution of Volcano-sedimentary Successions and Orthogneisses in the São Gabriel Block, Southernmost Brazil – Relics of Neoproterozoic Magmatic Arcs*. **Gondwana Research**, vol. 8 (2), pág. 143- 161, 2005.

SANTANA, J.P.J.; GOMES, C.H.; LARA, L.F.; SPERANDIO, D.G. Petrografia da Fácies Leucogranítica do Granito Santo Ferreira, Caçapava do Sul, RS. **Revista as Ciências Exatas e da Terra e a Interface com vários saberes**, pág.164 – 175. 2019.

SANTOS, J.F.; CHABAN, N. Concentrações de Cobre Sedimentar do Tipo “Red Bed” em Caçapava do Sul (RS). XXX CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA. Recife. **Anais [...]**, Recife, SBG. v. 4, pág. 2562 – 2575. 1978.

SARTORI, P. L. P.; KAWASHITA, K. Petrologia e geocronologia do stock Granítico Santo Ferreira e sua correlação com o Batólito Granítico de Caçapava do Sul, RS. **Acta Geológica Leopoldensia**. Brasil: 1989, n. 29, p. 131-142, 1989.

SILVA, E.R.; SILVA, A.M.; LEÃO-SANTOS, M.H. Caracterização Geofísica de Estruturas Associadas às Mineralizações de Cobre e Ouro no Arco Magmático de Arenópolis – Goiás – Brasil. **Anuário do Instituto de Geociências**, vol. 43 (3), pág. 145-157, 2020.

SOUZA, T.L. **Gênese dos Serpentinitos e Esteatitos do Complexo Passo Feio (RS – Brasil): Evidências Mineralógicas, Geoquímicas e Isotópicas**. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Geociências. 2020.

TAVARES, A.P. **Análise da Distribuição de Recursos Minerais Metálicos no Cinturão Dom Feliciano, Através de Dados Geológicos, Aerogeofísicos e de Sensoriamento Remoto**. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal do Pampa, 2019.

TEENHOLM, T. *Metamorphic evolution of Passo Feio Complex (Central part of the Dom Feliciano Belt, Southern Brazil)*. *Master's Thesis in Geology*, Department of Geosciences, Arctic University of Norway. 2019.

TELFORD, W.M.; GELDART, L.P.; SHERIFF, R.E. *Applied Geophysics*. 2° Edição. Editora de Universidade Cambridge. Pág.62-75. 1990

TONIOLO, J.A.; GIL, C.A.A.; SANDER, A. **Metalogenia das Bacias Neoproterozóico-Eopaleozóicas do Sul do Brasil – Bacia do Camaquã**. Projeto Baneo. CPRM, 2007.

TONIOLO, J.A.; REMUS, M.V.D.; REISCHL, J.L. Depósito de Cobre das Minas do Camaquã, Rio Grande do Sul. In: BRITO, R.S.C, SILVA, M.G, KUYUMIJIAN, R.M. **Modelos de Depósitos de Cobre no Brasil e sua Resposta ao Intemperismo**. CPRM, Brasília, 2010.

TRAVASSOS, R.P. **Interpretação Estrutural Regional do Escudo Sul-Rio-Grandense – Rio Grande do Sul- Brasil, com Base em Aeromagnetometria**. Dissertação de mestrado n° 344, Programa de Pós-Graduação em Geociências, UNB, 2014.

USGS. USGS EROS Archive –Sentinel -2. Acesso em: 30/07/2021 Disponível em: usgs.gov/centers/eros/science/usgs-eros-archive-sentinel-2?qt=science_center_objects=0#qt-science_center_objects

ZAGO, M. M.; **Magnetometria Terrestre Integrada a Análise Petrográfica e Fatores Intempéricos para Validação de Assinaturas Aeromagnetométricas, Caçapava do Sul, RS**. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2021.

ZARONI, M.J; SANTOS, H.G. Atividade da Argila. AGEITEC, EMBRAPA. 2021 a. Acesso em: 18/07/2021 Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONTAG01_2_2212200611536.html

ZARONI, M.J; SANTOS, H.G. Atividade da Argila. AGEITEC, EMBRAPA. 2021 b. Acesso em: 18/07/2021 Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONTAG01_21_2212200611544.html

WIKIWAND. *Structural Geology*. Acesso em: 06/02/2022 Disponível em: https://www.wikiwand.com/en/Structural_geology.

APÊNDICE A – Sumário das principais características associadas as mineralizações na região de Caçapava do Sul

DEPÓSITOS, PROSPECTOS E OCORRÊNCIAS	ESTILO DA MINERALIZAÇÃO	ROCHA HOSPEDEIRA	ESTRUTURAS CONDICIONANTES	PARAGÊNESE MINERAL
MINAS				
São Luiz	Mineralização filoneana maciça e disseminada	Arenitos e conglomerados	Falhas subverticais de direção N50°W a N80°W	Cpy – Bo – Cc – Py – He – Qtz – Ba – Ca
Uruguai	Mineralização filoneana maciça e disseminada	Arenitos e conglomerados	Falhas subverticais de direção N50°W a N80°W	Cpy – Bo – Cc – Py – Qtz – Ba – Ca
Seival	Mineralização filoneana e disseminada	Andesitos, tufo e diques andesíticos da FH	Estruturas de direção N10°E e N70°-80°E/ NW60 associadas as estruturas principais de direção NE	Cc – Bo – Py – Cpy – Mq – Cov (Ag) – Ba – He – Ca – Qtz
DEPÓSITOS				
Cerro dos Martins	Mineralização filoneana e estratiforme	Arenitos, siltitos e conglomerados da FAN e andesitos, basaltos e dacitos da FH	Intersecção de estruturas secundárias NW em estrutura regional NE	Cc – Bo – Cpy – Py – Ga – Sp – Qtz – Carb – Ba – He; Dig – Cov – Cup – Mq – Az
Primavera	Mineralização disseminada	Xistos e metavulcânicas do CMPF	Intersecção de estruturas N55°W com relação a estrutura principal N-S	Cc – Mq – Az – Cpy
Andradas	Mineralização filoneana e disseminada	Xistos do CMPF	Falha N-S a N20°E	Cc – Bo – Py – Cpy – Dig – Cov – Cu _n
Santa Bárbara	Mineralização filoneana	Xistos, tufo e metamargas do CMPF	Estruturas condicionantes de direção N-S a N20°W	Cpy – Py – Bo – Cov – Cc – Mq – Az – Au
Santa Maria	Mineralização estratiforme	Arenitos, conglomerados, ritmitos e siltitos		Ga – Sp – Cpy – Bo – Cc – Py
PROSPECTOS				
Faxinal	Mineralização filoneana	Metamargas e metapelitos do CMPF	Estruturas de direção NE	Mq – Ga – Cpy – Py – Qtz
Escarníticos (Coronel Linhares, Ciocari e Elionor Spode)	Mineralização filoneana e disseminada	Mármore e metamargas metassomatizados do CMPF	Intersecção de estruturas NW com relação a estrutura regional NE	Cpy – Py – Bo – Mob – Cov – Qtz – Ca – He – Cl

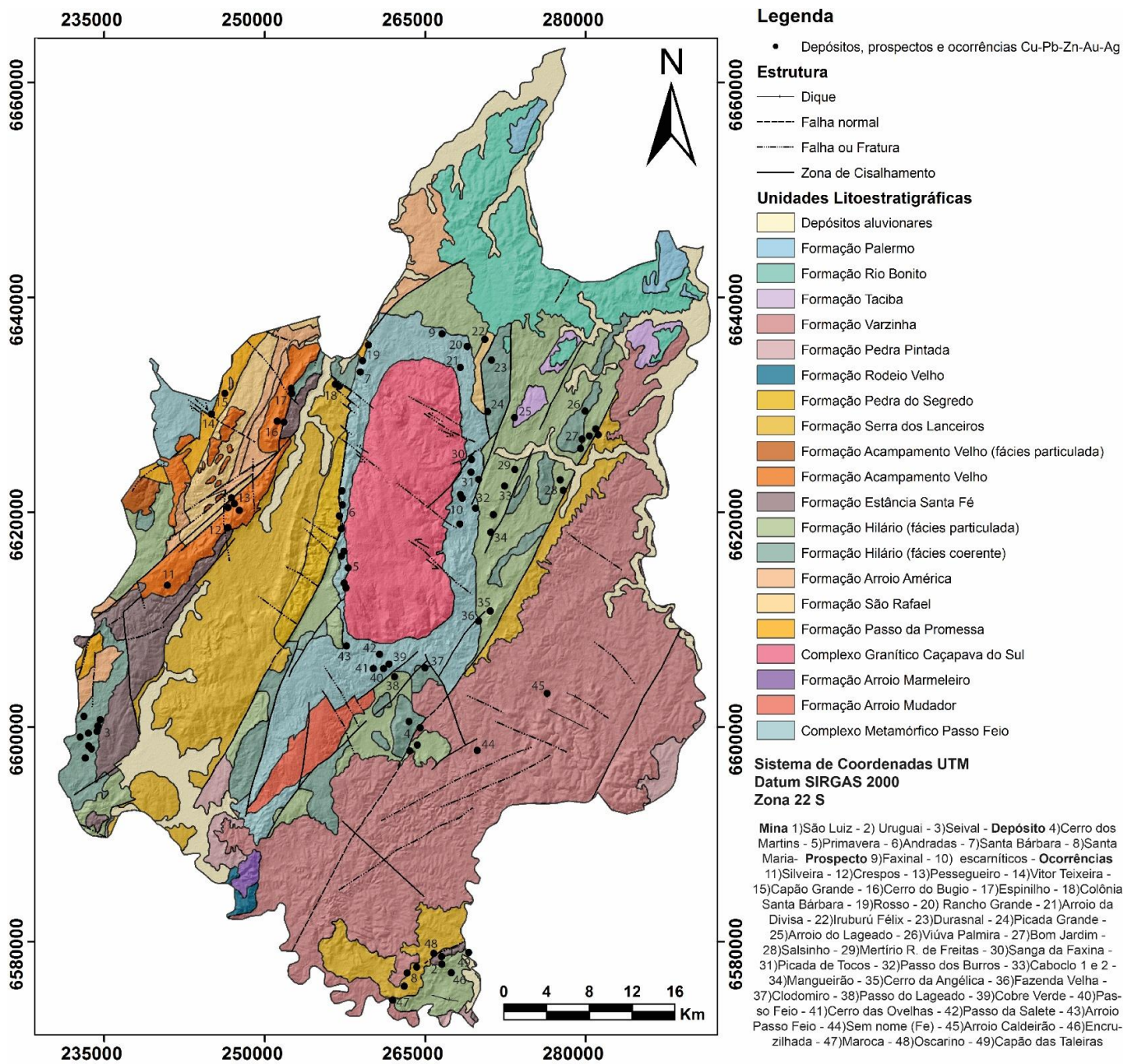
OCORRÊNCIAS				
Silveira	Mineralização filoneana	Siltitos argilosos e andesitos da FH		Ma – Ba- Ca
Crespos	Mineralização disseminada	Riolitos da FAV	Estruturas N10°W- N10°E	Cc – Ma – Crc – Cpy – Py - Bo
Pessegueiro	Mineralização disseminada	Andesitos do FH e riolitos da FAV	Estruturas N15°W a N05°E	Ca – Ma – Ba - Qtz
Vitor Teixeira	Mineralização disseminada	Xistos do Vacacaí		Ma
Capão Grande	Mineralização filoneana	Brechas e arenitos fraturados do GM	Estruturas secundárias de direção N50°W associadas a estrutura principal de direção N60°E	Ma – Az – Cc - Qtz
Cerro do Bugio	Mineralização estratiforme	Siltitos argilosos e brechados do GSB	Relação com estrutura regional N20°E	Ma – Az – Cc – Ba – Sd -Ilm
Espinilho	Mineralização estratiforme	Siltitos argilosos e brechados do GSB	Relação com estrutura regional N20°E	Ma – Az – Cc – Ba – Sd -Ilm
Colônia Santa Bárbara	Mineralização estratiforme e filoneana	Arenitos lamosos, siltitos e arenitos arcoseano		Mq – Cc – Py – Bo – Ba –Qtz - Ca
Rosso	Mineralização estratiforme e filoneana	Metapelitos e metavulcânicas do CMPF		Cpy – Py – Po – He - Ba
Rancho Grande	Mineralização filoneana	Metapelitos do CMPF		Cc – Mq -Qtz
Arroio da Divisa	Mineralização filoneana	Metapelitos do CMPF		Mq – Cpy – Ga – Ba - Qtz
Irubúru Félix	Mineralização filoneana	Contato entre siltitos e arenitos do GM e andesitos da FH		Mq – Cpy – Py – Cp – Qtz - He
Durasnal	Mineralização filoneana	Andesitos da FH		Cc – Mq - Qtz
Picada Grande	Mineralização filoneana	Andesitos brechados da FH	Estruturas secundárias de direção N45°W em estrutura regional de direção NE	Cpy – Py - Cc – Mq – Crc -Qtz
Arroio Lageado	Mineralização filoneana	Arenitos da FAN	Proximidade de estrutura regional NE	Mq – Cpy- Qtz
Viúva Palmira	Mineralização filoneana	Arenitos da FAN	Intersecção de estruturas secundárias N30°-60°W em estrutural regional de direção NE	Cc – Az – Py – Oxi – Qtz - Carb
Bom Jardim	Mineralização filoneana e disseminada	Arenitos brechados da FAN	Intersecção de estruturas NW e NE em estrutura regional de direção NE	Mq – Cpy – Py - Ga – Qtz - Carb

Salsinho	Mineralização disseminada em brechas, localmente estratiforme	Riolitos e Riodacitos da FAV, andesitos da FH e conglomerados e arenitos da FSB	Intersecção de estruturas secundárias N30°-50°W em estrutural regional de direção NE	Mq – Az- Cc – Cp – Oxi – Cu _n
Mertório R. De Freitas	Mineralização filoneana e disseminação em brechas	Intercalação de arenitos finos da FAN e andesitos brechados da FH	Intersecção de estruturas secundárias N60°W em estrutura regional de direção NE	Mq – Cpy – Cp – Hesp - Lmn - Qtz
Sanga da Faxina	Mineralização filoneana	Metapelitos do CMPF		Mq – Cpy - Qtz
Picada dos Tocos	Mineralização filoneana	Xistos, anfibolitos e rochas calco-silicatadas da CMPF	Relação com estruturas NE	Mq – Cc – Bo – Py – Cup – He – Carb - Qtz
Passo dos Burros	Mineralização estratiforme	Leitos de BIFs inseridos no CMPF		Au – He - Qtz
Caboclo 1 e 2	Mineralização filoneana	Andesitos da FH	Intersecção de estruturas NW e NE em estrutura regional de direção NE	Mq – Cpy – Cp – Hesp - Qtz
Mangueirão	Mineralização filoneana	Intercalação de arenitos finos da FAN e andesitos brechados da FH	Intersecção de estruturas secundárias N40° - 60°W em estrutura regional de direção NE	Mq – Cpy – Cp – Hesp
Cerro da Angélica	Mineralização disseminada em brechas	Arenitos, siltitos e conglomerados da FAN	Intersecção de estruturas secundárias de direção N30° - 60°W em estrutural regional de direção NE	Mq - Cc
Fazenda Velha	Mineralização filoneana	Biotita-xistos do CMPF		He – Mag - Qtz
Clodomiro	Mineralização filoneana	Contato entre arenitos silteosos brechados e rochas CMPF		Ma – Cc - Qtz
Passo do Lageado	Mineralização filoneana	Arenitos do FAN e andesitos da FH		Mq – Cc – Az – Crc – Ca- Qtz - Ba
Cobre Verde	Mineralização estratiforme e	Mica-xistos intercalados com grafita-xistos do CMPF		Mq – Cup – Cpy - Py
Passo Feio	Estratiforme	Metaquartzo e metatufos do CMPF		Ga – Sp - Ba
Cerro das Ovelhas	Mineralização filoneana	Arenitos finos, siltitos e arenitos conglomeráticos da FAN; andesitos e	Filões de direção N55W/ 80NE e N55E/60SE	Mq – Cp – Cpy – Py- Cc – Crc - Bo – Qtz – He – Ba

		basaltos da FH e xistos e metabasitos da CMPF		
Passo da Salete	Mineralização irregular	Grafita-xistos e filitos grafitosos alterados do CMPF		Au
Arroio Passo Feio	Mineralização irregular	Metassedimentos e metavulcânicas do CMPF		Cpy – Bo – Py - Carb
Fe sem nome		Sedimentares da Fm Varzinha		He
Arroio Caldeirão	Mineralização filoneana	Andesitos da FH		Cu _n - Carb
Encruzilhada	Mineralização filoneana e disseminações associadas	Arenitos arcoseanos da FAN	Fraturas de direção N60°-80°W	Ma- Qtz
Maroca	Mineralização filoneana e disseminações associadas	Arenitos arcoseanos da FAN	Fraturas de direção N60°-80°W	Ma- Qtz
Oscarino	Mineralização filoneana e disseminações associadas	Arenitos arcoseanos da FAN	Fraturas de direção N60°-80°W	Ma- Qtz
Capão das Taleiras	Mineralização filoneana e disseminações associadas	Arenitos arcoseanos da FAN	Fraturas de direção N60°-80°W	Ma- Qtz

Fonte: Extraído de (RIBEIRO, 1968), (RIBEIRO, 1970), (RIBEIRO, 1978), (BECKEL, *et al*, 1978), (REISCHL, 1978), (BADI e KOLLING, 1978) (CAMOZZATO, 1987), (LAUX, *et al*, 2005), (LOPES, *et al*, 2018).
Abreviações: Cc – Calcocita; Bo – Bornita; Cpy – Calcopirita; Py – Pirita; Po – Pirrotita; Ga – Galena; Sp – Esfalerita; Dig – Digenita; Cov – Covelita; Mq – Malaquita; Cp – Cuprita; Az – Azurita; Cu_n – Cobre nativo; Crc – Crisocola; Cov (Ag) – inclusão de prata em Covelita; Au – Ouro; Mob – Molibdenita; Qtz – Quartzo; Ba- Barita; He – Hematita; Mag – Magnetita; Carb – Carbonatos; Ca- Calcita; Cl – Clorita; Oxi – Óxidos de Ferro; Hesp – Hematita especular; Lmn – Limonita; Sd – Siderita; Ilm – Ilmenita

APÊNDICE B – Mapa geológico do Município de Caçapava do Sul e a distribuição dos principais depósitos, prospectos e ocorrências de metais base e preciosos.



Fonte: Ribeiro (1978), CAMOZZATO (1987), CPRM (2010), CPRM (2017), CPRM (2020)

APÊNDICE C – Tabela de pontos mapeados em Campo do Projeto Passo Feio

Ponto	Coordenada X (mE)	Coordenada Y (mS)	Elevação (m)
PPF 01	263266	6604346	175
PPF 02	262517	6604403	222
PPF 03	262433	6604410	237
PPF 04	262405	6604433	245
PPF 05	262381	6604425	249
PPF 06	262353	6604422	253
PPF 07	262368	6604469	254
PPF 08	262381	6604596	246
PPF 09	262364	6604674	241
PPF 10	262350	6604758	240
PPF 11	262358	6604941	227
PPF 12	262402	6605076	214
PPF 13	262418	6605086	213
PPF 14	262367	6603773	192
PPF 15	262344	6603819	209
PPF 16	262361	6603910	200
PPF 17	262361	6603985	200
PPF 18	262369	6604044	198
PPF 19	262366	6604105	200
PPF 20	262380	6604177	203
PPF 21	262360	6604252	223
PPF 22	262361	6604304	233
PPF 23	262366	6604361	246
PPF 24	262358	6604382	254
PPF 25	262375	6604417	260
PPF 26	262388	6604426	258
PPF 27	262374	6604461	260
PPF 28	262355	6604527	265
PPF 29	262350	6604588	258
PPF 30	262344	6604662	243
PPF 31	262358	6604715	241
PPF 32	262338	6604782	240
PPF 33	262343	6604838	245
PPF 34	262309	6604982	246
PPF 35	262317	6604972	233
PPF 36	262280	6605049	224
PPF 37	262263	6605061	211
PPF 38	262283	6605118	228
PPF 39	262288	6605163	245
PPF 40	262275	6605205	247
PPF 41	262241	6605251	244
PPF 42	262219	6605267	242
PPF 43	262419	6605342	273

PPF 44	262510	6605398	281
PPF 45	262526	6605308	249
PPF 46	262535	6605202	241
PPF 47	262480	6605124	216
PPF 48	262494	6605029	205
PPF 49	262471	6604888	215
PPF 50	262509	6604758	217
PPF 51	262518	6604610	229
PPF 52	262518	6604486	228
PPF 53	262488	6604295	226
PPF 54	262418	6604102	202
PPF 55	262424	6603987	190

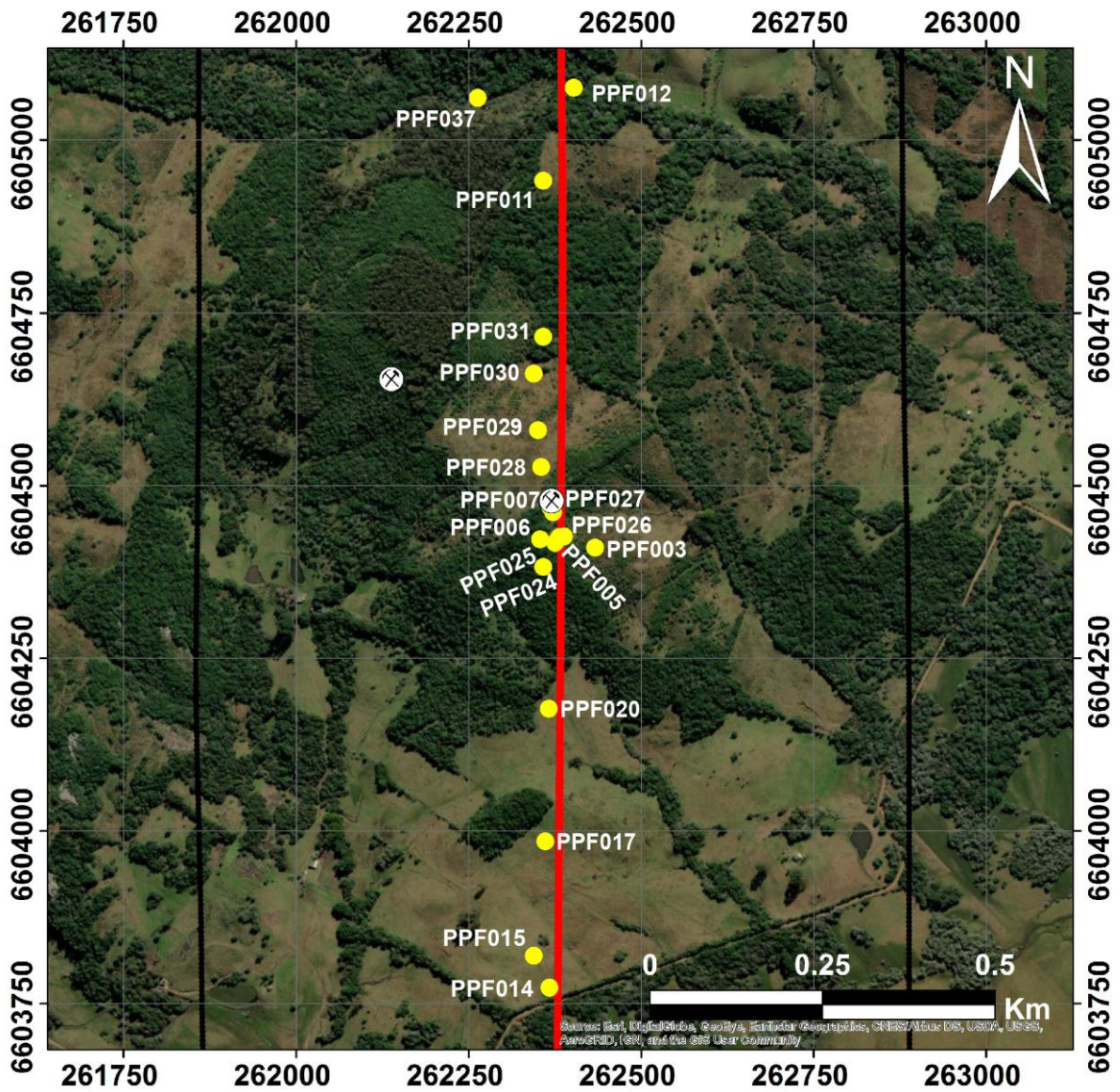
Fonte: Autor (2022)

APÊNDICE D – Tabela da orientação das principais estruturas e camadas sedimentares mapeadas em campo

Ponto	Tipo de estrutura medida	Dip Direction	Dip
PPF 01	Fraturas		
	Família 01 (F1)	045	85
	Família 02 (F2)	350	52
	Família 03 (F3)	290	56
PPF 03	Acamamento sedimentar	160	45
PPF 04	Fraturas	055	70
		050	50
	Plano de falha	060	60
		320	80
PPF 05	Fraturas		
	Família 01 (F1)	020	65
	Família 02 (F2)	320	30
	Acamamento sedimentar	220	32
PPF 06	Acamamento sedimentar	220	28
	Fraturas	035	82
PPF 25	Acamamento sedimentar	144	45
		195	35
PPF 26	Acamamento sedimentar	170	40
	Fratura	090	82
PPF 37	Foliação metamórfica	320	71
		325	75
PPF 42	Foliação metamórfica	330	70
		328	35
	Fratura	210	48

Fonte: AUTOR (2022)

APÊNDICE E – Pontos com coleta de amostras de mão ao longo do trabalho de campo



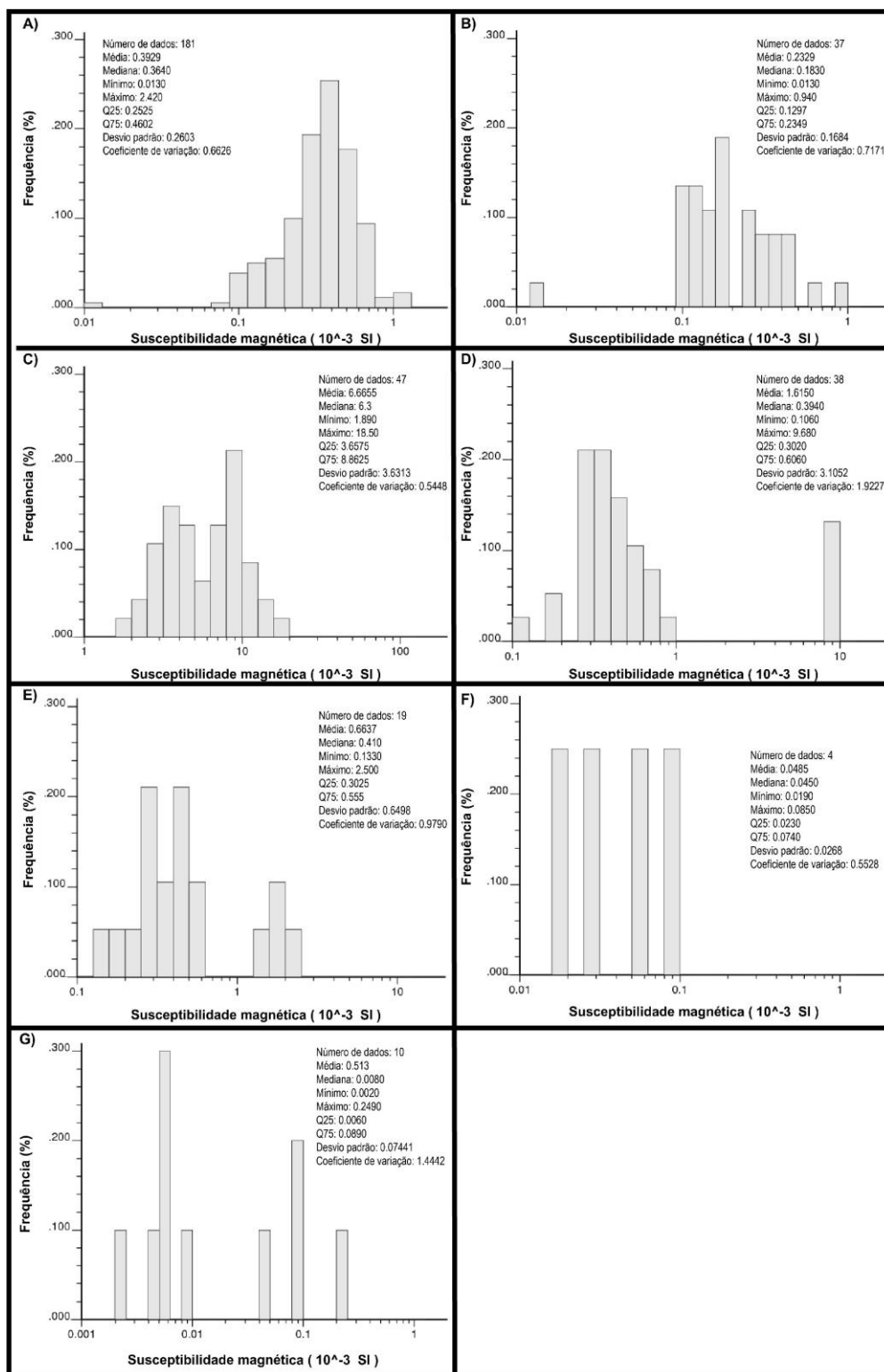
LEGENDA

-  Pontos (PPFs) com coleta de amostras de mão
-  Mineralizações cupríferas
-  Linhas de Voo do Projeto Aerogeofísica do ESRG

Sistema de Coordenadas UTM Datum SIRGAS 2000 Zona 22 S

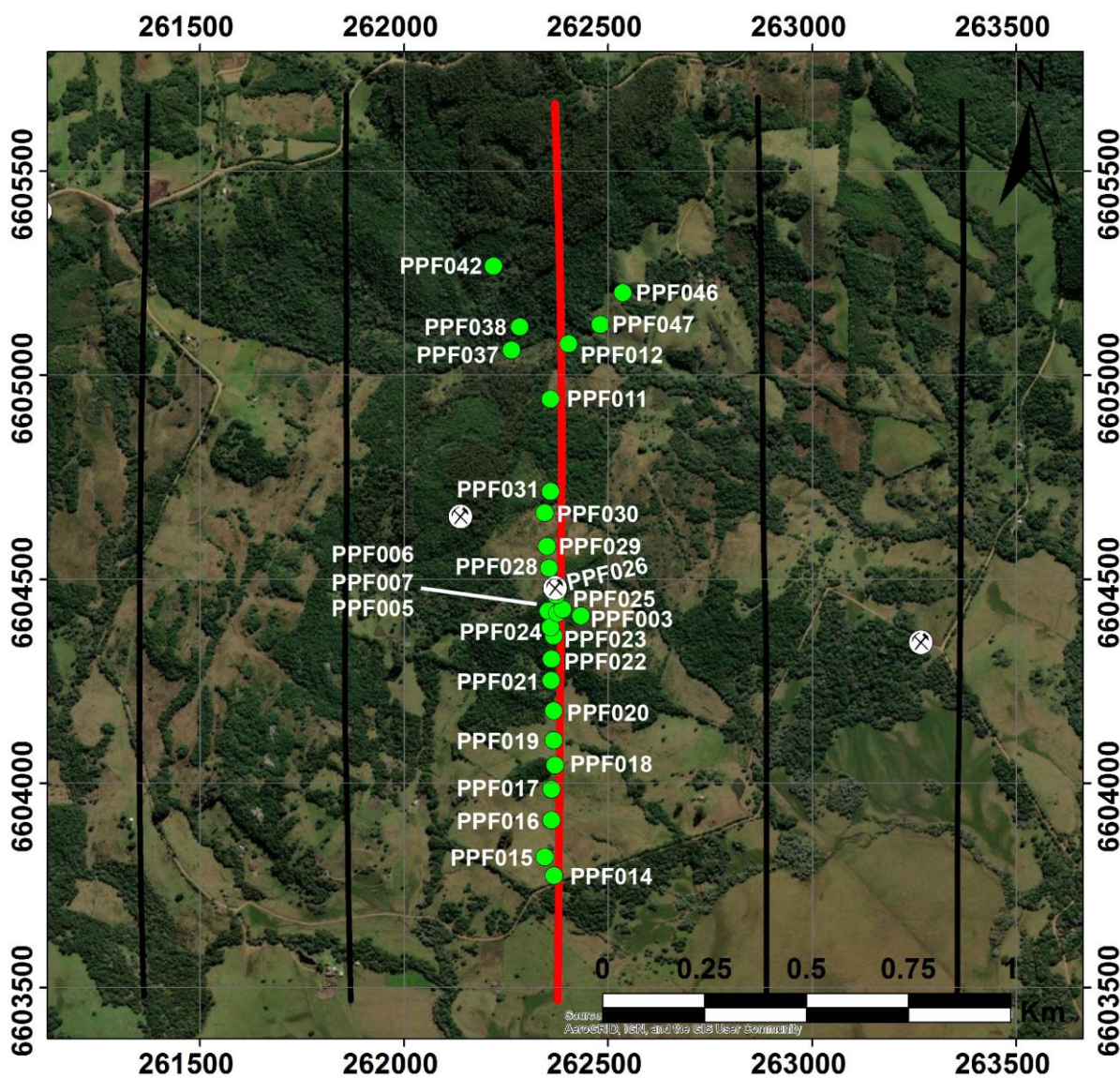
Fonte: Autor (2022)

APÊNDICE F - Susceptibilidade magnética do litotipos e solos na região de estudo. A) Conglomerados; b) Conglomerados mineralizados; c) Rochas vulcânicas; d) Rochas metamórficas; e) Solos; f) Brecha de falha; g) Veios de quartzo.



Fonte: Autor (2022)

APÊNDICE G – Pontos com realização de medidas de susceptibilidade magnética *in situ* e em amostras de mão.



LEGENDA

-  Pontos (PPFs) de medidas de susceptibilidade magnética
-  Mineralizações cupríferas
-  Linhas de Voo do Projeto Aerogeofísica do ESGR

Sistema de Coordenadas UTM Datum SIRGAS 2000 Zona 22 S

Fonte: Autor (2022)

APÊNDICE H - Medidas de susceptibilidade magnética das rochas e solos na área do Projeto Passo Feio (PPF)

Ponto	Susceptibilidade magnética (x 10⁻³)	In situ/ Amostra de mão	Rocha / Solo/ Mineral	Litologia
PPF 03	0.163	Amostras de mão	Rocha	Conglomerados
	0.414	Amostras de mão	Rocha	Conglomerados
	0.208	Amostras de mão	Rocha	Conglomerados
	0.267	Amostras de mão	Rocha	Conglomerados
	0.278	Amostras de mão	Rocha	Conglomerados
	0.2	Amostras de mão	Rocha	Conglomerados
	0.231	Amostras de mão	Rocha	Conglomerados
PPF 05	0.289	Amostras de mão	Rocha	Conglomerados
	0.136	Amostras de mão	Rocha	Conglomerados
	0.615	Amostras de mão	Rocha	Conglomerados
	0.167	Amostras de mão	Rocha	Conglomerados
	0.183	Amostras de mão	Rocha	Conglomerados
	0.104	Amostras de mão	Rocha	Conglomerados
	0.19	Amostras de mão	Rocha	Conglomerados
	0.126	Amostras de mão	Rocha	Conglomerados
PPF 06	0.117	Amostras de mão	Rocha	Conglomerados
	0.092	Amostras de mão	Rocha	Conglomerados
	0.107	Amostras de mão	Rocha	Conglomerados
	0.11	Amostras de mão	Rocha	Conglomerados
	0.142	Amostras de mão	Rocha	Conglomerados
	0.131	Amostras de mão	Rocha	Conglomerados
	0.147	Amostras de mão	Rocha	Conglomerados
	0.095	Amostras de mão	Rocha	Conglomerados
	0.013	Amostras de mão	Rocha	Conglomerados
PPF 07	0.943	Amostras de mão	Rocha	Conglomerados
	0.336	Amostras de mão	Rocha	Conglomerados
	0.183	Amostras de mão	Rocha	Conglomerados
	0.342	Amostras de mão	Rocha	Conglomerados
	0.137	Amostras de mão	Rocha	Conglomerados
	0.168	Amostras de mão	Rocha	Conglomerados
	0.198	Amostras de mão	Rocha	Conglomerados
	0.109	Amostras de mão	Rocha	Conglomerados
	0.131	Amostras de mão	Rocha	Conglomerados
	0.306	Amostras de mão	Rocha	Conglomerados
PPF 11	0.584	Amostras de mão	Rocha	Metavulcânica
	0.188	Amostras de mão	Rocha	Metavulcânica
	0.153	Amostras de mão	Rocha	Metavulcânica

	0.106	Amostras de mão	Rocha	Metavulcânica
	0.081	Amostras de mão	Rocha	Metavulcânica
PPF 12	0.193	Amostras de mão	Rocha	Brecha de falha
	0.085	Amostras de mão	Rocha	Brecha de falha
	0.053	Amostras de mão	Rocha	Brecha de falha
	0.063	Amostras de mão	Rocha	Brecha de falha
	0.027	Amostras de mão	Rocha	Brecha de falha
PPF14	18.5	Amostras de mão	Rocha	Basalto
	8.32	Amostras de mão	Rocha	Basalto
	12.7	Amostras de mão	Rocha	Basalto
	9.06	Amostras de mão	Rocha	Basalto
	7.57	Amostras de mão	Rocha	Basalto
	12.3	Amostras de mão	Rocha	Basalto
	14.7	Amostras de mão	Rocha	Basalto
	7.05	Amostras de mão	Rocha	Basalto
	8.12	Amostras de mão	Rocha	Basalto
	11.5	Amostras de mão	Rocha	Basalto
	3.84	Amostras de mão	Rocha	Basalto
	4.43	Amostras de mão	Rocha	Basalto
	4.54	Amostras de mão	Rocha	Basalto
	3.93	Amostras de mão	Rocha	Basalto
	6.24	Amostras de mão	Rocha	Basalto
4	Amostras de mão	Rocha	Basalto	
PPF15	11.2	Amostras de mão	Rocha	Basalto
	6.3	Amostras de mão	Rocha	Basalto
	8.07	Amostras de mão	Rocha	Basalto
	7.35	Amostras de mão	Rocha	Basalto
	9.7	Amostras de mão	Rocha	Basalto
	9.5	Amostras de mão	Rocha	Basalto
	9.79	Amostras de mão	Rocha	Basalto
	8.24	Amostras de mão	Rocha	Basalto
	8.9	Amostras de mão	Rocha	Basalto
	10.7	Amostras de mão	Rocha	Basalto
	4.32	Amostras de mão	Rocha	Basalto
	3.46	Amostras de mão	Rocha	Basalto
	4.77	Amostras de mão	Rocha	Basalto
	5.23	Amostras de mão	Rocha	Basalto
	8.75	Amostras de mão	Rocha	Basalto
	6.63	Amostras de mão	Rocha	Basalto
	7.72	Amostras de mão	Rocha	Basalto
6.35	Amostras de mão	Rocha	Basalto	
PPF16	0.413	In situ	Solo	
	0.186	In situ	Solo	

	0.323	In situ	Solo	
	0.212	In situ	Solo	
	0.41	In situ	Solo	
	0.352	In situ	Solo	
	0.3	In situ	Solo	
	0.43	In situ	Solo	
	0.31	In situ	Solo	
	0.432	In situ	Solo	
PPF17	0.36	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.379	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.681	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.386	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	2.57	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	2.35	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.21	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.367	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.461	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.317	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.253	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.171	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.193	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.077	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.409	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
PPF18	0.431	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.372	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.378	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.459	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.271	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.318	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.442	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.398	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.217	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.345	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
PPF19	0.25	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.325	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.376	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.262	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	2.42	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.251	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.345	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.228	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.338	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.382	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados

PPF20	0.331	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.234	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.361	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.454	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.414	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.381	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.385	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.343	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.41	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.327	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.307	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.427	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.32	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.275	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.294	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.267	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
0.421	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados	
PPF21	0.424	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.295	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.426	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.308	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.329	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.388	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.459	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	1.44	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	1.88	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.429	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	2.5	Amostra de mão	Solo	
	1.4	Amostra de mão	Solo	
1.6	Amostra de mão	Solo		
1.9	Amostra de mão	Solo		
PPF22	0.351	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.278	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.245	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.335	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.391	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.376	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.391	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.376	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.4	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.306	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.538	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.43	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados

PPF23	0.574	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.448	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.449	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.649	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.328	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.527	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.635	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.319	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.612	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.521	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
PPF24	0.464	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.367	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.673	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.56	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.517	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.516	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.455	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.713	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.364	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.639	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.817	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.669	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.46	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.554	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
0.663	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados	
	0.546	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
PPF 25	0.544	In situ	Rocha	Conglomerados, arenitos e pelitos
	0.457	In situ	Rocha	Conglomerados, arenitos e pelitos
	0.512	In situ	Rocha	Conglomerados, arenitos e pelitos
	0.356	In situ	Rocha	Conglomerados, arenitos e pelitos
	0.335	In situ	Rocha	Conglomerados, arenitos e pelitos
	0.411	In situ	Rocha	Conglomerados, arenitos e pelitos
	0.504	In situ	Rocha	Conglomerados, arenitos e pelitos
	0.331	In situ	Rocha	Conglomerados, arenitos e pelitos
	0.493	In situ	Rocha	Conglomerados, arenitos e pelitos
		0.5	In situ	Rocha

PPF26	0.25	In situ	Rocha	Conglomerados, arenitos e pelitos
	0.289	In situ	Rocha	Conglomerados, arenitos e pelitos
	0.349	In situ	Rocha	Conglomerados, arenitos e pelitos
	0.27	In situ	Rocha	Conglomerados, arenitos e pelitos
	0.19	In situ	Rocha	Conglomerados, arenitos e pelitos
	0.264	In situ	Rocha	Conglomerados, arenitos e pelitos
	0.404	In situ	Rocha	Conglomerados, arenitos e pelitos
	0.425	In situ	Rocha	Conglomerados, arenitos e pelitos
	0.399	In situ	Rocha	Conglomerados, arenitos e pelitos
	0.273	In situ	Rocha	Conglomerados, arenitos e pelitos
	0.205	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.248	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.186	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.132	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.233	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
0.214	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados	
PPF27	2.36	Amostra de mão	Rocha	Basalto
	4.93	Amostra de mão	Rocha	Basalto
	3.59	Amostra de mão	Rocha	Basalto
	3.57	Amostra de mão	Rocha	Basalto
	3.96	Amostra de mão	Rocha	Basalto
	3.74	Amostra de mão	Rocha	Basalto
	3.63	Amostra de mão	Rocha	Basalto
	2.59	Amostra de mão	Rocha	Basalto
	2.65	Amostra de mão	Rocha	Basalto
	2.48	Amostra de mão	Rocha	Basalto
	2.74	Amostra de mão	Rocha	Basalto
	1.89	Amostra de mão	Rocha	Basalto
	2.47	Amostra de mão	Rocha	Basalto
2.56	Amostra de mão	Rocha	Basalto	
PPF28	0.513	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.297	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.349	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.499	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.738	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.466	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados


	0.287	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.565	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.685	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.513	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.41	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.468	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.367	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.412	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.589	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.37	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.223	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.396	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.54	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.275	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.166	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.274	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.234	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.258	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.361	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.357	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
PPF29	0.644	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.569	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.337	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.655	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.658	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.643	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.612	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.639	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.518	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.517	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
PPF31	0.364	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.307	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.437	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.327	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.449	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.328	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.469	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.381	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.485	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.44	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.33	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.242	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.221	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados

	0.198	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.364	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.631	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
	0.356	Amostra de mão	Rocha	Conglomerados
PPF37	0.27	In Situ	Rocha	Ardósia
	0.342	In Situ	Rocha	Ardósia
	0.554	In Situ	Rocha	Ardósia
	0.292	In Situ	Rocha	Ardósia
	0.683	In Situ	Rocha	Ardósia
	0.428	In Situ	Rocha	Ardósia
	0.488	In Situ	Rocha	Ardósia
	0.429	In Situ	Rocha	Ardósia
	0.302	In Situ	Rocha	Ardósia
	0.311	In Situ	Rocha	Ardósia
	9.46	Amostra de mão	Rocha	Ardósia
	9.68	Amostra de mão	Rocha	Ardósia
	9.56	Amostra de mão	Rocha	Ardósia
	9.58	Amostra de mão	Rocha	Ardósia
	9.63	Amostra de mão	Rocha	Ardósia
PPF 38	0.42	Amostras de mão	Rocha	Xistos
	0.363	Amostras de mão	Rocha	Xistos
	0.418	Amostras de mão	Rocha	Xistos
	0.367	Amostras de mão	Rocha	Xistos
	0.463	Amostras de mão	Rocha	Xistos
	0.337	Amostras de mão	Rocha	Xistos
	0.285	Amostras de mão	Rocha	Xistos
	0.339	Amostras de mão	Rocha	Xistos
	0.37	Amostras de mão	Rocha	Xistos
PPF42	0.301	In Situ	Rocha	Xistos
	0.325	In Situ	Rocha	Xistos
	0.29	In Situ	Rocha	Xistos
	0.327	In Situ	Rocha	Xistos
	0.289	In Situ	Rocha	Xistos
	0.649	In Situ	Rocha	Xistos
	0.579	In Situ	Rocha	Xistos
	0.928	In Situ	Rocha	Xistos
	0.606	In Situ	Rocha	Xistos
	0.646	In Situ	Rocha	Xistos
PPF46	0.045	Amostras de mão	Mineral	Veios de quartzo leitoso
	0.006	Amostras de mão	Mineral	Veios de quartzo leitoso
	0.089	Amostras de mão	Mineral	Veios de quartzo leitoso
	0.002	Amostras de mão	Mineral	Veios de quartzo leitoso
	0.006	Amostras de mão	Mineral	Veios de quartzo leitoso

	0.095	Amostras de mão	Mineral	Veios de quartzo leitoso
	0.249	Amostras de mão	Mineral	Veios de quartzo leitoso
	0.006	Amostras de mão	Mineral	Veios de quartzo leitoso
	0.01	Amostras de mão	Mineral	Veios de quartzo leitoso
	0.005	Amostras de mão	Mineral	Veios de quartzo leitoso
PPF47	0.56	In Situ	Solo	
	0.54	In Situ	Solo	
	0.1332	In Situ	Solo	
	0.3	In Situ	Solo	

Fonte: Autor (2022)

APÊNDICE I - Pontos do Projeto Passo Feio (PPF) – descrições macroscópicas

PPF 01		
Coordenadas: 263266 mE/ 6604346 mS		
Elevação: 176m		
Descrição do ponto		
Afloramento: Afloramento artificial de lajeados em estrada vicinal próximo a área de estudo.		
Descrição macroscópica das rochas:		
Rocha em face são de coloração cinza claro e face alterada amarronada, afanítica, maciça e presença de fraturas. Disseminação de malaquita nas fraturas Caracteriza-se como rocha vulcânica e sugere-se que seja um basalto-andesítico.		
Medidas estruturais: 3 famílias de fraturas com densidade e espaçamento variado		
F ₁ : 045/85	F ₂ : 350/52	F ₃ : 290/56
Fotos		
A) Afloramento de rochas vulcânicas em lajeados na estradas vicinal; B) Detalhe para as disseminações de malaquita (em verde claro) na matriz da rocha e nas fraturas.		
A) 	B) 	

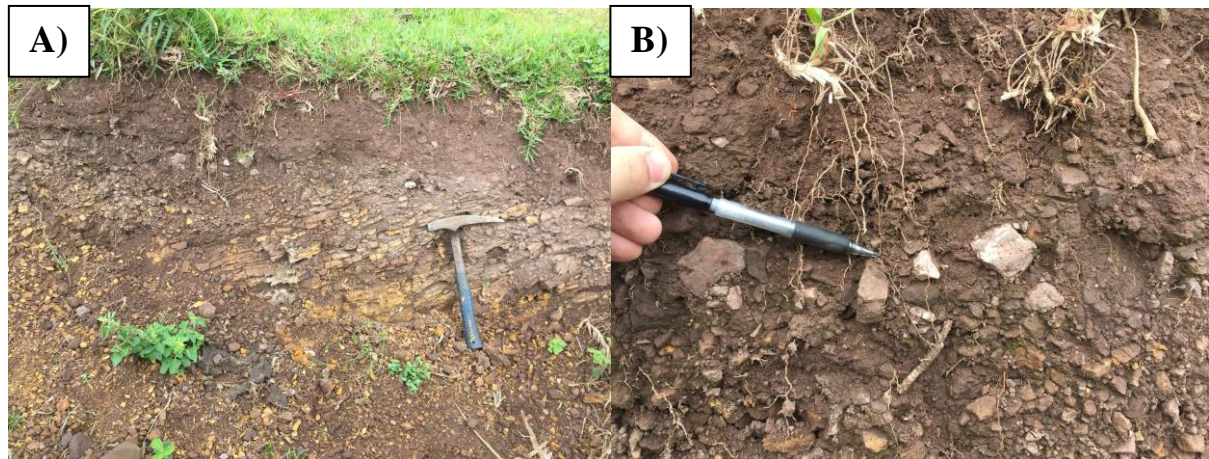
Fonte: Autor (2022)

PPF 02		
Coordenadas: 262517 mE/ 6604403 mS		
Elevação: 222m		
Descrição do ponto		
Afloramento: Afloramento em trincheira exploratória parcialmente encoberta na base do morro		
Descrição macroscópica das rochas:		

Intercalação entre rochas de coloração marrom e ocre, de grau de alteração moderado a alto, com formação de saprolito e sob este, Neossolo Regolítico. As rochas compreendem arenitos e siltitos com laminação centimétrica e intercalados. Ocorre clastos de quartzo leitoso no horizonte de solo, podendo indicar a presença de veios pretéritos, na qual a rocha encaixante foi intemperizada com o passar do tempo.

Fotos

A) Vista para afloramento de rochas arenosa-lamosas com alto grau de intemperismo, formando saprolitos. B) Detalhe para Veios de quartzo leitoso perdidos em horizonte de solo argilo-litólico.



Fonte: Autor (2022)

PPF 03

Coordenadas: 262433 mE/ 6604410 mS

Elevação: 237m

Descrição do ponto

Afloramento: Afloramento em trincheira exploratória na subida do morro próximo rodeado por vegetação de médio porte

Descrição macroscópica das rochas:

O litotipo predominante apresenta clastos que apresentam granulometria variando de seixos a blocos, de composição vulcânica (possivelmente basaltos e andesitos), coloração variando de acinzentada, grau de arredondamento moderado, esfericidade baixa e contatos pontuais a superfície entre os clastos, clasto suportado. Matriz composta de coloração amarelada a amarronada, tamanho de grão de areia média a grossa e composição quartzosa. Há presença de limonita e pirolusita disseminada na matriz e borda de clastos. O litotipo predominante consiste em ortoconglomerado monomítico.

Os litotipos que ocorrem de forma subordinada consistem em arenitos e lamitos. Os arenitos

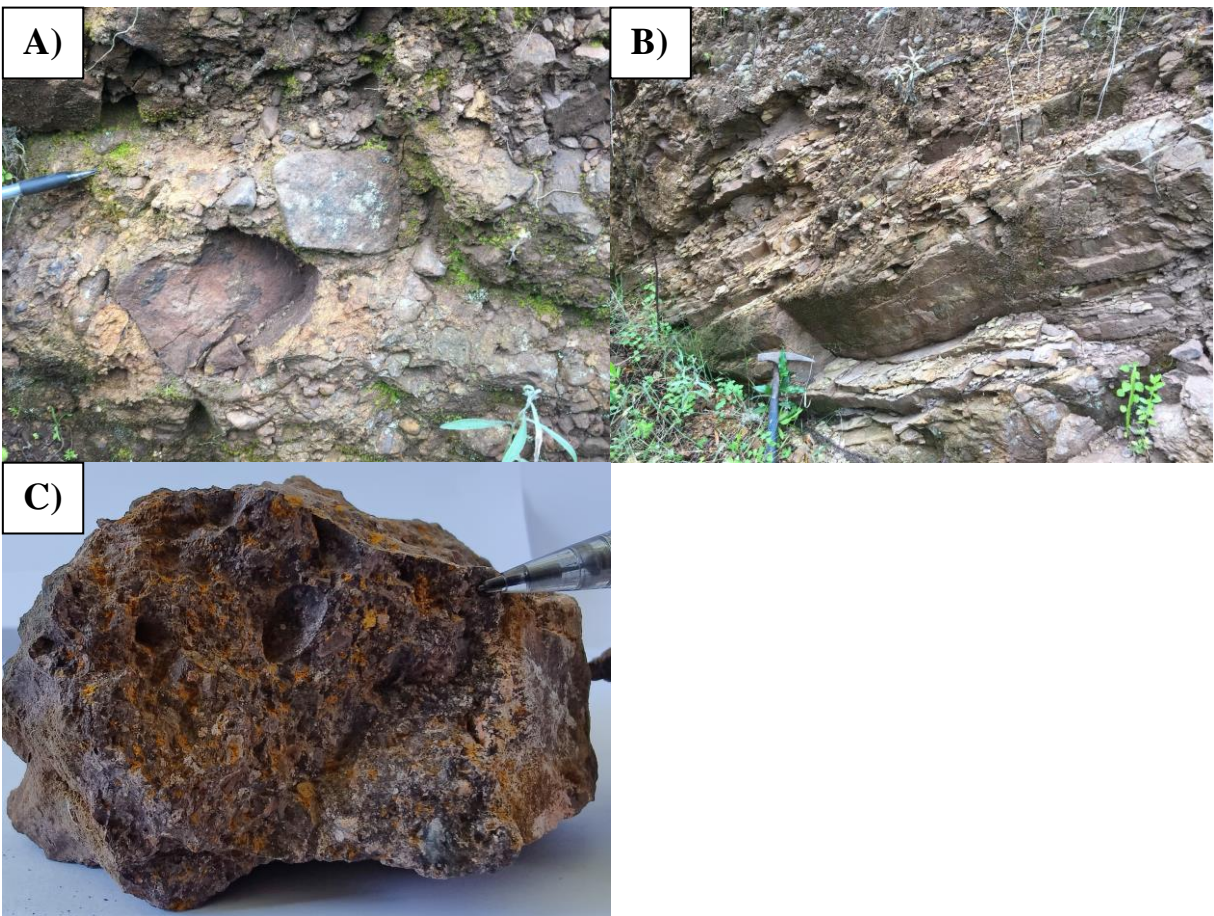
apresentam coloração bege, maciço, camadas centimétricas e granulometria de areia média. Os lamitos apresentam coloração ocre a avermelhada, camadas milimétricas e laminado

Medidas estruturais

Acamamento sedimentar (So) – 160/45

Fotos

A) Foto de detalhe mostrando ortoconglomerado com clastos de diferentes granulometrias de composição vulcânica em matriz arenosa; B) Porção menos expressiva com intercalação de arenitos e lamitos com acamamento sedimentar mergulhando para SE; C) Amostra de mão de ortonglomerado com disseminação de óxidos e hidróxidos na matriz arenosa



Fonte: Autor (2022)

PPF 04

Coordenadas: 262405 mE/ 6604433 mS

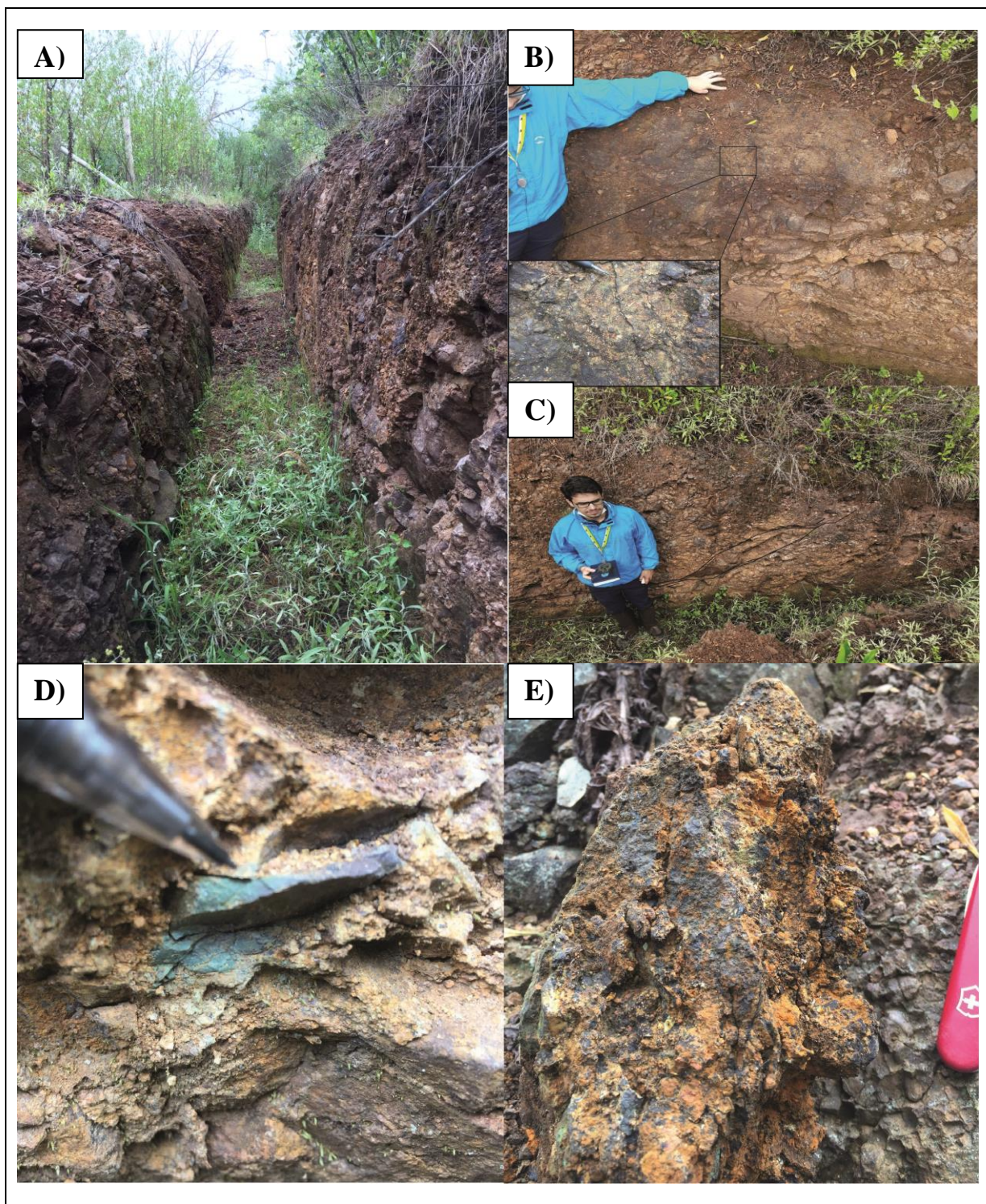
Elevação: 244m

Descrição do ponto

Afloramento: Afloramento artificial em trincheira exploratória no topo do morro em região com vegetação de médio porte.

Descrição macroscópica das rochas:

<p>No afloramento predominam apenas um litotipo que consiste em ortoconglomerados monomítico com clastos predominantes de rocha vulcânica e de granulometria variando de seixos a blocos. Apresentam disseminação de limonita e pirolusita na matriz da rocha.</p> <p>Localmente, ocorre disseminação de malaquita na matriz e na borda de clastos de rochas vulcânicas.</p>
<p>Medidas estruturais: No ponto são descritos duas falhas com planos sigmoidais, uma em cada parede da trincheira, orientação oposta, na qual, apresentam alto ângulo na porção inicial e baixo ângulo de mergulho na porção inferior do plano. Apresentam fraturas com densidade baixa a moderada ao longo do afloramento.</p>
<p>Planos de falha: 060/60; 320/80</p>
<p>Fraturas (F_1): 050/50; 055/70</p>
<p>Fotos</p>
<p>A) Afloramento natural em trincheira exploratória; B) Pessoa de escala salientando plano de falha vertical e detalhe para plano de falha sigmoidal; C) Falha verticalizada a horizontalizada com possível cinemática dextral; D) Detalhe indicado pelo lápis para disseminação de malaquita em clasto de rocha vulcânica e na matriz de ortoconglomerado; E) Amostra de mão com alto grau de alteração com presença de disseminação de hidróxido de ferro (limonita) e óxidos de mangânes.</p>



Fonte: Autor (2022)

PPF 05
Coordenadas: 262381 mE/ 6604425 mS
Elevação: 249m
Descrição do ponto
Afloramento em poços exploratórios antigos parcialmente encobertos por material

incolidado e em trincheiras exploratórias.

Descrição macroscópica das rochas:

Rocha apresenta clastos principalmente de rocha vulcânica e de forma subordinada de rocha metamórfica, que apresentam tamanho de grão de variando de grânulo a seixo nas (nas amostras de mão) podendo chegar a matacão, arredondamento baixo a moderado, esfericidade baixa, contato pontual a facetado entre clastos, arcabouço moderadamente apertado. A matriz é composta por fração tamanho areia média a fina de coloração amarronada. A rocha classifica-se como ortoconglomerado polimítico.

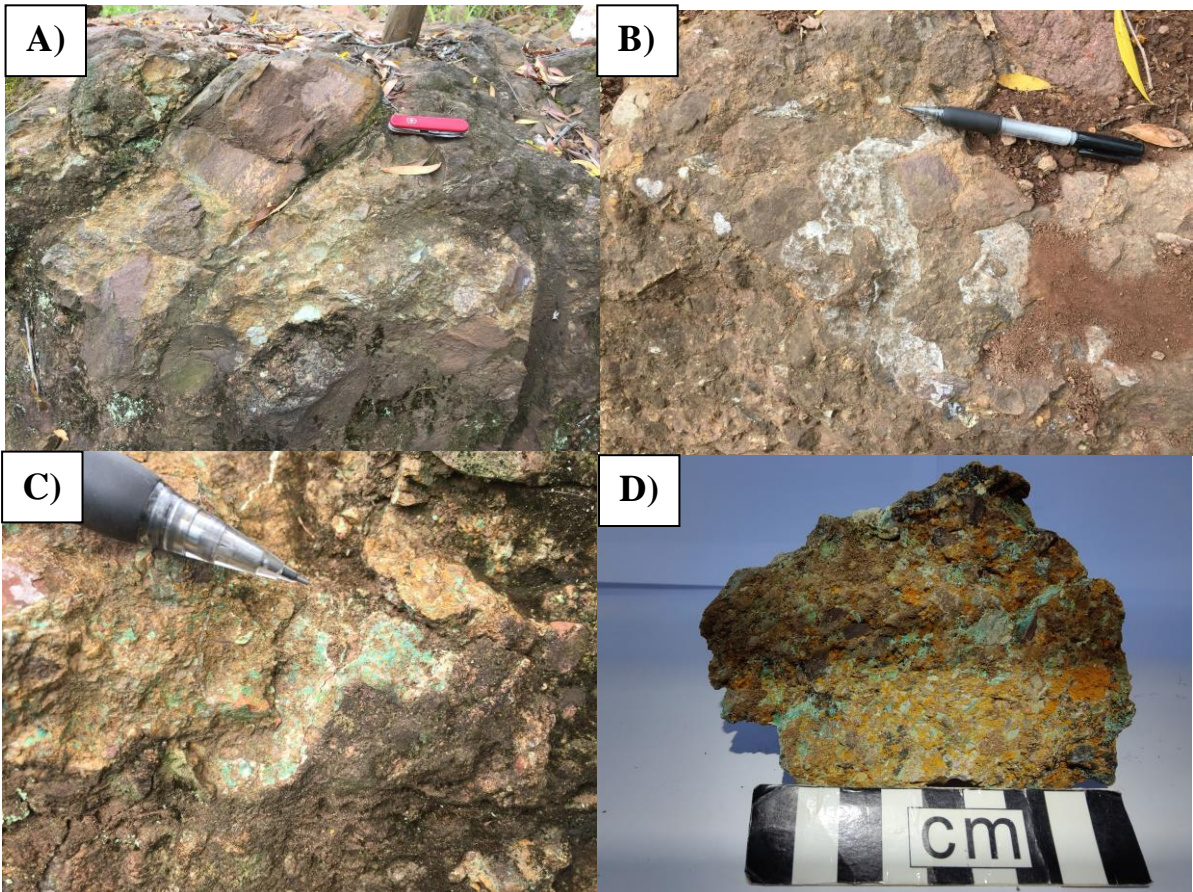
Apresenta disseminação de malaquita, calcita, pirolusita, limonita (hidróxido de ferro), (óxido de mangânes) e óxidos de ferro na matriz e pontualmente preenchendo microfraturas que cortam a matriz da rocha

Medidas estruturais - Duas famílias de fraturas com densidade de fraturas baixa e que são perpendiculares a oblíquas entre si



F₁ 320/30; F₂ 020/65

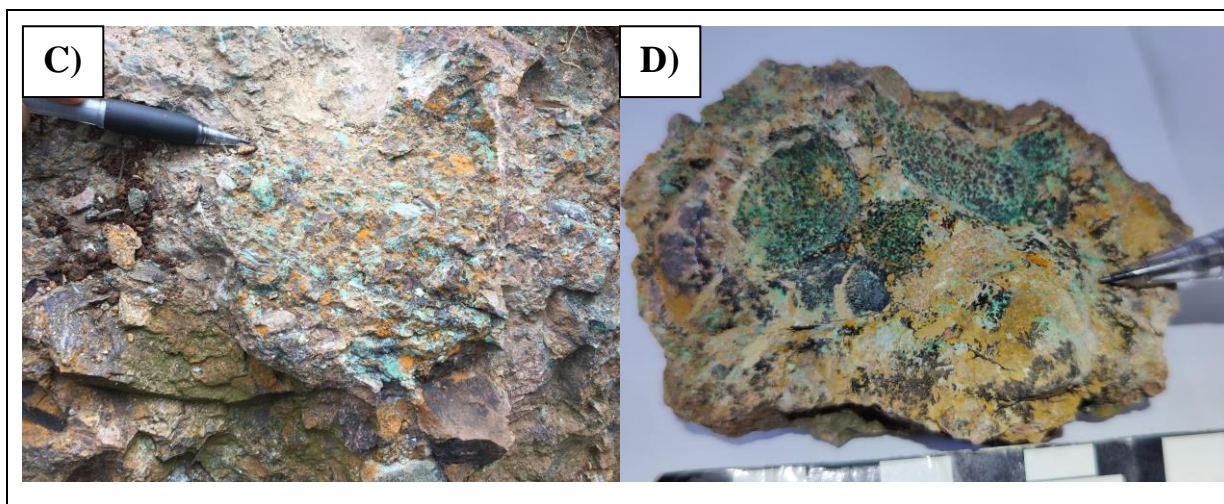
Fotos

A) Vista para porção do afloramento do ponto em poço exploratório; B) Calcita disseminada na matriz de conglomerado clasto suportado; C) Associação de calcita e malaquita; D) Amostra de mão de ortoconglomerado polimítico.



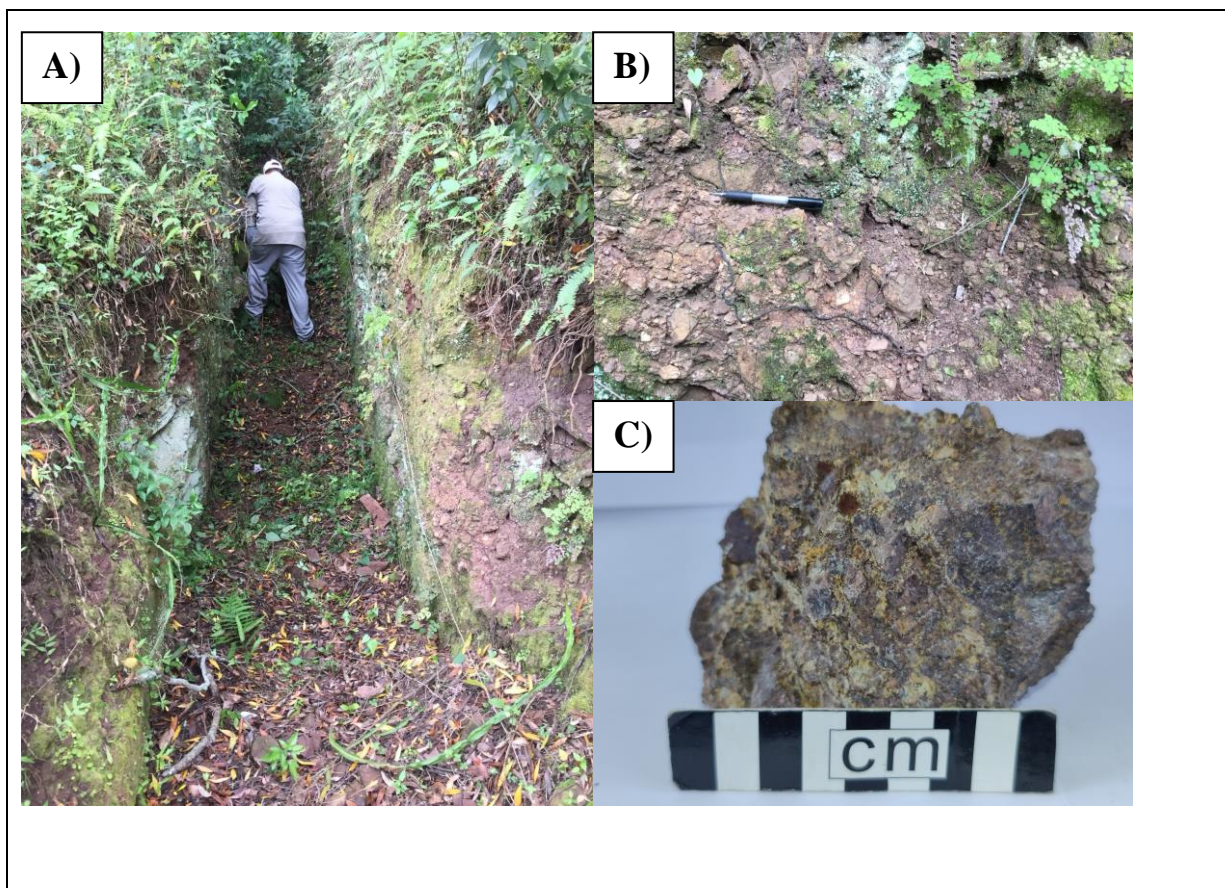
Fonte: Autor (2022)

PPF 06	
Coordenadas: 262353 mE/ 6604422 mS	
Elevação: 253m	
Descrição do ponto	
Afloramento: Afloramento artificial em trincheira exploratória em região elevada.	
Descrição macroscópica das rochas:	
<p>Rocha apresenta clastos de rocha vulcânica e de rocha metamórfica, que apresentam tamanho de grão de variando de grânulo a seixo nas (nas amostras de mão) podendo chegar a matacão, arredondamento baixo a moderado, esfericidade baixa, contato pontual a facetado entre clastos, arcabouço moderadamente apertado. A matriz é composta por fração tamanho areia média a fina de coloração amarronada. A rocha classifica-se como ortoconglomerado polimítico.</p> <p>Apresenta disseminação de pirolusita de hábito dendriforme, limonita (hidróxido de ferro), (óxido de mangânes), óxidos de ferro na matriz e malaquita preenchendo a porosidade da rocha, borda de clastos e foliação da rocha metamórfica.</p> <p>Localmente na trincheira ocorrem arenitos e pelitos.</p>	
Medidas estruturais	
Acamamento sedimentar (So) 220/28; 220/32	Fratura 035/82
Fotos	
<p>A) Afloramento artificial em trincheira exploratória com predomínio de ortoconglomerados polimíticos; B) Arenitos e lamitos subordinados; C) Porção com disseminação de malaquita-pirolustia-limonita em trincheira; D) Amostra de mão de ortoconglomerado polimítico portador de mineralização cuprífera</p>	
A)	B)
	



Fonte: Autor (2022)

PPF 07
Coordenadas: 262368 mE/ 6604469 mS
Elevação: 253m
Descrição do ponto
Afloramento: Afloramento artificial em trincheira exploratória no topo de morro
Descrição macroscópica das rochas:
Rocha contendo clastos de rocha vulcânica e metamórfica, granulometria variando de seixo a grânulo, com baixa-moderado grau de arredondamento, baixa esfericidade, contato facetado entre clastos, salientando um arcabouço apertado. Matriz da rocha bastante alterada com presença de substituição e preenchimento por argilominerais, óxido de mangânes (pirolusita), óxidos de ferro e hidróxidos de ferro em menor quantia. A rocha classifica-se como ortoconglomerado polimítico.
OBS : Presença de bloco rolado no chão de brecha de falha próxima as trincheiras exploratórias – 150m NE das trincheiras.
Fotos
A) Afloramento em trincheira exploratória; B) Vista para litotipo predominante no afloramento com grau moderado a alto de alteração; C) Amostra de mão de ortoconglomerado polimítico



Fonte: Autor (2022)

PPF 08
Coordenadas: 262381 mE/ 6604596 mS
Elevação: 245m
Descrição do ponto
Ponto está situado na quebra do relevo, ao norte do PFP 07, situado em local que apresenta vegetação nativa de campo e árvores de pequeno a médio porte.
Apresenta solo de pequena espessura, ausência de horizonte orgânica e presença de clastos dispersos em material argiloso. Solo classifica-se como Neossolo Regolítico.
Fotos

Neossolo regolítico na quebra do relevo



Fonte: Autor (2022)

PPF 09

Coordenadas: 262364 mE/ 6604674 mS

Elevação: 241m

Descrição do ponto

Afloramento:

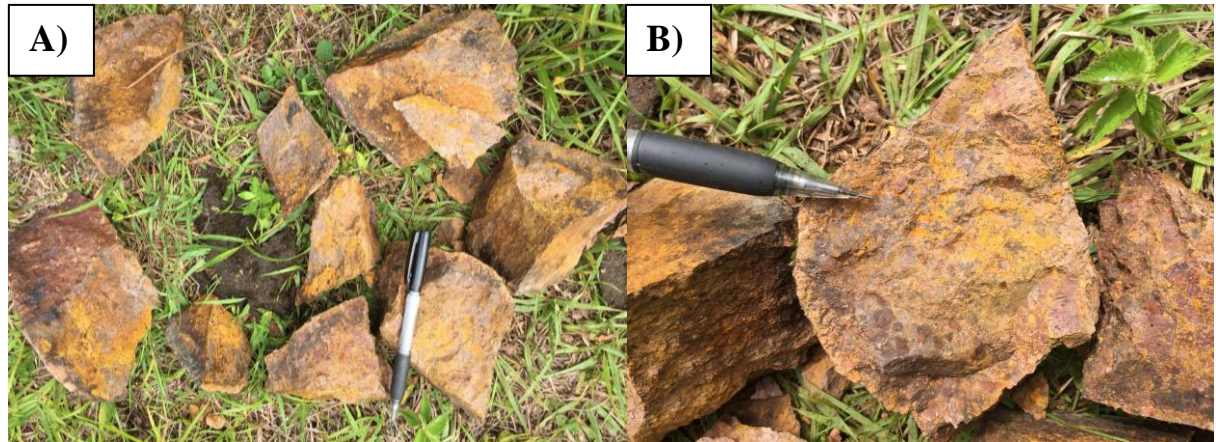
Afloramento natural de blocos de rocha dispersos no campo, apresenta arredondamento baixo a moderado, esfericidade baixa e tamanho granulométrico predominante de blocos. Ponto situado na descida do morro, em campo nativo de gramíneas e árvores de médio porte e solo pouco espesso

Descrição das rochas:

Rocha apresenta clastos do tamanho seixo a bloco, de coloração avermelhada (oxidados), afaníticos, baixo grau de arredondamento e baixa esfericidade, na qual, sugere-se que sejam de composição vulcânica. São identificados intraclastos argilosos no meio da matriz. A matriz apresenta-se bastante silicificada, apresentando coloração amarronzada-avermelhada e laranja, oriundos de óxidos e hidróxidos de ferro respectivamente.

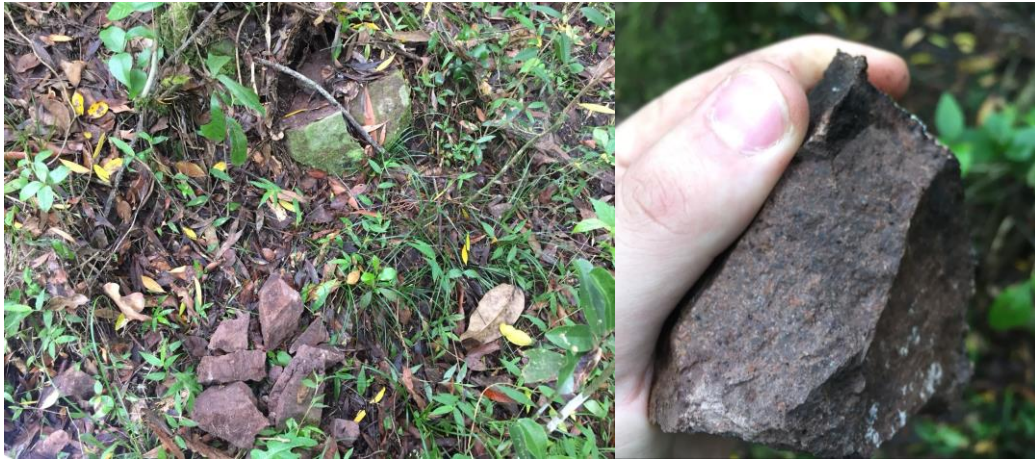
Fotos

A) Afloramento de blocos em campo nativo; B) Faces alteradas de amostras de mão do ortoconglomerado silicificado



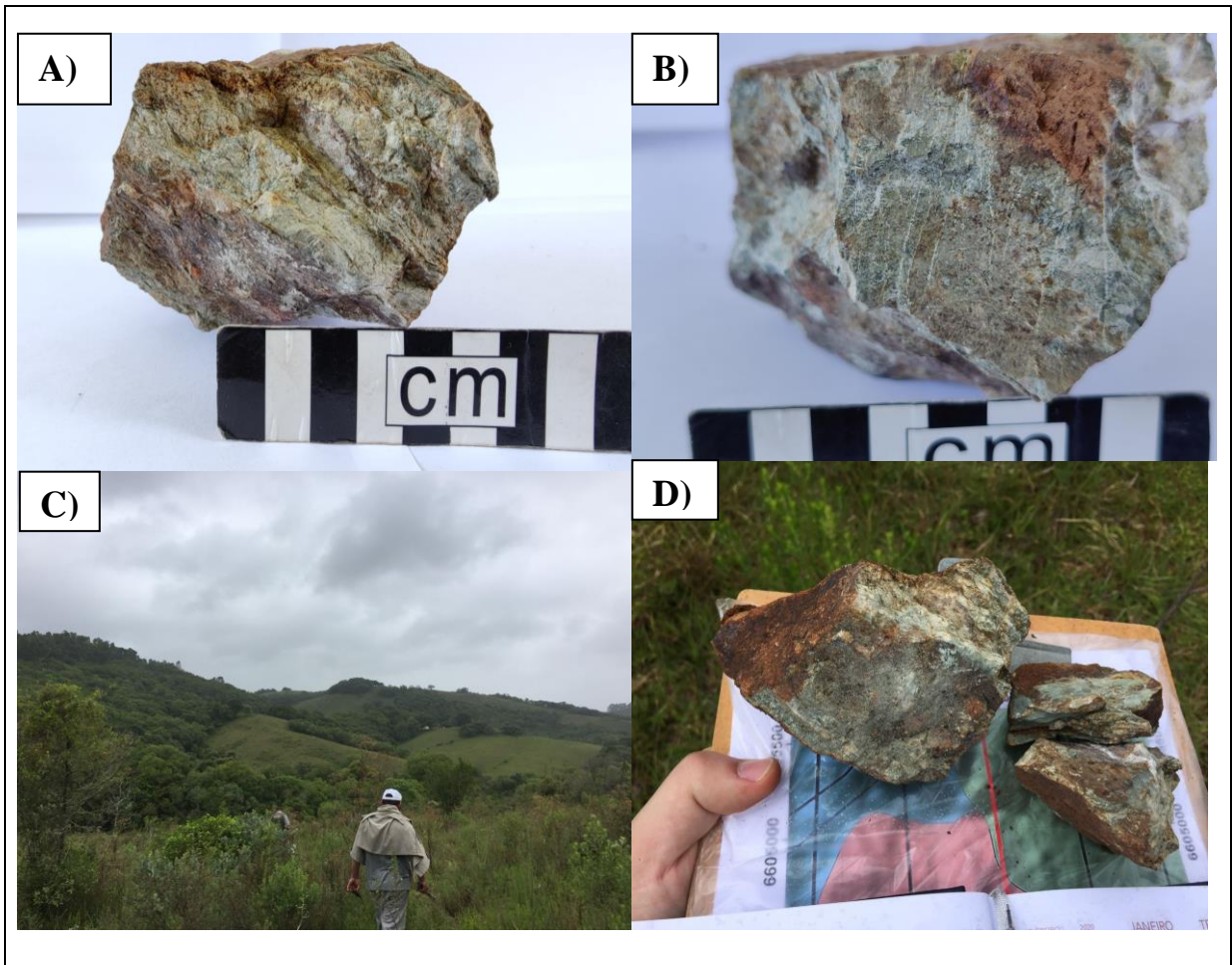
Fonte: Autor (2022)

PPF 10
Coordenadas: 262350 mE/ 6604758 mS
Elevação: 240m
Descrição do ponto
Afloramento: Afloramento de blocos dispersos em vegetação de médio a grande porte na descida do morro em direção a drenagem mais ao norte. Ponto apresenta solo pouco mais espesso, com cobertura vegetal e horizonte argiloso.
Descrição das rochas: Rocha apresenta coloração amarronada com tons mais escuros nas porções mais oxidadas, fanerítica fina com cristais de feldspato de coloração avermelhada e plagioclásios muito fino. Apresenta grau de alteração moderado, com oxidação e obliteração dos minerais, os transformando em argilominerais. Sugere-se que a amostra seja um andesito.
Fotos
A) Afloramento de blocos dispersos na descida do morro; B) Amostras de mão do ponto



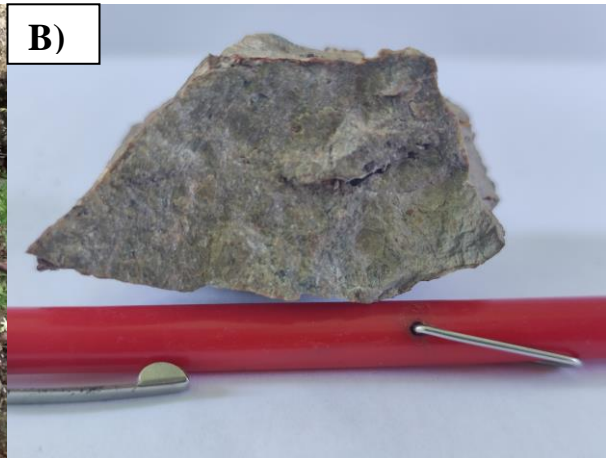
Fonte: Autor (2022)

PPF 11
Coordenadas: 262358 mE/ 6604941 mS
Elevação: 224m
Descrição do ponto
<p>Afloramento:</p> <p>Afloramentos naturais de blocos dispersos em campo nativo. Blocos apresentam arredondamento baixo a moderada e baixa esfericidade. Vista para o norte de morros e coxilhas onduladas apresentando porções dissecadas próximas as drenagens e presença vegetação de grande e campo nativo.</p>
<p>Descrição das rochas:</p> <p>Amostras de mão das rochas roladas apresentam coloração cinza esverdeado, foliação metamórfica bem marca a inciepiante, espaçamento entre foliações milimétrico a centimétrico, foliação ondulada e com presença de oxidação no plano da foliação. São identificados duas famílias de veios na rocha: i) concordante com a foliação com preenchimento de quartzo e maior espessura; ii) discordante com a foliação com preenchimento de quartzo e menor espessura. A rocha classifica-se como metassedimentar.</p>
Fotos
<p>A) Vista para a geomorfologia da porção nordeste da área de estudo, caracterizada por relevo montanhoso com porções dissecadas ; B) Amostras do tamanho bloco encontradas em campo nativo; C) Amostras de mão de metavulcânica; D) Veios de quartzo cortando a rocha</p>



PPF 12
Coordenadas: 262402 mE/ 6605076 mS
Elevação: 214m
Descrição do ponto
Afloramento: Afloramentos de locos rolados em vegetação de médio a grande porte na quebra do morro.
Descrição das rochas: Amostra 01) Blocos de rocha vulcânica afanítica e de forma subordinada fanerítica fina, matriz de coloração acinzentada em face fresca e esverdeada em face alterada. Porções com maior oxidação apresentam coloração marrom avermelhada e rocha com textura botroidal. Ocorrem microfraturas paralelas a oblíquas entre si e a presença de vesículas preenchidas milimétricas semicirculares preenchidas por quartzo. Ademais, ocorre tanto na matriz quanto em veio presença de mineral de coloração metálica. Sugere-se que a rocha possa ser classificada como basalto-andesítico Amostra 02) Rocha brechada contendo clastos de rocha vulcânica imersos em material quartzo. A rocha é classificada como brecha de falha.
Fotos

A) Afloramento em blocos em meio a mata; B) Amostra de mão de basalto-andesítico; C) Amostra de mão de brecha de falha



Fonte: Autor (2022)

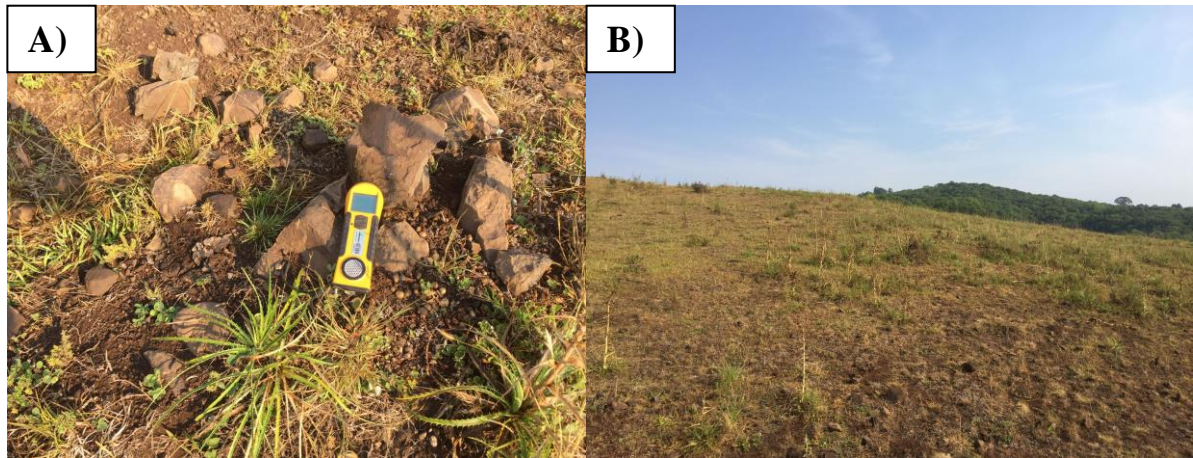
PPF 13
Coordenadas: 262402 mE/ 6605076 mS
Elevação: 214m
Descrição do ponto
Afloramento: Afloramento natural em drenagem na quebra do morro coberto parcialmente por vegetação e solo transportado.
Descrição das rochas: Clastos dispersos em material argiloso de que tamanho granulométrico bloco, arredondamento baixo a moderado, esfericidade baixa, com formação de clastos oblatos, contato entre clastos de pontual e em face. Clastos são de rochas metamórficas.
Fotos
Afloramento de ortoconglomerados em drenagem natural próximo ao contato entre unidades litológicas



Fonte: Autor (2022)

PPF 14
Coordenadas: 262367 mE/ 6603773 mS
Elevação: 192m
Descrição do ponto
<p>Afloramento:</p> <p>Afloramento natural de blocos e matacões rolados em campo nativo com relevo de coxilhas onduladas de declividade suave a moderada.</p>
<p>Descrição das rochas:</p> <p>Rocha de coloração cinza escura em face fresca e amarronada a roxeada em face alterada, matriz afanítica de coloração escura, textura porfírica com fenocristais de plagioclásio e piroxênio. A rocha classifica-se como basalto .</p> <p>Apresenta magnetização</p>
Fotos

A) Afloramento natural de blocos e matacões em campo nativo; B) Vista do relevo na região do ponto.



Fonte: Autor (2022)

PPF 15
Coordenadas: 262344 mE/ 6603819 mS
Elevação: 194m
Descrição do ponto
Afloramento: Afloramento natural de blocos e matacões rolados em campo nativo em coxilha
Descrição das rochas: Rocha de coloração escura em face fresca e amarronada em face altera, textura porfírica com fenocristais milimétricos de plagioclásio e piroxênio, de hábio lamelar e prismático respectivamente; matriz afanítica vítrea e presença de fraturas dando um aspecto brechado. A rocha é classificada como basalto. Presença de magnetização das amostras
Fotos

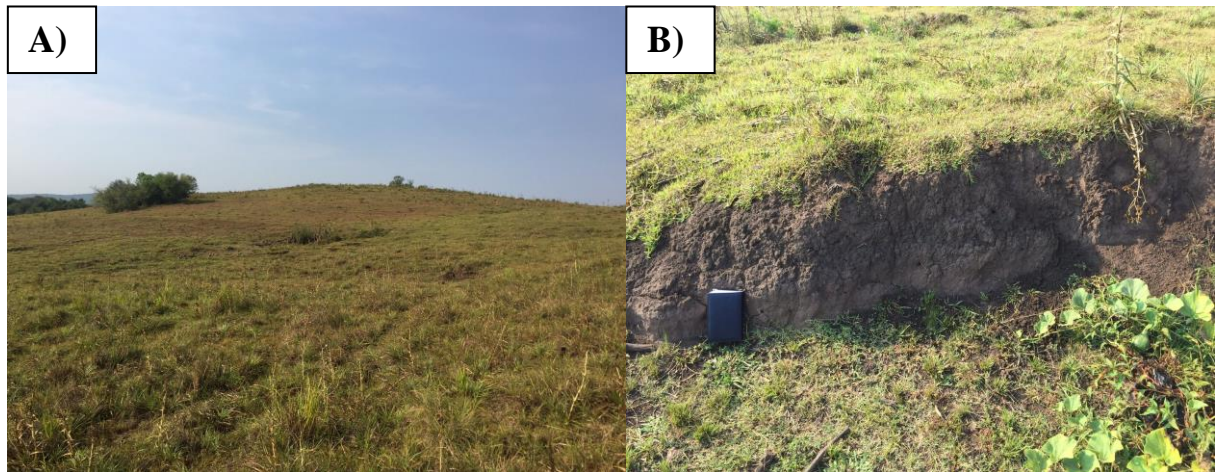
Afloramento natural de blocos e matacões em campo nativo.



Fonte: Autor (2022)

PPF 16
Coordenadas: 262361 mE/ 6603910 mS
Elevação: 192m
Descrição do ponto
Ponto de controle no topo da coxilha. 10m ao norte do ponto – contato litológico inferido entre a unidade de rochas vulcânicas e as rochas sedimentares.
Camada espessa de solo amarronado de fração granulométrica areno-siltosa com cobertura orgânica pouco espessa.
Fotos

A) Vista para o relevo no ponto para SW; B) Camada de solo na região



Fonte: Autor (2022)

PPF 17

Coordenadas: 262361 mE/ 6603985 mS

Elevação: 196m

Descrição do ponto

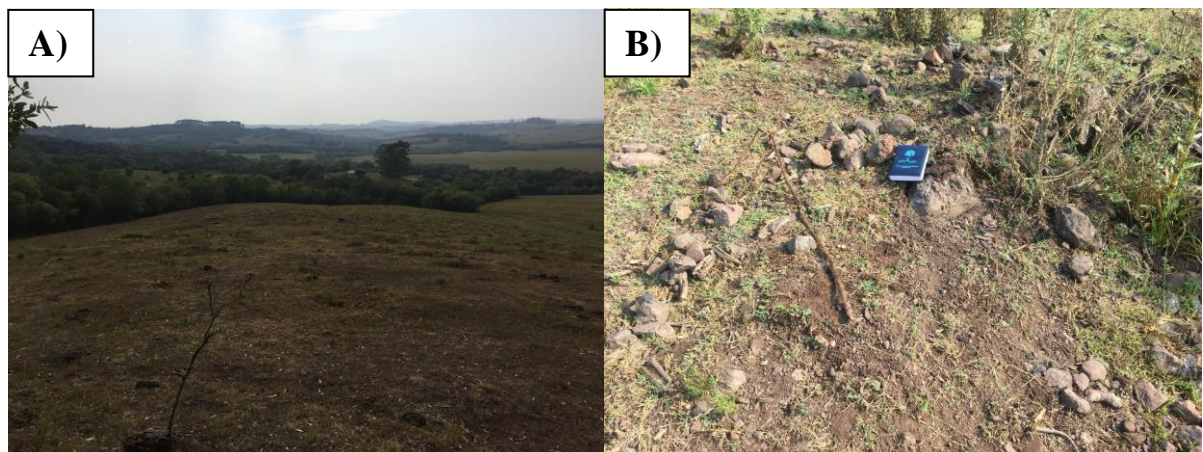
Afloramento natural de campo de blocos e matacões no topo de coxilha em campo nativo de gramíneas.

Descrição das rochas:

Rocha com predomínio de clastos sobre a matriz, clastos predominam tamanho seixo a grânulo, composição vulcânica (básicos a ácidas), clastos por vezes oxidadas; Matriz do tamanho areia e silicificada e presença de *stockworks* preenchidos por quartzo em conglomerados rolados. Rocha classifica-se como ortoconglomerado monomítico.

Fotos

A) Vista para SW próximo ao topo da coxilha; B) Afloramento de blocos e matacões; C) Blocos de ortoconglomerado





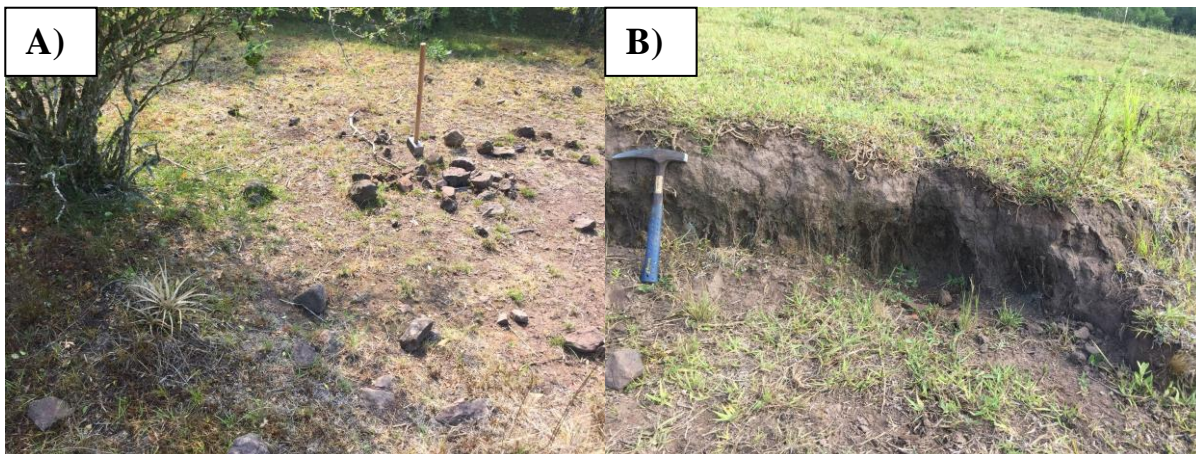
Fonte: Autor (2022)

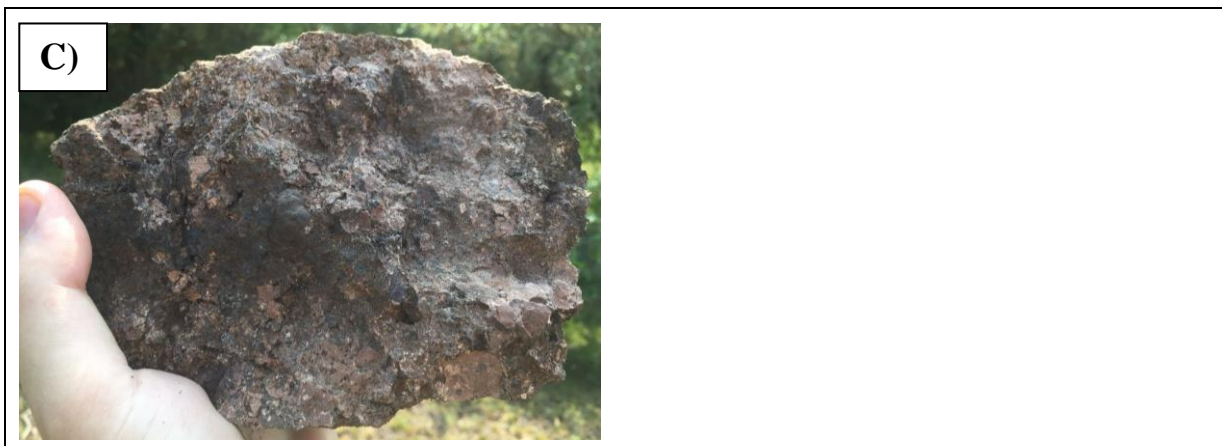
PPF 18
Coordenadas: 262369 mE/ 6604044 mS
Elevação: 198m
Descrição do ponto
Afloramento natural de campo de blocos no topo da coxilha em meio a vegetação de médio porte.
Descrição das rochas:
Rocha com predomínio de clastos em detrimento da matriz, com clastos do tamanho seixo e grânulo de composição vulcânica oxidada, matriz arenosa silicificada e leve magnetismo da rocha oriundo dos minerais magnéticos dos clastos de rocha vulcânica. A rocha classifica-se como ortoconglomerado monomítico.
OBS: Falha inferida, na quebra do relevo, de direção NE
Fotos
A) Vista para SW próximo ao topo da coxilha; B) Afloramento de blocos e matacões; C) Blocos de ortoconglomerado

Fonte: Autor (2022)

PPF 19
Coordenadas: 262366 mE/ 6604105 mS
Elevação: 202m
Descrição do ponto
Ponto na quebra do relevo, entre duas coxilhas com declividade onduladas a suave e situado em campo de gramíneas nativas.
OBS: Falha inferida entre as duas coxilhas com direção NE
Fonte: Autor (2022)

PPF 20
Coordenadas: 262380 mE/ 6604177 mS
Elevação: 203m
Descrição do ponto
Afloramento natural de blocos e matacões na subida do morro
Descrição das rochas:
Rocha com predomínio de clastos em detrimento da matriz, com clastos de tamanho granulométrico de seixo a grânulo, clastos de rocha vulcânica (predominam básicas sobre as ácidas), clastos angulosos a levemente arredondados, esfericidade moderada, matriz arenosa de coloração amarronado silicificada e porções com disseminação de óxidos de mangânes. A rocha classifica-se como ortoconglomerado monomítico.
Perfil de solo de tons amarronados e composição silte-arenosa em anexo ao ponto
Fotos
A) Afloramento natural de blocos e matacões; B) Perfil de solo anexo do ponto; C) Amostra de mão de ortoconglomerado com clastos de rochas vulcânicas.





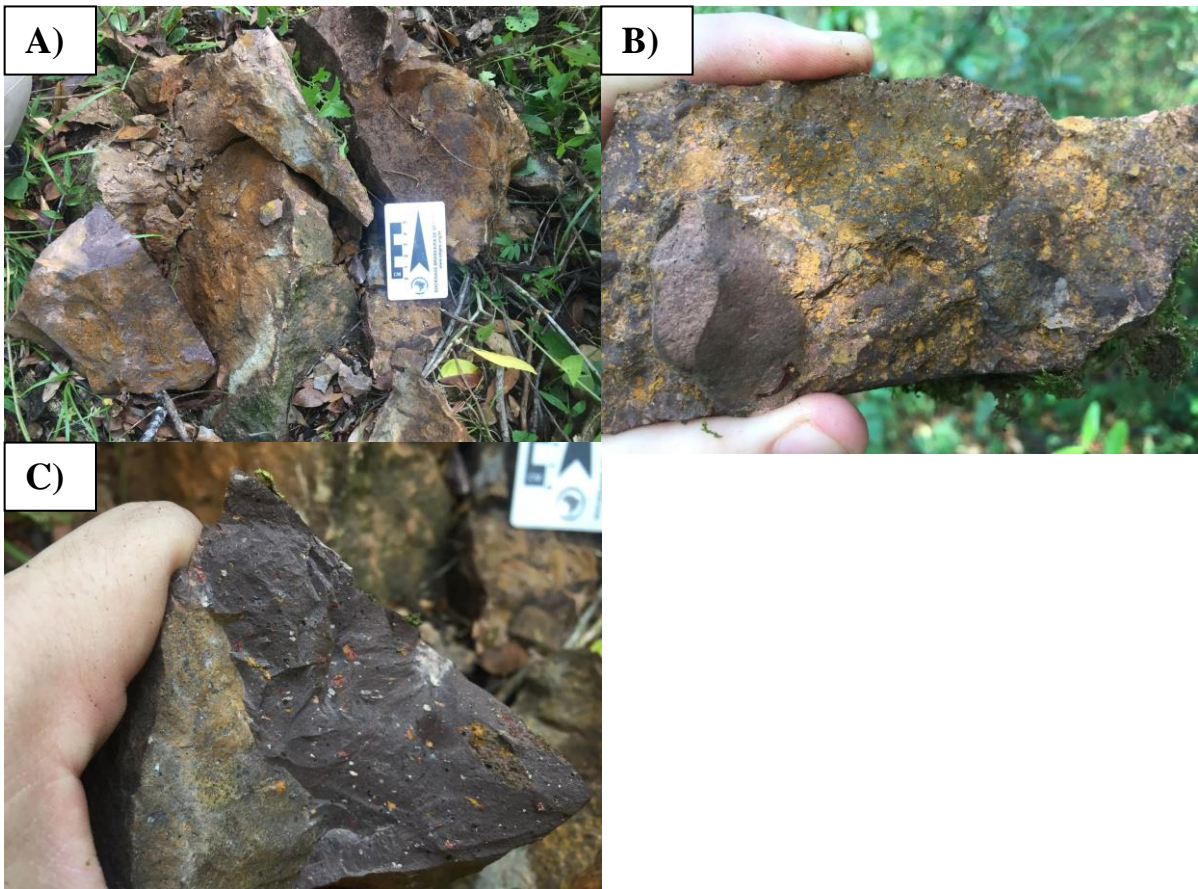
Fonte: Autor (2022)

PPF 21
Coordenadas: 262360 mE/ 6604252 mS
Elevação: 223m
Descrição do ponto
Ponto de controle na subida do morro em meio a mata densa de médio a grande porte

Fonte: Autor (2022)

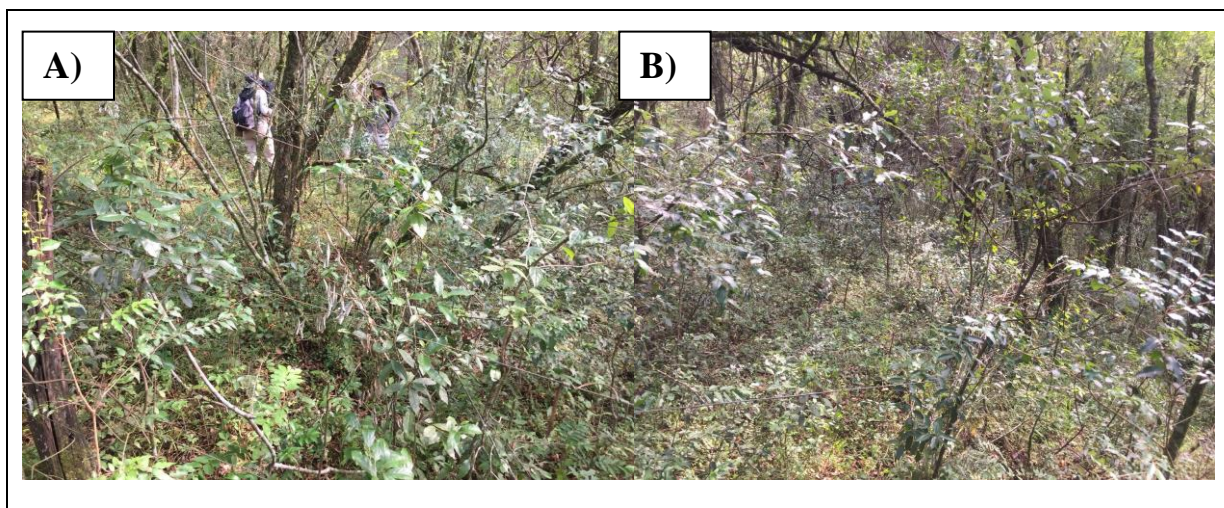
PPF 22
Coordenadas: 262361 mE/ 6604304 mS
Elevação: 233m
Descrição do ponto
Afloramento natural de blocos ao sul das trincheiras exploratórias.
Descrição das rochas: Blocos angulosos e pouco arredondados compreende rocha com clastos em detrimento da menor proporção da matriz, tamanho granulométrico de seixo, de composição vulcânica com matriz arenosa silicificada, disseminação de limonita em clastos e na matriz. Clastos de rocha vulcânica apresenta textura porfírica com fenocristais plagioclásio, vidro vulcânico e minerais máficos alterados em matriz afanítica de coloração cinza escuro, na qual, tais blocos podem ser classificados como basalto-andesíticos. A rocha classifica-se como ortoconglomerado monomítico.
Fotos

A) Afloramento natural de blocos no meio da mata; B) Bloco de ortoconglomerado com intensa disseminação de limonita; C) Clasto de rocha vulcânica com textura porfírica.



Fonte: Autor (2022)

PPF 23
Coordenadas: 262366 mE/ 6604361 mS
Elevação: 246m
Descrição do ponto
Ponto de controle na subida do morro com alta declividade de vegetação densa de médio a grande porte. Ocorre cerca de divisa de propriedade na direção norte-sul.
Fotos
A) Ponto na subida do morro; B) Intensa vegetação em todas direções



Fonte: Autor (2022)

PPF 24
Coordenadas: 262358 mE/ 6604382 mS
Elevação: 254m
Descrição do ponto
Afloramento de blocos no meio da mata fechada
Descrição da rocha
Rocha vulcânica, de coloração amarronada em face fresca e alaranjada em porções oxidadas; textura porfírica com fenocristais de quartzo e plagioclásio imersos em matriz afanítica de composição vítrea. Rocha classifica-se como andesito.

Fonte: Autor (2022)

PPF 25
Coordenadas: 262375 mE/ 6604417mS
Elevação: 260m
Descrição do ponto
Afloramento artificial em trincheira exploratória com 1.8 de altura das paredes e comprimento decamétrico.
Descrição das rochas:
Rocha suportada por clastos que variam de granulometria de seixo a bloco, subarredondados e esfericidade baixa a moderada, clastos predominantemente vulcânicos e de forma subornada de rochas metamórficas foliadas. Matriz arenosa de coloração amarronada, por vezes silicificada. A rocha é classificada como ortoconglomerado polimítico. De forma subordinada são identificados intercalações de pelitos e lamitos intemperizados e que mostram um basculamento das camadas. Localmente são visíveis quartzo leitoso (oriundo de veios?) na porção superior mais alterada das trincheiras exploratórias
Declínio da susceptibilidade magnética
Medidas estruturais: Intercalações de arenitos e lamitos basculados

Acamamento sedimentar (So) – 114/45; 195/35

Fotos

A) Afloramento artificial em trincheira exploratória; B) Intercalação entre ortoconglomerados, arenitos e pelitos; C) Detalhe para arcabouço clasto suportado de conglomerado; D) Quartzo leitoso em porção de solo.



Fonte: Autor (2022)

PPF 26

Coordenadas: 262388 mE/ 6604426 mS

Elevação: 258m

Descrição do ponto

Afloramento artificial em trincheira exploratória com 1.2 – 1.5 de altura das paredes e comprimento decamétrico.

Descrição das rochas:

Rocha suportada por clastos que variam de granulometria predominante de bloco, subarredondados, esfericidade baixa a moderada, clastos predominantemente vulcânicos e de forma subornada de rochas metamórficas foliadas. Matriz arenosa de coloração amarronada, por vezes silicificada. A rocha é classificada como ortoconglomerado polimítico.

No ponto são identificados intercalações de pelitos e lamitos intemperizados que mostram um basculamento das camadas e apresentam maior proporção que no ponto anterior.

Localmente são identificados blocos da trincheira (*in situ* ou não) de ortoconglomerados polimítico com presença de disseminação de malaquita, calcita (localmente dissolvida),

limonita e pirolusita na matriz arenosa que por vezes encontra-se silicificada.

Declínio da susceptibilidade magnética

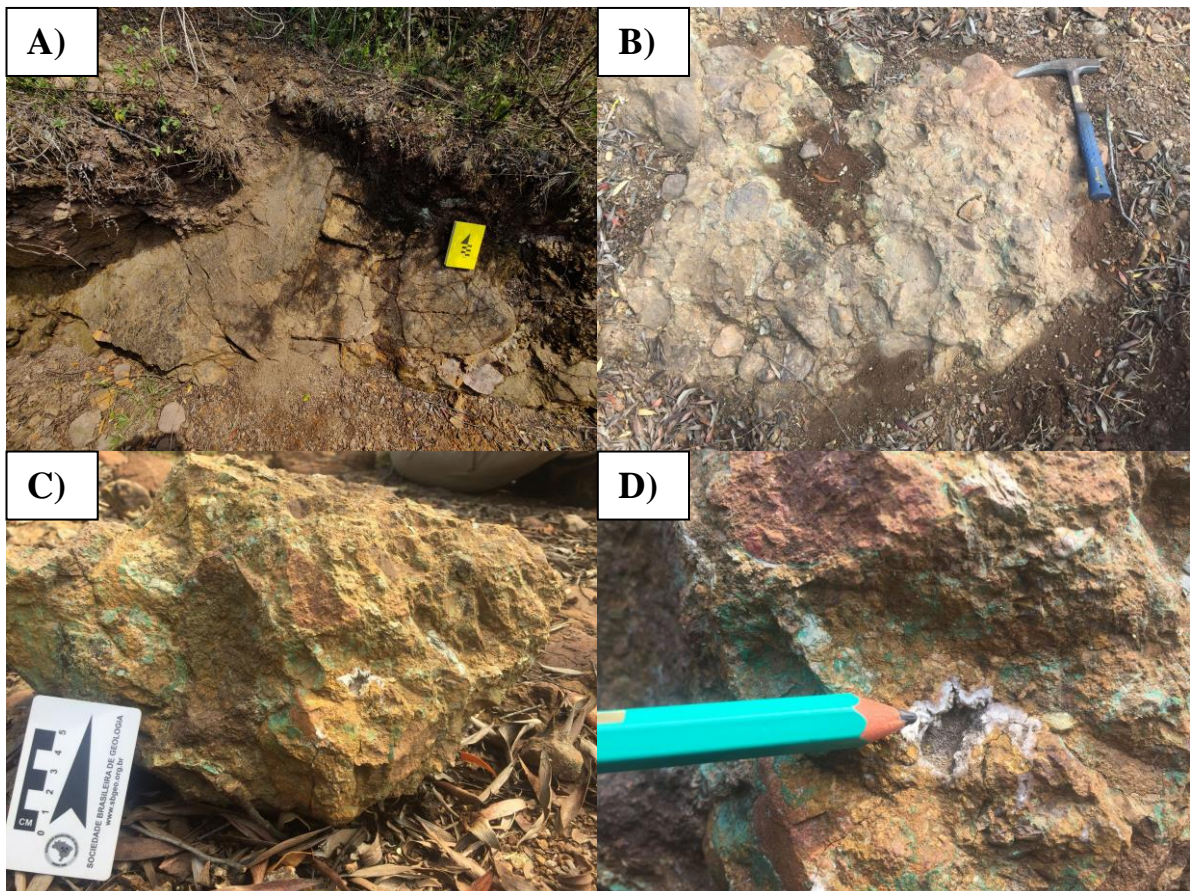
Medidas estruturais: Intercalações de arenitos e lamitos basculados

Acamamento sedimentar (So) – 170/40

Fratura – 090/82

Fotos

A) Parte do afloramento artificial em trincheira exploratória de conglomerados, arenitos e pelitos; B) Detalhe para arcabouço clasto suportado de conglomerado; C) Matacão ortoconglomerado com mineralização cuprífera; D) Detalhe para dissolução de calcita na matriz arenosa.



Fonte: Autor (2022)

PPF 27

Coordenadas: 262374 mE/ 6604461 mS

Elevação: 260m

Descrição do ponto

Afloramento natural de blocos rolados em campo nativo a NW das trincheiras exploratórias

Descrição das rochas:

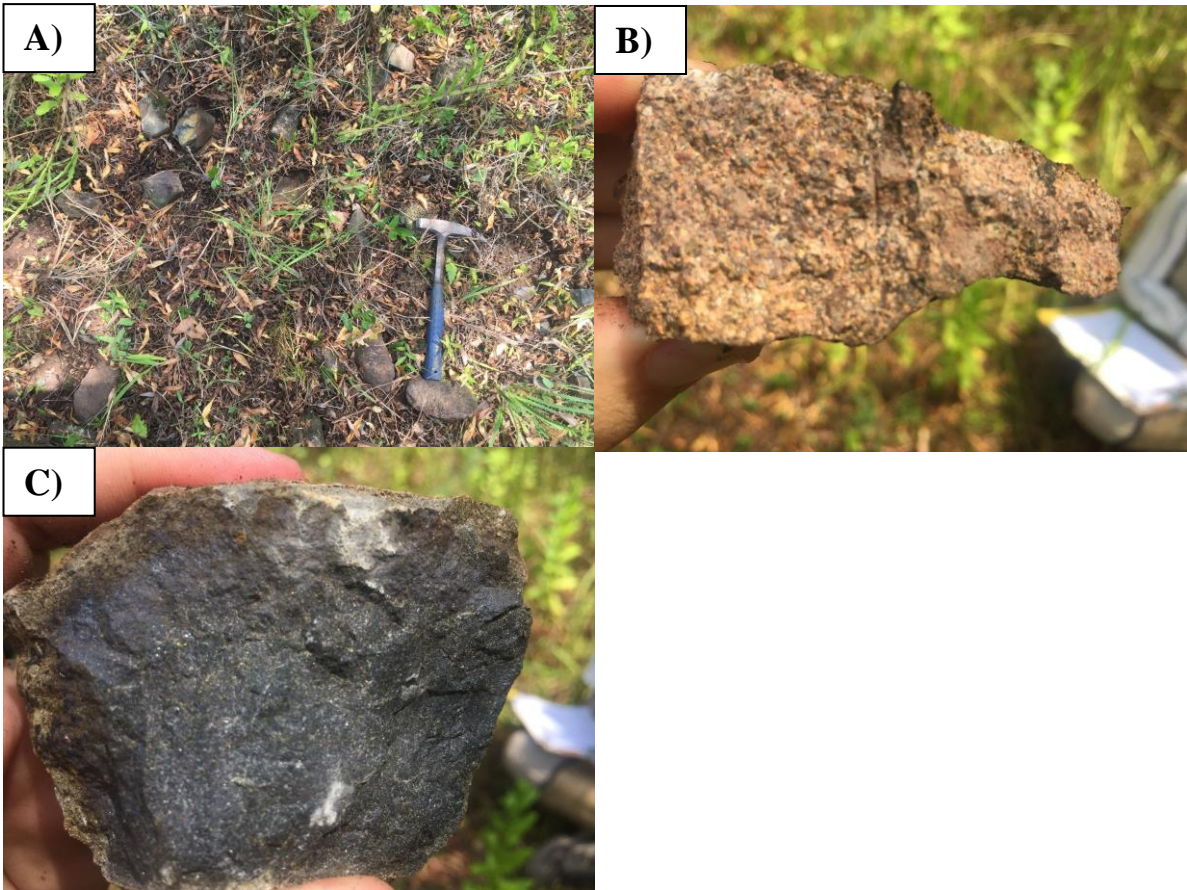
Rocha suportada por clastos de granulometria predominante de grânulos, subarredondados, esfericidade moderada, clastos predominantemente vulcânicos. Matriz arenosa de coloração

amarronada silicificada. A rocha é classificada como ortoconglomerado monomítico. Clasto de rocha vulcânica de coloração escura (face fresca) e amarronada a esverdeada (face alterada), matriz afanítica vítrea de coloração escura, textura porfíritia com fenocristais de plagioclásio de dimensões milimétricas. A rocha classifica-se como basalto porfíritico.

Aumento da susceptibilidade magnética oriundo dos clastos de rocha vulcânica

Fotos

A) Afloramento artificial de blocos em campo nativo; B) Ortoconglomerado com matriz silicificada; C) Clasto de rocha vulcânica.

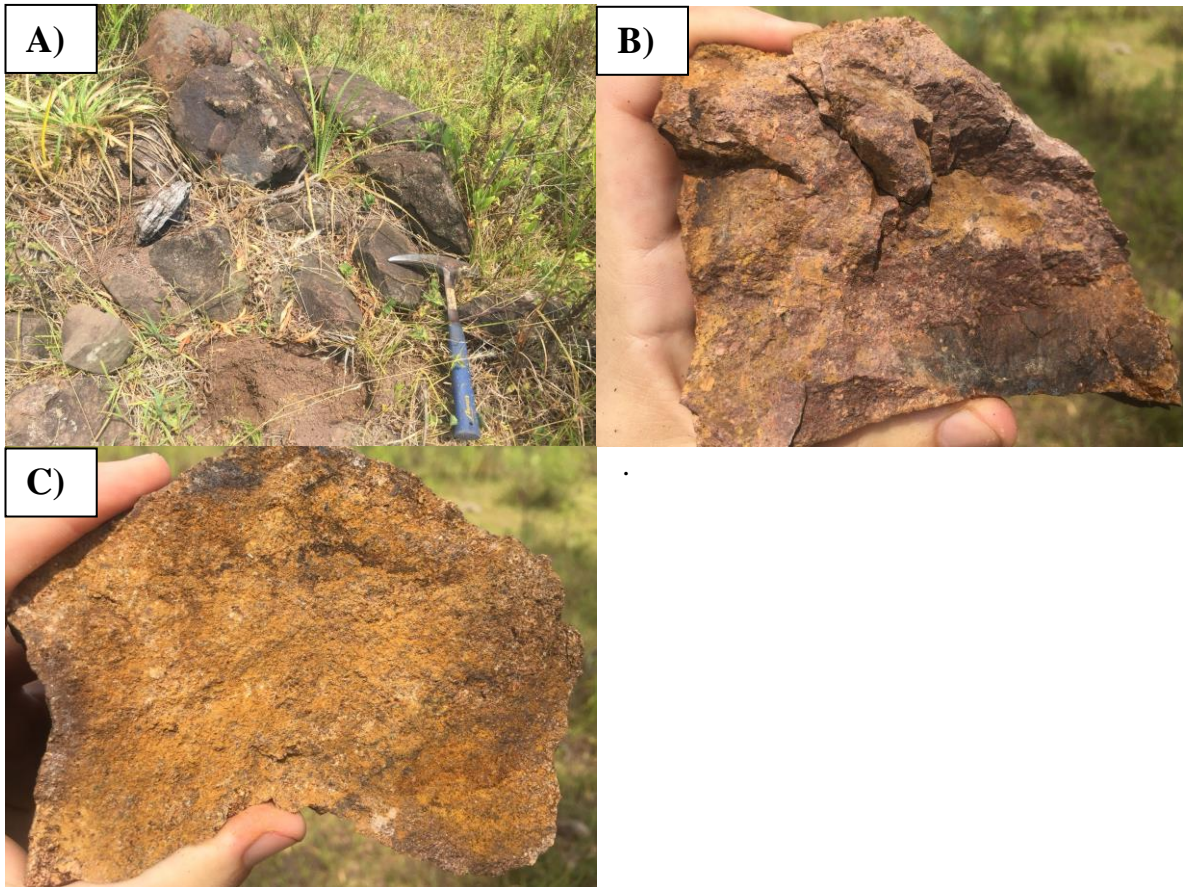


Fonte: Autor (2022)

PPF 28
Coordenadas: 262355 mE/ 6604527 mS
Elevação: 265m
Descrição do ponto
Afloramento natural de blocos e matacões rolados em campo nativo
Descrição das rochas:
Rocha com predomínio de clastos sobre a matriz, clastos do tamanho grânulo a seixos, pouco arredondamento, esfericidade moderada; clastos de composição vulcânica (oxidados) e raros de rochas metamórficas e matriz arenosa silicificada. A rocha é classificada como ortoconglomerado polimítico.

Fotos

A) Afloramento natural de blocos em campo nativo; B) Ortoconglomerado com matriz silicificada; C) Ortoconglomerado com matriz limonitizada.



Fonte: Autor (2022)

PPF 29

Coordenadas: 262350 mE/ 6604588 mS

Elevação: 258m

Descrição do ponto

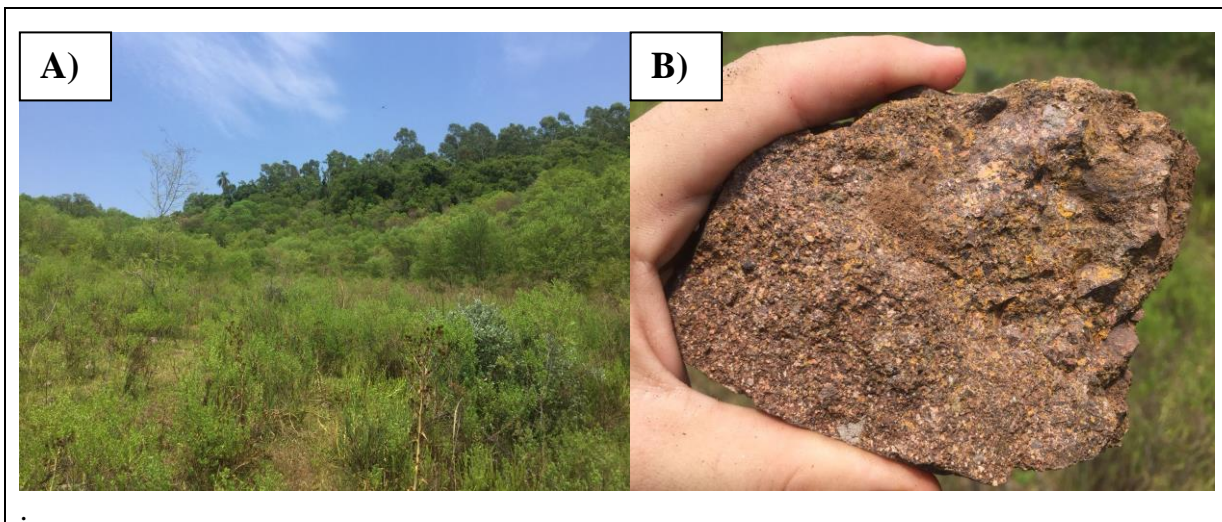
Afloramento natural de blocos e matacões rolados em campo nativo

Descrição das rochas:

Rocha suportada por clastos que variam de granulometria predominante de seixos a grânulos, angulosos, esfericidade baixa a moderada, clastos predominantemente vulcânicos e subordinadamente de quartzos. Matriz arenosa de coloração amarronada silicificada e por vezes limonitizada. Localmente ocorrem porções de paraconglomerados. A rocha é classificada como ortoconglomerado monomítico.

Fotos

A) Vista para SW com identificação de quebra do morro – falha inferida na quebra do relevo; B) Ortoconglomerado com matriz silicificada.



Fonte: Autor (2022)

PPF 30
Coordenadas: 262344mE/ 6604662 mS
Elevação: 243m
Descrição do ponto
Afloramento natural de blocos e matacões rolados em campo nativo
Descrição das rochas:
Rocha não suportada por clastos que variam de granulometria predominante de seixos a grânulos, angulosos, esfericidade baixa a moderada, clastos predominantemente vulcânicos e subordinadamente de quartzos. Matriz arenosa de coloração amarronada silicificada e por vezes limonitizada. Localmente ocorrem porções de paraconglomerados. A rocha é classificada como paraconglomerado monomítico a arenito conglomerático.
Fotos
A) Afloramento natural de blocos e matacões; B) Paraconglomerado com matriz silicificado e limonitizada.

Fonte: Autor (2022)

PPF 31
Coordenadas: 262358 mE/ 6604715 mS
Elevação: 241m
Descrição do ponto
Afloramento natural de blocos e matacões rolados em campo nativo
Descrição das rochas: Rocha suportada por clastos que variam de granulometria predominante de seixos a grânulos com porções de blocos, arredondamento baixo a moderada, esfericidade moderada, clastos são de composição vulcânica (intermediárias e ácidas), com matriz arenosa silicificada e por vezes limonitizada. A rocha é classificada como paraconglomerado a ortoconglomerado monomítico.
Fotos
A) Afloramento natural de blocos e matacões; B) Paraconglomerado com matriz silicificada; C) Aspecto da rocha silicificada e oxidada.
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>A)</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>B)</p>  </div> </div> <div style="text-align: center; margin-top: 10px;"> <p>C)</p>  </div>

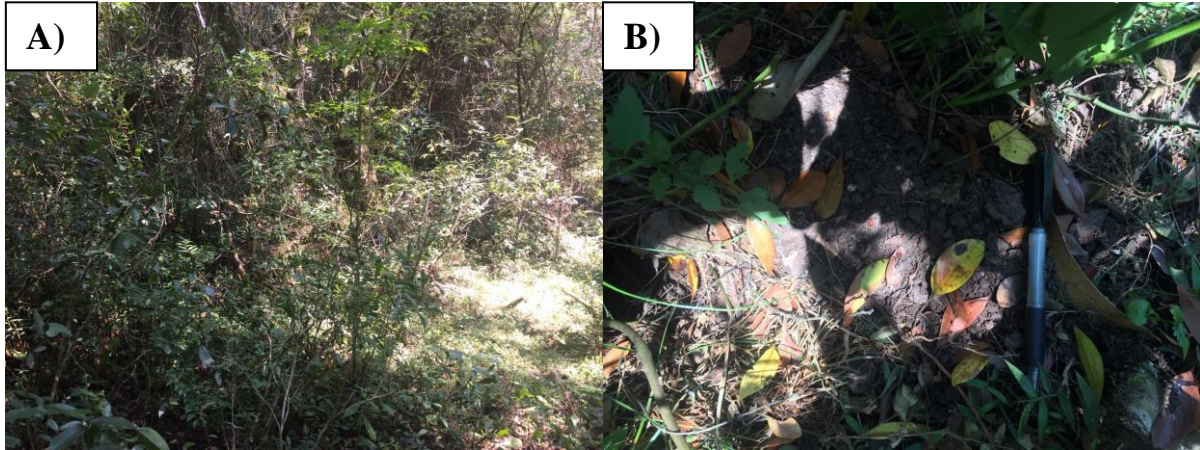
Fonte: Autor (2022)

PPF 32
Coordenadas: 262338 mE/ 6604782 mS
Elevação: 240m
Descrição do ponto

Ponto de controle em meio a mata de grande porte na descida do morro de declividade moderada. Local apresenta solo argilo-arenoso com cobertura vegetal orgânica espessa.

Fotos

A) Mata densa no ponto; B) Solo argilo-arenoso com cobertura vegetal;



Fonte: Autor (2022)

PPF 33

Coordenadas: 262343 mE/ 6604838 mS

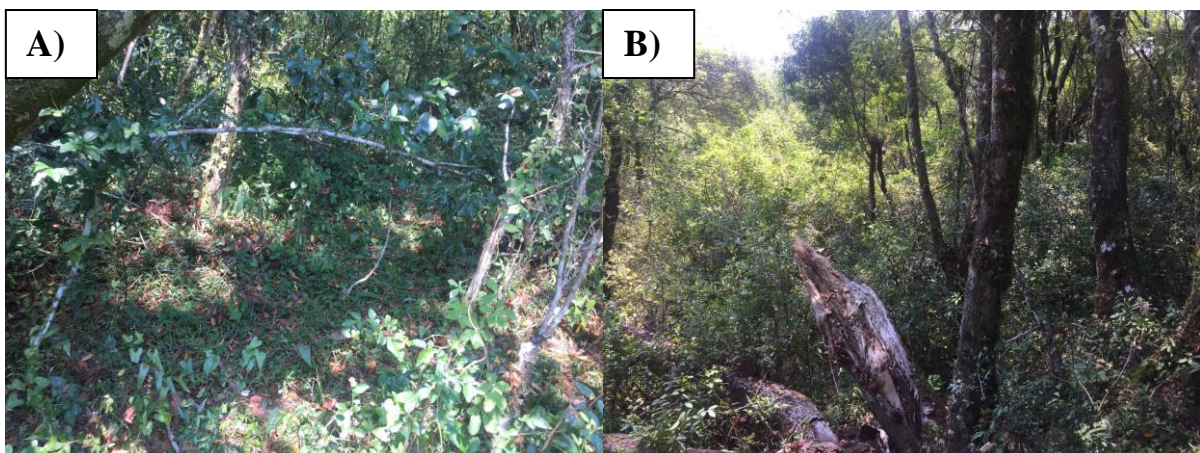
Elevação: 245m

Descrição do ponto

Ponto de controle em meio a mata de grande porte. Local apresenta solo argilo-arenoso com cobertura vegetal orgânica espessa.

Fotos



A) Vegetação densa na ponto; Vista para porção com vegetação de menor porte.



Fonte: Autor (2022)

PPF 34

Coordenadas: 262309 mE/ 6604982 mS

Elevação: 246m
Descrição do ponto
Ponto de controle em meio a mata de grande porte nativa e de eucaliptos. Local apresenta solo argilo-arenoso com cobertura vegetal orgânica espessa.
Fotos
A) Vegetação densa na ponto; Vista para porção com vegetação de menor porte.
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>A)</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>B)</p>  </div> </div>

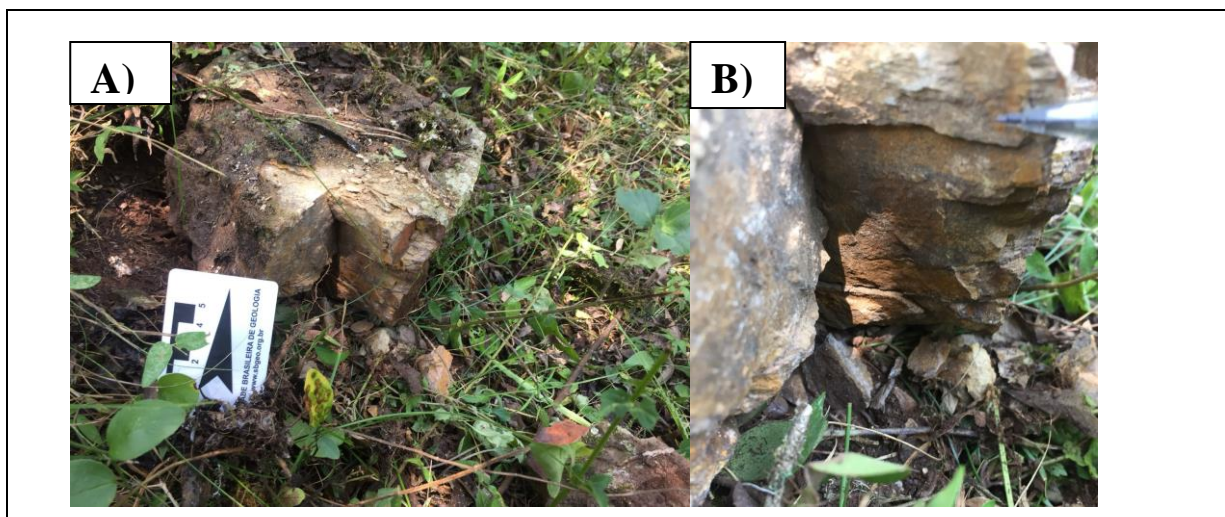
Fonte: Autor (2022)

PPF 35
Coordenadas: 262317 mE/ 6604972 mS
Elevação: 233m
Descrição do ponto
Afloramento natural de blocos em meio a mata nativa
Descrição das rochas:
São identificados no pontos xistos com alteração moderada, foliação milimétrica, de coloração esverdeada a amarronado. Ademais, a presença de clastos de quartzo leitoso (veios de quartzo?) dispersos na mata
Fotos
Blocos de xistos intemperizado e quartzo em meio a mata



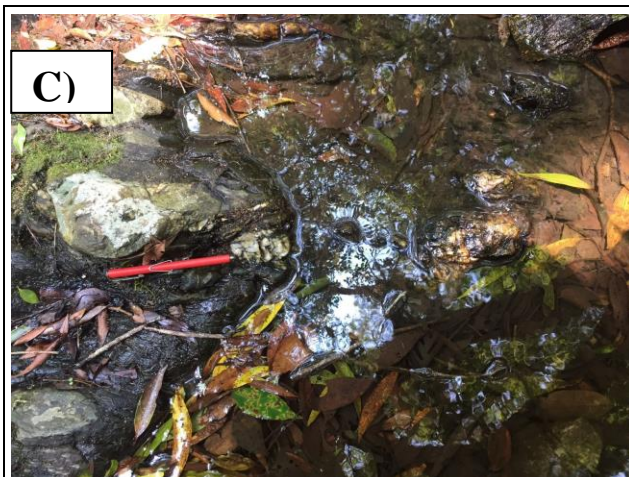
Fonte: Autor (2022)

PPF 36
Coordenadas: 262280 mE/ 6605049 mS
Elevação: 224m
Descrição do ponto
Afloramento natural de blocos em meio a mata nativa
Descrição das rochas:
São identificados no pontos xistos com alteração moderada, foliação milimetricamente espaçada marcada por micas, ondulada, de coloração esverdeada em face fresca a amarronado em face alterada. Ademais, a presença de clastos de quartzo leitoso (veios de quartzo?) dispersos na mata
Fotos
A) Afloramento natural de matacão em mata; B) Vista macroscópica para xisto com porções alteradas.



Fonte: Autor (2022)

PPF 37
Coordenadas: 262263 mE/ 6605061 mS
Elevação: 211m
Descrição do ponto
Afloramento natural em leito de drenagem encaixada entre dois morros
Descrição das rochas:
Rocha de coloração escura com porções amarronadas oxidadas de coloração amarronada, foliação com espaçamento milimetricamente espaçada, foliação regular a anastomosada e marcado por biotita e quartzo, brilho graxo e aspecto untoso no plano da foliação. Veios de quartzo leitoso aproveitando a descontinuidade (foliação metamórfica), ocorrendo de forma descontínua formando lentes, que por vezes podem apresentar indicadores cinemáticos. A rocha classifica-se como ardósia
Medidas estruturais – Foliação metamórfica (S_1)
Foliação metamórfica (S_1): 320/71; 325/75
Fotos
A) Afloramento natural em leito de rio; B) Veios de quartzo leitoso aproveitando a foliação; C) Possível indicador cinemático dextral em veio de quartzo leitoso.



Fonte: Autor (2022)

PPF 38

Coordenadas: 262283 mE/ 6605118 mS

Elevação: 228m

Descrição do ponto

Afloramento natural de blocos em meio a mata nativa na subida escarpada do morro

Descrição das rochas:

São identificados no pontos xistos de coloração esverdeada em face fresca e amarronada em face alterada, foliação milimetricamente espaçada marcada por micas e minerais de alteração (clorita) e foliação ondulada a anastomosada.

Fotos

Blocos de xistos dispersos na subida íngreme do morro



Fonte: Autor (2022)

PPF 39
Coordenadas: 262288 mE/ 6605163 mS
Elevação: 245m
Descrição do ponto
Ponto de controle em meio a vegetação de grande porte na subida escarpada do morro. Presença de solo argiloso amarronado-avermelhado com cobertura vegetal (orgânica) considerável.
Fotos
Solo argiloso amarronado-avermelhado com cobertura vegetal


Fonte: Autor (2022)

PPF 40
Coordenadas: 262275 mE/ 6605205 mS
Elevação: 247m
Descrição do ponto
Afloramento natural de blocos dispersos no meio de floresta de eucaliptos
Descrição das rochas:
Xistos de coloração esverdeada a amarronada, com foliação milimetricamente espaçada marcada por minerais micáceos, foliação ondulada a anastomosada e com presença de veios de quartzo leitoso aproveitando a descontinuidade (foliação).
Fotos
Blocos de xistos dispersos em mata de eucalipto



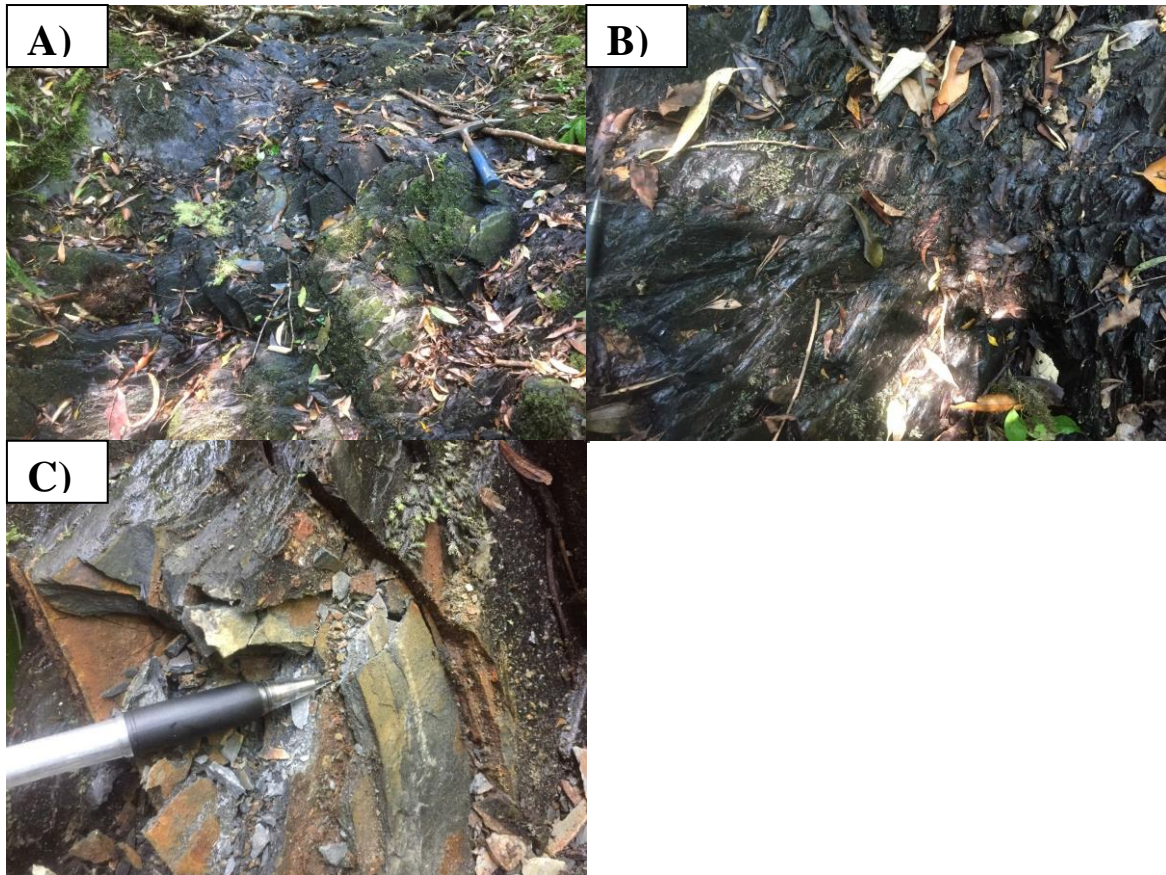
Fonte: Autor (2022)

PPF 41
Coordenadas: 262241 mE/ 6605251 mS
Elevação: 244m
Descrição do ponto
Ponto de controle em meio a floresta de vegetação densa na queda do relevo

Fonte: Autor (2022)

PPF 42
Coordenadas: 262219 mE/ 6605267 mS
Elevação: 242m
Descrição do ponto
Afloramento natural em leito de drenagem encaixada entre dois morros de declividade moderada
Descrição das rochas:
Rocha de coloração escura com porções amarronadas oxidadas de coloração amarronada, foliação com espaçamento milimetricamente espaçada, foliação regular a anastomosada e marcado por biotita e quartzo, brilho graxo e aspecto untoso no plano da foliação. A rocha classifica-se como ardósia.
Medidas estruturais – Foliação metamórfica (S₁)
Foliação metamórfica (S ₁): 330/70; 328/35
Fratura 210/48
Fotos

A) Afloramento natural em leito de rio; B) Fraturas cortando perpendicularmente a foliação metamórfica; C) Aspecto visual de xisto cinza com porções oxidadas.



Fonte: Autor (2022)

PPF 43

Coordenadas: 262419 mE/ 6605342 mS

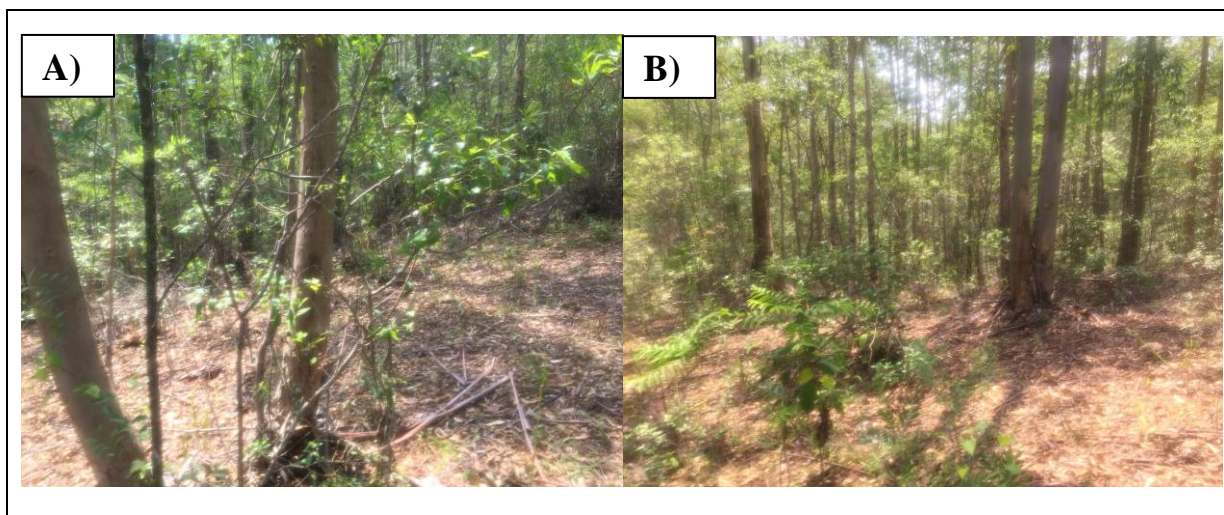
Elevação: 273m

Descrição do ponto

Ponto de controle em meio a floresta de grande porte de eucaliptos situado na porção de topo do morro. Ocorrem porção sem vegetação em meio a floresta de eucaliptos.

Fotos

A) Vista para porção sem vegetação ao centro da imagem; B) Vista para floresta de eucaliptos


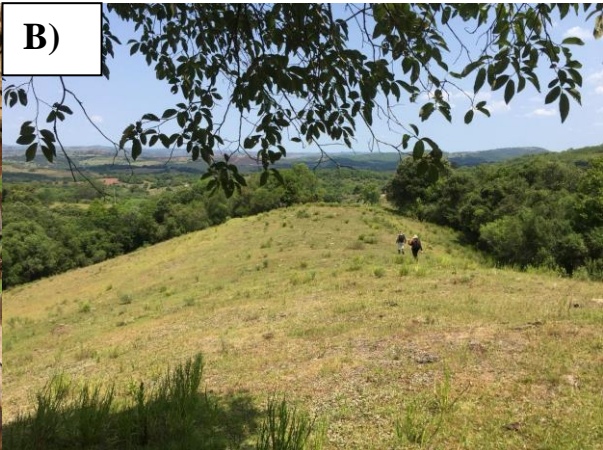


Fonte: Autor (2022)

PPF 44
Coordenadas: 262510 mE/ 6605398 mS
Elevação: 281m
Descrição do ponto
Afloramento natural de blocos dispersos no meio de floresta de eucaliptos
Descrição das rochas:
Xistos de coloração em tons acinzentados, com foliação milimetricamente espaçada marcada por minerais micáceos e foliação ondulada a anastomosada. São identificado clastos de quartzo leitoso (veios de quartzo?) dispersos ao longo do campo.
Fotos
A) Afloramento natural de blocos dispersos em floresta de eucaliptos; B) Blocos de xistos e quartzo leitoso dispersos; C) Detalhe para xisto acinzentado.



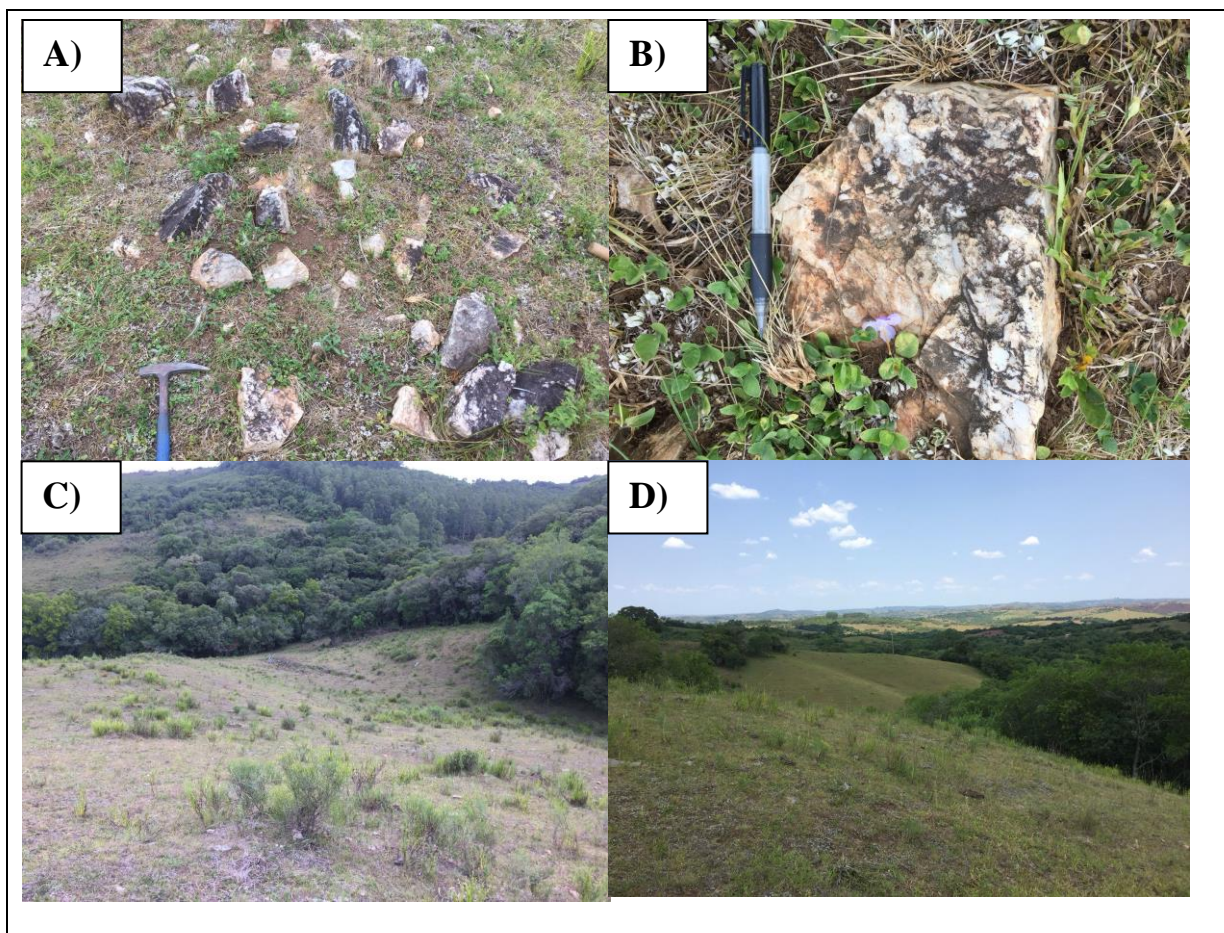
Fonte: Autor (2022)

PPF 45
Coordenadas: 262526 mE/ 6605308 mS
Elevação: 249m
Descrição do ponto
Afloramento natural de blocos dispersos no meio de floresta de eucaliptos na descida de coxilha ondulada
Descrição das rochas:
Xistos de coloração em tons esverdeados a amarronados (oxidados), com foliação milimetricamente espaçada marcada por minerais micáceos e foliação ondulada a anastomosada. São identificado clastos de quartzo leitoso (veios de quartzo?) dispersos ao longo do campo.
OBS: Inferência de falhas de direção NE na quebra do relevo em ambos os lados da coxilha
Fotos
A) Afloramento natural de blocos dispersos de xisto e quartzo leitoso em floresta de eucaliptos; B) Vista para para quebra acidentada do relevo de ambos lados da coxilha; C)Vista para E com seqüência de quebras do relevo alinhadas.
 



Fonte: Autor (2022)

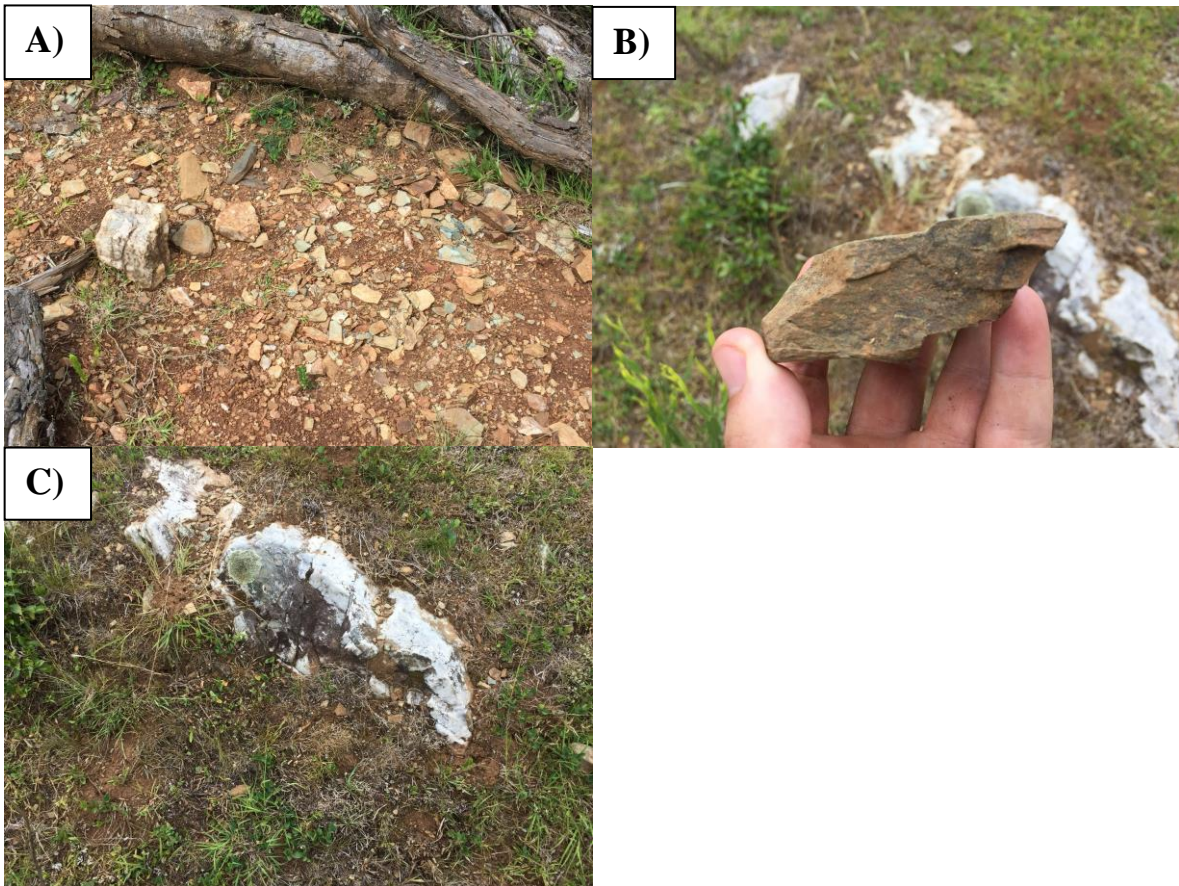
PPF 46
Coordenadas: 262535 mE/ 6605202 mS
Elevação: 241m
Descrição do ponto
Afloramento natural de blocos e matações de quartzo leitoso na quebra do relevo
Descrição das rochas: Blocos e matações de quartzo leitoso, com porções oxidadas sobre, angulosos e arredondamento baixo a moderado. Os veios apresentam cortados por fraturas de duas ou mais direções.
OBS: Vista a SW para quebra do relevo e início abrupto de novo morro (contato geológico entre as rochas metamórficas e as rochas conglomeráticas)
Fotos
A) Afloramento natural de blocos e matações dispersos na quebra do relevo; B) Detalhe para quartzo leitoso cortado por fraturas perpendiculares e oblíquas ao maior eixo C) Vista para sudoeste para contato geológico; D) Vista para E com sequência de quebras do relevo alinhadas.



Fonte: Autor (2022)

PPF 47
Coordenadas: 262480 mE/ 6605124 mS
Elevação: 216m
Descrição do ponto
Afloramento natural de blocos e matacões na base da coxilha
Descrição das rochas:
Blocos e matacões xistos esverdeados a amarronados (oxidados), foliação incipiente, melhor marcada em algumas porções das amostras de mão. Ocorre clastos de quartzo leitoso (veios de quartzo?) dispersos juntamente com os xistos
Obs: Ponto próximo ao contato geológico entre as rochas metamórficas e os conglomerados
Fotos

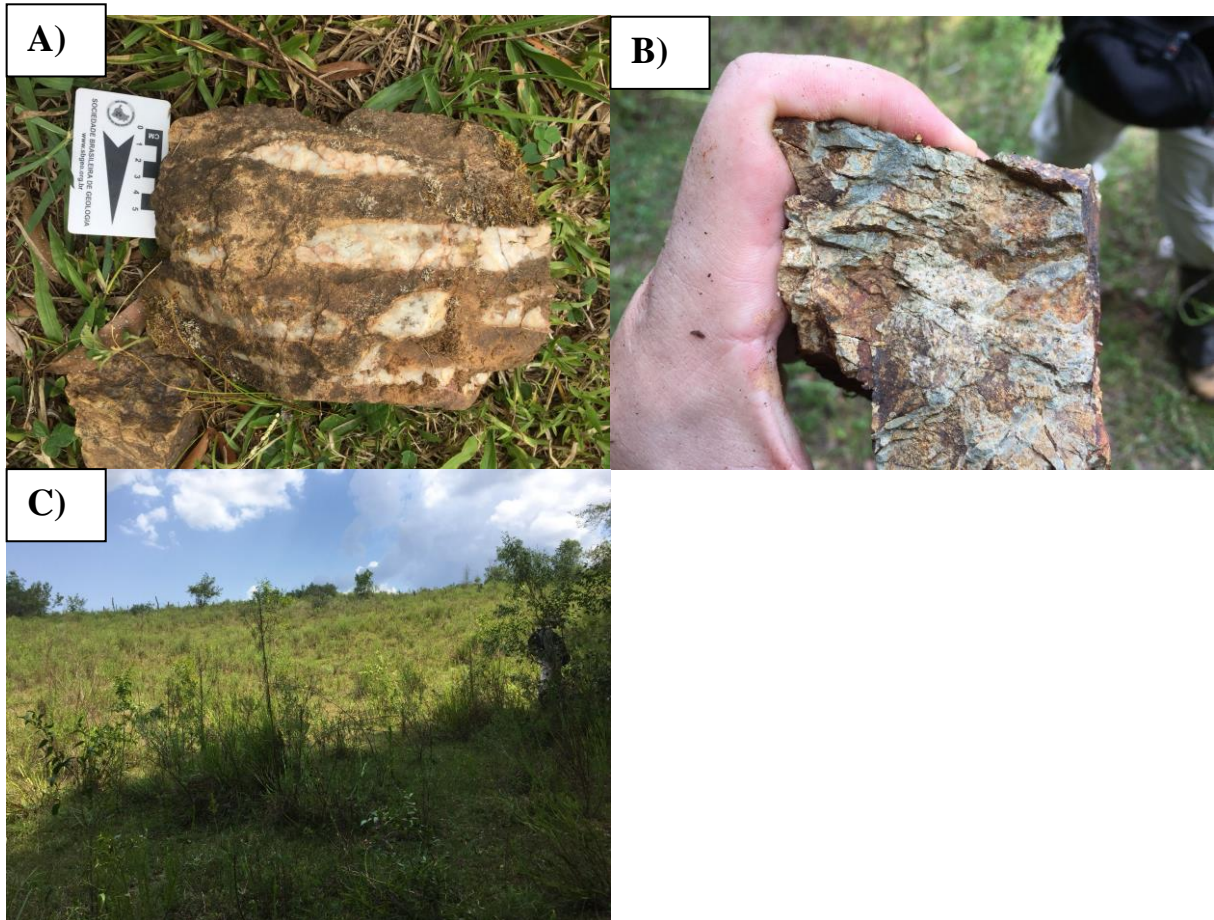
A) Afloramento natural de blocos e matacões dispersos na base da coxilha; B) Amostra de mão de xisto oxidado; C) Clastos de quartzo leitoso dispersos no campo nativo.



Fonte: Autor (2022)

PPF 48
Coordenadas: 262494 mE/ 6605029 mS
Elevação: 205m
Descrição do ponto
Afloramento natural de blocos na base da coxilha
Descrição das rochas:
Blocos e matacões de paraconglomerados com matriz silicificada, intrudidos por lentes quartzo (alguns com indicadores cinemáticos). Ademais, ocorrem em menor proporção clastos de xistos de coloração esverdeada (face fresca) e bege-amarronado (face alterada), foliação centimetricamente espaçada e cortada por fraturas oblíquas a foliação.
Obs: Ponto pouco a norte do contato geológico entre as rochas metamórficas e os conglomerados
Fotos

A) Blocos de conglomerado com matriz silicificada e intrudido por lentes de quartzo; B) Amostra de mão de xisto verde oxidado; C) Vista para SSE para subida do relevo após o contato geológico.



Fonte: Autor (2022)

PPF 49

Coordenadas: 262471 mE/ 6604888 mS

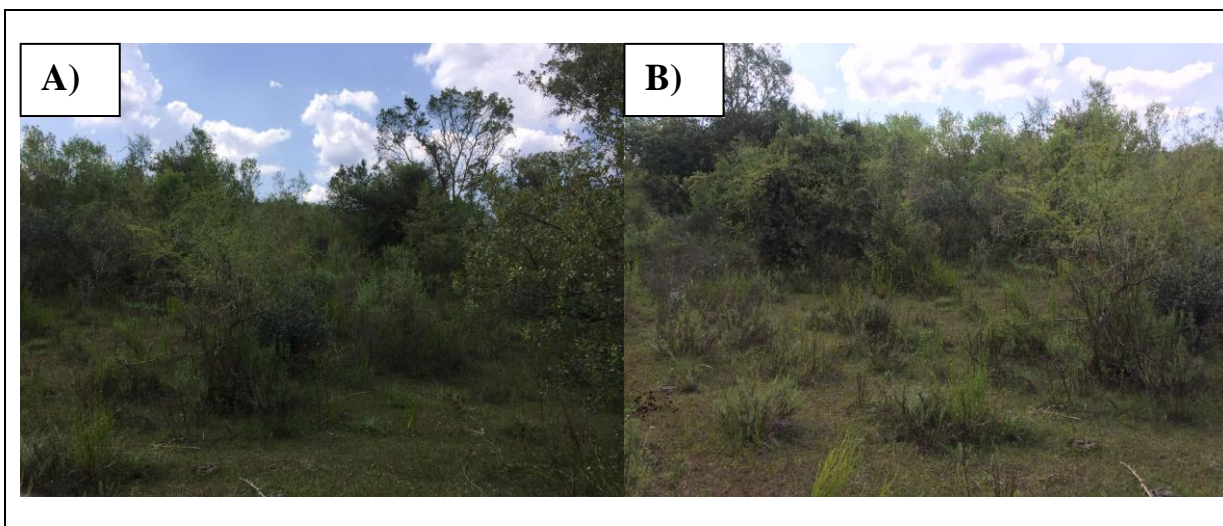
Elevação: 215m

Descrição do ponto

Ponto de controle na subida da coxilha, vegetação de gramíneas e arbustiva de médio porte. Declividade moderada a elevada.

Fotos

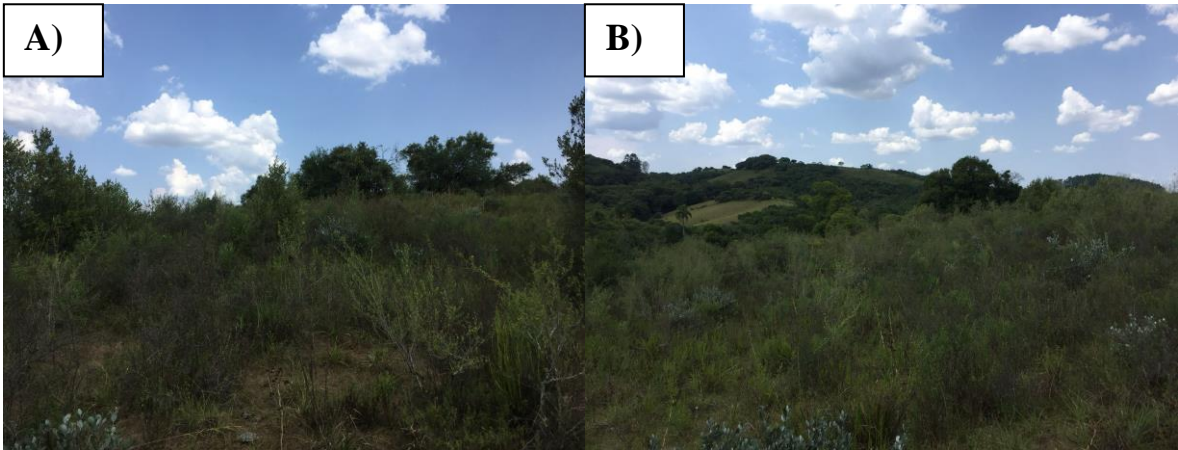
A) Vista para a subida da coxilha na direção sul; B) Vegetação de médio porte, gramíneas e arbustiva



Fonte: Autor (2022)

PPF 50
Coordenadas: 262509 mE/ 6604758 mS
Elevação: 217m
Descrição do ponto
Ponto de controle na subida da coxilha, vegetação de gramíneas e arbustiva de médio porte. Declividade moderada a elevada. Solo de coloração amarronada de fração granulométrica argilo-siltosa.
Fotos
Solo de coloração amarronada de fração granulométrica de argilsa e sile contendo cobertura vegetal pouco espessa.

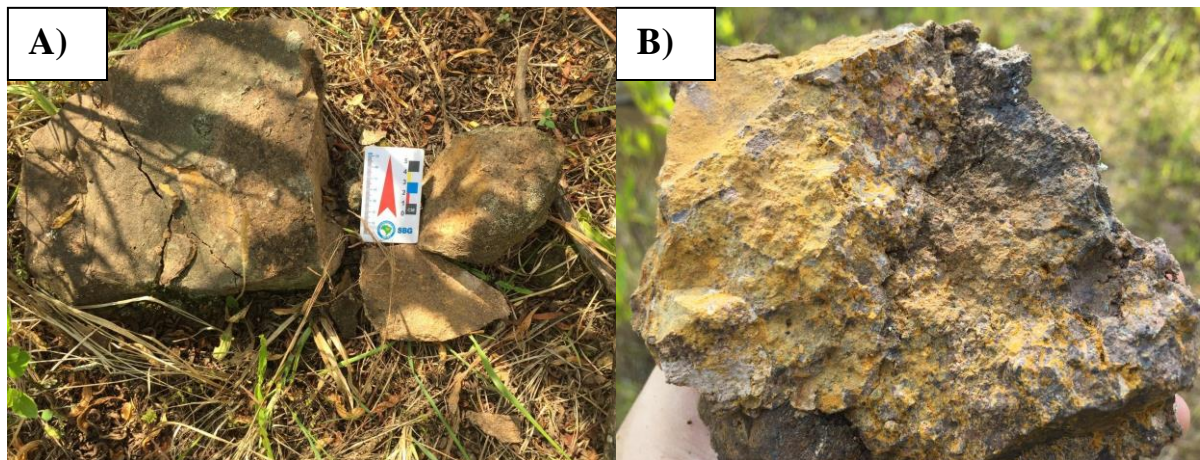
Fonte: Autor (2022)

PPF 51
Coordenadas: 262518 mE/ 6604610 mS
Elevação: 229m
Descrição do ponto
Ponto de controle no topo de coxilha com vegetação de gramíneas, arbustivas e de médio porte.
Fotos
A) Vegetação de médio porte e arbustiva; B) Vista para coxilhas com pequenos vales escavados ao norte do ponto.


Fonte: Autor (2022)

PPF 52
Coordenadas: 262518 mE/ 6604486 mS
Elevação: 228m
Descrição do ponto
Afloramento natural de blocos e matacões na descida do morro localizado a N das trincheiras exploratórias.
Descrição das rochas:
Rocha apresenta predomínio de clastos em relação a matriz, sendo os clastos de composição vulcânica e por vezes metamórfica e quartzosa, granulometria predominante de seixos a grânulos, arredondamento variando entre baixo a moderado e esfericidade moderada. A matriz arenosa apresenta silicificação, o que confere um aspecto mais denso da amostra e limonitização tanto na matriz quanto em clastos de rocha vulcânica. . A rocha classifica-se como Ortoconglomerado polimítico.
Fotos

A) Afloramento natural de blocos e matacões; B) Amostra de mão de ortoconglomerado com intensa silicificação e disseminação de limonita;



Fonte: Autor (2022)

PPF 53

Coordenadas: 262488 mE/ 6604295 mS

Elevação: 226m

Descrição do ponto

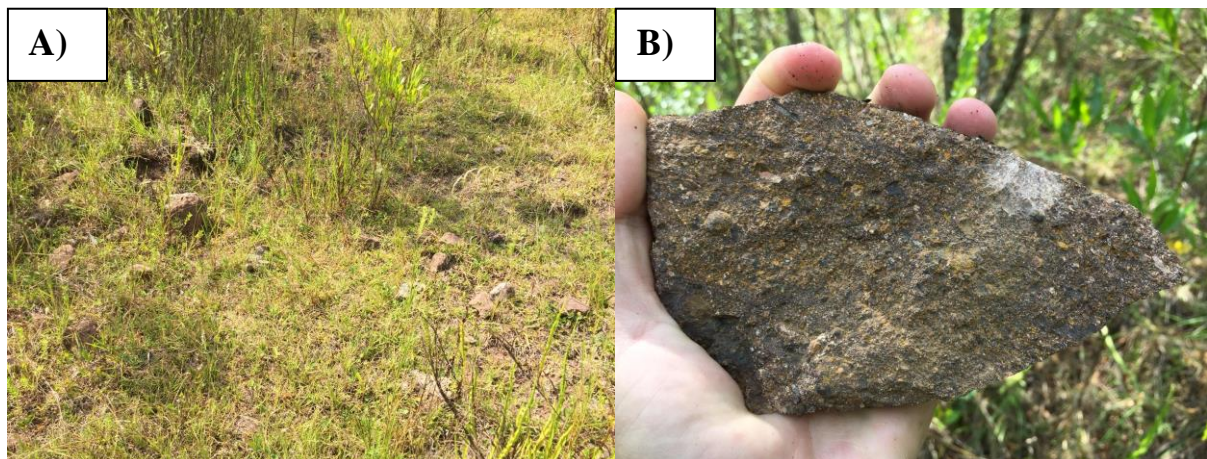
Afloramento natural de blocos no início da quebra do morro

Descrição das rochas:



Rocha apresenta predomínio de clastos em relação a matriz, sendo os clastos de composição vulcânica, granulometria predominante de seixos a grânulos, arredondamento moderado e esfericidade moderada. A matriz arenosa apresenta silicificação, o que confere um aspecto mais denso da amostra e limonitização em menor proporção tanto na matriz quanto em clastos de rocha vulcânica. A rocha classifica-se como Ortoconglomerado monomítico

Fotos

A) Afloramento natural de blocos e matacões; B) Amostra de mão de ortoconglomerado com intensa silicificação e disseminação de limonita;



Fonte: Autor (2022)

PPF 54
Coordenadas: 262418 mE/ 6604102 mS
Elevação: 202m
Descrição do ponto
Afloramento natural de blocos e matacões na descida do morro
Descrição das rochas: Rocha apresenta predomínio de matriz em relação aos clastos, sendo os estes de composição vulcânica (ácida e básica), granulometria predominante de seixos a blocos, arredondamento moderado e esfericidade moderada. A matriz arenosa apresenta coloração amarronada e silicificação, o que confere um aspecto mais denso as amostras. A rocha classifica-se como paraconglomerado, havendo porções ortoconglomeráticas.
OBS: Contato geológico inferida na quebra da coxilha entre os conglomerados e as rocha vulcânicas.
Fotos
A) Afloramento natural Matacao de rocha conglomerática; B) Vista para porção da descida suave próximo ao contato geológico inferido no mapeamento
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>A)</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>B)</p>  </div> </div>

Fonte: Autor (2022)

PPF 55
Coordenadas: 262424 mE/ 6603987 mS
Elevação: 190m
Descrição do ponto
Ponto de controle em campo nativo com relevo de coxilhas onduladas de declividade suave a moderada.

Fonte: Autor (2022)